GEOACTA, Vol. 19 (1992), pag. 37 a 50

ANALISIS DE PRECIPITACIONES EXTRAORDINARIAS Y DE SUDESTADAS IMPORTANTES Y SU RELACION CON LAS INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

O. F. Canziani*, R. M. Quintela* y O. E. Scarpati**

* Centro de Investigaciones Biometeorológicas (CONICET)
** Comisión de Investigaciones Cientificas de la Provincia de Buenos Aires

RESUMEN

Se analizan las precipitaciones extraordinarias, clasificadas por umbrales de intensidad, registradas en el Observatorio Central Buenos Aires, durante el período 1911-1988. El análisis temporal considera todas las lluvias existentes que muestran valores iguales o superiores a la gama de umbrales adoptados y las series totales (lluvias máximas en 24 horas para cada año). Por el método de Gumbel se calculan los máximos valores probables, considerando un período de retorno de 200 años. También se analizan el campo pluviométrico y el desarrollo sinóptico de las tormentas del 25/26 de enero y del 30/31 de mayo de 1985, las que produjeron inundaciones de gran magnitud.

El trabajo incluye un estudio estadístico de las alturas máximas registradas en el mareógrafo del Riachuelo y su relación con las inundaciones producidas por el aumento de los niveles del Río de la Plata, generados por sudestadas severas. Se han calculado y trazado las curvas de cantidad-duración-área de la tormenta del 30/31 de mayo de 1985 y las correspondientes a los niveles máximos del río.

ABSTRACT

The extraordinary precipitations, recorded in the Buenos Aires Central Observatory, during the period 1911-1988, classified by intensity thresholds, are analyzed. The temporal analysis takes into account all the recorded precipitations which show amounts equal or larger than the range of the adopted thresholds as well as total series (year maximum precipitation in 24 hours). Following the Gumbel`s method the probable maxima values were computed, on the assumption of a 200 years return period. The pluviometric field and the synoptic development of the storms registered on 25/26 January and 30/31 May 1985 are also analyzed. These storms produced floodings of extraordinary magnitude.

The work also include a statistical study of the maxima height recorded by the Riachuelo mareograph and their relantionship with the floodings produced by the increasing levels of the River Plate generated by severe "south easterly" winds. The amount-duration-area of the 30/31 May 1985 `s storm and the river maxima levels,were also computed and plotted.

1. INTRODUCCION

1.1 Este trabajo forma parte del Proyecto "Aspectos relevantes del clima urbano" que se viene estudiando en el Centro de Investigaciones Biometeorológicas (CIBIOM-CONICET).

1.2 Se estudian algunas características de las grandes tormentas, que generan lluvias importantes o vientos fuertes y persistentes (sudestadas), factores causales de las inundaciones que afectan a la ciudad de Buenos Aires y al conurbano bonaerense.

2. MATERIAL Y METODOLOGIA

2.1 Los datos de precipitación diarios, del período 1911-1988 del Observatorio Central Buenos Aires (OCBA), fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional. La necesidad de completar la información fue consecuencia de la conveniencia de ajustar el trazado de los campos pluviométricos en el caso de tormentas extraordinarias, como la registrada el 30/31 de mayo de 1985. Para ello se recurrió a series de datos complementarios de localidades vecinas a la ciudad de Buenos Aires. Se usó el método Thiessen y el de las isohietas.

2.2 La metodología utilizada consistió en identificar tormentas de hasta 7 días (límite temporal máximo en la mayor parte de las tormentas seleccionadas) y estudiar sus valores máximos correspondientes. Los mismos, elegidos como 80 mm en 24 horas y 100 mm en 48 horas, se centran en el cuarto día, debido a que esta distribución demuestra ser la más común (Canziani et al.,1982). Los umbrales de las series parciales se eligieron de modo tal que el número de casos fuera cercano al de años de la serie (OMM,1974). En las "series totales" el número de valores debe coincidir con el número de eventos (un valor máximo por año). Debe observarse, sin embargo, que este método tiene el inconveniente de desechar segundos y, a veces, hasta terceros máximos anuales que resultan mayores que los primeros máximos de otros años. Para maximizar las tormentas se utiliza el método de Gumbel.

2.3 En lo que se refiere a la tormenta máxima del registro existente en el OCBA (308 mm), se calcularon los máximos en dos días consecutivos, porque la tormenta, cuya duración fue de 22 horas, abarcó dos días pluviométricos (desde las 21 horas del día 30/5 a las 19 h del día 31/5/85).

2.4 La curva de masa de esta tormenta debió ser calculada con valores registrados en el pluviómetro porque el pluviógrafo se descompuso durante la misma. El campo pluviométrico fue analizado por partes, debido a su trazado irregular, con varios máximos (Linsley et al., 1975). Esta división permitió el trazado de las curvas "cantidad-duración-área".

2.5 El campo pluviométrico considerado para la tormenta del 30-31/5/85 abarcó un área terrestre (se carece de datos sobre el Río de la Plata) cercana a los 20000 km². El campo pluviométrico total no fue incluído por razones de espacio.

2.6 Asimismo, se computaron todos los niveles diarios máximos de cada año, medidos en el mareógrafo del Riachuelo, cuya cota "0" (Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos), equivale a -0,56m, con respecto a la referencia del Instituto Geográfico Militar. También se aplicó el método de Gumbel para extrapolar la recta de probabilidad. Para todos los días de la serie y para el día anterior se consignó la lluvia caída y se la correlacionó con la altura del nivel del río.

2.7 Para comparar el evento excepcional del 30-31/5/85 con otra lluvia extraordinaria registrada en el mismo año, el 25/26 de enero, se trazaron las curvas de masas de ambas tormentas.

3. RESULTADOS

3.1 Los resultados obtenidos al procesar las lluvias en 24 y 48 horas se muestran en las Figuras 1 y 2, observándose que, para un registro de 78 años se pasa de 61 tormentas RR 80 mm/24 h a 67 tormentas RR 100 mm/48 h. Si se baja el umbral para tener la serie completa se pierde precisión y se obtiene un exceso de casos para períodos de retorno cortos. La Figura 3 se refiere a las lluvias registradas en períodos de 7 días y la Figura 4 muestra las precipitaciones máximas diarias de cada año del período del registro (1911-1988), sus promedios móviles de 5 años y la tendencia, según una ecuación de cuarto grado. En esta última figura se observa que el valor máximo del día pluviométrico se registró en 1930 y la tendencia señala precipitaciones máximas diarias menores a 80 mm entre 1921 y 1932, no llegando a 85 mm hasta 1938 inclusive. Otro período con lluvias máximas menores a 85 mm se observa en la misma figura entre 1965 y 1980; de ahí en más la tendencia aumenta.

3.2 Las Figuras 5,6 y 7 dan las probabilidades para distintos casos según diferentes métodos.

Se observa que para un tiempo de retorno de 200 años puede esperarse una lluvia de 242 mm en 24 horas (según Gumbel) y de 226 mm (según Hazen). Sin embargo, en la tormenta del 30-31/5/85 precipitaron 308 mm en 24 horas, pero en dos días pluviométricos. Según este procedimiento de estimación tampoco Gumbel acierta para 48 horas. Es evidente que el período de datos es demasiado corto.

3.3 La Figura 8 reproduce la gráfica de las lluvias intensas de corta duración (hasta 12 h) registradas en el OCBA (Medina et al., 1975). Como puede observarse, comparando esta gráfica con la correspondiente a la Figura 10, que muestra la precipitación acumulada en cada una de las tormentas en estudio, en ningún caso se excedió la intensidad de las lluvias fuertes de corta duración.

3.4 La representación del campo pluviométrico de la tormenta del 30/31-5-1985 se ha circunscripto a un área de 196,4 km2 sobre la ciudad de Buenos Aires y el cálculo por isohietas (Fig.9) da un total de agua caída de 55,670 hm3 en 24 horas. Si se extiende la zona de precipitaciones a 1.000 km2 (aproximadamente) la lluvia caída alcanzó a 10.000 hm3, excluyendo el Río de la Plata, de donde no se dispone de datos.

3.5 Ahora bien, aún cuando los procesos atmosféricos conducentes a situaciones sinópticas generadoras de tormentas intensas fueron ya descriptos en otro trabajo, (Canziani et al., 1983), el impacto socio-económico de las inundaciones asociadas a las tormentas que nos ocupan sugieren que se complete el trabajo con una somera descripción de los procesos meteorológicos registrados.

3.6 La evolución de los procesos meteorológicos que conducirían a la tormenta más intensa (mayo de 1985) comienza con el pasaje sobre Buenos Aires de un frente frío con desplazamiento muy lento registrado el 25 de mayo de 1985. En los días subsiguientes hasta el 30 de mayo, en que irrumpe un nuevo sistema frontal en el extremo SW del subcontinente (A y B en la Figura 11) y se inicia la fase final del proceso, los desplazamientos de las masas de aire activaron la convergencia de aire tropical húmedo sobre el norte y litoral del país y de aire marítimo húmedo en la provincia de Buenos Aires y en el Río de la Plata. Así los puntos de rocío

en superficie en la masa tropical fueron aumentando hasta alcanzar los 20° C, con persistencias que excedieron las 12 horas en varios puntos del litoral argentino. Además, la distribución vertical de la humedad mostró valores de relación de mezcla de 11 g/kg, hasta el nivel de 700 hPa, según los sondeos de Ezeiza. El sondeo realizado en Córdoba, el 30 de mayo, indica que la masa de aire tropical estaba saturada también hasta aproximadamente, el nivel de 700 hPa. Estas condiciones previas proveyeron suficiente agua precipitable para que la convergencia e inestabilidad de las masas aéreas generaran las precipitaciones registradas. Como se puede observar en la etapa final del proceso (30-31 de mayo), la activación de la convergencia se debió a la baja general de la presión en el corredor interfrontal, situado en NE de la Pcia. de Buenos Aires, seguida por la formación de una célula de baja presión en el sur de Entre Ríos y en Uruguay (Fig.11).

3.7 En el caso de la tormenta de enero de 1985, la situación sinóptica evolucionó siguiendo la configuración típica de eventos de este tipo, según puede verse en la Figura 12. El frente cuasi-estacionario está asociado a una vaguada, que activa la convergencia. Los puntos de rocío son homogéneos en el N de Buenos Aires y de Entre Ríos, con un valor medio de 17° C y una persistencia de 12 hs. La distribución vertical de la humedad muestra condiciones de saturación hasta el nivel de los 600 hPa, según el sondeo de 1200 Z del 26/1/85. La activación de la baja, cuya presión es de 1008 hPa en el mapa,genera una onda frontal que desplaza al frente, como frente frío, hacia el N.

3.8 Las dos tormentas ocurridas en 1985 son casi coincidentes en su desarrollo hasta las 12 horas del segundo día, mientras que, a partir de allí la tormenta de mayo continuó aportando grandes cantidades de agua hasta las 19 horas del 31/5/85. La tormenta del 26 de enero registra en el segundo día pocos milímetros (Fig.10).

3.9 En la Figura 13 puede observarse la marcha anual (período 1911-1988) de las alturas máximas del nivel del Río de la Plata, medidas en el mareógrafo del Riachuelo. La figura incluye las precipitaciones registradas en ocasión de producirse cada altura máxima (estas precipitaciones comprenden las cantidades precipitadas el día anterior al evento). Como puede advertirse, no hay relación estrecha entre ambas variables, i.e. nivel del río-precipitación. Esto queda corroborado por el coeficiente de correlación obtenido, de 0.47 entre los valores de alturas iguales o mayores a 2.60 m (cota crítica) y las precipitaciones registradas.

3.10 En cambio, según es sabido, existe una correlación estrecha entre las inundaciones ribereñas con la prevalencia e intensidad de vientos del SE y SSE. El estudio realizado indica que la probabilidad de ocurrencia de alturas máximas en el mareógrafo del Riachuelo (Fig.14) para un período de retorno de 200 años es de 4,25 m, nivel que produciría inundaciones muy severas pues la cota de inundación es de 3 m. En el período estudiado se registraron sólo dos casos de h = 4 m.

3.11 Es oportuno destacar que pueden haberse registrado casos en los que la inundación en la ciudad resulte de una coincidencia de los factores analizados, es decir precipitaciones intensas y sudestadas, pero no ocurrieron para rangos de intensidades de precipitación como los elegidos aquí.

Es probable que esta situación se produzca para precipitaciones menores. Refuerza esta suposición el hecho de que las condiciones sinópticas que generan sudestadas se producen en meses en que las intensidades de precipitación son menores. Esta cuestión será objeto de un análisis complementario.

3.12 Finalmente, la Figura 15 incluye las curvas de cantidad-duración-área de la tormenta del 30/31 de mayo de 1985.

4. CONCLUSIONES

4.1 Los resultados obtenidos concuerdan con los de otros autores (Marchetti, 1952; Medina et al, 1975; Hoffmann et al, 1987).

4.2 Además, en el caso que nos ocupa, existe una componente antrópica que no debe ser despreciada pues tiene un efecto multiplicador en la generación de este tipo de desastre natural. El incremento de las superficies pavimentadas y de la edificación aumenta el escurrimiento del agua precipitada hacia las vaguadas de la ciudad y asimismo, ha disminuido marcadamente la infiltración. La consecuente pérdida de eficacia de los sistemas de desagues pluviales, que fueron calculados en la década del 30, con un escenario urbano totalmente diferente al actual y su deterioro adicional debido a:

i) un mal mantenimiento de los emisarios entubados y de sus desembocaduras y

ii) a la falta de obras complementarias que corrijan la insuficiencia de los colectores principales y secundarios.

5. AGRADECIMIENTOS

5.1 Al Servicio Meteorológico Nacional por el suministro de los datos básicos, al Ing.Agr.J.A. Forte Lay, por su importante contribución en el procesamiento de la información y al Lic. L. Medina por su colaboración.

BIBLIOGRAFIA

1. Canziani, O.F., J.A. Forte Lay, R.M. Quintela y A. Troha (1983) Estudio de grandes tormentas en la pampa deprimida de la provincia de Buenos Aires y su incidencia en el balance hidrológico. Coloquio Internacional de Grandes Llanuras. UNESCO (CONAPHI). Olavarría, Pcia. de Buenos Aires.

2. Forte Lay, J.A., R.M.Quintela y O.E. Scarpati (1989). Evolución de las características hidrometeorológicas de la llanura pampeana argentina. Seminario Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras. Buenos Aires. Argentina. (edición provisoria).

3. Hoffmann, J.A., S.T. Nuñez y A.T. Gómez (1987). Fluctuaciones de la precipitación en lo que va del siglo. Anales del II Congreso Interamericano de Meteorología, Buenos Aires. Argentina.

4. Linsley, R.K., M.A. Kohler y J.L. Paulus (1984). Hidrología para ingenieros. Mc Graw Hill Latin.

5. Marchetti, A.A. (1951). Oscilaciones extremas de la cantidad de precipitación en la República Argentina. Meteoros I (1). Buenos Aires.

6. Marchetti, A.A. (1952). Frecuencia de las lluvias intensas de corta duración en la ciudad de Buenos Aires. Meteoros II (1-2). Buenos Aires.

7. Medina, L. y M.C. Moyano (1975). Estudio piloto de lluvias intensas en la República Argentina. INCYTH Hidrología. Cuaderno No 2. Argentina.

8. OMM. Guía de Prácticas Hidrológicas (1974).Ginebra, Suiza.

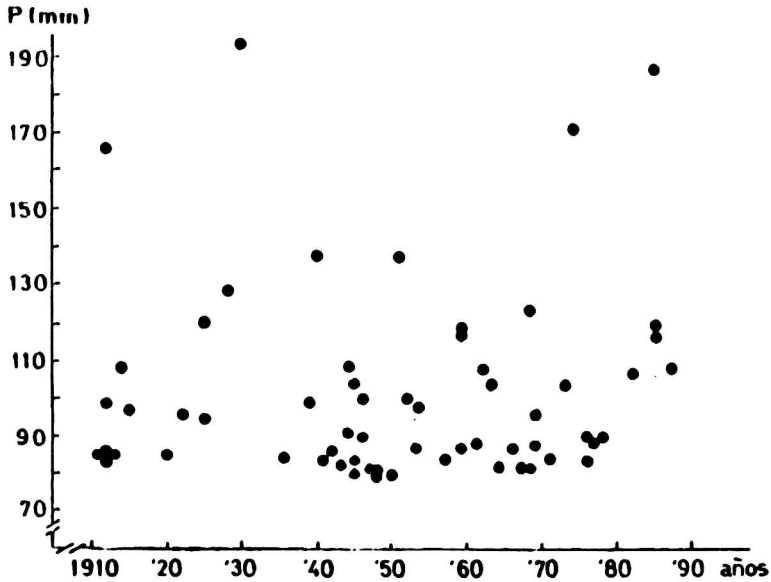


Fig. 1: Distribución cronológica de lluvias ≥ 80 mm/día.

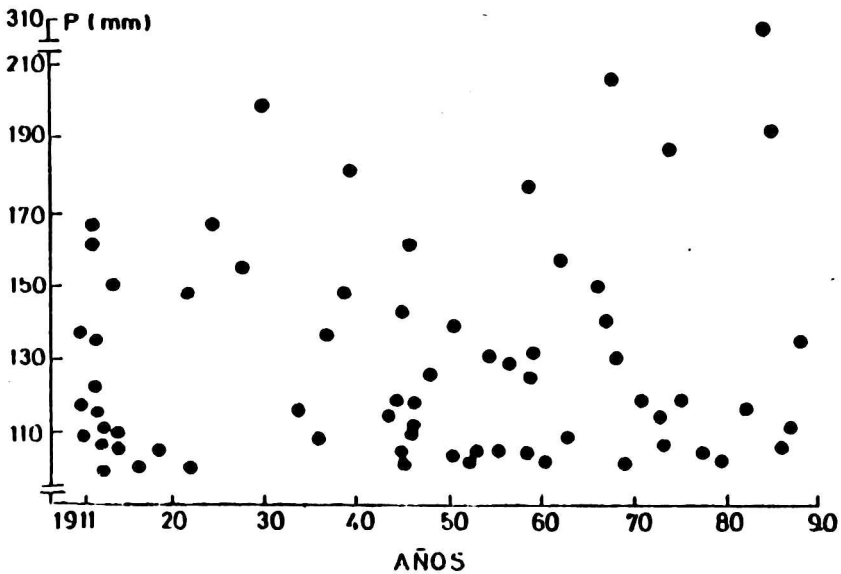


Fig. 2: Distribución cronológica de lluvias ≥ 100 mm/48 h.

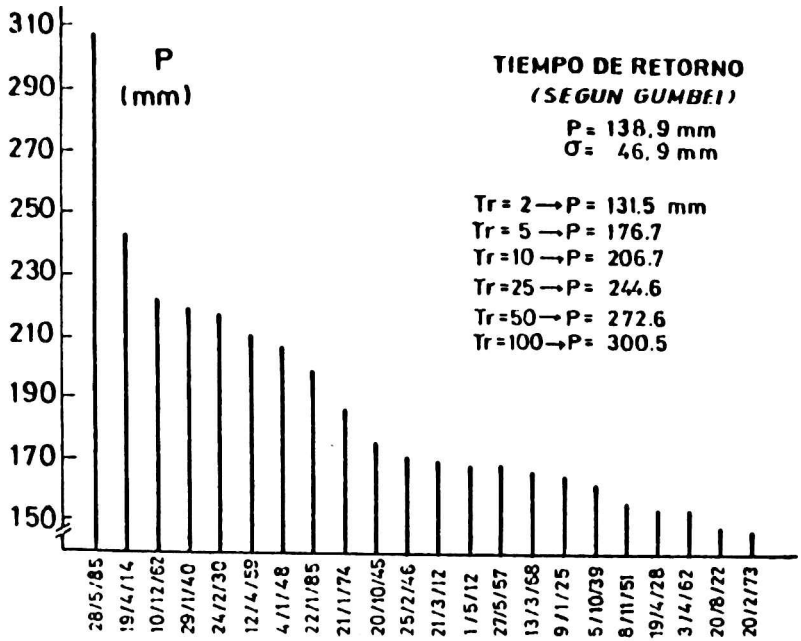


Fig. 3: Distribución decreciente de lluvias ≥ 150 mm en siete días.

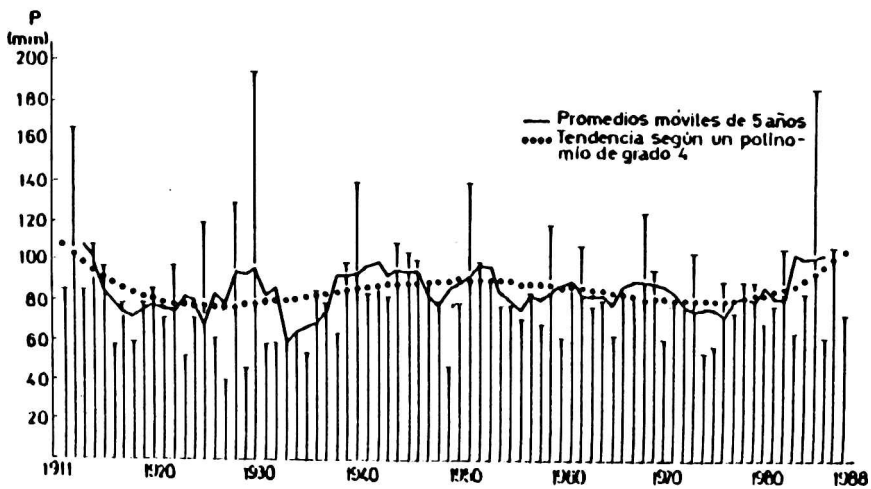


Fig. 4: Precipitaciones máximas diarias de cada año (---), promedios móviles de 5 años (——) y tendencia según una ecuación de 4°grado (...).

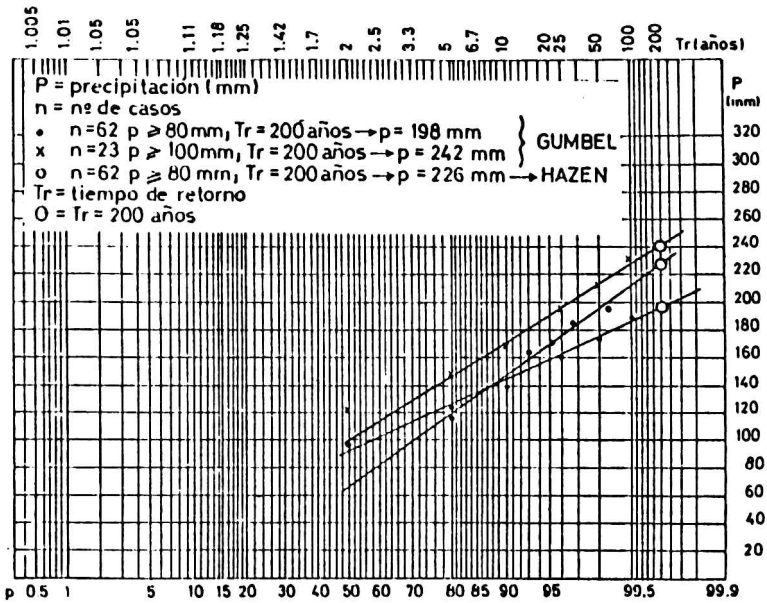


Fig. 5: Probabilidad de precipitaciones máximas diarias.

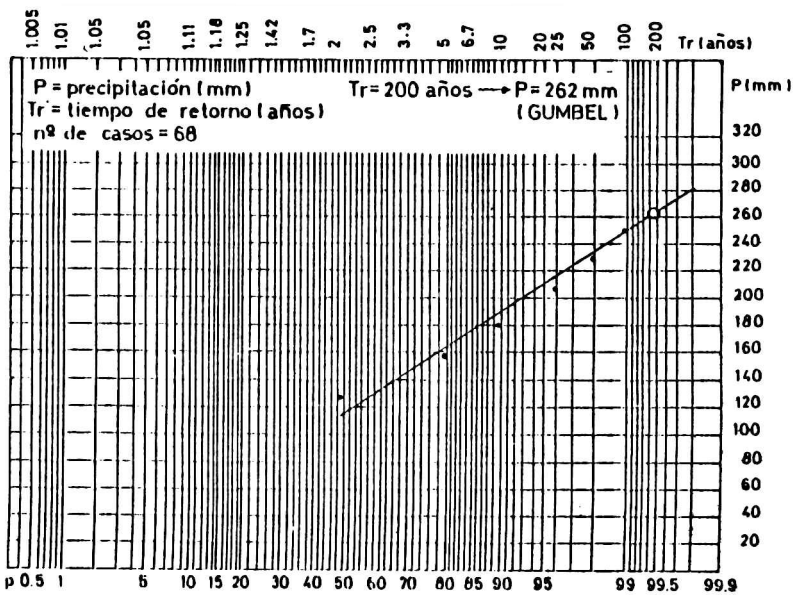


Fig. 6: Probabilidad de precipitaciones máximas en dos días consecutivos.

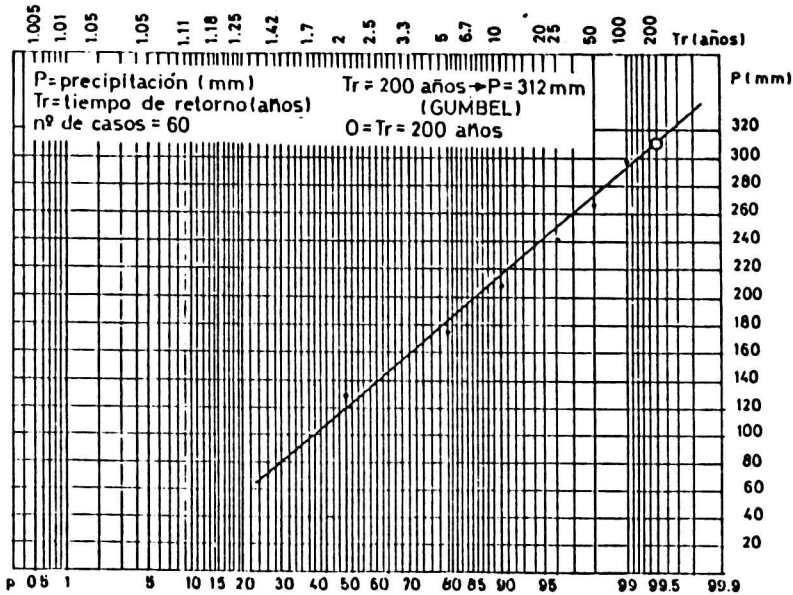
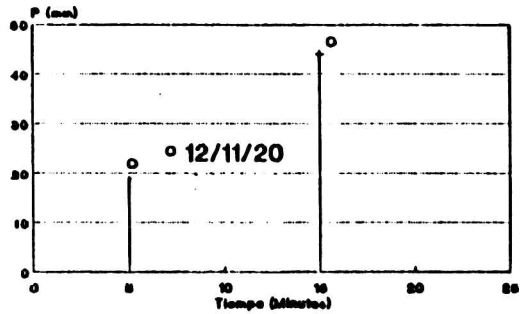


Fig. 7: Probabilidad de precipitaciones máximas en siete días consecutivos.



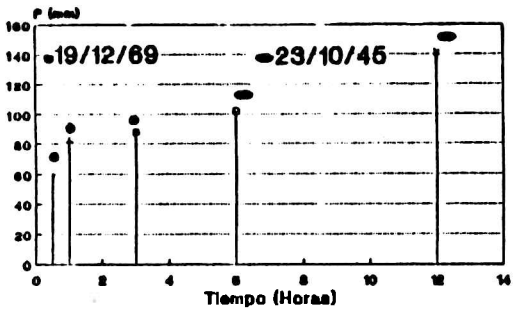


Fig. 8: Lluvias intensas de corta duración.

Fuente: L. Medina y M. Moyano (1975).

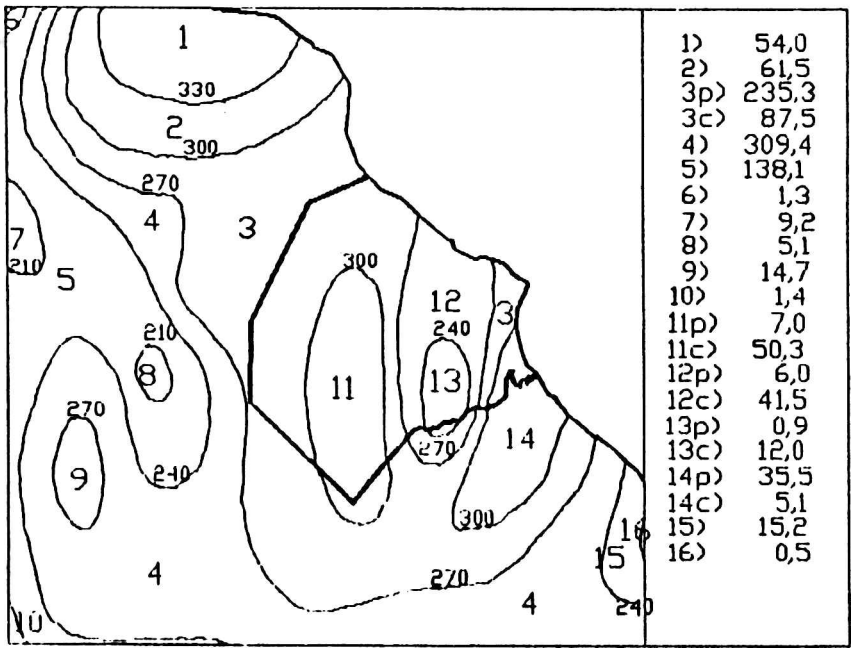


Fig. 9: Campo pluviométrico de la tormenta del 30/31-5-1985 (Escala 1: 250.000). Areas de las zonas entre isohietas, en Km^2
c) Capital Federal p) Prov. Buenos Aires.

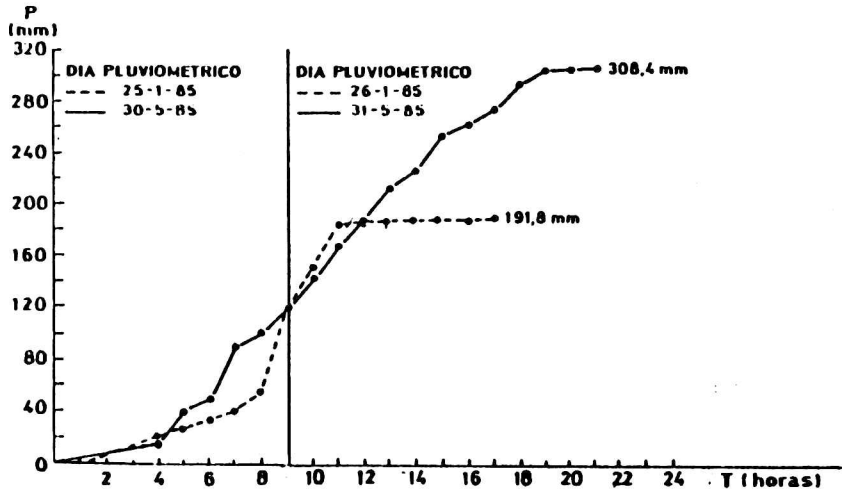


Fig. 10: Curvas de masa de las dos tormentas estudiadas.

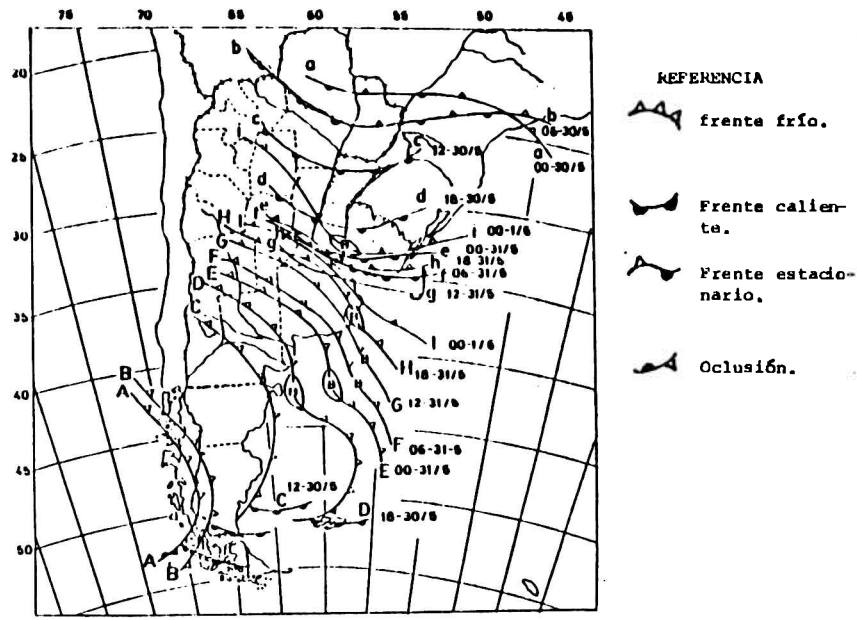


Fig. 11: Desarrollo sinóptico asociado a las tormentas que originaron las precipitaciones del 30/31-5-85.

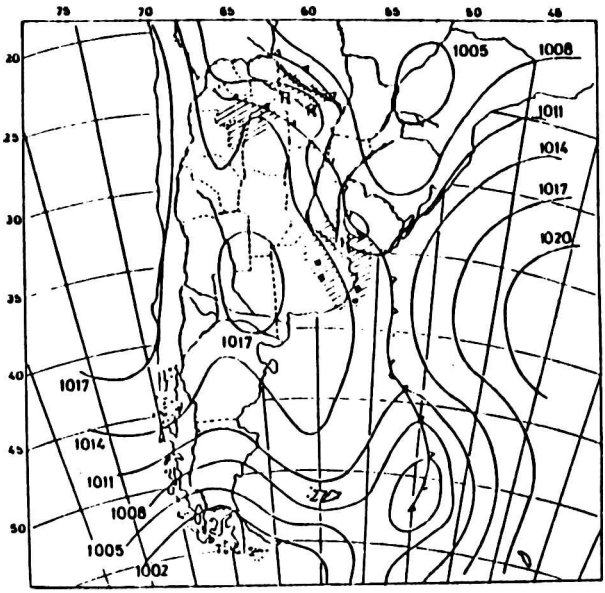


Fig. 12: Situación sinóptica con la que culminó el desarrollo de las tormentas que originaron las precipitaciones del 25/26-1-85.

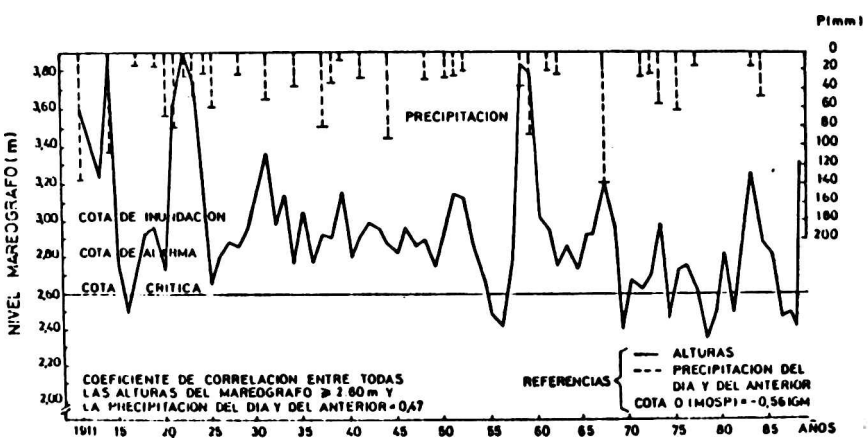


Fig. 13: Alturas máximas anuales del nivel del Río de La Plata en el mareógrafo del Riachuelo.

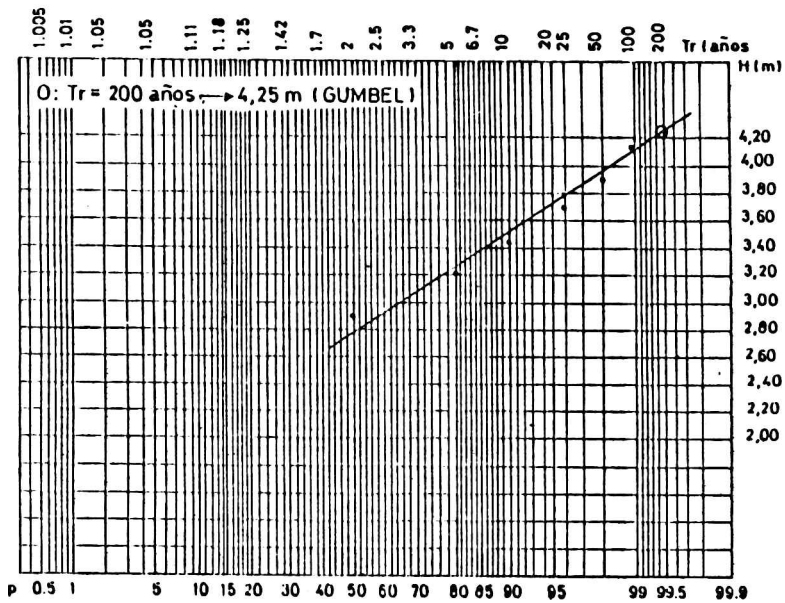
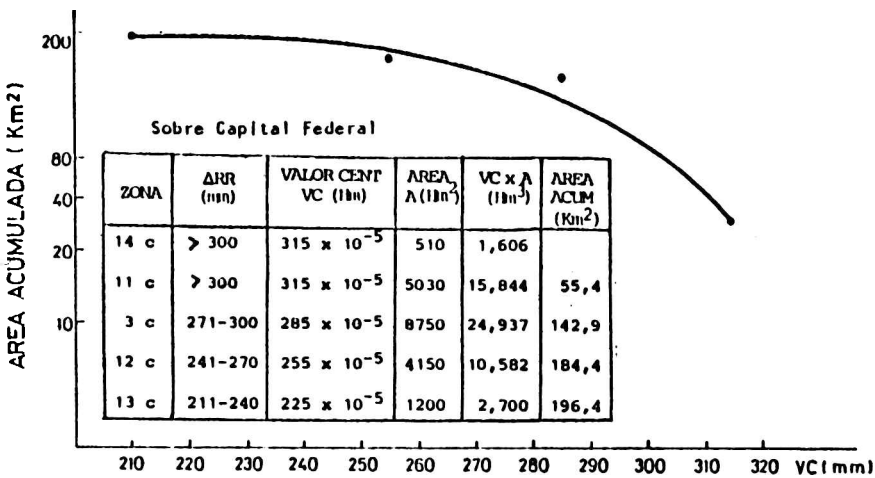


Fig. 14: Probabilidad de alturas máximas en el mareógrafo del Riachelo



ZONA	ΔRR (mm)	VALOR CENT VC (1/m)	AREA A (1/m²)	VC x A (1/m³)	AREA ACUM (Km²)
14 c	> 300	315 x 10^{-5}	510	1,606	
11 c	> 300	315 x 10^{-5}	5030	15,844	55,4
3 c	271-300	285 x 10^{-5}	8750	24,937	142,9
12 c	241-270	255 x 10^{-5}	4150	10,582	184,4
13 c	211-240	225 x 10^{-5}	1200	2,700	196,4

Fig. 15: Curvas de cantidad - duración - área de la tormenta del 30/31-5-85.