

INDICE

Página

Página

1.- ESTUDIO HIDROLÓGICO..... 1

DOCUMENTO 1.- Estudio hidrológico del proyecto vigente

1.- ESTUDIO HIDROLÓGICO

En el proyecto vigente figura el correspondiente estudio, que se incluye al final de este anejo como documento nº 1, el cual no experimenta modificación alguna.

DOCUMENTO 1.- Estudio hidrológico del proyecto vigente

**ANEJO Nº 5
ESTUDIO HIDROLÓGICO**



IDENTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO:			
TÍTULO:	ESTUDIO HIDROLÓGICO		
CÓDIGO:	1321-PC-AX-005-HI	EDICIÓN:	1

TÍTULO DEL PROYECTO	NÚMERO:
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN "ACONDICIONAMIENTO DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS EN SU TRAMO FINAL (P.K. 0+457 HASTA DESEMBOCADURA) (ALICANTE)"	1321

CLIENTE:	AYUNTAMIENTO DE ALICANTE
-----------------	--------------------------

control del diseño							
ED	CLASE DE MODIFICACIÓN	REDACTADO		CHEQUEADO		VERIFICADO Y APROBADO	
1	Documento base	Siglas	JVC	Siglas	AVL	Siglas	JPD
		Fecha	10/06/09	Fecha	20/06/09	Fecha	25/06/09
		Firma		Firma		Firma	
EDICIONES PREVIAS							
		Fecha		Fecha		Fecha	
		Siglas		Siglas		Siglas	

equipo redactor			
FUNCIÓN	NOMBRE	TITULACIÓN	SIGLAS
Jefe de Proyecto	Jorge Pacciarotti	Ing. C.C. y P.	JPD
Técnico Responsable	José Antonio Vázquez Cortázar	Ingeniero de Montes	JVC
Ingeniero Autor	José Antonio Vázquez Cortázar	Ingeniero de Montes	JVC
Delineación			

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	RESUMEN DE LA METODOLOGIA SEGUIDA EN EL INFORME	2
3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA Y MORFOMETRIA	3
3.1.	CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA	3
3.1.1.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	3
3.1.2.	CUBIERTA VEGETAL Y USO DEL SUELO	3
3.1.3.	SUELOS	3
3.1.4.	CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN	4
3.1.5.	ESTIMACIÓN DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA	4
3.2.	MORFOMETRÍA DE LA CUENCA	5
4.	RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL INFORME	7

APÉNDICE 1. INFORME: ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMAS MÁXIMOS DE CRECIDA EN EL BARRANCO DE LA OVEJAS (ALICANTE).

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo reproduce el informe realizado por la Universidad Politécnica de Valencia, departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de Enero de 1999, Informe que firman Rafael García Bartual, Eduardo Albentosa Hernández y Mariano Puricelli.;

Este estudio modeliza la cuenca drenante del barranco de las Ovejas a través de seis subcuencas. Estas son:

- a) Barranco Zarza- Blanco.
- b) Barranco de Pepior.
- c) Rambla de Rambuchar
- d) Subcuenca Urbana San Vicente.
- e) Subcuenca urbana Alicante Noroeste.
- f) Subcuenca Barranco de las Ovejas propiamente dicha.

Caracterizadas cada una de ellas desde el punto de vista hidromorfológico, se determinan sus hidrogramas correspondientes para periodos de retorno T=50 años, T=100 años, T=200 años. Una vez determinados estos hidrogramas se infiere el hidrograma del último tramo del barranco de las Ovejas a partir de ellos. Será el caudal punta de este hidrograma correspondiente a un periodo de retorno de 200 años el que sirva de diseño para el proyecto de encauzamiento, caudal que se cifra en 912 m³/s.

La serie histórica de precipitaciones utilizada para este estudio hidrológico incluye la lluvia de Septiembre de 1997.

2. RESUMEN DE LA METODOLOGIA SEGUIDA EN EL INFORME

Los procedimientos aplicados para la realización de este estudio se basan en una aproximación hidrometeorológica asumiendo que $Q_T = X(P_T)$, siendo P_T el chaparrón de proyecto de período de retorno T , Q_T el caudal asociado a ese período de retorno, y $X(\)$ la función de transformación (lluvia \rightarrow caudal) que tiene lugar en el sistema hidrológico que comprende las áreas contribuyentes al Barranco de las Ovejas en situación de crecidas extraordinarias.

El modelo matemático que permite definir la transformación $X(\)$ es un modelo conceptual agregado basado en la teoría del hidrograma unitario geomorfológico.

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA Y MORFOLOGÍA

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

Las características físicas de la cuenca son de gran importancia ya que determinan el comportamiento de esta frente a un suceso lluvioso.

La zona geográfica de la que se realiza el estudio hidrológico está sujeta a unas condiciones ambientales muy particulares

3.1.1. Localización geográfica

La zona de estudio se localiza en la Provincia de Alicante, abarcando un sector cuyos aportes hídricos en situación de crecida son finalmente drenados por el Barranco de las Ovejas, en la Ciudad de Alicante.

El Barranco de las Ovejas es, en realidad, una cuenca de pequeñas dimensiones que recibe el escurrimiento superficial de un conjunto de unidades hidrológicas situadas aguas arriba del mismo. El sistema hidrológico identificado con este barranco incluye por ello el Barranco de la Zarza, el Barranco Blanco, Barranco del Pepior, la Rambla del Rambuchar y la zona del Pla. Aledaño a este conjunto se encuentra el Barranco de El Agua Amarga.

3.1.2. Cubierta vegetal y uso del suelo

La existencia o no y el tipo de vegetación de la cuenca es un factor que determinará la capacidad de este de retener el agua de lluvia.

La vegetación actual está representada por matorral árido pseudoestepario afectado por la colonización de terrenos para su aprovechamiento agrícola, por lo que su extensión se concentra en las zonas rocosas no aprovechables.

Los usos del suelo son los siguientes:

- Zonas de cabeceras: abancalamientos aprovechados para el cultivo de secano.
- Zonas de glacis y conos de deyección: cultivos de regadío.
- Zonas de inundación de las ramblas y barrancos: cultivos de secano y huerta.
- Zona semiendorreica de la Cañada y el Pla: hortalizas.
- Barranco de las Ovejas: uso del suelo dinámico y susceptible de cambios constantes.

3.1.3. Suelos

El tipo de suelo es también un factor determinante de la capacidad de la cuenca para infiltrar o no el agua de lluvia, dependiendo de su permeabilidad.

Se observa la presencia dominante de ciertos subórdenes de entisols aridisols e inceptisols, un solo caso de alfisols y otro de mollisols.

3.1.4. Capacidad de infiltración

La infiltración es el tanto por ciento de agua caída en un aguacero que queda retenida en el suelo. La capacidad de infiltración da una idea de la posibilidad que tiene la cuenca de almacenar y retener agua, lo que está condicionado por el tipo de suelo, topografía y tipo de cubierta vegetal. La capacidad de infiltración servirá para determinar el umbral de escorrentía.

No existen evidencias suficientes para negar que el terreno posea limitadas condiciones para el almacenamiento y retención de agua debido principalmente a su topografía, a la falta de cubierta vegetal y a la presencia frecuente de niveles someros de muy diferente conductividad hidráulica.

Las evidencias hidrológicas, generalmente marcadas en las grandes crecidas, indican que el régimen de circulación va a ser completamente funcional una vez superado un cierto umbral de escurrimiento.

Existe también la afección de la actividad humana, que reduce las condiciones hidrológicas naturales ya propensas a la generación de escorrentías superficiales.

3.1.5. Estimación del umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía (P_0) indica el valor de la precipitación que debe caer sobre una superficie para que pueda comenzar a producirse la escorrentía superficial. Para su estimación en primer lugar se hallan valores de referencia para el complejo suelo-vegetación-topografía, para lo cual los suelos se catalogan según la nomenclatura propuesta por el Soil Conservation Service (1983 y 1985) y de Branson et al. (1981). Después se obtuvieron unos valores iniciales por comparación de valores obtenidos mediante información de la COPUT y la obtenida a partir de las especificaciones fisiográficas analizadas con anterioridad. Los valores finales se obtuvieron ponderando las dos alternativas iniciales.

Los valores finales de referencia utilizados en la modelación hidrológica de crecidas son:

SUBCUENCAS	P_0 PONDERADO
Subcuenca 1: Barranco de la Zarza	21.00
Subcuenca 2: Barranco del Pepior	22.00
Subcuenca 3: Rambla del Rambuchar	19.00
Subcuenca 4: Bco de las Ovejas	28.00
Subcuenca 5: Cubeta del Pla	20.00
Subcuenca 6: Cuenca de San Vicente	15.00
Cuenca total	21.50

3.2. MORFOMETRÍA DE LA CUENCA

Las características físicas de una cuenca controlan casi totalmente la respuesta de la cuenca a las precipitaciones.

Las características morfométricas más importantes son:

- Superficie: es el parámetro de escala por excelencia, determinando el orden de magnitud del volumen de precipitación, el caudal de crecida, etc.
- Perímetro: es la longitud del límite exterior del cauce.
- Forma: es la configuración geométrica de la cuenca, que depende del área y el perímetro. La forma de la cuenca afecta directamente al tiempo de recorrido de las aguas a través de la red de drenaje y a la forma del hidrograma resultante. Para determinar la forma se han utilizado diversos índices (Índice o coeficiente de compacidad o de Gravelius, factor de forma definido por Horton).
- Longitud del recorrido principal, así como su pendiente media, cota mínima, máxima, etc.

El tiempo de concentración de la cuenca es el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, todo el sistema contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe. Depende ligeramente de la capacidad del chubasco. Existen diversas formulaciones del tiempo de concentración propuestas por diferentes autores (fórmula de Témez, fórmula Californiana, fórmula de Kirpich, fórmula de Giandotti).

Para la transformación lluvia neta-escorrentía se utiliza el hidrograma unitario, el cual se define como la respuesta hidrológica de la cuenca al producirse una lluvia hipotética neta de altura unitaria (1 l/m^2) a lo largo de un tiempo "D".

El análisis estadístico realizado de máximas intensidades de lluvia contiene 438 eventos lluviosos cubriendo el periodo histórico 1925-1997 ($\cong 6$ precipitaciones máximas por año). A partir de este estudio se estiman las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia que servirán para la construcción de los chaparrones de proyecto (patrón de precipitación que especifica la evolución temporal de la intensidad de la precipitación en el tiempo con un periodo de retorno asociado), con los que finalmente se hallan los caudales de avenida.

Los caudales de avenida obtenidos se muestran en el siguiente cuadro.

Caudales de avenida en el barranco de las ovejas (M³/S)			
<i>Periodos de retorno (años)</i>	T=50	T=100	T=200
SUBCUENCA 1: Bco. de la Zarza – Bco. Blanco	439	561	693
SUBCUENCA 2: Bco. del Pepior	175	225	279
SUBCUENCA 3: Rambla del Rambuchar	173	218	268
SUBCUENCA 4: Bco. de las Ovejas	126	166	210
SUBCUENCA URBANA: San Vicente.-Universidad	52	68	86
Cabecera del barranco de las ovejas	518	676	847
Desembocadura	573	734	912

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL INFORME

El sistema hidrológico que comprende las cuencas rurales y urbanas que drenan al Barranco de las Ovejas en situación de crecidas de carácter extraordinario presenta un funcionamiento peculiar y complejo desde el punto de vista hidrológico, por los siguientes motivos:

- a) La red de drenaje global no presenta un desarrollo dentrítico clásico, a parte de romperse el esquema de conectividad de cauces en la zona deprimida del Pla y La Cañada, al Oeste de San Vicente del Raspeig.

Esta zona semiendorreica desempeña un papel clave en el funcionamiento hidrológico del sistema. En efecto, al no existir un cauce físico delimitado que conecte efectivamente los aportes de las subcuencas septentrionales, las aguas confluyen desde diferentes puntos a esta zona de pendiente prácticamente nula, produciéndose un efecto de retención muy importante, y favoreciéndose la infiltración.

En esta zona de flujo no canalizado, únicamente en crecidas por encima de cierto umbral llega a establecerse una conexión hidráulica definida con la cabecera del Barranco de las Ovejas. Es en este caso cuando el potencial de superficie contribuyente de la cuenca vertiente salta de los 34 Km² a los más de 200 Km², como se describe en el informe.

- b) La red de drenaje efectiva cambia notablemente en función de la magnitud del episodio lluvioso, existiendo una no linealidad en la respuesta que afecta a la forma de la distribución estadística de caudales máximos.
- c) Las subcuencas rurales se caracterizan por la ausencia de vegetación, abundando los suelos encostrados superficialmente que originan el llamado "pavimento del desierto". Esto propicia valores inusualmente elevados de los coeficientes de escorrentía, y la posibilidad de crecidas localizadas tipo "flash flood", con puntas de caudal muy por encima de lo esperable en función del área de la cuenca.
- d) La expansión urbana de Alicante y San Vicente implica continuos cambios en el sistema, viéndose afectadas las tasas medias de infiltración y los coeficientes de escorrentía.
- e) Las vías de comunicación (ferrocarril, autovía, carretera,...) constituyen barreras artificiales que en distinta medida afectan a la dirección de flujos y definición de áreas contribuyentes.

A este complejo escenario hay que sumarle la incidencia de los posibles aportes adicionales al Barranco de las Ovejas, en el contexto de las nuevas obras de protección frente a inundaciones de la ciudad de Alicante; En principio, el colector de la Vía Parque, en fase de ejecución, supondrá una punta de caudal, según proyec-

to, de 106 m³/s, y el colector de la Avenida de Elche (en fase de diseño), el cual finaliza en la misma desembocadura del barranco, un caudal de 5 m³/s.

La posible desviación de las aguas recogidas en la cuenca de San Vicente- Universidad ($\approx 9 \text{ Km}^2$ de área contribuyente) hacia el Barranco de las Ovejas, supondrá aportes adicionales con una punta de caudal calculada cercana a los 80 m³/s. Prescindiendo del colector de la Avenida de Elche, el estudio contempla esta posible aportación adicional (San Vicente-Universidad), así como la contribución segura del nuevo Colector de la Vía Parque.

Desde el punto de vista hidráulico, a parte del encauzamiento proyectado en el año 1988 ($Q_{\text{DISEÑO}}=720 \text{ m}^3/\text{s}$) los nuevos proyectos en marcha (*Obras para la descontaminación de suelos junto al Instituto Mare Nostrum, Proyecto de construcción, encauzamiento y acondicionamiento de la desembocadura*), van a determinar el funcionamiento hidráulico del cauce y su consiguiente capacidad.

Las principales conclusiones que se pueden deducir son:

1. Los caudales máximos esperables en la desembocadura del Barranco de las Ovejas son:

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	CAUDAL (m ³ /s)
50	573
100	734
200	912

2. La geomorfología de las cuencas vertientes al barranco favorece mecanismos de generación de escorrentía tipo "flash flood" con coeficientes de escorrentía medios muy elevados en situación de precipitación de carácter torrencial.
3. De acuerdo con los caudales estimados, el cauce resulta insuficiente para la crecida de período de retorno de 100 años, y la crecida de retorno 200 años implicaría caudales muy por encima de la actual capacidad del cauce, por lo que de producirse, cabría esperar desbordamientos e inundaciones locales de diferente consideración.

APÉNDICE 1. INFORME: ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMAS MÁXIMOS DE CRECIDA EN EL BARRANCO DE LA OVEJAS (ALICANTE).

INFORME

**ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMAS MÁXIMOS DE CRECIDA
EN EL BARRANCO DE LAS OVEJAS (Alicante)**



**Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

Valencia, Enero 1999

INDICE

1.	Objeto del estudio y antecedentes	02
2.	Caracterización física de la cuenca total vertiente al barranco de las Ovejas	06
3.	Morfometría de la cuenca	34
4.	Análisis estadístico de máximas intensidades de lluvia en Alicante (1925-97)	54
5.	Chaparrones de proyecto para periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.	62
6.	Cálculo de hidrogramas de avenida en el Barranco de las Ovejas.	68
7.	Resumen y Conclusiones	81
8.	Referencias	85
9.	Anejo I: Hietogramas correspondientes a los episodios lluviosos considerados durante el periodo 1925-1997	89

Equipo de trabajo:

D.. RAFAEL GARCÍA BARTUAL
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. EDUARDO ALBENTOSA HERNÁNDEZ
Ingeniero Técnico de Obras Públicas

D. MARINO PURICELLI
Geólogo

1. Objeto del Estudio y Antecedentes.

El presente estudio hidrológico tiene por objeto la estimación de los caudales máximos previsibles en la desembocadura del Barranco de las Ovejas (Alicante), correspondientes a crecidas de carácter extraordinario con retornos de 50, 100 y 200 años, así como la definición de los hidrogramas asociados $Q(t)$ para diferentes puntos en la red de drenaje del sistema hidrológico vertiente al barranco, incluyendo el inicio y la desembocadura mismo.

Los procedimientos aplicados se basan en una aproximación hidrometeorológica, asumiendo $Q_T = X(P_T)$, siendo P_T el chaparrón de proyecto de periodo de retorno T , Q_T el caudal asociado a ese periodo de retorno, y $X()$ la función u operación de transformación (lluvia \rightarrow caudal) que tiene lugar en el sistema hidrológico que comprende las áreas contribuyentes al barranco de las Ovejas en situación de crecidas extraordinarias.

El modelo matemático que permite definir la transformación $X()$ es un modelo conceptual agregado basado en la teoría del hidrograma unitario geomorfológico.

Tras la crecida ocurrida en Octubre -1982, se han realizado diversos estudios descriptivos y cualitativos sobre el Barranco de las Ovejas y las inundaciones en la ciudad de Alicante, los cuales se refieren y comentan en los capítulos 2 y 3 del presente informe:

[Lluvias torrenciales e Inundaciones en Alicante - *Inst. Universitario de Geografía - Univ. de Alicante, 1983*]

[Inundaciones en la Ciudad y Término de Alicante - *Inst. Universitario de Geografía - Univ. de Alicante - Ayuntamiento de Alicante, 1986*]

En cuanto a caudales estimados a partir de las estadísticas de pluviometría extrema, el antecedente más importante es Estudio Hidrológico realizado en 1988, incluido como Anejo en el [*Proyecto de Encauzamiento del Barranco de las Ovejas - COPUT, 1988*]

En tal estudio, los caudales estimados en la desembocadura del Barranco de las Ovejas para periodo de retorno de 100 años eran de $596 \text{ m}^3/\text{s}$ (en la hipótesis más optimista) y $711 \text{ m}^3/\text{s}$ (en la hipótesis más pesimista).

Tras las inundaciones de Septiembre de 1997, cuando se produjo la mayor de las tormentas registradas en Alicante, se llevan a cabo una serie de actuaciones para la defensa de la ciudad frente a avenidas. En este contexto, existen diferentes obras actualmente en fase de diseño y/o ejecución, varias de las cuales afectan directamente al Barranco de las Ovejas, y en particular a su funcionamiento hidráulico en tramo final, incluyendo las *Obras para la descontaminación de suelos junto al Instituto Mare Nostrum*, el *Proyecto de construcción, encauzamiento y acondicionamiento de la desembocadura*, y el *Proyecto del Colector de la Avenida de Elche*.

Entre las actuaciones de mayor alcance en fase de realización, destaca el *Colector de la Vía Parque*, dimensionado para un caudal de proyecto de $106 \text{ m}^3/\text{s}$, que drena la zona urbana al Noroeste de la ciudad cubriendo un área de $7,5 \text{ km}^2$, y desemboca en el barranco de las Ovejas, aproximadamente 1.8 kilómetros aguas arriba de la desembocadura del barranco.

Otra de las zonas urbanas próximas al barranco de las Ovejas en las que se adoptan medidas de protección es la zona ocupada por el recinto universitario y San Vicente del Raspeig:

[*Informe Técnico sobre Crecidas en los Barrancos de San Vicente, Orgorgia y Juncaret (Alicante) – CEDEX, 1988*]

[*Proyecto de Canalización del Torrente de San Vicente – INOCSA, 1989*]

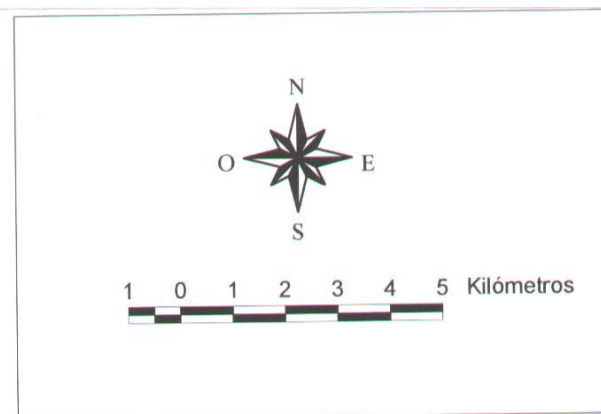
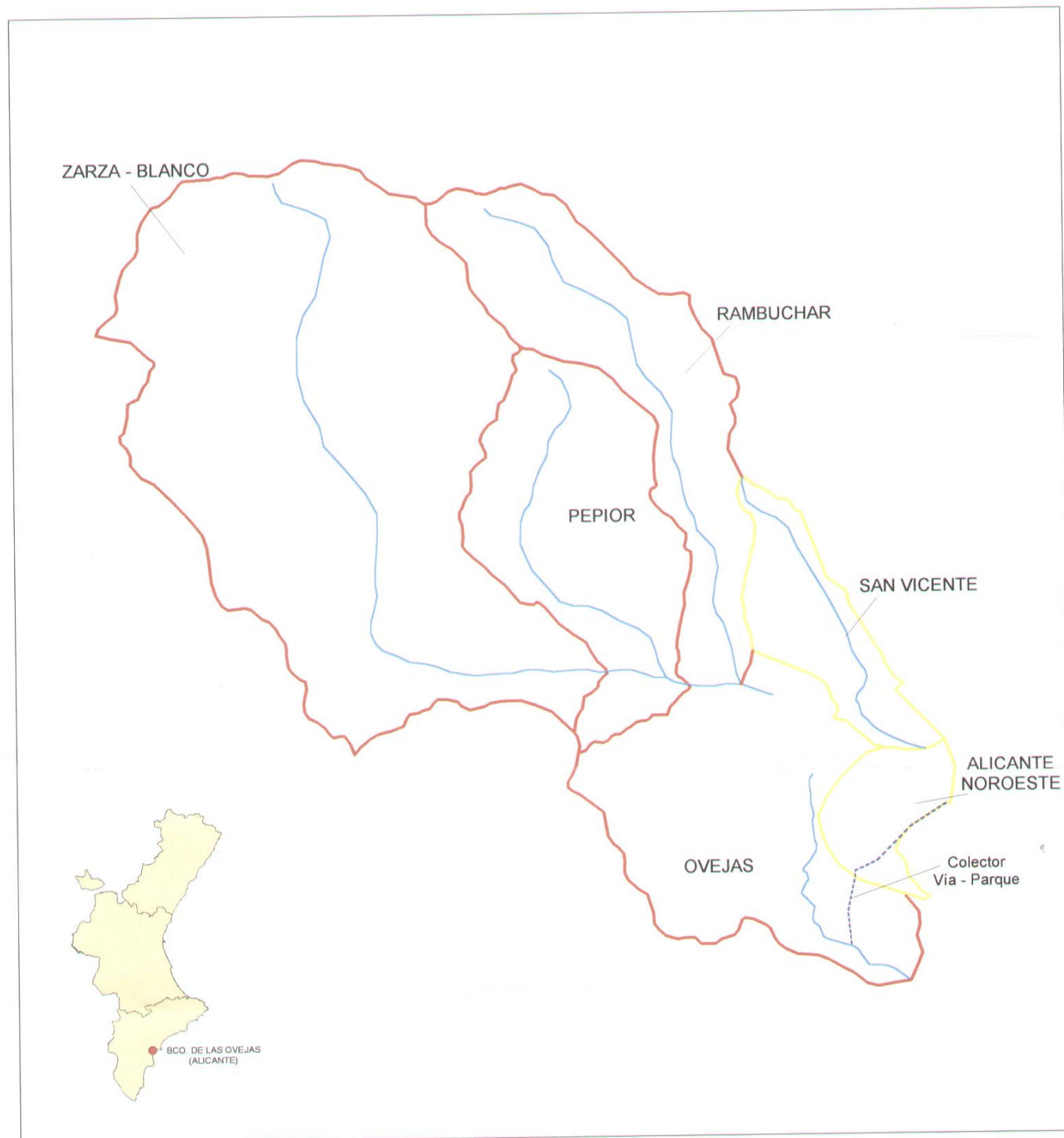
[*Estudio de la incidencia de la autovía de circunvalación de Alicante en las inundaciones de San Vicente del Raspeig – CEDEX, 1992*]


[*Canalización del Torrente de San Vicente en su interferencia con la autovía de circunvalación de Alicante – TYPESA, 1995*]

El presente estudio tiene carácter estrictamente hidrológico, abarcando una región geográfica de 226 km^2 , y no contempla cálculos hidráulicos de detalle en el cauce del barranco de las Ovejas (aunque sí considera la laminación en el mismo cuantificada por métodos hidrológicos).

El sistema hidrológico modelizado incluye las diversas subcuencas contribuyentes al Barranco de las Ovejas en situación de crecidas extraordinarias, indicadas en la figura adjunta (ESQUEMA DE SUBCUENCAS). Se incluyen aquí la aportación del Colector

de la Vía Parque, debida a los aportes de la cuenca urbana situada al noroeste de la ciudad de Alicante, así como la posible contribución debida al Barranco de San Vicente y zona del recinto universitario (en la actualidad sin conexión hidráulica real con el Barranco de las Ovejas).





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
 Dpto. de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMAS MÁXIMOS DE CRECIDA
 EN EL BARRANCO DE LAS OVEJAS (ALICANTE)

ESQUEMA DE SUBCUENCAS

ESCALA: 1:100.000 FECHA: Enero de 1999

AUTOR: 
 Rafael García Bartual

2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA TOTAL VERTIENTE AL BARRANCO DE LAS OVEJAS

La zona geográfica objeto del presente estudio hidrológico está sujeta a unas condiciones ambientales muy particulares. Se entiende por condiciones ambientales a todos aquellos elementos que, por interactuar en el medio físico (*el terreno*) modifican a las cualidades hidrológicas *intrínsecas* del mismo. Se incluyen aquí: clima, litología y estructura del terreno, cubierta vegetal y uso del suelo, y el suelo. Los nombrados son considerados generalmente como los factores que en mayor medida y a diferentes escalas afectan a los procesos de generación de escorrentía. A continuación se analizan cada uno de ellos.

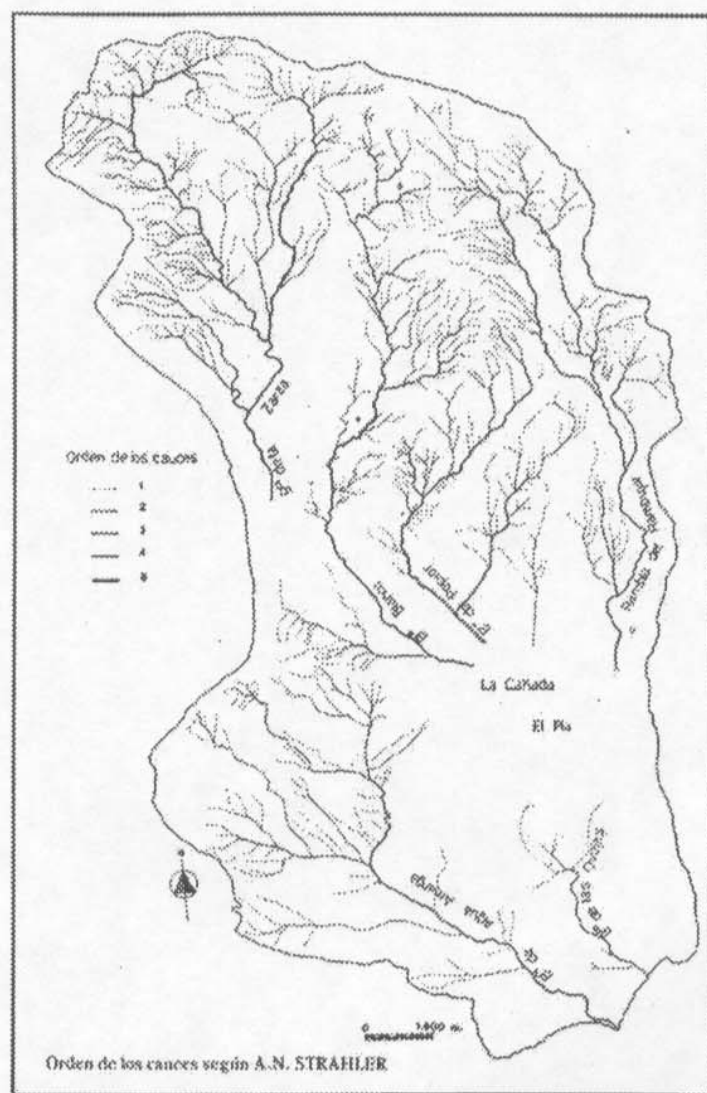
2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio se localiza en la Provincia de Alicante, abarcando un sector cuyos aportes hídricos en situación de crecida son finalmente drenados por el Barranco de las Ovejas, en la Ciudad de Alicante. Esta ha sido un área ampliamente analizada por el Instituto Universitario de Geografía (IUG; 1983; 1986), de la Universidad de Alicante.

El Barranco de las Ovejas es, en realidad, una cuenca de pequeñas dimensiones que recibe el escurrimiento superficial de un conjunto de unidades hidrológicas situadas aguas arriba del mismo. El sistema hidrológico identificado con este barranco incluye por ello al Barranco de La Zarza, el Barranco Blanco, Barranco del Pepior, la Rambla del Rambuchar y la zona del Plá, (como puede verse en la figura de la página siguiente). Aledaño a este conjunto se encuentra el Barranco de El Agua Amarga.



Localización del área de estudio.



2.2 ESTRUCTURA TECTÓNICA

Según el IGME (1982; 1986); la zona que rodea a la ciudad de Alicante por su flanco norte y occidental se ubica en la terminación de varias unidades de las Cordilleras Béticas.

La topografía señala con claridad la influencia de la tectónica bética, donde el relieve se manifiesta preferentemente siguiendo la dirección SO-NE a OSO-ENE, el cual es el sentido que siguen los mayores rasgos estructurales de la región. Esta tectónica se manifiesta en forma evidente en la región, con la presencia de pliegues y cabalgamientos, muchos de éstos vergentes hacia el NE.

Perpendicular a este sistema se encuentra otro, de dirección ONO-ESE, el cual está constituido por un sistema de fracturación de desgarre y por el afloramiento de elementos triásicos.

Este conjunto estructural define la red de drenaje y morfología de la región, y la red de drenaje activa.

2.3 LITOLOGÍA

En general, las áreas más elevadas que conforman los límites se relacionan con afloramientos rocosos, generalmente del mesozoico alto. En las zonas de cabeceras destacan los afloramientos cretácicos de las Cierras del Cid, la Sierra de Font-Caliente y la Sierra del Ventós. Estos se componen principalmente de materiales carbonáticos tales como calizas, margo-calizas y dolomías asociados al Cretácico. Los afloramientos se observan siguiendo una serie de repeticiones de la columna sedimentaria a causa de las complicaciones tectónicas antes mencionadas. Siguiendo la dirección bética, hacia el NE se localiza la Sierra de Orcheta, en la cual se incluyen afloramientos clásticos del Paleógeno.

En todos los bloques nombrados se observa la inclusión de elementos litológicos pertenecientes al triásico y al jurásico. Particularmente los primeros (pertenecientes a facies del Keuper) se observan en las cercanías de Jijona, al norte de Villajoyosa, en la sierra de Font-Caliente y entre esta última y la Sierra del Ventós.

En las cercanías a la ciudad se observan afloramientos aislados de reducidas dimensiones compuestos de materiales triásicos y calcáreos de edad cretácica, en las cercanías a Ciudad Jardín. Por otra parte, próximos a Villafranca (Lomas del Garvinet, Loma Raona), Cabo de las

Huertas y Playa de Babel consta la presencia de margas y areniscas miocénicas, todos éstos manifiestos con formas de bajo relieve relativo.

El resto del paisaje regional está marcado por el dominio de materiales que han sido catalogados como del cuaternario. Éstos cubren y enmascaran los rasgos tectónicos y son los que caracterizan a los sectores cercanos a la ciudad de Alicante. Estos materiales pueden ser agrupados por el IGME (1982; 1986) en cuatro grupos diferentes, de los cuales tres tienen fundamental importancia en este estudio:

- i) Glacis y terrazas antiguas: presentes en el área de San Vicente Raspeig, formando pequeñas 'mesas', elevadas sobre el resto del cuaternario.
- ii) Depósitos aluviales: ligados a cauces actuales o antiguos de ríos o ramblas. IGME (1986; p.: 16) indica que estos materiales no siguen un patrón definido de aterramiento, debido al régimen fluvial intermitente de los procesos hidrológicos locales.
- iii) Conos de deyección: en muchos casos conectados a los depósitos anteriores. Sus materiales provienen de la erosión y transporte de los afloramientos cretácicos y terciarios adyacentes. Presentan costras y clastos cementados por carbonatos.

2.4 MORFOLOGÍA DEL PAISAJE

Como ya se adelantó, el sistema de drenaje analizado no se compone de una única cuenca, sino un conjunto de unidades hidrológicas cuyas aportaciones generan finalmente las crecidas en la desembocadura del Barranco de las Ovejas. Todo el conjunto ocupa una porción del territorio alicantino, en el que se diferencian con claridad dos sectores (en IUG; 1983; p.: 31-33).

- i) La zona Nororiental, cuya morfología montañosa se debe fundamentalmente a la estructura tectónica. En este sector la red de escurrimiento se orienta en función de las debilidades generadas por la fracturación. Se encuentran aquí las nacientes y buena parte de la de los barrancos de la Zarza, del Pepior y la Rambla de Rambujar.
- ii) La zona deprimida, situada al pie de las estructuras béticas. Aquí se concentran los escurrimientos provenientes de las cuencas mencionadas anteriormente. Aquí se localiza la zona del Plá y la Cañada, al Oeste de San Vicente del Raspeig. El cierre por el sector

sud de esta zona lo constituye la Serreta Larga. A la salida de este sector se localiza la conexión hidrológica con el Barranco de las Ovejas.

Ambas zonas se encuentran conectadas morfológicamente mediante glacis, los cuales se desarrollan a partir de los materiales calcáreos provenientes de la remoción de los sectores nororientales, más elevados.

Las pendientes topográficas son un elemento de ineludible importancia en el análisis de los sistemas hidrológicos mediterráneos. El IUG (1986; p.: 76-79) describe que las pendientes medias en las unidades localizadas al norte del Plá presentan laderas escarpadas, donde la pendiente puede alcanzar el 50% en cabeceras. Las pendientes longitudinales de este tipo de cuencas oscilan entre el 2 y el 1.5%, marcando el relieve erosivo de los cauces. En cambio, en la zona de la Cañada, el Plá y el Barranco de las Ovejas, las pendientes son claramente menores, entre el 3 y el 10%. Queda claro que la presencia de terrenos con pendientes nulas o menores al 3% (uno de los parámetros normalmente utilizados en el cálculo de crecidas en España) se reducirá a pequeños sectores locales, rodeados de laderas de fuerte inclinación.

Por último, se puede afirmar que el escenario geomorfológico es evidente. Por una parte se encuentran las zonas elevadas de material relativamente más resistente, afectado por esfuerzos tectónicos, mientras que por otro se encuentran las zonas estructuralmente deprimidas han sido cubiertas por materiales clásticos más modernos, producto de la remoción y acarreo de las zonas emergentes. El relieve de éstas últimas es menos acusado, y el patrón que marca la heterogeneidad de sus materiales se debe a los procesos hidrológicos y climáticos actuales.

2.5 CUBIERTA VEGETAL Y USO DEL SUELO

En este punto se ha tenido en cuenta al tipo de vegetación natural presente y su diferencia con la vegetación climática. Ésta última es la que en teoría está en equilibrio con el clima y el paisaje de la región.

En segundo lugar se ha analizado en forma sumaria el uso actual del suelo, considerando así las modificaciones actuales de la cubierta del suelo.

2.4.1 Vegetación Natural

El IUG (1983; p.: 33-34) explica que la vegetación climática de la zona corresponde a la del encinar mediterráneo, cuya especie más representativa es el Quercus Illex o encina. Este tipo de vegetación se encuentra actualmente muy degradado. Las zonas umbrías de la cuenca han sido ocupadas por pinares pertenecientes al género del Pinus halepensis.

Las formaciones climáticas han sido reemplazadas por el matorral árido pseudoestepario, y éste a su vez afectado por la colonización de terrenos para su aprovechamiento agrícola, por lo que su extensión se concentra en las zonas rocosas y definitivamente no aprovechables.

En las zonas más bajas se ha observado la presencia de esparto, desarrollado sobre costras calizas, y de vegetación halófila en zonas con concentración de sales.

Finalmente, el IUG (op. cit.) indica que el matorral representa a la etapa de degradación del encinar. Junto con los pinares representan conjuntos de vegetación espacialmente reducidos. El resto de las superficies de la zona analizada se encuentra cubierta por vegetación natural abierta, rala y discontinua, marcando así el carácter climático del territorio.

2.4.2 Uso del suelo

La ocupación del suelo para uso agrícola es ya antigua, a consecuencia de la necesidad de producir alimentos para la ciudad de Alicante. La acción antrópica alcanzó las laderas de las montañas hasta altitudes elevadas (en algunos casos hasta los 800 m.s.n.m.; según el IUG; 1983; p.: 34). Esta acción ha continuado hasta el presente, atravesando diferentes etapas históricas desde la Edad Media (IUG; op. cit.).

El uso del suelo en la zona de estudio incluye diferentes elementos particulares, que han sido convenientemente destacadas por el IUG (1983; 1986):

Zonas de cabeceras

Las áreas con una escasa cubierta vegetal se sitúan en las zonas de cabeceras. Entre éstas se destaca al sector vinculado a la Rambla de Rambujar, desde la cima del Maigmó, al Norte, hasta Agost y San Vicente del Raspeig. Esta falta de vegetación se acentúa en las vertientes solanas, expuestas a un mayor déficit hídrico. Este fenómeno se asocia a los procesos de deforestación ya desde épocas antiguas.

En las laderas se han desarrollado abancalamientos aprovechados para el cultivo en secano. Éstos han sido abandonados, particularmente los situados a mayor altitud. El terreno ha sido invadido por matorral y parte de las estructuras han sido afectadas por la erosión hídrica.

Zonas de glacis y conos de deyección

Antiguamente fueron poblados por cultivos de secano, donde se alternaban zonas de cereales de invierno con olivos, almendros, algarrobos, vid e higueras.

Los terrenos más cercanos a las laderas montañosas fueron abandonados e invadidos por matorral, mientras que los más cercanos a los cauces de barrancos y ramblas fueron modificados y adaptados a sistemas de riego parcelario, aprovechando las aportaciones eventuales de los cursos de agua. Éstos eran desviados a los terrenos de riego mediante sistemas de retención y colectores. Actualmente el sistema de riego ha cambiado y las aportaciones hídricas no provienen de los cauces.

Por otra parte, en las zonas pendientes se han desarrollado distintas urbanizaciones, en terrenos antiguamente agrícolas, por ejemplo al noroeste de San Vicente del Raspeig y la Rambla del Rambujar.

Zonas de inundación de las ramblas y barrancos

Desde tiempos históricos fue ocupada por cultivos de secano y huerta. Progresivamente las actividades agrícolas y urbanísticas fueron avanzando sobre estos terrenos y aumentando la modificación de los mismos. Esta actividad incluye la nivelación de los terrenos y la modificación de los patrones de escurrimiento. En algunos puntos se ha realizado vertido de escombros, con la consiguiente reducción de la capacidad hidráulica de los cauces naturales.

Zona semiendorreica de la Cañada y el Plá

En este sector la actividad agrícola condujo al parcelamiento intensivo y el aprovechamiento de especies tradicionales. Estas explotaciones han sido parcialmente abandonadas o reemplazadas por otros cultivos más modernos, tales como los de tomate bajo túneles de plástico.

Por otra parte esta zona ha sido ocupada por viviendas rurales y de residencias secundarias

Barranco de las Ovejas

Los terrenos contiguos al cauce han sido tradicionalmente aprovechados para la explotación agrícola. Predominaron los cultivos de secano respecto a pequeñas zonas de riego. Posteriormente, por estar cercano al núcleo urbano, la zona cultivada sufrió un retroceso los terrenos se han destinado para la instalación de infraestructura industrial. Así, el propio cauce ha sido ocupado por edificaciones. Se han realizado aquí también vertidos de escombros sobre el cauce y la invasión de parte del lecho de inundación del barranco.

Por otra parte, el ferrocarril afecta a la divisoria oriental de buena parte el conjunto hidrológico y al mismo cauce del Barranco de las Ovejas.

Finalmente, la intensa actividad antrópica que ha sufrido el área a lo largo de la historia ha marcado profundas modificaciones a las condiciones geomórficas y a la cubierta vegetal del suelo. El uso del suelo es aquí claramente dinámico y susceptible de cambios constantes, generalmente hacia condiciones hidrológicas más comprometidas y complejas debido al las necesidades de expansión urbana.

2.6 SUELOS

Los suelos completan la descripción de la zona de estudio. El IUG (1986) indica la presencia dominante de ciertos *subordenes* de *entisols aridisols* e *inceptisols*, un sólo un caso de *alfisols* y otro de *mollisols* (según la nomenclatura del Soil Survey Staff, 1975).

En IUG (1986; p.: 71-75) figuran doce asociaciones de suelos observados en la región de estudio. Si se analiza cada una de estas asociaciones se pueden obtener un gran volumen de información y deducir ciertas características y cualidades hidrológicas fundamentales para este trabajo.

A continuación se describe en forma sumaria las características y cualidades edáficas de cada tipo de suelo, para luego ser relacionados en función de la asociación a la que pertenece y su vinculación con el funcionamiento hidrológico.

2.6.1 Tipo de suelos

Para interpretar el significado hidrológico de los suelos es necesario en primer lugar tener en cuenta ciertos aspectos formales que hacen a la forma en que éstos fueron clasificados.

El sistema de clasificación utilizado para identificar los suelos en el Barranco de las Ovejas se basa en considerar diferentes niveles de agregación. Así, los grandes tipos de suelos se dividen en función de distintos *ordenes*, en cada orden se considera la presencia de diferentes subdivisiones (los *subordenes*), En cada uno de estos últimos se acepta la presencia de diferentes variantes (los *grandes grupos*). Finalmente, cada suelo se clasifica en función de su pertenencia a un determinado gran grupo, donde en su denominación final se toman en cuenta ciertas características (físicas, químicas, geomorfológicas e hidrológicas), que son particulares del lugar geográfico donde fueron analizados.

A continuación se presenta un análisis de cada tipo de suelo en particular, con énfasis en los niveles mayores de generalización (ordenes y subordenes). Este análisis se basó en las referencias presentes en el Soil Survey Staff (1975), Wilding, et al. (1983); Nieves et al. (1988); y Buol et al.(1989).

2.6.1.1 Orden: Entisol

Representan la etapa de *menor desarrollo edáfico* de los tipos de suelo mencionados en este punto. Básicamente se trata de los suelos recientemente formados, en los cuales el grado de desarrollo es pequeño o inexistente. La causa fundamental es que los materiales parentales han sido expuestos en forma leve o reciente a los factores formadores de suelo (clima, vegetación, etc.). En consecuencia el desarrollo de horizontes es nulo o muy pequeño.

Son el *primer paso* en la evolución a partir de los 'no suelos', es decir rocas consolidadas, sales, cuerpos de agua o glaciares), los cuales no pueden ser el soporte de plantas vivas.

Estos suelos se encuentran en superficies geomórficamente jóvenes, zonas húmedas o muy secas, o están apoyados sobre un sustrato rocoso resistente.

En general, los entisoles son suelos simples, en cuanto al desarrollo de horizontes, o son el producto de la acción antrópica.

Han sido el soporte tradicional de la evolución humana, pues se suelen hallar en llanuras aluviales, zonas costeras y en las zonas elevadas de las cercanías (donde han sido modificadas por la construcción de terrazas).

En este tipo de suelos tiene fundamental importancia los factores limitantes que actúan en el ambiente:

- i) Climas con períodos prolongados de sequía.
- ii) Procesos activos de erosión, transporte y acumulación de material clástico.
- iii) Terrenos con relieves pronunciados.
- iv) Materiales recientes que no han estado expuestos el suficiente tiempo a la meteorización.

Desde el punto de vista hidrológico, el ambiente donde se encuentra este tipo de suelos es claro. Los procesos de erosión y depositación generan continuamente suelos como los entisols. Éstos son comunes de encontrar en secuencias topográficas de cuencas fluviales, donde los procesos de escurrimiento superficial y subsuperficial son rápidos. A su vez, esta situación es observable a partir del análisis del grado de actividad de los procesos de modificación morfológica del terreno.

Complementariamente, los procesos de anegación periódica y prolongada se observan con claridad en llanuras aluviales, estuarios o marjales. En cuencas mediterráneas, las llanuras aluviales no siempre sufren períodos prolongados de anegamiento, pero en cada evento de crecida sus márgenes son modificados por la erosión del cauce o por el aporte de nuevos materiales sedimentarios, lo cual hace que sus condiciones geomorfológicas sean inestables.

En la zona del Barranco de las Ovejas la IUG (1986) diferenció cuatro tipos de entisoles, como puede verse en la siguiente tabla:

Suborden	Gran grupo	Denominación
Orthents	Xerothents	Typic Xerothents
		Lithic Xerothents
Fluvents	Xerofluvents	Typic Xerofluvents
		Aquic Xerofluvents

Subordenes y tipos de entisoles detectados en la zona del Barranco de las Ovejas

Los *xerothents* y *xerofluvents* son suelos generados bajo un régimen climático en el cual los veranos son cálidos y secos, mientras que sólo en el período invernal los suelos recuperan su reserva de humedad (régimen *xérico*). Durante la época seca estival pueden permanecer secos más de 45 días consecutivos a partir del solsticio de verano.

La mayoría de estos suelos se localizan sobre terrenos pendientes, apoyando sobre materiales líticos.

En este caso, los *thypic xerothents* se caracterizan por ser suelos moderadamente profundos, que no poseen influencias de niveles acuíferos libres someros, al menos en los primeros 1.5 m. de profundidad. En la parte superior del perfil presentan generalmente una baja concentración de materia orgánica y son generalmente consistentes cuando están secos. Los *lithic xerothents* son una variante de éste, por ser suelos someros apoyados sobre roca.

Los *thypic xerofluvents* son suelos localizados en llanuras aluviales de cuencas geomórficamente activas. Su perfil se ve frecuentemente modificado a causa de las diferentes aportaciones de material clástico provenientes del acarreo en las avenidas. En consecuencia, su perfil puede ser profundo pero presenta distintas discordancias señaladas por cambios abruptos en el tamaño de granos y un contenido irregular de materia orgánica.

Los *aquic xerofluvents* son una variante de los anteriores, caracterizados principalmente por que su perfil está saturado de agua en forma total o parcial. Corresponden a suelos localizados en las partes más bajas del terreno, o en depresiones locales afectadas por los eventos de crecidas y la presencia de un manto de acuífero libre somero.

2.6.1.2 Orden: *Inceptisol*

Este tipo de suelos, a pesar de que se pueden reconocer dentro de un amplio rango de condiciones ambientales, se diferencian con claridad del resto de los órdenes de suelos mencionados en este trabajo.

El *concepto central* de los inceptisols es que se trata de suelos producidos al modificarse parcialmente el material parental, pero no lo suficiente como para que se generen características de madurez pedológica tales que permitan que este suelo pueda ser considerado dentro de otro

orden.

En este orden se incluyen aquellos suelos cuyo desarrollo edáfico es bajo. Se trata de suelos *embrionales* con *pocas características* diagnósticas.

Se los considera normalmente así porque son suelos donde en su perfil se encuentran todavía presentes muchos de los *rasgos deposicionales* del material parental. Sin embargo este tipo de suelo es el único que posee las cualidades y características necesarias como para estar en equilibrio con *paisajes y condiciones de humedad* de la región. Normalmente se encuentran en:

- i) Paisajes *jóvenes* bajo condiciones extremas de topografía (generalmente con *altas pendientes topográficas*).
- ii) Materiales sedimentarios recientes (en términos geológicos).
- iii) Bajo condiciones ambientales que limitan o retardan la evolución de los procesos edáficos.

En consecuencia, las condiciones de este suelo serán:

- a) Profundidad variable, pudiendo ser una fina capa yacente sobre un manto rocoso resistente o puede abarcar la mayor parte del perfil deposicional sedimentario.
- b) Los valores de referencia serán aproximadamente los mismos a los del material parental, debiéndose tomar como referencia para su modificación la presencia de costras o concreciones (generalmente calcáreas o ferruginosas) superficiales o subsuperficiales.
- c) Las condiciones de homogeneidad y anisotropía están directamente emparentadas con los materiales geológicos subyacentes.

La siguiente tabla señala los suelos presentes en la zona del Barranco de las Ovejas que pertenecen a este orden.

Suborde	Gran	Denominación
Ochrept	Xerochrep	Petrocalcic Xerochrepts (Lithic Xerochrepts) Lithic-Ruptic-Xerorthentic Xerochrepts Calcicerollic Xerochrepts

Entisols presentes en la zona del Barranco de las Ovejas

En la zona de trabajo se distingue un suborden particular: los *ochrepts*, es decir inceptisoles que no tienen limitaciones de drenaje ni la influencia de un nivel acuífero libre somero, formado en terrenos cuya pendiente puede alcanzar valores elevados, con un nivel subsuperficial rico en carbonatos cálcicos.

En este contexto, los *xerochrepts* corresponden a suelos desarrollados bajo un clima *xérico*, tal como los ejemplares de entisols estudiados con anterioridad. En estos suelos el contenido de materia orgánica decrece regularmente con la profundidad.

En este conjunto, los *petrocalcic xerochrepts* son suelos someros cuyo desarrollo se ve impedido por la presencia de un nivel de costras calcáreas compactas en profundidad, de la misma manera que los lithic ruptic-xerorthentic xerochrepts son suelos. En este último caso, las diferencias se basan en que su horizonte superficial se halla interrumpido lateralmente por el afloramiento de material rocoso no alterado.

En el caso de los *calcicerollic xerochrepts* poseen un horizonte subsuperficial claramente enriquecido con carbonatos de calcio en estado pulverulento o bajo la forma de pequeñas concreciones.

2.6.1.3 Orden: *Aridisol*

Estos suelos son los característicos de las regiones secas, ya sea cálidas o frías. Los desiertos ocupan aproximadamente un tercio del planeta, de los cuales sólo una pequeña parte se caracterizan por el dominio de dunas de arena y afloramientos rocosos desnudos. Por el contrario, estas áreas se encuentran cubiertas por vegetación baja y dispersa. Esta cubierta posee un gran desarrollo radicular tanto en sentido lateral como en profundidad.

Uno de los indicadores de las fuertes restricciones de este ambiente para el desarrollo vegetativo,

y su alta sensibilidad a los cambios ambientales.

El déficit de precipitación es claro en estas regiones, donde el suelo permanece seco durante casi todo el año, pudiendo pasar varios años sin apenas precipitación (clima *arídico*).

Las costras superficiales están ampliamente distribuidas en este tipo de suelos. Por otra parte, distintos tipos de aridisoles se han desarrollado a partir de niveles clásticos gruesos (guijarros y gravas), se desarrollan así el llamado "**pavimento del desierto**", junto con costras superficiales y presencia de vesículas superficiales. En todos los casos la capacidad de infiltración de estas superficies es baja.

Los horizontes subsuperficiales son generalmente:

- i) Un horizonte iluvial de concentración de arcillas cercana a la superficie.
- ii) Un nivel carbonático generalmente resistente. Éste se localiza por debajo de los horizontes mencionados anteriormente. Se interpreta que éste es el producto de la eluviación de carbonatos desde niveles superiores, aunque en muchas ocasiones si se encuentran estructuras sedimentarias, puede tratarse de niveles sedimentarios anteriores a la pedogénesis.
- iii) En áreas desérticas con el desarrollo de patrones endorreicos, se observa también el desarrollo de horizontes con una alta concentración de sales solubles o yeso en horizontes iluviales y en superficie.

Estos suelos son utilizados como praderas naturales, en función de las posibilidades hídricas, que es la mayor limitante para su aprovechamiento agrícola. Por otra parte, la presencia de niveles compactos y de sales los hace difíciles de utilizar como terreno de riego.

Las condiciones hidrológicas **no son favorables para la infiltración** si existen costras superficiales o pavimentos del desierto. De lo contrario, los primeros niveles presentarán condiciones moderadamente buenas para la infiltración.

En profundidad, los horizontes con concentración de arcillas o las costras carbonáticas resultan un **obstáculo para el desarrollo en profundidad de raíces y de la percolación.**

En general en este tipo de escenarios se observan comúnmente **procesos de erosión fuertemente desarrollados**, a causa de la anisotropía vertical entre horizontes superficiales permeables y niveles subsuperficiales cementados.

La siguiente tabla muestra los tipos de aridisols detectados en la zona correspondiente al Barranco de las Ovejas:

Suborde	Gran	Denominación
Orthids	Salorthid	Typic salorthids Aquollic salorthids:
	Gypsorthi	Typic gypsorthids

Tipos de aridisols reportados en la Zona del Barranco de las Ovejas.

Este sub grupo se suele encontrar desarrollado sobre sedimentos o superficies erosivas pleistocenas u holocenas.

El suborden que caracteriza a los aridisoles es el de los *orthids*, es decir, aridisoles que no poseen horizontes subsuperficiales producidos por la concentración de arcillas. Generalmente este suborden se caracteriza por la concentración de sales o carbonatos cercana la superficie del mismo.

En el caso del barranco de las Ovejas los *orthids* presentes son *salorthids*, cuando poseen una alta concentración de sales solubles, o son *gypsorthids*, cuando presentan una concentración de sulfatos de calcio (yeso) en horizontes cercanos a la superficie del terreno.

En el caso de los *salorthids* la presencia de sales se debe a que, dado el clima se produce un ascenso capilar de sales a partir de la evaporación del agua de lluvia (*Typic salorthids*). La falta de humedad y la poca frecuencia de procesos de lixiviación hacen que las sales se concentren en el perfil de suelos, al igual que en los terrenos bajo riego con agua salina. Esta concentración de sales se da en los primeros 75 cm de profundidad en el perfil edáfico. Los *aquollic salorthids* son una variante de los anteriores, y presentan un mayor contenido de materia orgánica.

En el caso de los *typic gypsorthids*, poseen las características propias de los *gypsorthids*, donde el horizonte subsuperficial que les da el nombre posee, como ya se especificó, un enriquecimiento en yeso de más del 5% y un espesor de al menos 15 cm. Este tipo de suelos se relaciona con

materiales parentales ricos en sulfatos de calcio, tales como ciertos afloramientos del Keuper.

2.6.1.4 Orden: Alfisol

Este tipo de suelos corresponde a un estadio de desarrollo superior a los entisoles e inceptisoles. Uno de las características de este orden de suelos es la presencia de un horizonte subsuperficial donde se acumulan los minerales de arcilla provenientes de los niveles superiores.

Este tipo de suelos se desarrolla en paisajes más *estables* que los anteriores ordenes, donde los procesos de erosión y remoción son mucho menos evidentes, y la aportación de materia orgánica por parte de la vegetación (natural) es más estable.

A medida que el suelo dispone de mejores condiciones para su desarrollo, el perfil de este tipo de suelos se hace progresivamente más diferenciado. Así, en condiciones favorables, este proceso marca con claridad las condiciones de anisotropía y heterogeneidad interna, en sentido vertical y horizontal. Se observa entonces la presencia de un nivel superior, más permeable y poroso y un nivel inferior, donde la concentración de arcillas, y carbonatos o sales señalan una reducción clara de las cualidades hidrológicas del suelo en cuanto a su capacidad de almacenamiento y retención de agua.

La vegetación original de este tipo de suelo incluye bosques caducifolios de hoja ancha, mezclados o no con vegetación forestal perenne. Pueden existir dentro del bosque parches ocupados por matorral o hierbas. Finalmente las transiciones entre alfisoles y otros suelos se relacionan con el tipo de plantas que marca la transición entre las masas boscosas y otros tipos de cubiertas vegetales.

Suborde	Gran	Denominación
Xeralfs	Rhodoxeralfs	Typic Rhodoxeralfs

En la zona del Barranco de las Ovejas se observa a un espécimen marginal de alfisoles, los pertenecientes al suborden de los *Xeralfs*. Éste es el tipo de alfisoles que comúnmente se desarrollan en climas mediterráneos. Por su posición en el paisaje el suelo no tiene problemas de drenaje pero presenta mejores condiciones para almacenar la humedad que recibe en la época fría. Esto hace que su desarrollo sea más avanzado que en el caso de los aridisols, inceptisols y entisols.

Los *Typic Rhodoxeralfs* se han desarrollado en un clima xérico, y con claras limitaciones de profundidad. Ambas condiciones limitan su desarrollo en profundidad. El material parental es calcáreo, y pueden concentrar carbonatos de calcio en la parte más profunda de su perfil. Antiguamente fueron clasificados como Terra Rossa.

2.6.1.5 Orden: Mollisol

Este tipo de suelos caracteriza a zonas donde se desarrolla una cubierta vegetal baja, compuesta fundamentalmente por especies herbáceas. El paisaje que normalmente se asocia a este tipo de suelos es geomórficamente estable. Al igual que en el caso de los alfisols, los procesos de remoción de materiales clásticos no son característicos en este ambiente. Por el contrario, y a diferencia de los demás suelos, en el desarrollo de este tipo de suelos la incorporación de materia orgánica es fundamental. Esto permite que se desarrolle la macroporosidad en el interior del perfil. Su significado hidrológico es claro: estas condiciones físicas permiten el buen desarrollo de la infiltración y el almacenamiento de agua en el suelo.

Por otra parte, el régimen de humedad necesario para la génesis de los mollisols permite el desarrollo de los procesos de lixiviación y desarrollo de horizontes subsuperficiales. Así, además de movilizar la materia orgánica al interior del suelo, estos procesos permiten la migración de otros componentes minerales, los cuales según el régimen hídrico derivarán en horizontes ricos en minerales arcillosos y/o la concentración masiva de carbonatos.

En general, estos suelos poseen drenaje libre, en consecuencia el ambiente químico es oxidante. Esto indica que no existen impedimentos para el movimiento del agua tanto vertical como horizontalmente.

Casos especiales de mollisols, como los que se observan en la zona del Barranco de las Ovejas es donde el material parental presenta un alto contenido de material calcáreo:

Suborde	Gran	Denominación
Xerolls	Haploxer	Typic

Los suelos identificados como mollisols en esta zona pertenecen al suborden de los xerolls, es decir: suelos desarrollados bajo un clima xérico, al igual que la mayoría de los suelos mencionados

anteriormente.

Los *Typic Haploxerolls* son suelos sin problemas de drenaje, y sin evidencias de anegamiento en el perfil (al menos en los primeros 75 cm. de profundidad). Poseen un horizonte subsuperficial de textura fina (o franco arenosa fina) con débiles evidencias de acumulación de arcillas. En este tipo de suelos se requiere para su clasificación el descenso regular del contenido de materia orgánica en función del aumento de la profundidad.

Se localizan generalmente sobre materiales cuaternarios, sobre pendientes suaves.

2.6.2 Asociaciones de suelos

Una *asociación de suelos* en particular expresa la agrupación de diferentes tipos de suelos en base que éstos poseen ciertos materiales parentales, tipo de clima, tipo de vegetación y procesos geomórficos que les son comunes.

La presencia y ubicación geográfica de los diferentes tipos de suelos varían a medida que las condiciones del paisaje también lo hacen. En consecuencia: existirán *diferentes* asociaciones de suelos en función de las *distintas* variantes que presenta el terreno.

El IUG (op. cit.) indican la existencia de doce asociaciones de suelos, las cuales se exponen en la siguiente tabla de la página siguiente.

Asociaci	Tipos de suelo
1	Lithic Xerorthents, Typic Xerorthents
2	Thypic Xerorthents, Lithic Xerorthents; Typic Xerofluents
3	Lithic xerorthents; Lithic Ruptic-Xerorthentic-Xerochrepts; Typic Xerorthents; Petrocalcic Xerochrepts
4	Lithic Xerorthents; Typic Xerorthents
5	Typic Xerorthents; Lithic Xerorthents; Typic Gipsorthids
6	Typic Xerofluents; Typic Xerorthents; Aquic Xerofluents
7	Typic Xerorthents; Aquollic Salorthids; Typic Salorthids
8	Calcixerollic Xerochrepts; Typic Xerorthents
9	Lithic Xerorthents; Calcixerollic Xerochrepts; Typic Xerorthents; Typic Xerofluents; Petrocalcic Xerochrepts
10	Typic Xerorthents; Typic Xerofluents; Calcixerollic Xerochrepts
11	Typic Xerorthents; Typic Xerofluents; Calcixerollic Xerochrepts
12	Typic Haploxerolls; Calcixerollic Xerochrepts; Typic Rhodoxeralfs

Asociaciones de suelos reportadas en la zona del Barranco de las Ovejas.

El análisis de estas asociaciones, así como de los tipos de suelos que las componen permiten deducir diferentes elementos hidrológicamente relevantes:

- i) Los tipos de suelos dominantes en la región; y en consecuencia definir cuáles son los suelos que indican condiciones hidrológicas particulares del paisaje.
- ii) El criterio de agrupación de estas unidades a fin de ser relacionadas con los procesos hidrológicos actuantes en la zona.

Las características edafológicas de los diferentes tipos de suelos señalados por el IUG (op. cit.) indican que los suelos que más indicadores del clima y paisaje de la zona de estudio son los entisols, en este caso: *xerorthents* y *xerofluents*. Estos suelos son, en términos globales los que indiquen la más evidente componente sistemática en el desarrollo de los procesos de escorrenría y la dinámica geomorfológica del área.

Su presencia es la más frecuente en las diferente asociaciones de suelos y sus propiedades físicas y génesis es la más ampliamente distribuida en el área, a juzgar por las demás evidencias contrastadas en este trabajo (clima, topografía, litología, estructura y vegetación).

Complementariamente, agregando a la descripción proporcionada por el IUG (op. cit.) las evidencias edafológicas, es posible reconocer diferentes aspectos de interés:

- a) En el general de los casos el patrón dominante en los sectores de laderas, los suelos generalmente más notables serán los patrones de entisols e inceptisols, los primeros en las zonas de mayor actividad de escurrimiento, y los segundos en los sectores hidrológicamente marginales.
- b) En las zonas donde el escurrimiento se desarrolla bajo condiciones de mayor encauzamiento predominarán los entisoles del tipo de los fluvents.
- c) Los alfisols y mollisols se reducen a zonas del paisaje dinámica e hidrológicamente más estables, distribuyéndose junto con entisols e inceptisols, cuando las condiciones del terreno son más severas para el desarrollo de suelos.
- d) Los terrenos más deprimidos, cercanos a masas de aguas permanentes o marismas se asocian con suelos Salorthids (Typic y Aquollic).

En la siguiente tabla se puede ver la agrupación hidrológica de los suelos considerados en este estudio, junto con el tipo de paisaje y tipos de materiales donde comúnmente han sido localizados:

Domin	Paisaje y materiales	Asociaci
1	Laderas escarpadas y fuertes pendientes	1
	Cuaternario en pendientes escarpadas y glacis	2
2	Presencia de costras calizas, zonas llanas o suavemente onduladas	3
	Calizas y margas en topografías onduladas.	12
3	Terciario y facies Keuper	4
	Triásico arenas y arcillas, pendientes entre 6 y 13%	5
	Calizas y margas erciarias y cretácicas. Pendientes 2 - 12%	8
	Terciario y cretácico en relieves llanos o suavemente ondulados.	10
	Relacionados con la asociación 10, pero en niveles más jóvenes.	11
4	Materiales fluviales	6
	Nivel actual de las ramblas	9
5	Marismas, zonas anegadas y antropizadas	7

2.7 CAPACIDADES DE INFILTRACIÓN

El IUG (1986; p.: 80-93) expone un conjunto de valores puntuales de infiltración, medidos en la zona de estudio. La duración de los ensayos señalada en los gráficos no supera los 600 segundos (10 minutos). Se destacan así:

- i) Tres tipos de curvas de infiltración según el tipo de heterogeneidad de los perfiles de suelo donde se realizaron los ensayos.
- ii) Los valores de infiltración final y, consecuentemente los rangos de variación de la conductividad hidráulica saturada en el área.

Las curvas de infiltración indican perfiles de cierta homogeneidad interna en casos donde los materiales son compactos y de baja conductividad hidráulica o en zonas donde los depósitos de materiales son generalmente uniformes y pendientes poco pronunciadas.

Existe otro tipo de curvas de infiltración que evidencian la presencia de costras superficiales o niveles compactos que reducen la velocidad inicial de infiltración. Estos casos se observan en lugares donde los materiales son finos o margosos y pendientes fuertes. Se incluye aquí la zona del Plá.

Finalmente, las curvas de infiltración que indican la presencia de un horizonte o nivel subsuperficial de diferente conductividad hidráulica se hallaron en zonas de diferente pendiente donde existen materiales finos o un sustrato compacto somero.

Dando por buenos los diferentes valores puntuales medidos en la zona, se puede considerar que el terreno posee superficialmente un nivel capaz de conducir el agua bajo condiciones de moderada a alta conductividad hidráulica. Sin embargo, estas condiciones se ven frecuentemente impedidas por la presencia de costras superficiales y/o de niveles subsuperficiales someros de menor conductividad. Esta información coincide con las fuentes edafológicas y geomorfológicas anteriores, que explican el tipo de comportamiento de la infiltración y la alta variabilidad de los valores referidos.

En otras palabras: analizando el total de la información fisiográfica no existen evidencias

suficientes para descartar la hipótesis que afirma que **el terreno posee limitadas condiciones para el almacenamiento y retención de agua debido principalmente a su topografía** (altas pendientes), **a la falta de cubierta vegetal** (o un uso de suelo poco favorable al almacenamiento hídrico) y a la presencia frecuente de niveles someros de muy diferente conductividad hidráulica.

Por último, las evidencias hidrológicas, generalmente marcadas en las grandes crecidas indican que este régimen de circulación va a ser completamente funcional una vez superado un cierto volumen de escurrimiento, el cual está marcado por:

- a) La capacidad de retención de la zona del Plá.
- b) El grado de modificación antrópica del cauce del Barranco de las Ovejas.

Finalmente, las condiciones aguas arriba de estos sistemas se ven también se ven afectados por la actividad humana, que reduce las condiciones hidrológicas naturales, desde ya propensas a la generación de escorrentías superficiales.

2.8 ESTIMACIÓN DE LOS VALORES DE UMBRAL DE ESCORRENTÍA

En este apartado se presentan los resultados cuantitativos y cualitativos del análisis hidrológico de la información presentada en los apartados anteriores.

En primer lugar se presentan una serie de valores de referencia para el parámetro P_0 , ó umbral de escorrentía, para luego ser matizados y llegar a los valores finales propuestos.

2.8.1 Valores de referencia para el complejo suelo-vegetación-topografía

Como primer paso, se llevó a cabo la clasificación hidrológica de los suelos anteriormente analizados. Los suelos fueron clasificados como del tipo A, B, C o D; según la nomenclatura propuesta por el Soil Conservation Service (SCS; 1983). Así se obtuvo la siguiente tabla:

Asociaci	Tipos de suelo	Clasificación
1	Lithic Xerorthents, Typic Xerorthents	D; C
2	Thypic Xerorthents, Lithic Xerorthents; Typic Xerofluvents	C; D; C
3	Lithic Xerorthents; Lithic Ruptic-Xerorthentic-Xerochrepts; Typic Xerorthents; Petrocalcic	D; D; C; D
4	Lithic Xerorthents; Typic Xerorthents	D; D
5	Typic Xerorthents; Lithic Xerorthents; Typic Gipsorthids	D; D; D
6	Typic Xerofluvents; Typic Xerorthents; Aquic Xerofluvents	C; D; C
7	Typic Xerorthents; Aquollic Salorthids; Typic Salorthids	C; D; D
8	Calcixerollic Xerochrepts; Typic Xerorthents	D; D
9	Lithic Xerorthents; Calcixerollic Xerochrepts; Typic Xerorthents; Typic Xerofluvents;	D; D; C; D
10	Typic Xerorthents; Typic Xerofluvents; Calcixerollic Xerochrepts	C; C; D
11	Typic Xerorthents; Typic Xerofluvents; Calcixerollic Xerochrepts	C; C; D
12	Typic Haploxerolls; Calcixerollic Xerochrepts; Typic Rhodoxeralfs	C; D; C

Clasificación hidrológica de los suelos presentes en la zona del Barranco de las Ovejas.

Los criterios para esta catalogación se basaron en lo expuesto por el SCS (1985) y las propuestas de Branson et al. (1981).

Cada uno de estos tipos resume las condiciones hidrológicas del terreno para generar escorrentía superficial y almacenar agua, durante los periodos iniciales de una tormenta.

Los resultados obtenidos indican que la región posee pocas condiciones naturales para la retención de agua y, en consecuencia generan escurrimiento a partir de valores de precipitación

reducidos. Las limitantes edáficas que indicaron este comportamiento fueron, fundamentalmente:

- i) Poca profundidad general en los perfiles (suelos someros).
- ii) Presencia de sustrato litológico cercano a la superficie del suelo.
- iii) Presencia en algunos casos de sales solubles o yesos cercanos a la superficie.
- iv) Domino general de pendientes topográficas fuertes.

En consecuencia, la siguiente tabla indica los tipos hidrológicos, según la agregación de suelos presentada en apartados anteriores:

Domini	Tipo
1	C/D
2	D
3	D
4	D/C
5	D

Así, se observa que en las zonas de pendientes escarpadas y glacis asociados a zonas de laderas el tipo dominante es el C, variando hacia el D.

En cambio, en las zonas dominadas por materiales fluviales y áreas adyacentes a los cauces el tipo de suelo varía de D a C. Esto se debe a que, si bien el perfil total de los materiales alcance cierta profundidad, la común presencia de cambios de facies y discontinuidades sedimentarias impiden que éstos se comporten como si fueran homogéneos.

Finalmente, en la mayoría del territorio considerado el tipo de suelo es el D.

2.8.2 Valores iniciales

Los valores iniciales se obtuvieron a partir de comparaciones con los resultados obtenidos mediante la información de la COPUT y la obtenida a partir de las especificaciones fisiográficas analizadas en el capítulo anterior y en puntos anteriores de este capítulo.

Los valores finales se lograron ponderando, en base a la información fisiográfica, las dos alternativas iniciales.

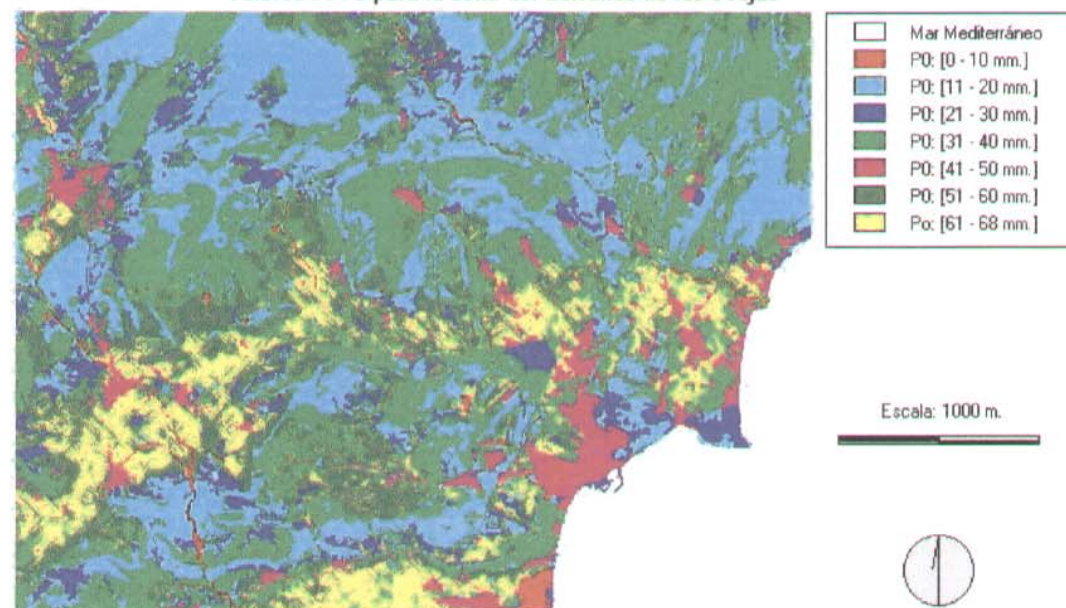
2.8.2.1 Superposición de capas de información en un SIG

Mediante la utilización de un Sistema Geográfico de Información y los mapas digitalizados por la COPUT se realizó una primera evaluación de los valores de P_o para las distintas unidades hidrológicas consideradas en este trabajo (que puede verse en la figura de la página siguiente), mediante la superposición de tres capas:

- i) Uso del suelo, distinguiendo el tipo de uso y su valor como elemento de retención de agua en el terreno, según lo expuesto por Ferrer et al (op. cit.)
- ii) Litología, clasificándola según sean A, B, C, o D, de forma de hacer coincidir los criterios del SCS (op. cit.).
- iii) Topografía (dividiendo las pendientes mayores al 3% y las menores a este valor).

El primer resultado obtenido fue la catalogación hidrológica del complejo suelo-cubierta-topografía para cada unidad hidrológica (denominadas a partir de aquí como subcuencas). A consecuencia de esto se pudo asignar diferentes valores de P_o . Los resultados se presentan en la página siguiente.

Valores de P₀ para la zona del Barranco de las Ovejas



Subcuencas	P ₀ medio
Subcuenca 1: Bco. De la Zarza - Subcuenca 2: Bco. del Pepior	33.3
Subcuenca 3: Rambla del	36.3
Subcuenca 4: Bco. de las Ovejas	33.3
Subcuenca 5: Cubeta del Plá	34.3
Subcuenca 6: cuenca de San	33.2
Cuenca total	30.0
	33.9

Valores de P₀ de aproximación mediante información digital

En esta tabla se definen los valores medios del parámetro P₀ para una alternativa general de aproximación, sin tener en cuenta las características particulares de la región. Así, se observa que en las diferentes cuencas los valores de P₀ oscilan alrededor de 30 mm, que es la cantidad de agua que almacenará el terreno antes de comenzar a generar escorrentía.

Estos valores han sido considerados como la *mejor* alternativa de diseño hidrológico.

2.8.2.2 Alternativa de mínimos

La información fisiográfica, particularmente la fisiográfica y la referida al uso de suelos, permite elaborar una alternativa más restrictiva, con la cual señalar las estimaciones de P₀ mínimos para el diseño hidrológico de crecidas en esta zona. Los resultados se exponen en la siguiente tabla.

Subcuencas	P ₀ mínimos
Subcuenca 1: Bco. De la Zarza - Subcuenca 2: Bco. del Pepior	12.7
Subcuenca 3: Rambla del	21.8
Subcuenca 4: Bco. de las Ovejas	12.7
Subcuenca 5: Cubeta del Plá	21
Subcuenca 6: cuenca de San	19
Cuenca total	10
	17.3

Valores de P₀ mínimos, mediante información fisiográfica

Los valores de esta tabla han sido modificados, reduciéndolos entre un 33 y un 60%, según el caso. Esta reducción implica un cambio real en milímetros de 13.3 y 20.6. Esta reducción se ha llevado a cabo considerando el tipo de suelos en una forma más cercana a la realidad, las fuertes modificaciones del uso del suelo, la reducida cubierta vegetal y su poca eficacia intrínseca como medio de retención hídrica.

2.8.3 Valores finales de referencia

Teniendo en cuenta los valores expuestos en las dos tablas precedentes, se han alcanzado una serie de valores ponderados, que representan una estimación media ajustada a las condiciones generales del método y las características propias de la zona de estudio. Los resultados se exponen en la siguiente tabla.

Subcuencas	P ₀ ponderado
Subcuenca 1: Bco. De la Zarza - Subcuenca 2: Bco. del Pepior	21.0
Subcuenca 3: Rambla del	22.00
Subcuenca 4: Bco. de las Ovejas	19.0
Subcuenca 5: Cubeta del Plá	28.0
Subcuenca 6: cuenca de San	20.00
Cuenca total	15.00
	21.50

Valores ponderados de P₀

Estos valores son los finalmente considerados como valores de referencia a fin de ser utilizados en la modelación hidrológica de crecidas en la zona de estudio.

3 MORFOMETRÍA DE LA CUENCA

3.1 Aspectos teóricos

3.1.1 Descriptores morfométricos generales

Dos cuencas vecinas, sometidas a las mismas condiciones climáticas, pueden tener regímenes de flujo totalmente distintos. Esta diferencia se debe principalmente a las diversas características físicas de ambas cuencas. Aunque resulta evidente que factores como el tipo de suelo y el espesor de la capa permeable ejercen un gran efecto sobre el régimen de flujo, la fisiografía controla casi totalmente la respuesta de la cuenca a las precipitaciones.

A continuación, se enumeran las características morfométricas más importantes especificando las expresiones que permiten la obtención de los parámetros morfométricos que se utilizarán para caracterizar las subcuencas consideradas.

- Superficie: es el parámetro de escala por excelencia, determinando el orden de magnitud del volumen de precipitación, el caudal de crecida, etc.

- Perímetro: es la longitud del límite exterior de la cuenca. Su magnitud depende de la superficie y la forma de la cuenca.

- Forma: configuración geométrica de la cuenca tal como está proyectada sobre el plano horizontal. Es de gran importancia; no basta sólo con el conocimiento de la superficie, pues dos cuencas de igual área y con perímetros bien diferentes, obviando otros factores, no se comportan igual. La forma de la cuenca, entendida como la relación área - perímetro, afecta directamente al tiempo de respuesta de la misma; es decir, al tiempo de recorrido de las aguas a través de la red de drenaje y, por consiguiente, a la forma del hidrograma resultante.

Para determinar la forma de la cuenca se utilizan varios índices; los más habituales son los siguientes:

i) Índice o coef. de compacidad, K_c . Se debe a Gravelius, y es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que la cuenca.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

siendo P y A el perímetro y el área de la cuenca, respectivamente.

En cualquier caso, el coeficiente será mayor que la unidad, tanto más próximo a ella cuanto la cuenca se aproxime más a la forma circular, pudiendo alcanzar valores próximos a 3 en cuencas muy alargadas.

- ii) Factor de forma, R_f . Definido por Horton, es el cociente entre la superficie de la cuenca y el cuadrado de su longitud máxima:

$$R_f = \frac{A}{L_m^2}$$

donde L_m es la longitud máxima o recorrido principal de la cuenca, entendiéndose como tal la distancia entre el punto de desagüe y el punto más alejado de la cuenca siguiendo la dirección de drenaje.

- iii) Coeficiente de forma, K_f . Es la relación entre la anchura media de la cuenca y la longitud axial:

$$K_f = \frac{B_m}{I_a}$$

donde B_m representa la anchura media y I_a la longitud axial según el río principal.

- iv) Radio de elongación, R_e . Definido por Schumm, es la relación entre el diámetro de un círculo que tenga la misma superficie que la cuenca y la longitud máxima de la cuenca. Expresándolo en función del área de la cuenca queda:

$$R_e = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L_m}$$

siendo A y L_m los definidos anteriormente.

- v) Radio de circularidad, R_{ci} . Es el cociente entre el área de la cuenca y la del círculo cuyo perímetro es igual al del la cuenca:

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{P^2}$$

donde P y A son, respectivamente, el área y el perímetro de la cuenca.

- Relieve y altitud de la cuenca: según Heras (1972), resulta evidente la influencia del relieve de la cuenca, puesto que cuanto mayores sean las pendientes del terreno, habrá menor capacidad de infiltración y mayores velocidades en las corrientes de agua. Llamas (1993) lo considera un dato esencial para el estudio de la temperatura y la precipitación.

Son muchos los parámetros que durante años se han utilizado para sintetizar la información sobre el relieve y la pendiente del terreno en la cuenca. Sin embargo, actualmente, con el desarrollo en los últimos años de los sistemas de información geográfica, se pueden manejar campos espacialmente distribuidos de atributos topográficos del terreno, que representan la base, hoy día, de la modelación hidrológica.

- Orientación: dirección geográfica de la cuenca según la resultante de la pendiente general. Es un concepto de suma importancia en el estudio de la dirección del movimiento de los frentes de lluvia y de los vientos dominantes, la evolución de la función nival de la cuenca, el número de horas de soleamiento (lo cual incide de manera decisiva en el cálculo de la evapotranspiración), etc.

- Centro de gravedad: es un dato de particular importancia para el cálculo del hidrograma unitario de Snyder.

- Coefficientes de sinuosidad topográfica e hidráulica: el coeficiente de sinuosidad topográfica es el cociente entre la longitud del valle y la del eje del río, y el de sinuosidad hidráulica el cociente entre la longitud directa y la del eje del río.

3.1.2 Descriptores morfométricos de las red de drenaje

- Densidad de drenaje: Horton (1945) la definió como el cociente entre la longitud total de los canales de flujo pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca:

$$D = \frac{L_T}{A}$$

Este parámetro es, en cierto modo, un reflejo de la dinámica de la cuenca, de la estabilidad de la red hidrográfica y del tipo de escorrentía de superficie, así como de la respuesta de la cuenca a un chubasco.

- Constante de estabilidad: parámetro propuesto por Schumm (1956), es el inverso de la densidad de drenaje, y representa, físicamente, la superficie de cuenca necesaria para mantener en condiciones hidrológicas estables en una unidad de longitud de canal. Es, por tanto, una medida de la erosionabilidad de la cuenca.

- Densidad hidrográfica: se define como el cociente entre el número de segmentos de canal de la cuenca y la superficie de la misma:

$$F = \frac{N_T}{A}$$

donde N_T es la suma de todos los segmentos de canal que forman la red hidrográfica de la cuenca, entendiendo como tales a todo tramo de canal que no sufre aporte alguno de otro canal.

Aunque la densidad hidrográfica y la densidad de drenaje miden propiedades distintas, Melto (1958) propuso una relación, que ha resultado muy acertada, entre ellas:

$$F = \delta D^2$$

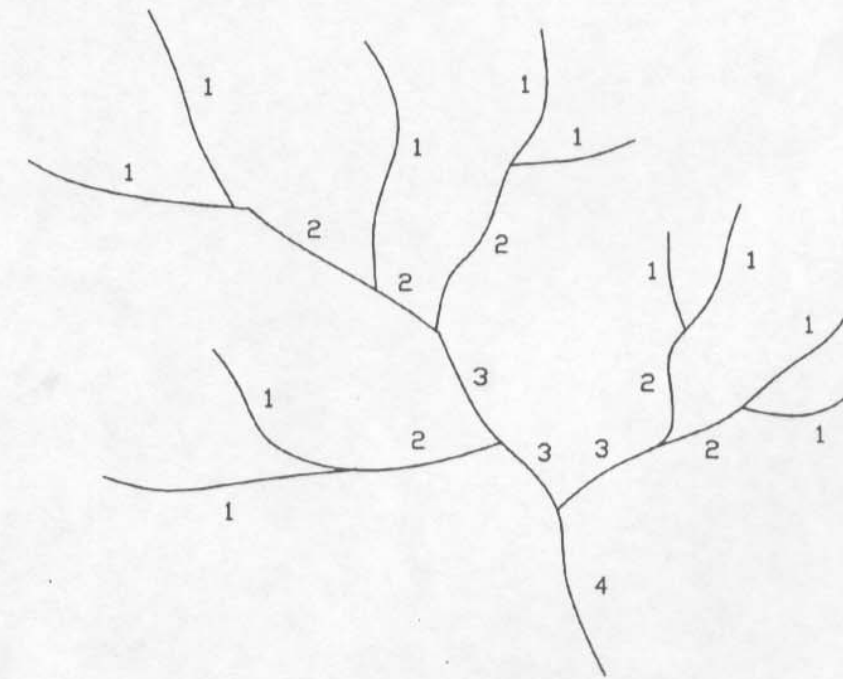
El análisis cuantitativo de redes hidrográficas se basa en el método de Horton (1945) de clasificación de la red de canales, basado en el sistema de Gravelius. Posteriormente, Strahler (1957) modificó las hipótesis de Horton, dando lugar a la clasificación de Horton-Strahler, la más utilizada hoy en día, aunque hay otros modelos, como el de Shreve (1966), Mock (1971), etc.

En el modelo de Horton-Strahler, básicamente, se considera que la cuenca tiene una única salida o punto de desagüe; los puntos en los que se unen dos segmentos de canal son los nudos internos; los nudos externos son aquellos a partir de los cuales se origina un segmento de canal (es decir, la cabecera de todos los tributarios de la cuenca); los tramos de canal son los segmentos entre nudos, siendo internos si conectan nudos internos, y externos si conectan un nudo exterior y el siguiente nudo interior aguas abajo.

Así, Strahler clasifica los canales de acuerdo con el siguiente criterio:

- i) Los canales originados en un nudo externo son definidos como canales de primer orden.
- ii) Cuando dos canales del mismo orden, i , se unen en un nudo interior dan lugar a un canal de orden superior, $i+1$, aguas abajo.
- iii) Cuando se unen dos canales de distinto orden en un nudo interior dan lugar a otro canal que conserva el mayor de los órdenes.
- iv) El orden de la cuenca, ω , es el del canal de mayor orden.

En la siguiente ilustración, se muestra un sencillo ejemplo de ordenación de una red hidrográfica según el criterio de Strahler.



Ordenación de una red de canales según Strahler.

Horton (1945) desarrolló algunas expresiones empíricas: las llamadas ley de los números de corriente y ley de las longitudes de corriente. Dichas expresiones son también válidas utilizando el sistema de ordenación de Strahler.

La ley de los números de corriente establece que el número de canales de un determinado orden sigue una relación geométrica inversa con dicho orden:

$$N_i = R_B^{\omega-i}$$

donde N_i es el número de canales de orden i , ω es el mayor orden de los canales de la cuenca y R_B es una constante característica de la cuenca llamada Ratio de Bifurcación. Los puntos $(i, \log N_i)$ de todos los órdenes de la cuenca se ajustan a una línea recta de pendiente negativa. El valor absoluto de dicha pendiente es el logaritmo de R_B .

La ley de las longitudes de corriente establece que:

$$\frac{\bar{L}_i}{\bar{L}_{i-1}} = R_L$$

donde \bar{L}_i es la longitud media de los canales de orden i y R_L es otra constante característica de la cuenca llamada Ratio de Longitud. La longitud media de los canales de cada orden viene dada por la expresión:

$$\bar{L}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{n=1}^{N_i} L_{i_n}$$

donde L_{i_n} es la longitud de un canal de orden i .

Schumm (1956) propuso la ley de las áreas de corriente, con el mismo fundamento que las dos leyes anteriormente establecidas por Horton:

$$\frac{\bar{A}_i}{\bar{A}_{i-1}} = R_A$$

donde \bar{A}_i es el área drenante media a los canales de orden i y R_A es el Ratio de Área. El área drenante media a los canales de cada orden se obtiene como:

$$\bar{A}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{n=1}^{N_i} A_{i_n}$$

siendo A_{i_n} el área de la cuenca que drena al canal n de orden i y a todos sus tributarios; de tal forma que \bar{A}_ω es el área total de la cuenca.

Los ratios de longitud y área se consiguen, al igual que el ratio de bifurcación, ajustando sendas rectas a los pares de puntos $(i, \log \bar{L}_i)$ e $(i, \log \bar{A}_i)$ y obteniendo las pendientes de dichas rectas.

Muchas han sido las críticas que el modelo de Horton-Strahler ha recibido, tanto el propio sistema de ordenación como las leyes resultantes. En cuanto al primero, porque ignora los cambios que ocurren en un canal cuando se une a él un tributario de orden inferior; esto es, según el sistema de Horton-Strahler, el orden sólo cambia cuando se unen dos canales del mismo orden, mientras que las propiedades físicas e hidráulicas de los cauces cambian en todas las uniones. En lo que se refiere a las leyes derivadas del modelo, algunos autores (por ejemplo Smart, 1978) afirman que no siempre son válidas, y que cuando lo son es de resultados del propio proceso de ordenación. Schumm (1956) y otros autores han encontrado que las gráficas de pares de puntos orden-número de canales y orden-longitud media de los canales presentan desviaciones sistemáticas de una línea recta.

Aún así, el modelo de jerarquización de Horton-Strahler es el más utilizado en la actualidad, y fundamenta los llamados hidrogramas unitarios geomorfológicos, uno de los cuales ha sido el utilizado en el proceso de transformación lluvia-escorrentía en las cuatro subcuencas naturales de la cuenca del Barranco de las Ovejas.

3.1.3 Tiempo de concentración de la cuenca

También denominado tiempo de respuesta o de equilibrio, LLamas (1993) lo define como el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe. El tiempo de concentración de una cuenca no es constante; depende, como indican Marco y Reyes (1992), de la intensidad del chubasco, aunque muy ligeramente.

Por tener el concepto de tiempo de concentración una cierta base física, han sido numerosos los autores que han obtenido formulaciones del mismo, a partir de características morfológicas y geométricas de la cuenca. A continuación, se muestran las usadas en la caracterización morfométrica de las cuencas objeto de este estudio:

- i) Fórmula de Témez: es la recomendada en España, para el método racional modificado, en la Instrucción 5.2 - I.C. de Drenaje Superficial (M.O.P.U., 1990). Se utiliza en el cálculo del hidrograma triangular de J.R.Témez. Se deriva de la fórmula del *U.S.Army Corps of Engineers*.

$$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

donde L es la longitud del cauce principal de la cuenca, en Km, J es la pendiente promedio de dicho recorrido en m/m, y T_c es el tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

ii) Fórmula Californiana (del U.S.B.R.).

Es la expresión utilizada para el tiempo de concentración en el cálculo del hidrograma triangular del *U.S. Bureau of Reclamation*. Obtiene el tiempo de concentración de la cuenca según la expresión

$$T_c = 0,066 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/2}} \right)^{0,77}$$

donde T_c es también en horas, y L y J la longitud y la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca, en Km y en m/m, respectivamente.

iii) Fórmula de Kirpich.

Calcula el tiempo de concentración, T_c , en minutos, según la expresión

$$T_c = 0,01947 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$$

siendo L la longitud del cauce principal de la cuenca, en metros, y S la diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).

iv) Fórmula de Giandotti.

Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, T_c , en horas.

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{25,3\sqrt{JL}}$$

siendo L y J los definidos anteriormente y A la superficie de la cuenca en Km².

3.1.4 Hidrogramas unitarios sintéticos

La técnica de transformación lluvia neta - escorrentía más experimentada es la del hidrograma unitario, de uso extendido en entornos hidrológicos muy diversos.

El hidrograma unitario para duración "D" se define como el generado como respuesta hidrológica de la cuenca al producirse sobre ella una hipotética lluvia neta de altura unitaria (1 l/m²) y duración "D".

Existen diversos métodos para la deducción del hidrograma unitario de una cuenca, entre los que se encuentran los sintéticos, que son un conjunto de hidrogramas obtenidos a partir de datos geomorfológicos e hidrológicos. Su precisión es menor que la obtenida mediante otros métodos y debe procurarse aplicarlos a cuencas lo más parecidas a aquellas a partir de las cuales se dedujo dicho hidrograma.

Marco y Reyes (1982) presentan una interesante relación, que recoge buena parte de los que a continuación se citan. Los hidrogramas sintéticos se pueden agrupar en tres tipos:

- i) Empíricos, como los hidrogramas de Snyder, el adimensional del SCS, el triangular del USBR o el triangular de Témez.
- ii) Geomorfológicos, o basados en los ratios de Horton, como los de Rodríguez-Iturbe y Valdés, Gray-Nash y el geomorfoclimático de Rodríguez-Iturbe y González-Sanabria.
- iii) Método de deducción mediante el trazado de las isocronas de la cuenca. Es un método antiguo de síntesis del hidrograma que, no obstante, sigue siendo utilísimo en ausencia de datos, y logra incluso mayor precisión que el resto de los hidrogramas sintéticos en la mayoría de los casos.

El hidrograma unitario de Clark es el resultante de aplicar un embalse lineal sobre el hidrograma unitario deducido por isocronas, con la finalidad de aproximarse más al comportamiento real de la cuenca.

3.2 APLICACIÓN A LA CUENCA VERTIENTE AL BARRANCO DE LAS OVEJAS

En la cuenca vertiente a la desembocadura en el mar del Barranco de las Ovejas hemos considerado los siguientes subsistemas, o subcuencas, rurales:

- SUBCUENCA 1: Bco. de la Zarza - Bco. Blanco.
- SUBCUENCA 2: Bco. del Pepior.
- SUBCUENCA 3: Rambla del Rambuchar.
- SUBCUENCA 4: Bco. de las Ovejas.

Los volúmenes de agua generados en los barrancos Zarza-Blanco, Pepior y Rambuchar alcanzan la cubeta de El Plá, zona semiendorréica que conecta dicha escorrentía con el Barranco de las Ovejas en situaciones de crecida extraordinaria, a través del cual se produce la descarga al mar.

A estos sistemas rurales se añaden también los aportes procedentes de dos cuencas urbanas 'p pseudourbanas:

- La subcuenca Alicante-Noroeste, que vierte al Barranco de las Ovejas desde el Noreste por el «colector de pluviales de San Agustín, Vía Parque Oeste, Plaza de la Luna», unos 1900 metros aguas arriba de su desembocadura al mar.
- La subcuenca de San Vicente, que limita al Sur con la anterior, al Este con la zona alta de la cuenca del Barranco del Monte Orgegía y al Oeste con la subcuenca de la Rambla del Rambuchar.

Este esquema hidrológico puede verse en el plano que se adjunta, en el que también queda reflejada la circulación preferente del flujo de agua en la transición de los barrancos aguas arriba de El Plá y el Barranco de las Ovejas.

3.2.1 Cuencas rurales

3.2.1.1 Caracterización morfométrica

Para la caracterización morfométrica de estas subcuencas hemos hecho uso de los módulos automatizados GEOMORFO y HORTON, desarrollados por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia. Estos módulos, realizados en código fuente *Fortran*, están implementados en el sistema de información geográfica GRASS

(*Geographic Resources Analysis Support System*), desarrollado por el *U.S. Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratories (USACERL)*.

Ambos programas requieren como *input* el modelo de elevación digital de la zona de estudio, con formato de fichero *raster* Grass, y a partir de él proporcionan la siguiente información:

Módulo GEOMORFO:

- Delimitación de la cuenca vertiente a un punto determinado, dado por sus coordenadas *Universal Transverse Mercator*.
- Obtención de las principales características morfométricas de dicha cuenca: superficie, perímetro, parámetros de forma, curva hipsométrica, recorrido principal (longitud y pendiente media), red de drenaje y sus parámetros característicos, tiempo de concentración (mediante diversas expresiones empíricas) y centroide de la cuenca.

Módulo HORTON:

- Determinación de la red de canales de la cuenca, codificada según el sistema de jerarquización de Horton-Strahler, así como los parámetros característicos de la misma: número de tramos, longitud media y área drenante acumulada media de cada orden, y ratios de bifurcación, longitud y área característicos de la cuenca.
- Obtención de los parámetros de los hidrogramas unitarios sintéticos: geomorfológico de Rodríguez-Iturbe y Valdés, parámetros de Rosso y García Bartual para el hidrograma unitario instantáneo de Gray-Nash, triangular de Témez, triangular del *U.S. Bureau of Reclamation*, adimensional del *Soil Conservation Service*, y Snyder.

Además, se ha hecho uso del módulo automatizado HIDROMORFO, también desarrollado por este departamento, e implementado así mismo en GRASS, para la determinación, e independización de cara al análisis, de las subcuencas rurales ya citadas en el apartado anterior.

El modelo digital del terreno de la zona de estudio, cedido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Ministerio de Fomento), es un fichero *raster* Grass con una resolución de celda de 80x80 metros.

Así, las subcuencas obtenidas son las siguientes:

SUBCUENCA	coords. U.T.M. del desagüe	
	Este	Norte
SUBCUENCA 1 Bco. De la Zarza - Bco. Blanco	710600	4253080
SUBCUENCA 2 Bco. del Pepior	712600	4252680
SUBCUENCA 3 Rambla del Rambuchar	715880	4251400
SUBCUENCA 4 Bco. de las Ovejas	717560	4245000

En las siguientes páginas se presentan los resultados obtenidos.

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LAS SUBCUENCAS RURALES				
PARÁMETRO	SUBC. 1	SUBC. 2	SUBC. 3	SUBC. 4
Superficie (Km ²)	101,77	34,07	36,48	32,48
Longitud perímetro (Km)	63,04	39,2	55,36	36,96
Coef. de compacidad de Gravelius	1,75	1,88	2,57	1,81
Factor de forma de Horton	0,29	0,25	0,13	0,27
Radio de elongación de Schumm	0,6	0,56	0,41	0,58
Radio de circularidad	0,32	0,28	0,15	0,3
Longitud recorrido principal (Km)	18,83	11,78	16,56	10,98
Pdte. media recorrido principal (%)	4,15	9,36	3,12	2,73
Cota máxima en la cuenca (m)	1200	1800	1800	560
Cota mínima en la cuenca (m)	154	122	83	0
coord. U.T.M. Este del centroide	704160	710160	711920	714240
coord. U.T.M. Norte del centroide	4258640	4256640	4258480	4248720
T _C Témez (horas)	5,11	3,07	4,89	3,67
T _C U.S.B.R. (horas)	2,15	1,1	2,18	1,67
T _C Kirpich (horas)	2,16	1,1	2,19	1,68
T _C Giandotti (horas)	3,07	1,54	2,69	2,83

PARÁMETROS DE LA RED DE DRENAJE DE LAS SUBCUENCAS RURALES				
PARÁMETRO	SUBC. 1	SUBC. 2	SUBC. 3	SUBC. 4
Número de tramos en la red	92	24	28	28
Longitud total de la red (Km)	106,63	34,29	41,16	36,63
Densidad de drenaje (Km ⁻¹)	1,05	1,01	1,13	1,13
Constante de estabilidad (Km)	0,95	0,99	0,89	0,89
Densidad Hidrográfica (nº tramos/Km ²)	0,9	0,7	0,77	0,86

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA RED DE DRENAJE DE LAS SUBCUENCAS RURALES			
ORDEN	Número de tramos	Longitud media (Km)	Área drenante acumulada media (Km²)
SUBCUENCA 1: Bco. de la Zarza - Bco. Blanco			
1	47	1,09	1,25
2	12	2,74	5,75
3	4	3,28	18,73
4	1	9,5	101,77
SUBCUENCA 2: Bco. del Pepior			
1	13	1,35	1,35
2	4	1,88	5,48
3	1	9,23	34,07
SUBCUENCA 3: Rambla del Rambuchar			
1	15	1,38	1,53
2	3	3,77	7,4
3	1	9,23	36,48
SUBCUENCA 4: Bco. de las Ovejas			
1	15	1,56	1,49
2	4	2,35	7,12
3	1	3,87	32,48

RATIOS CARACTERÍSTICOS DE LA RED DE DRENAJE DE LAS SUBCUENCAS RURALES					
RATIO	SUBC. 1	SUBC. 2	SUBC. 3	SUBC. 4	valores habituales (según Bras)
Bifurcación	3,54	3,61	3,87	3,87	3 - 5
Longitud	1,95	2,62	2,59	1,58	1,5 - 3,5
Área	4,22	5,02	4,88	4,67	3 - 6

3.2.1.2 Hidrogramas unitarios geomorfológicos

El proceso de transformación lluvia - escorrentía en las cuatro subcuencas rurales ha sido modelado en términos de la teoría lineal de los sistemas hidrológicos, empleando hidrogramas unitarios para representar la respuesta hidrológica frente a una lluvia neta de volumen unitario (altura = 1 mm.) Y duración de 5 minutos. La elección de esta duración característica del intervalo para la definición del hidrograma unitario viene condicionada por el paso temporal de cálculo empleado en la simulación, que es de 5 minutos.

Así, la cuenca es considerada como un sistema lineal transformador de *input's* de lluvia neta (hietogramas) en *output's* de caudales (hidrogramas), de manera que el hidrograma Q(t) producido por transformación de lluvia neta $i_e(t)$ es calculado por medio de la clásica convolución matemática:

$$Q(t) = A \cdot \int_0^t i_e(t) \cdot u(t-x) \cdot dx$$

El hidrograma unitario $u()$ empleado es la función gamma de dos parámetros, o hidrograma de Nash, de uso extendido por su buena adaptación a las formas típicas observadas:

$$u(t) = \frac{t^{\alpha-1} \cdot e^{-t/k}}{k^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)}$$

donde α es el parámetro de forma, k el parámetro de escala y $\Gamma(x)$ la función gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{x-1} \cdot e^{-t} \cdot dt$$

El hidrograma de Nash es un hidrograma sintético en tanto en cuanto la obtención de los parámetros α y k se realice a partir de características morfológicas de la cuenca. En nuestro caso así se ha hecho, pues dichos parámetros se han estimado, respectivamente, a partir de las expresiones de Rosso (1984) y García Bartual (1990), que incluyen cuantificadores morfológicos en su formulación:

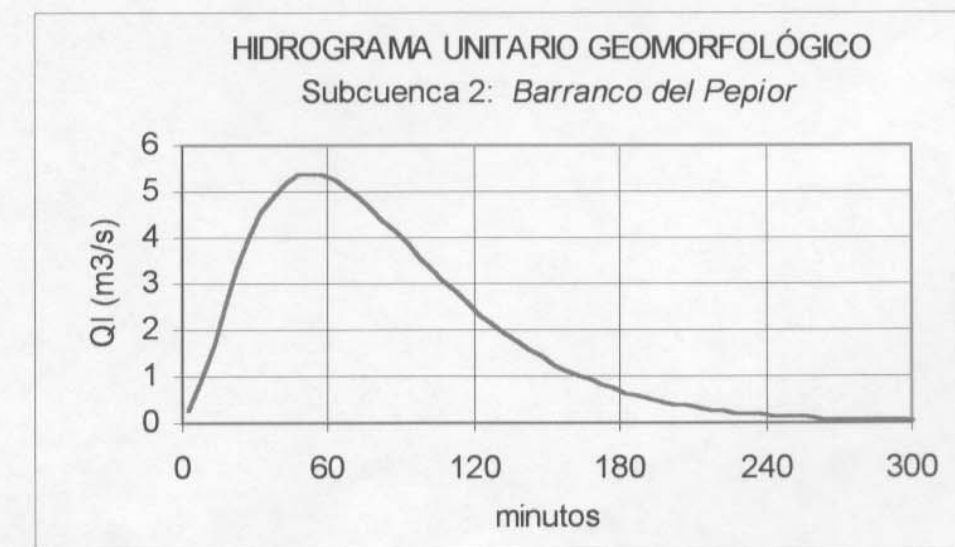
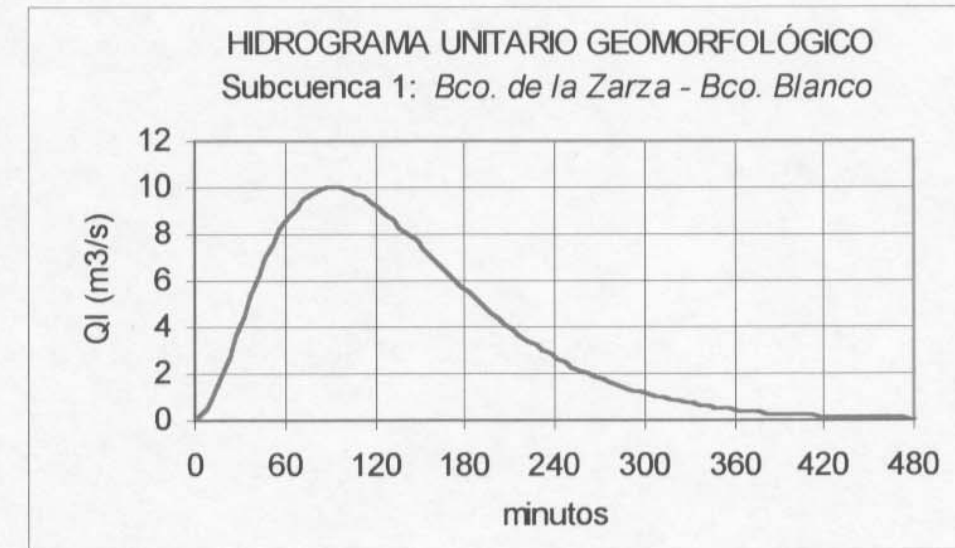
$$\alpha = 3,29 \cdot \left(\frac{R_B}{R_A} \right)^{0,78} \cdot R_L^{0,07} \quad k = \frac{0,45 \cdot T_c}{\alpha}$$

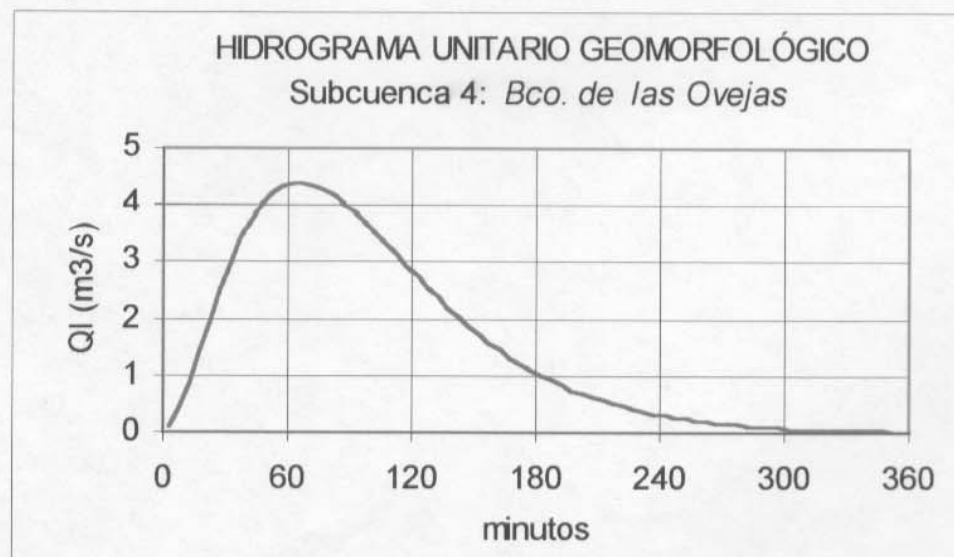
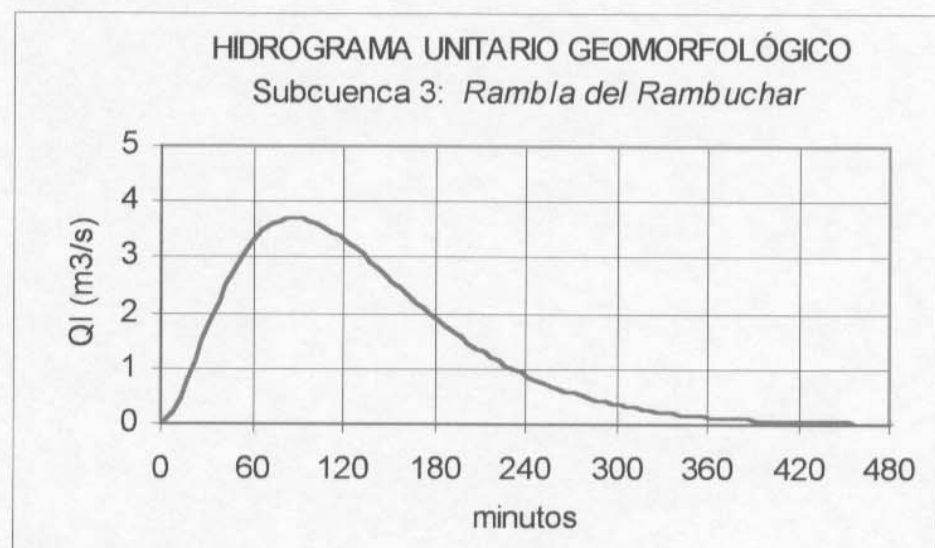
donde R_B , R_L y R_A son, respectivamente, los ratios de bifurcación, longitud y área obtenidos a partir de la caracterización cuantitativa de la red de drenaje, y T_c es el tiempo de concentración de la cuenca.

Los valores obtenidos para estos parámetros en las cuatro subcuencas rurales consideradas han sido los siguientes:

VALOR DE LOS PARÁMETROS α y k UTILIZADOS EN EL HIDROGRAMA UNITARIO DE NASH				
PARÁMETRO	SUBC. 1	SUBC. 2	SUBC. 3	SUBC. 4
parámetro de forma, α	3,0105	2,7191	2,9355	2,9338
parámetro de escala, k (en horas)	0,7639	0,5075	0,7503	0,5636

A partir de éstos, los hidrogramas unitarios resultantes, para una lluvia neta de 1 mm. y 5 minutos de duración, se encuentran en las siguientes páginas.





3.2.2 Cuencas urbanas

La obtención de los parámetros correspondientes a las dos subcuencas urbanas necesarios para la modelación matemática del sistema vertiente al Barranco de las Ovejas se ha realizado a partir de los planos 1:10.000 de la Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports de la Generalitat Valenciana, del plano nº 4 del proyecto «Obras de Emergencia para la defensa frente a las inundaciones en Alicante», realizado por la empresa consultora TYPSA para la Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports de la Generalitat Valenciana, y de los planos nos 1 y 2 del «Estudio hidrológico de las cuencas exteriores a la Universidad de Alicante (San Vicente)», elaborado por la Universidad de Alicante y la empresa consultora INALSA.

La superficie medida en planos para la subcuenca Alicante-Noroeste es de 7,52 Km². La longitud del recorrido principal se ha estimado sumando:

- La distancia, siguiendo la dirección de flujo determinada por la pendiente del terreno, entre el primer punto de captación del «colector de pluviales de San Agustín, Vía Parque Oeste, Plaza de la Luna» y el punto de la cuenca más alejado de aquél (aproximadamente 1,2 Km.).
- La longitud total del colector hasta su entrega al Barranco de las Ovejas (4,5 Km.).

El tiempo de concentración de la cuenca se ha obtenido como el tiempo que tarda el agua en cubrir el recorrido principal, asumiendo para ello una velocidad del agua en superficie (es decir, para la primera de las distancias ya citadas) de 4 m/seg. y una velocidad en el colector de 6 m/seg.

En cuanto a la subcuenca de San Vicente, la superficie es de 9 Km². La longitud del recorrido principal hasta el punto de concentración de la cuenca aguas arriba del recinto universitario se ha obtenido siguiendo las direcciones de flujo indicadas en el citado plano de INALSA, resultando de aproximadamente 13,7 Km. A esta longitud, se le han añadido 1,6 Km. de recorrido en un hipotético colector de entrega hasta la cabecera del Barranco de las Ovejas.

Para el cálculo del tiempo de concentración de la cuenca hemos utilizado el mapa de isocronas de INALSA, a partir del cual se ha obtenido un tiempo máximo de recorrido hasta el punto de concentración de la cuenca aguas arriba del recinto universitario de aproximadamente 115 minutos, al que se ha añadido el tiempo probable de circulación del agua por el ya citado colector (4 minutos).

Los resultados así obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

PARAMETROS MORFOMÉTRICOS DE LAS SUBCUENCAS URBANAS VERTIENTES A LA CUENCA DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS		
PARÁMETRO	Subcuenca Alicante-Noroeste	Subcuenca de San Vicente
Superficie (Km ²)	7,52	9
Longitud del recorrido principal (Km)	5,7	15,3
Tiempo de concentración (minutos)	17,5	119,5

4. Análisis estadístico de máximas intensidades de lluvia en Alicante (1925-97)

El análisis estadístico realizado se basa en una muestra de 438 episodios lluviosos ocurridos en la Ciudad de Alicante durante el periodo 1925-1997, es decir, un promedio de seis eventos máximos por año, cuyos hietogramas están representados gráficamente en el anejo número 1.

La información procede de los registros del pluviógrafo de *Ciudad Jardín* (periodo 1925-1992), y de los informes mensuales del *Instituto Nacional de Meteorología* sobre Repartición Horaria e Intensidades Máximas de las Precipitaciones para ésta estación (periodo 1993-1997).

Las bandas del pluviógrafo correspondientes a los episodios significativos del periodo 1925-92 fueron inicialmente digitalizadas en formato de ficheros *AutoCad* por el *Departamento de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana* de la *Universidad de Alicante* en el año 1993, lo cual permitió disponer de la información correspondiente a éste periodo en soporte magnético.

En Octubre-Noviembre de 1997, y con carácter de urgencia tras la inundación del día 30-09-97, el *Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente* de la *Universidad Politécnica de Valencia* desarrolló programas específicos para obtención de las series minutales de prepipitación incremental a partir de los citados ficheros gráficos, elaborándose entonces un estudio estadístico de máximas intensidades de lluvia a partir de ésta muestra (periodo 1925-92), con el dato añadido correspondiente a la lluvia torrencial de 30-09-97, la mayor ocurrida en todo el siglo. Como resultado de este estudio fueron estimadas las curvas **Intensidad-Duración-Frecuencia** para la ciudad de Alicante, y los correspondientes chaparrones de proyecto para asesorar el dimensionamiento de las nuevas infraestructuras de evacuación de aguas pluviales en la ciudad, actualmente en diferentes fases de ejecución.

La muestra entonces procesada ha sido completada y actualizada, añadiéndose 30 nuevos episodios ocurridos entre 1993 y 1997 y habiéndose eliminado a su vez algunos otros cuyas intensidades eran totalmente irrelevantes desde el punto de vista de las estadísticas de máximos. Esta muestra completada y depurada contiene finalmente, como se dijo, 438 eventos lluviosos y cubre el periodo histórico 1925-1997.

El actual análisis estadístico se basa en la misma distribución teórica ya empleada en el informe provisional de Noviembre de 1997, y confirma los resultados de aquel.

El procedimiento seguido para la obtención de las curvas I-D-F contempla las siguientes fases:

1. Para cada evento de lluvia, son identificadas las intensidades máximas (mm/h) correspondientes a los lapsos más desfavorables de duración 5 min, 10 min, 20 min, 30 min, 1 hora, 2 horas y 4 horas.
2. Para cada una de las duraciones, se procede a la ordenación ascendente de valores $\{X_j\}$, con asignación de probabilidad dada por la fórmula: $F_j(X) = \frac{j-0.44}{N+0.12}$, donde "j" es el ordinal de la serie, N la longitud de la misma, y F_j la probabilidad de no ser superado el valor "X".

Este criterio de asignación de probabilidad fue propuesto por [Gringorten, I.I. (1963): "A plotting rule for extreme probability paper". *Journal of Geophysical Research*, 68(3), 813-814], y es generalmente recomendado para distribuciones de máximos [Cunnane, C. (1978): "Unbiased plotting positions - A Review". *Journal of Hydrology*, 37: 205-222].

Los pares (X_j, F_j) pueden ser representados para definir por puntos una distribución de probabilidad empírica a partir de la muestra.

3. Descripción estadística de cada una de las muestras de máximos de duración dada mediante la distribución de probabilidad teórica de cuatro parámetros TCEV (Two Component Extreme Value):

$$F(X) = e^{-k_1 e^{-X/\theta_1} - k_2 e^{-X/\theta_2}}$$

4. Una vez estimados los parámetros $k_1(t)$, $k_2(t)$, $\theta_1(t)$ y $\theta_2(t)$ para cada duración "t", las intensidades máximas de lluvia $i(t,T)$ correspondientes a duración "t" y periodo de retorno "T", son calculadas a partir de la ecuación

$$1 - \frac{1}{nT} = e^{-k_1(t) e^{-i(t,T)/\theta_1(t)} - k_2(t) e^{-i(t,T)/\theta_2(t)}}$$

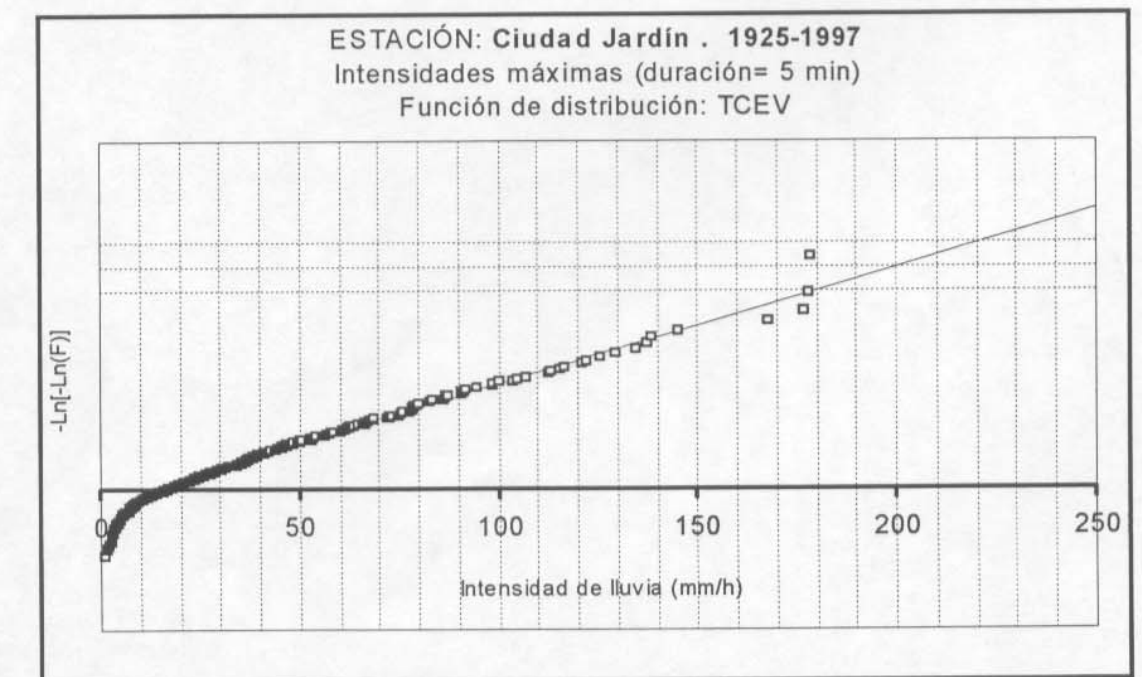
siendo "n" el número medio de eventos por año, es decir, $n=6$ en nuestro caso.

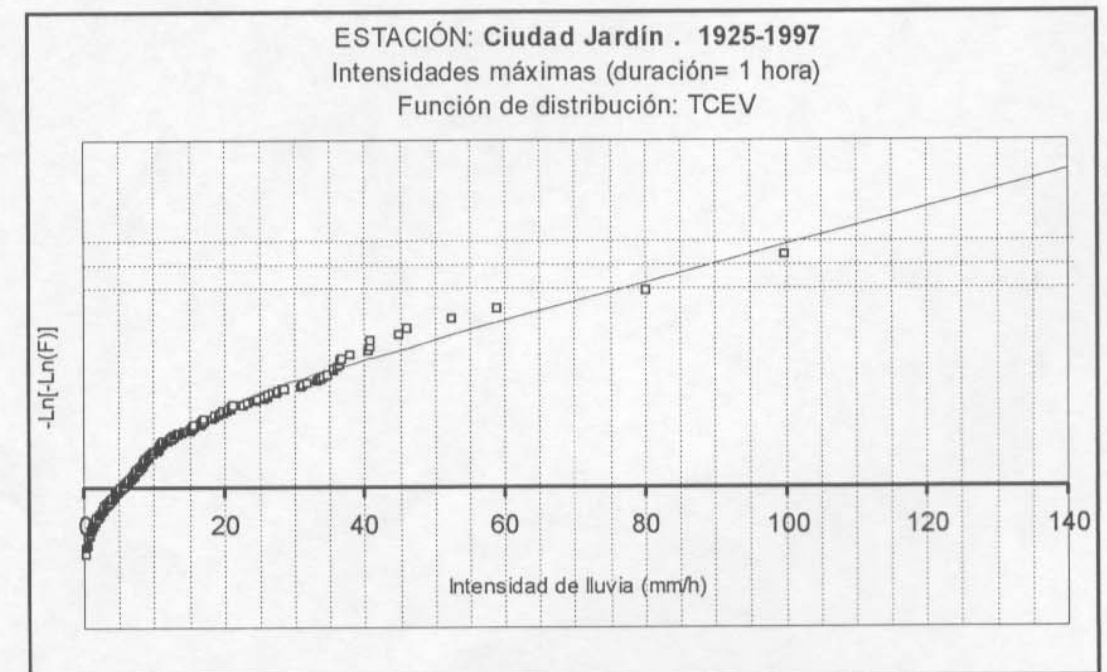
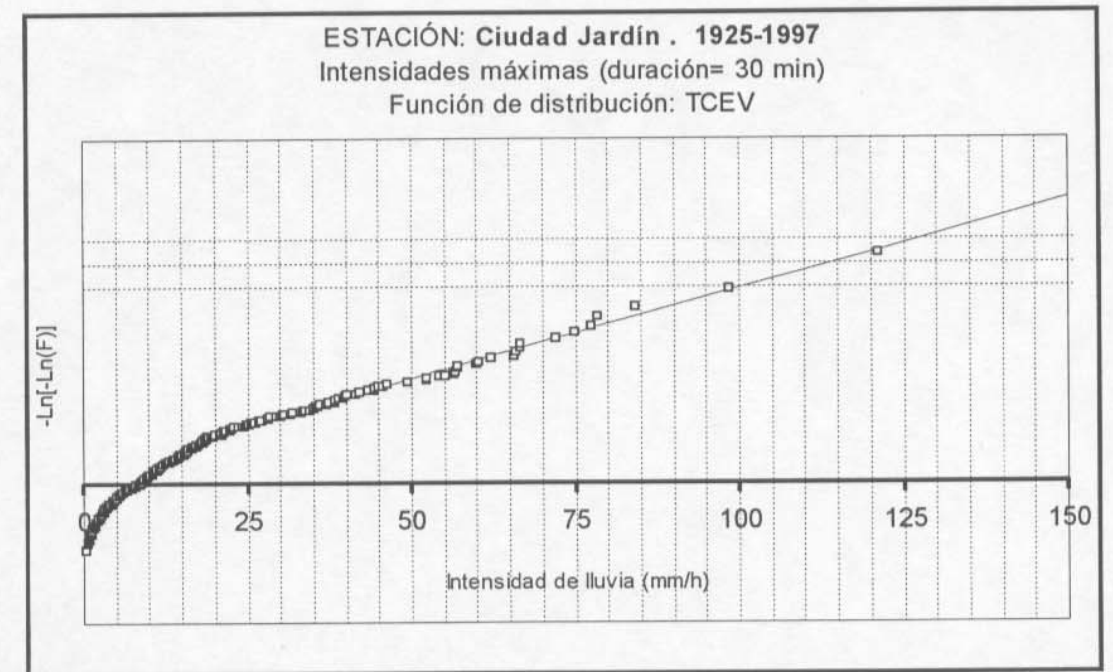
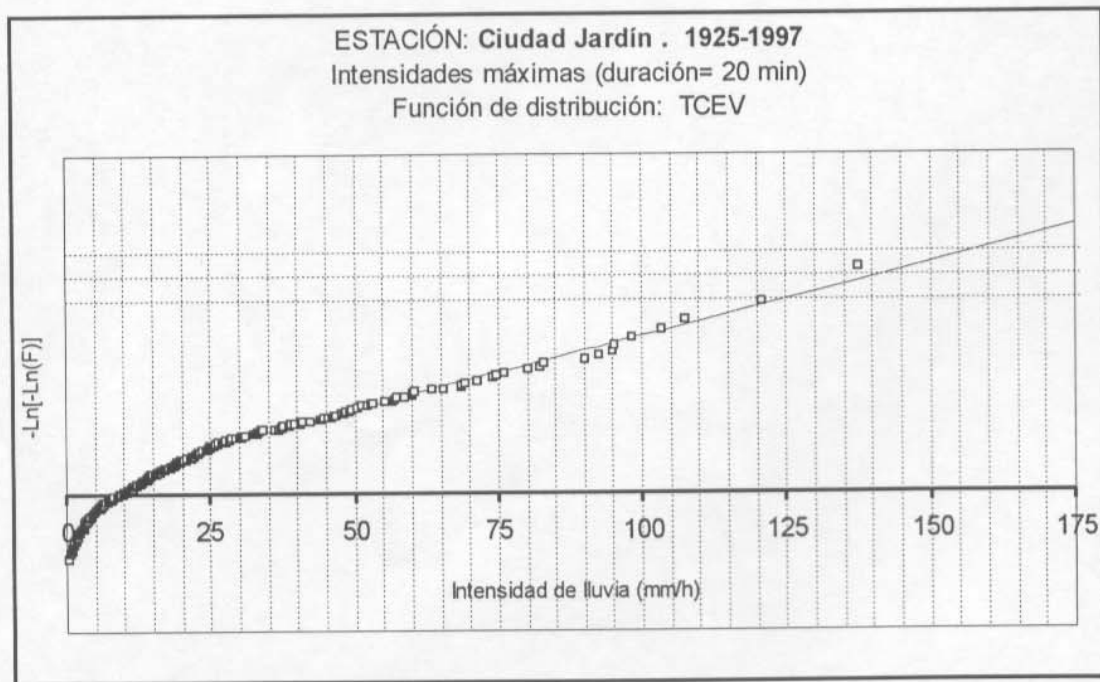
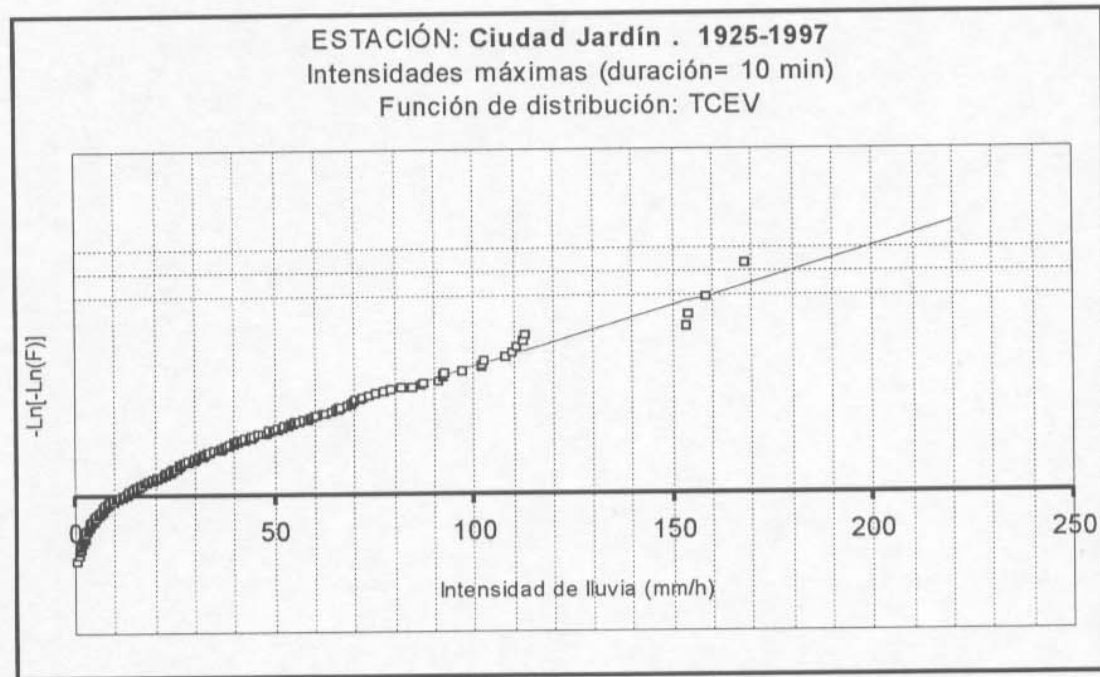
5. Finalmente, la curva Intensidad-Duración correspondiente al periodo de retorno T queda definida a partir de los puntos $[t, i(t,T)]$, a los que se ajusta la función de uso extendido dada por $i(t,T) = \frac{K(T)}{[t + B(T)]^{A(T)}}$, donde $K(T)$, $B(T)$ y $A(T)$ son los tres parámetros a determinar para cada periodo de retorno.

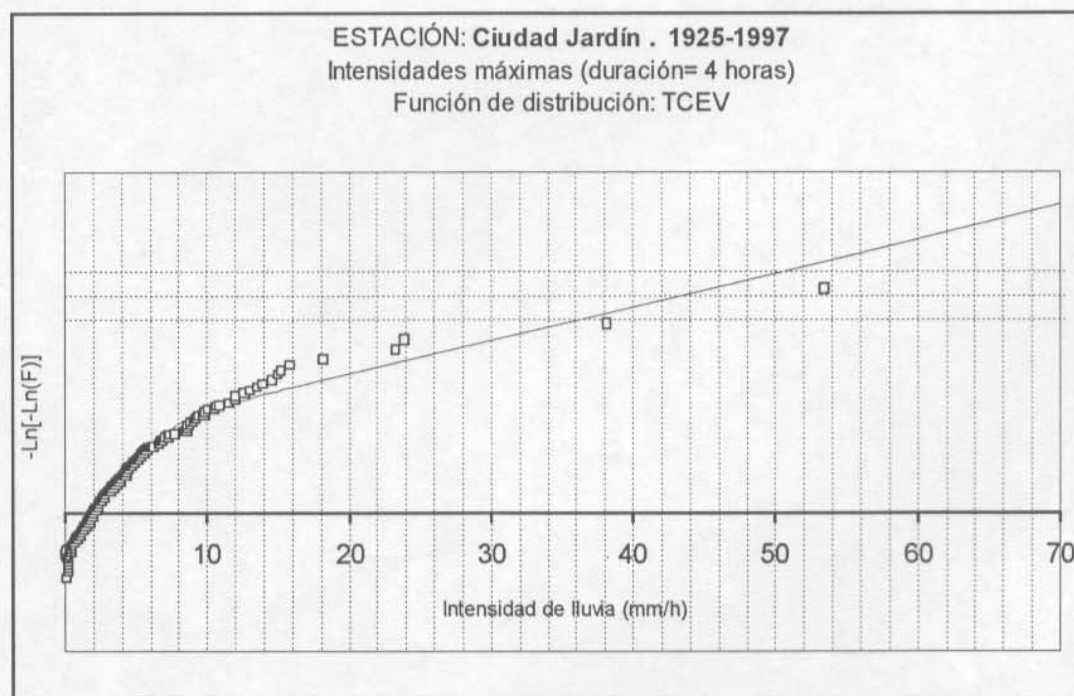
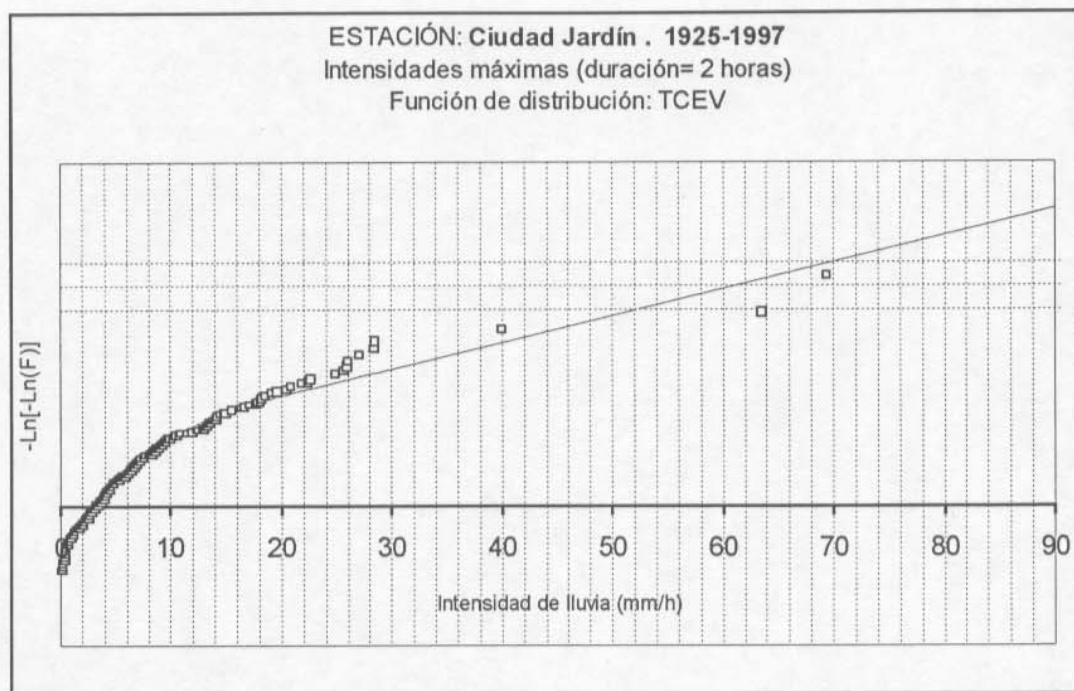
La siguiente tabla presenta los valores estimados de los parámetros de la función TCEV, así como los valores de las intensidades máximas correspondientes a periodos de retorno $T=50, 100$ y 200 años. Las intensidades se expresan en mm/h:

	k_1	k_2	θ_1	θ_2	$i(t,50)$	$i(t,100)$	$i(t,200)$
t = 5 min	2.0239	1.3121	7.6563	30.1466	180.1	201.0	221.9
t = 10 min	2.1732	0.8384	8.5672	28.7198	158.7	178.6	198.6
t = 20 min	3.1433	0.7245	5.2085	23.1545	124.6	140.6	156.7
t = 30 min	3.4491	0.6375	4.3169	19.2090	100.9	114.2	127.5
t = 1 hora	2.9122	0.2287	4.1571	18.2649	77.2	89.9	102.5
t = 2 horas	3.7435	0.1895	2.3296	12.8856	52.0	61.0	69.9
t = 4 horas	3.5188	0.1186	1.5328	10.1230	36.1	43.2	50.2

Las gráficas adjuntas muestran las distribuciones empíricas y teóricas correspondientes a cada duración "t". En ellas se señalan los niveles de probabilidad correspondientes a los periodos de retorno $T=50$ años, $T=100$ años y $T=200$ años.

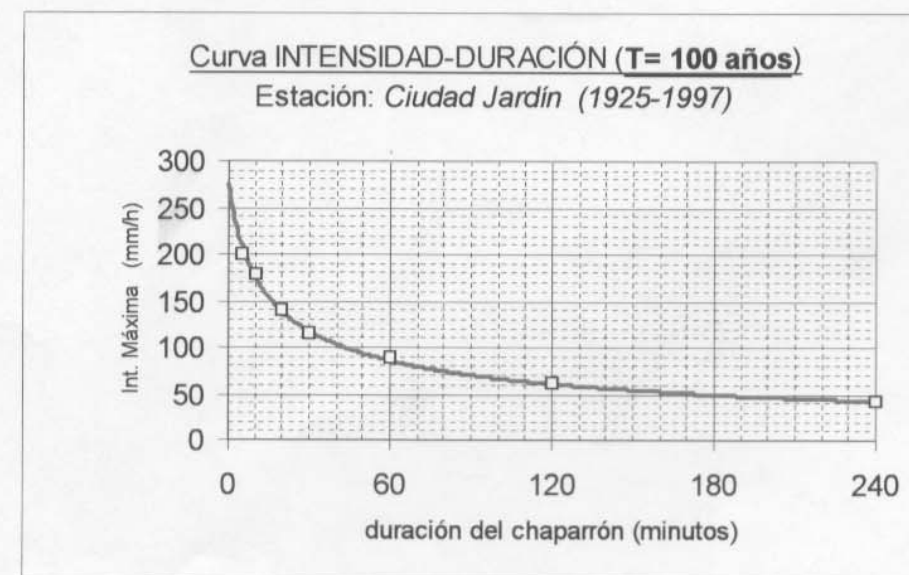
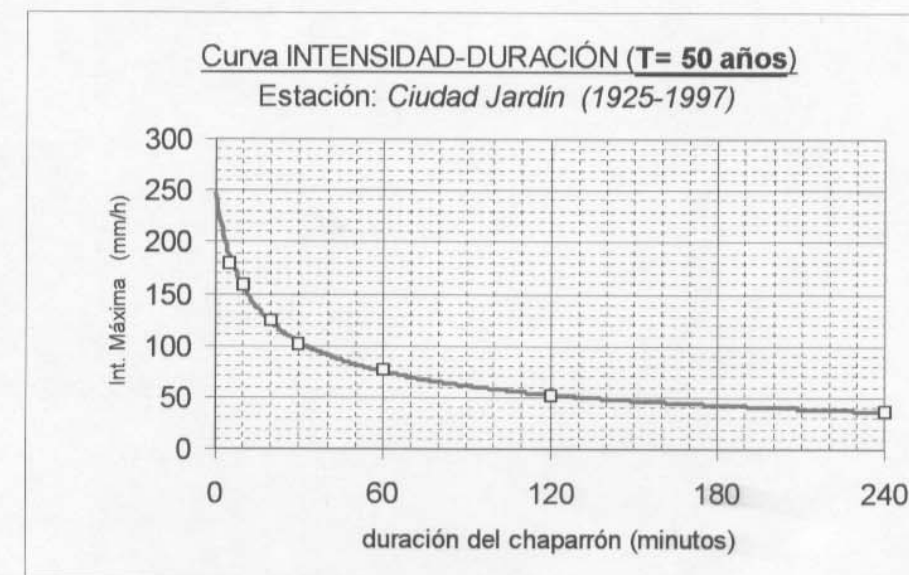


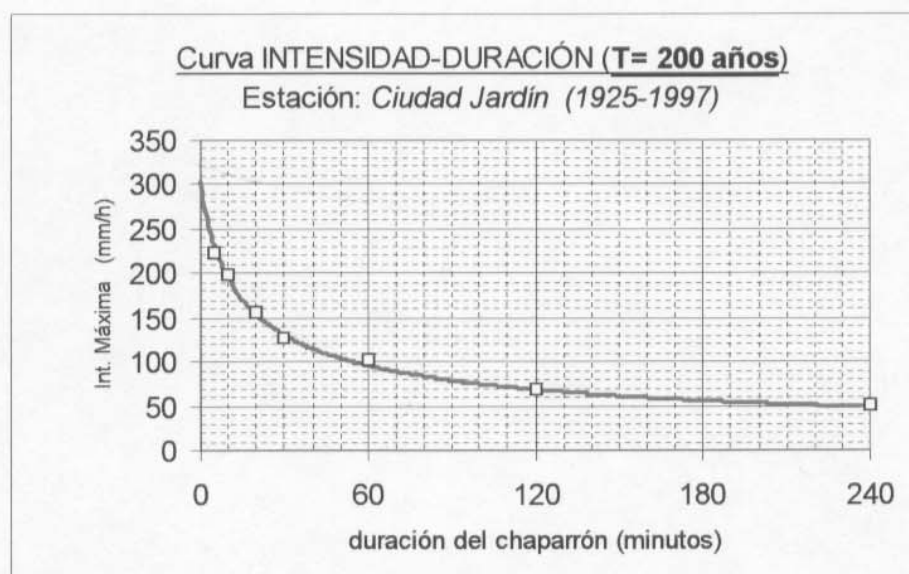




La curva **Intensidad-Duración** correspondiente a cada periodo de retorno T queda definida a partir de los puntos $[t, i(t,T)]$, a los que se ajusta la función de uso extendido dada por $i(t,T) = \frac{K(T)}{[t + B(T)]^{A(T)}}$, donde K(T), B(T) y A(T) son los tres parámetros a determinar para cada periodo de retorno.

Las curvas I-D para periodos de retorno T=50, T= 100 y T=200 años quedan de la siguiente forma:





Los valores estimados de los parámetros K , B , A que definen las curvas presentadas son los siguientes:

	K	B	A
$T= 50$ años	780.7	7.99	0.556
$T= 100$ años	840.0	7.81	0.543
$T= 200$ años	888.7	7.67	0.529

Las intensidades máximas derivadas de estas curvas IDF no difieren en la práctica de las propuestas en el informe de noviembre de 1997. Resultan valores ligeramente inferiores (alrededor de un 3%) tal y como era esperable, teniendo en cuenta que los años añadidos a la muestra (1993-1997) no fueron años lluviosos, salvo el año 1997, cuyo dato correspondiente a la tormenta de 30-09-97 ya fue considerado en las estadísticas del informe-Nov 97.

5. Chaparrones de proyecto. Periodos de retorno $T=50$, $T=100$ y $T=200$

El hietograma ó chaparrón de diseño viene representado por un patrón de precipitación que especifica la evolución temporal de la intensidad de precipitación en el tiempo y tiene un periodo de retorno asociado. Para la construcción de estas tormentas de diseño partimos de las curvas intensidad-duración-frecuencia anteriormente obtenidas.

Siguiendo el procedimiento de los bloques alternos de precipitación [*Chicago Design Storm*], si $i = i(d)$ es la función que representa la curva intensidad-duración, entonces las intensidades “ ξ ” del hietograma de diseño son determinadas de modo que la altura “ P ” ó acumulado de precipitación para cada duración “ d ” alrededor del pico de la tormenta, sea igual al predicho por la curva intensidad-duración: $P = d \cdot i(d)$

Conocida la expresión funcional $i = i(d)$, es factible aplicar el mencionado principio en el continuo (sin recurrir a la discretización en intervalos), permitiendo así una expresión analítica para $\xi(t)$. Esto tan sólo introduce una diferencia formal respecto al hietograma escalonado, pues obviamente los resultados en la práctica son equivalentes a los obtenidos por el método de los bloques alternos (método discreto).

Consideremos la curva intensidad-duración dada por la expresión $i(d) = \frac{K}{(d+B)^A}$

donde “ d ” es la duración expresada en minutos, $i(d)$ es la intensidad de lluvia expresada en mm/h, y K, B, A son parámetros conocidos para un periodo de retorno T especificado. Sea por otro lado el hietograma de diseño de duración “ D ” minutos, con el pico ocurriendo en el instante $t_{PICO} = r \cdot D$ (con $r =$ coeficiente de avance de la tormenta, $0 < r < 1$), y definido por dos funciones continuas $f(u)$ y $g(v)$ correspondientes a las ramas ascendente y descendente, respectivamente, según se muestra en la figura.

Las variables “ u ”, “ v ” se miden desde t_{PICO} , de modo que para una duración “ d ”

cualquiera comprendida entre 0 y D se verifica:

$$u = r \cdot d ; \quad v = (1-r) \cdot d ; \quad u + v = d$$

$$\int_0^u f(u) \cdot du + \int_0^v g(v) \cdot dv = d \cdot i(d)$$

$$I_1 = \int_0^u f(u) \cdot du \quad ; \quad I_2 = \int_0^v g(v) \cdot dv$$

$$\frac{d}{dd} [I_1 + I_2] = i(d) + d \cdot \frac{di(d)}{dd} = \frac{K}{(d+B)^A} - \frac{dAK}{(d+B)^{A+1}} = \frac{K}{(d+B)^A} \cdot \left[1 - \frac{dA}{d+B} \right]$$

Por otro lado, $\frac{dI_1}{dd} + \frac{dI_2}{dd} = \frac{dI_1}{du} \cdot \frac{du}{dd} + \frac{dI_2}{dv} \cdot \frac{dv}{dd} = f(u) \cdot \frac{du}{dd} + g(v) \cdot \frac{dv}{dd}$

y sustituyendo $u = rd$; $v = (1-r)d$, $\frac{d}{dd} [I_1 + I_2] = f(rd) \cdot r + g[(1-r)d] \cdot (1-r)$

y al ser $f(rd) = g[(1-r)d]$, resulta $\frac{d}{dd} [I_1 + I_2] = f(rd) = g[(1-r)d]$

Por lo tanto, igualando resultados, y con las variables originales "u", "v", se tiene:

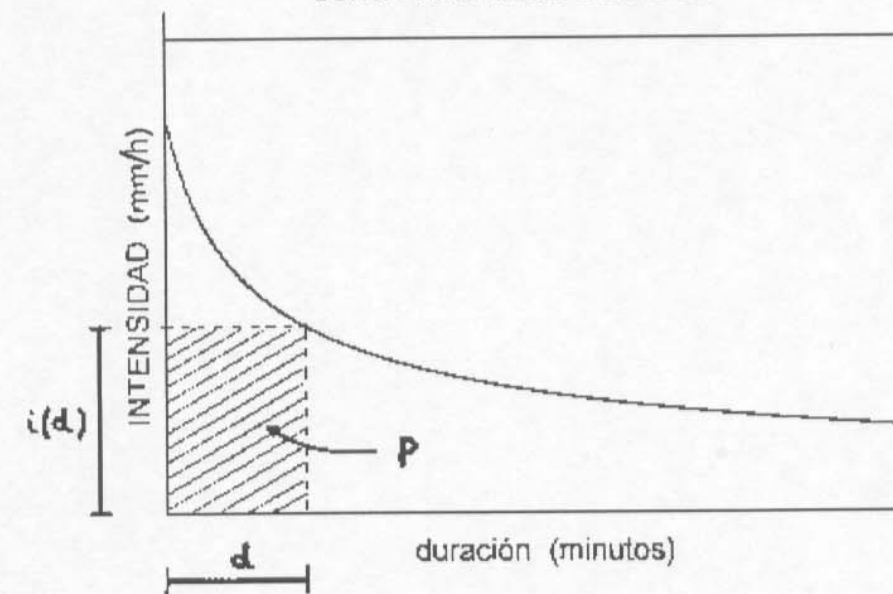
$$f(u) = \frac{K}{\left(\frac{u}{r} + B\right)^A} \cdot \left[1 - \frac{u \cdot A}{u + rB} \right] \quad ; \quad g(v) = \frac{K}{\left(\frac{v}{1-r} + B\right)^A} \cdot \left[1 - \frac{v \cdot A}{v + (1-r) \cdot B} \right]$$

O bien, si manejamos la variable tiempo "t", desde $t=0$ hasta $t=D$, podemos reescribir finalmente la **ecuación del hietograma** como:

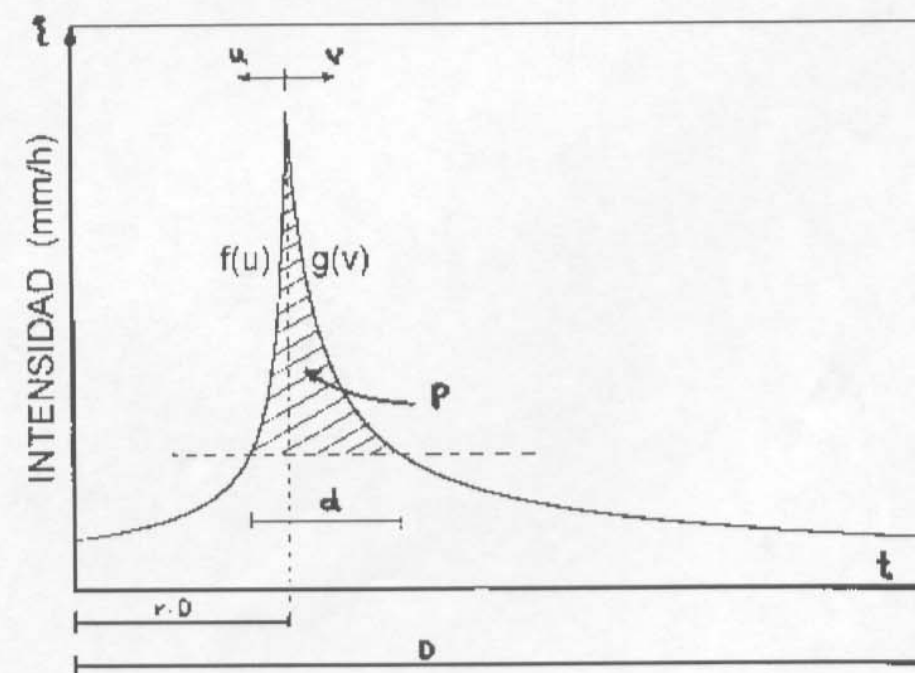
$$\xi(t) = \begin{cases} \frac{K}{\left(\frac{rD-t}{r} + B\right)^A} \cdot \left[1 - \frac{(rD-t)A}{r(B+D)-t} \right] & \text{para } 0 \leq t \leq rD \\ \frac{K}{\left(\frac{t-rD}{1-r} + B\right)^A} \cdot \left[1 - \frac{(t-rD)A}{t+B-r(B+D)} \right] & \text{para } rD \leq t \leq D \end{cases}$$

estando $\xi(t)$ expresado en mm/h, y "t" en minutos.

CURVA INTENSIDAD-DURACIÓN



CHAPARRÓN DE PROYECTO



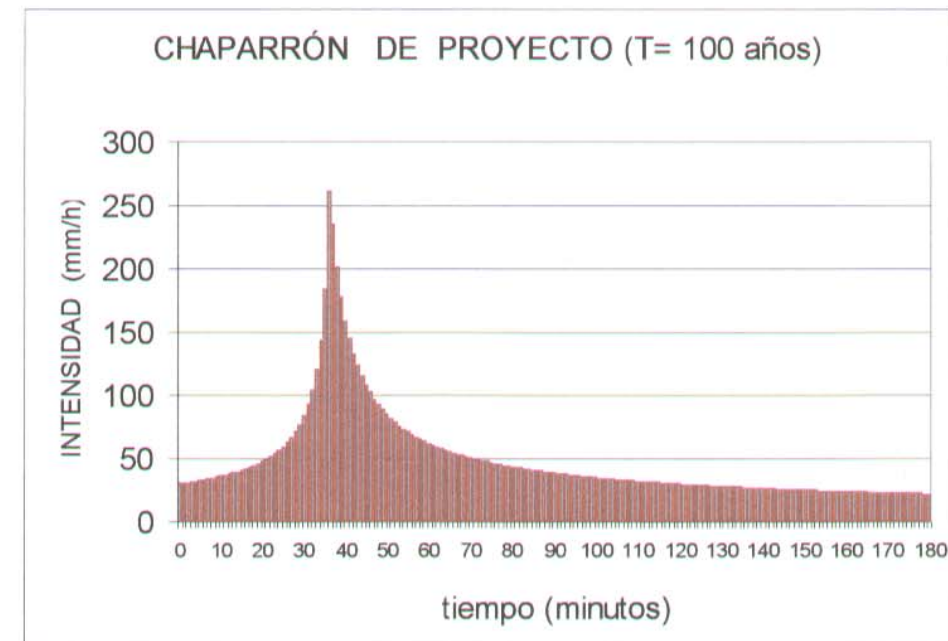
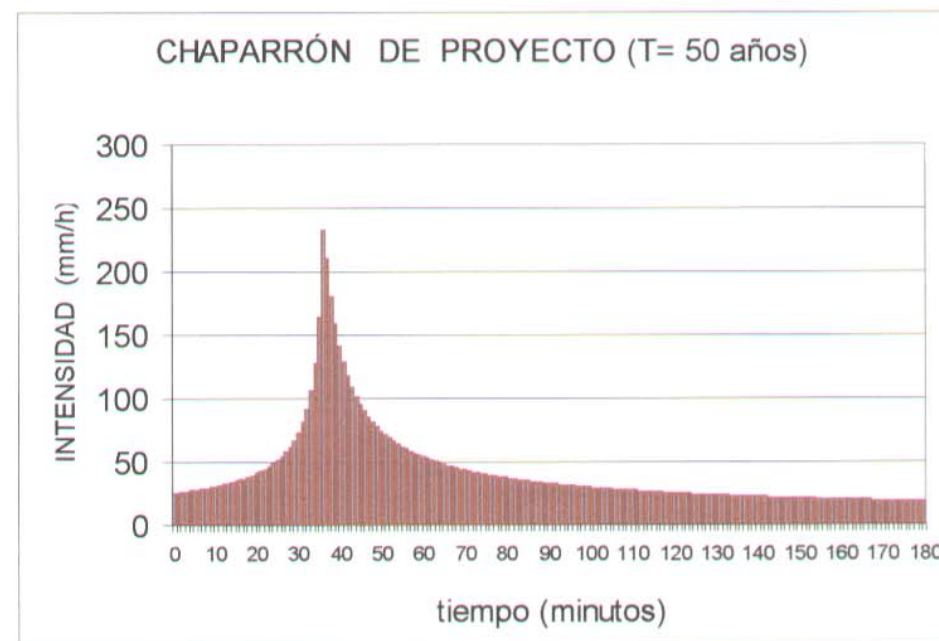
Los hietogramas de diseño quedan así definidos mediante funciones continuas, para cada periodo de retorno. Los parámetros que deben fijarse para determinar el hietograma son:

- r = Coeficiente de avance de la tormenta
- D = Duración del hietograma de diseño
- K,B,A = Parámetros de la curva intensidad-duración para el periodo de retorno prefijado:

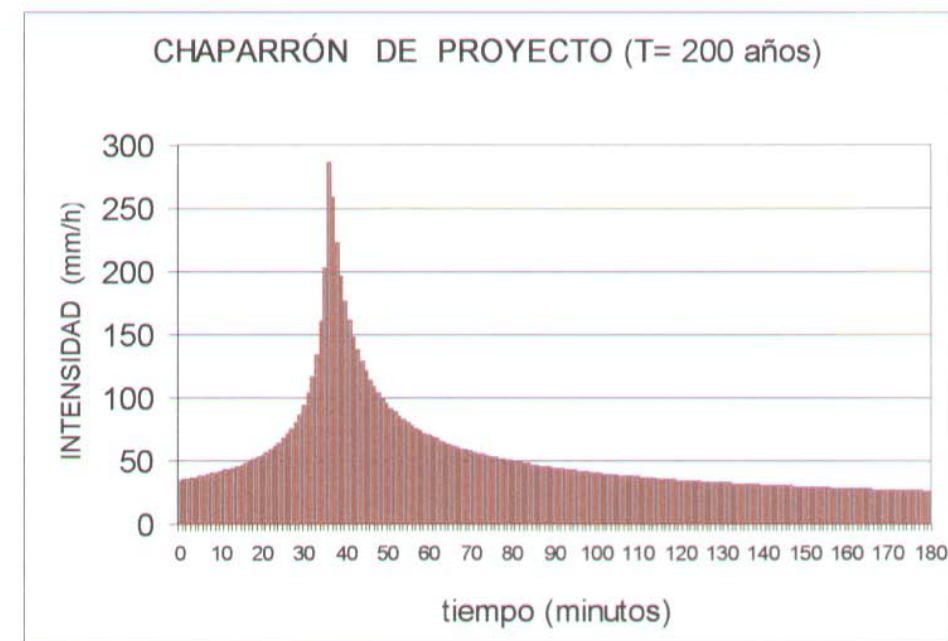
	K	B	A
T= 50 años	780.7	7.99	0.556
T= 100 años	840.0	7.81	0.543
T= 200 años	888.7	7.67	0.529

Las siguientes gráficas muestran los hietogramas de diseño para los periodos de retorno considerados (T=50 ,100 y 200 años), y para una duración tipo del chaparrón de 3 horas, con coeficiente de avance de la tormenta igual a 0.3.

$\Delta t= 1 \text{ min}$



$\Delta t= 1 \text{ min}$



Se ha empleado una duración total mayor que la considerada en el informe de Nov-97, ya que entonces la cuestión se orientaba únicamente a cálculos de caudales en el entorno urbano, donde los tiempos de concentración son mucho menores.

El chaparrón teórico sintetiza en un único hietograma los valores históricos más desfavorables para las distintas duraciones comprendidas en el intervalo $[0, D]$. Ello implica:

- a) Queda del lado de la seguridad, dado que la circunstancia referida no se corresponde exactamente con la realidad. Algunos chaparrones veraniegos de muy corta duración presentan puntas de intensidad i ($\Delta t=5$ min.) muy elevadas, mientras que el valor horario máximo registrado i ($\Delta t=60$ min) no tiene relevancia alguna en la estadística de máximos. Y análogamente, tormentas de mayores duraciones pueden arrojar totales de 6 horas muy considerables aunque no se produzcan puntas localizadas intensas.
- b) Puede ser empleado para estimación de máximos caudales generados en subcuencas o sistemas hidrológicos de respuesta rápida, pues aunque la duración D del chaparrón de proyecto sea mayor que el tiempo de concentración del sistema t_c , dicho chaparrón teórico presenta intervalos menores de duraciones próximas a t_c con un valor de intensidad media que corresponde con el más desfavorable proporcionado por la curva IDF correspondiente.

6. Cálculo de hidrogramas de avenida en el Barranco de las Ovejas

De cara a los cálculos hidrológicos, la cuenca se conceptualiza conforme al esquema adjunto, que representa un sistema compuesto por los siguientes elementos:

- a) Subcuencas generadoras de escorrentías, para las que se debe definir:
 - Area contribuyente
 - Modelo de pérdidas o abstracciones hidrológicas
 - Modelo de transformación de lluvia neta en escorrentía.

Las subcuencas consideradas se corresponden exactamente con las referidas en los apartados 2 y 3 del informe, es decir:

Subcuencas rurales: Bco. de la Zarza-Bco. Blanco, Pepior, Rambuchar y Subcuenca del Bco. de las Ovejas

Subcuencas urbanas: Subc. del colector de la Vía Parque, y subcuenca de San Vicente-Universidad.

El modelo de pérdidas se basa en el método del S.C.S. con los valores estimados de P_0 . El modelo lluvia-escorrentía se basa en la formulación del hidrograma unitario geomorfológico para las cuatro subcuencas naturales, de acuerdo con las especificaciones del apartado 3 (morfometría) del informe. Para las cuencas urbanas, el modelo lluvia-escorrentía se ha simplificado usando un hidrograma unitario triangular, asociado a los tiempos de concentración calculados para estas subcuencas.

La salida de la subcuenca correspondiente al colector de la Vía Parque tiene un filtro, de modo que si el hidrograma estimado por el procedimiento hidrológico mencionado supera el caudal de proyecto del colector, tal hidrograma queda truncado en su parte superior, manteniendo durante unos minutos el valor $Q=106$ m³/s.

- b) Nudos o puntos de confluencia, en los que se suman dos o más hidrogramas. El esquema de cuenca incluye los siguientes:
 - La Cañada, donde confluyen las tres subcuencas altas del sistema.
 - El inicio del Barranco de las Ovejas
 - La desembocadura al cauce del barranco del colector de la Vía Parque.
 - La desembocadura del barranco en San Gabriel.

- c) Tramos de cauce, en los que se ha aplicado el método de Muskingum para considerar el transporte y la laminación . (Barranco de las Ovejas, tramos 1 y 2).
- d) Cubeta de la Cañada.

Este elemento ha sido modelado como un pseudo-embalse, el cual tiene un funcionamiento tipo umbral, combinado con un filtro de pérdidas (cantidades en % que se suponen infiltradas, percoladas o derivadas, y no contribuyen finalmente a los hidrogramas aguas abajo).

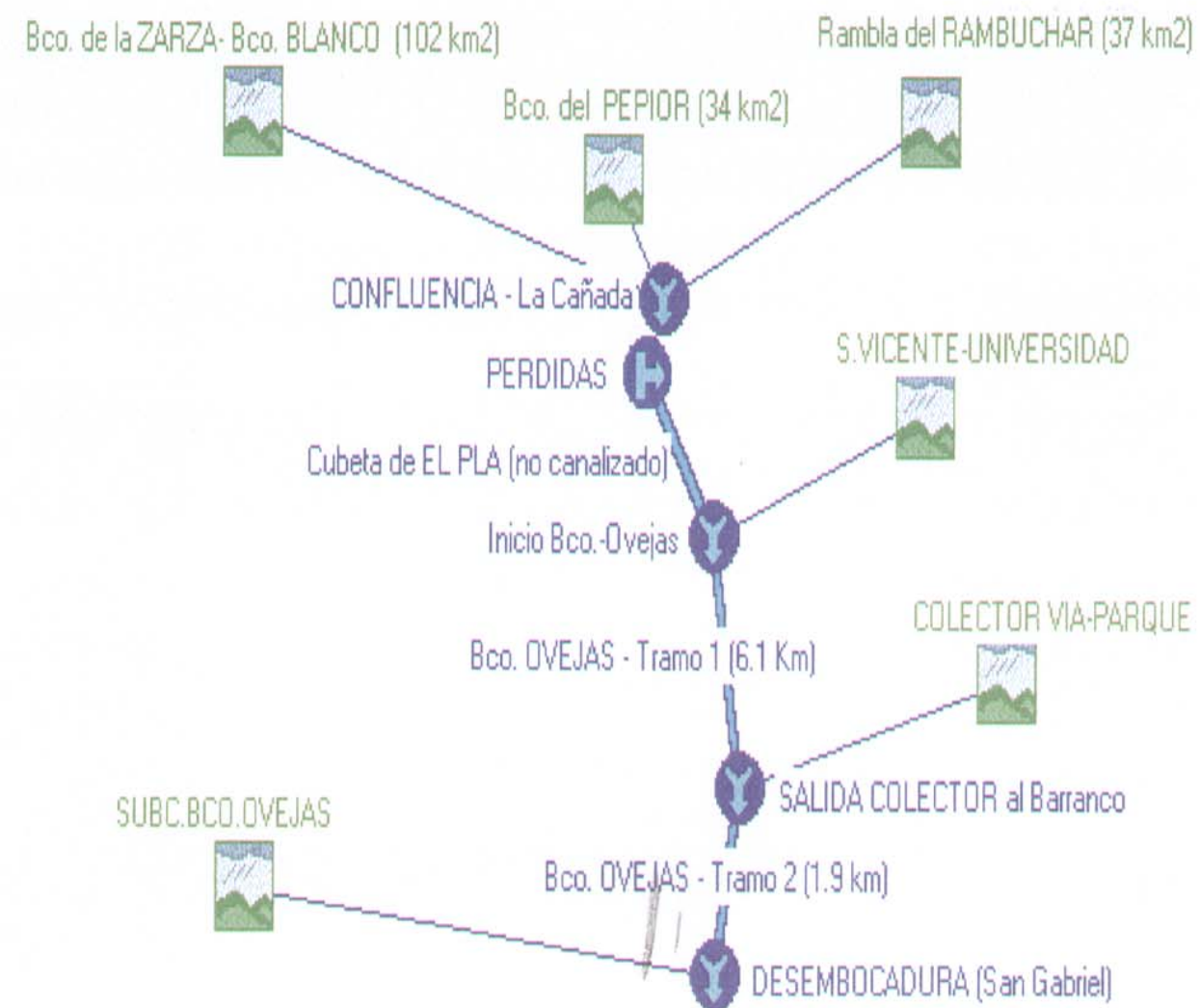
El resultado produce una reducción del pico del hidrograma en la confluencia de la Cañada, así como un retraso y una reducción del volumen total. El efecto combinado, resultado directo de las hipótesis asumidas, queda descrito en los propios hidrogramas que se presentan en las gráficas que siguen.

No se consideran en el cálculo aportes subterráneos.

Las lluvias procesadas son exactamente los hidrogramas de proyecto obtenidos en el apartado correspondiente del informe, definidos con intervalo de agregación temporal de 5 minutos.

Las convoluciones matemáticas para la transformación de lluvia neta en escorrentía han sido resueltas con intervalo de cálculo de 5 minutos, y también se ha usado este intervalo para la definición de los hidrogramas unitarios.

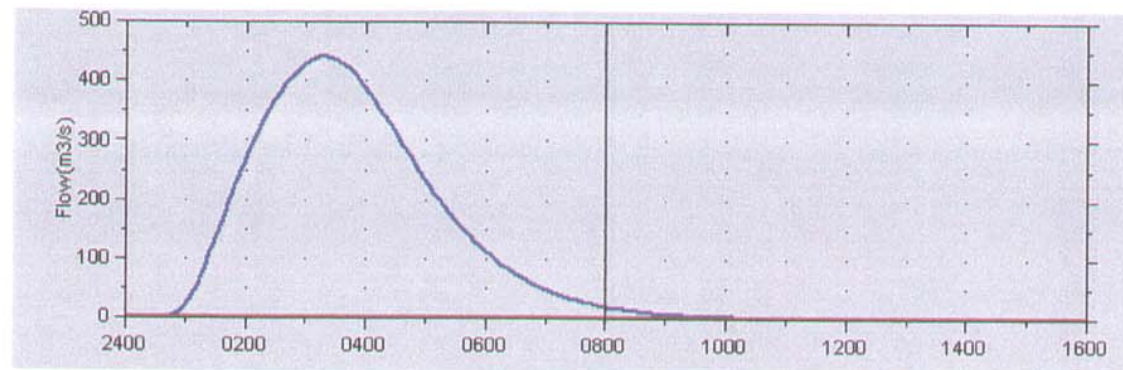
MODELO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA: ELEMENTOS Y CONECTIVIDAD



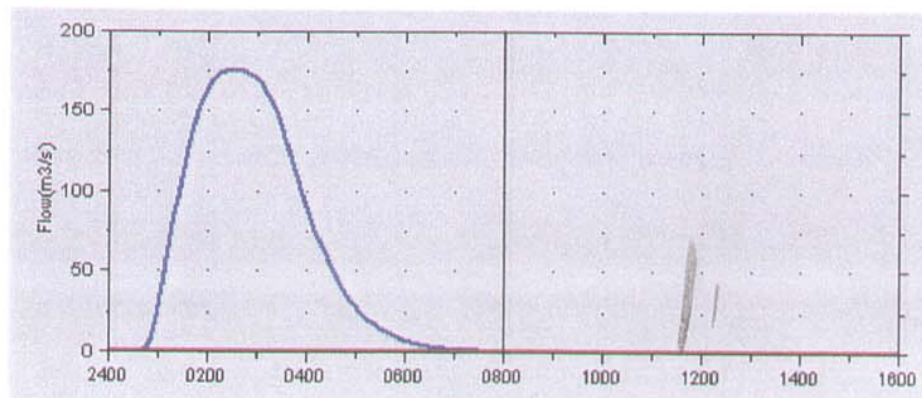
En las siguientes páginas se presentan los resultados para los hidrogramas y composición de los mismos en los diferentes nudos o puntos de confluencia.

Resultados de la simulación para periodo de retorno T= 50 años

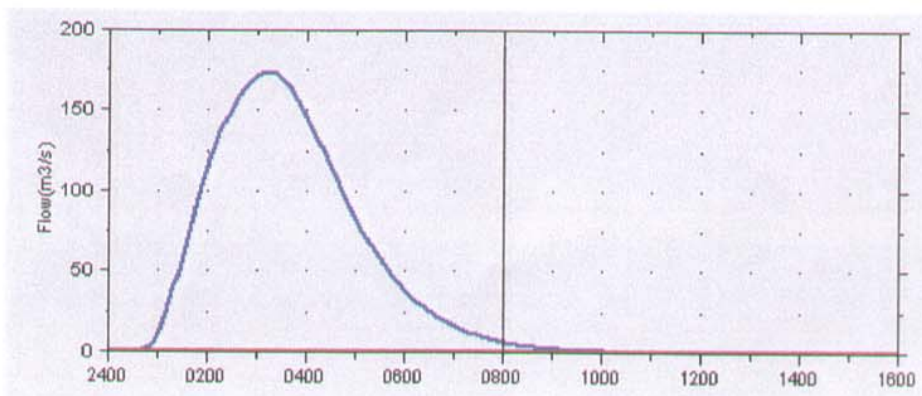
SUBCUENCA: Barranco de la Zarza – Barranco Blanco (ó del Rollet)
 $Q_{MÁX} = 439 \text{ m}^3/\text{s}$



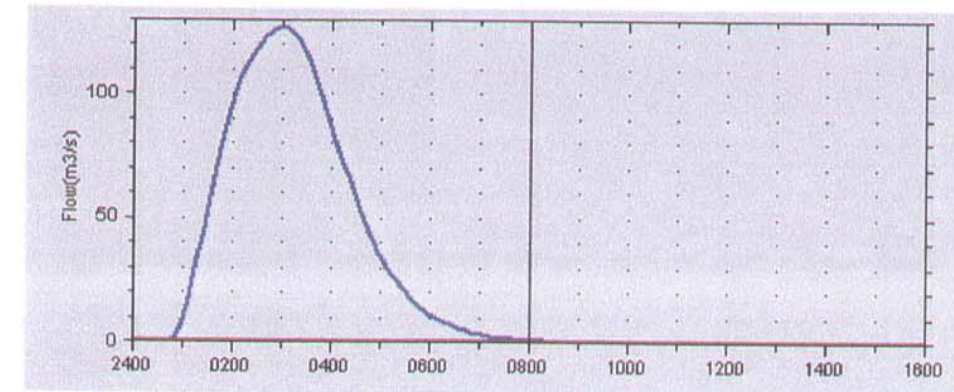
SUBCUENCA: Barranco del Pepior
 $Q_{MÁX} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$



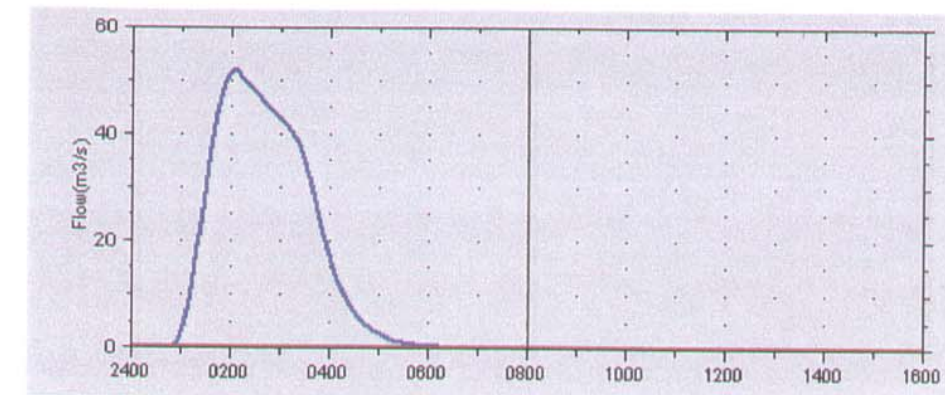
SUBCUENCA: Rambla del Rambuchar
 $Q_{MÁX} = 173 \text{ m}^3/\text{s}$



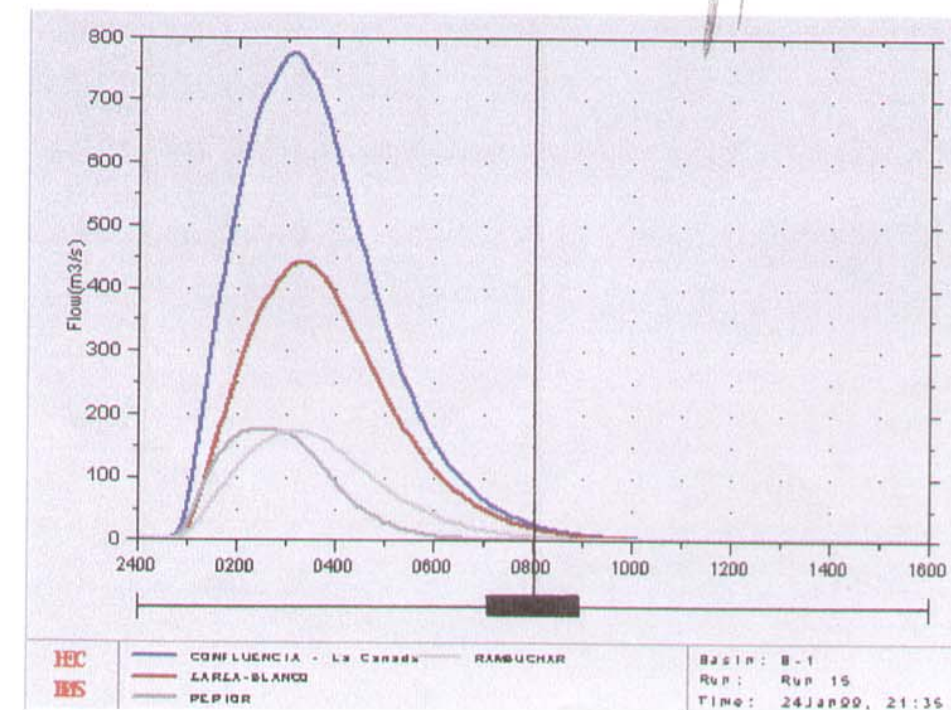
SUBCUENCA: Subc. del Barranco de las Ovejas. $Q_{MÁX} = 126 \text{ m}^3/\text{s}$



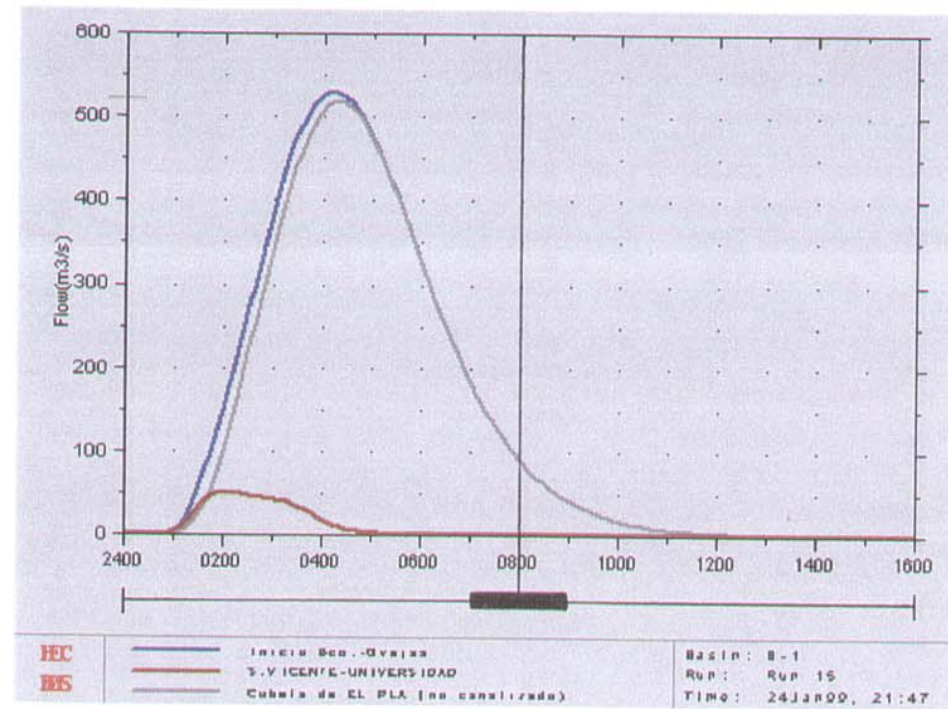
SUBCUENCA: San Vicente – Universidad. $Q_{MÁX} = 52 \text{ m}^3/\text{s}$



HIDROGRAMAS EN LA CONFLUENCIA DE “LA CAÑADA”

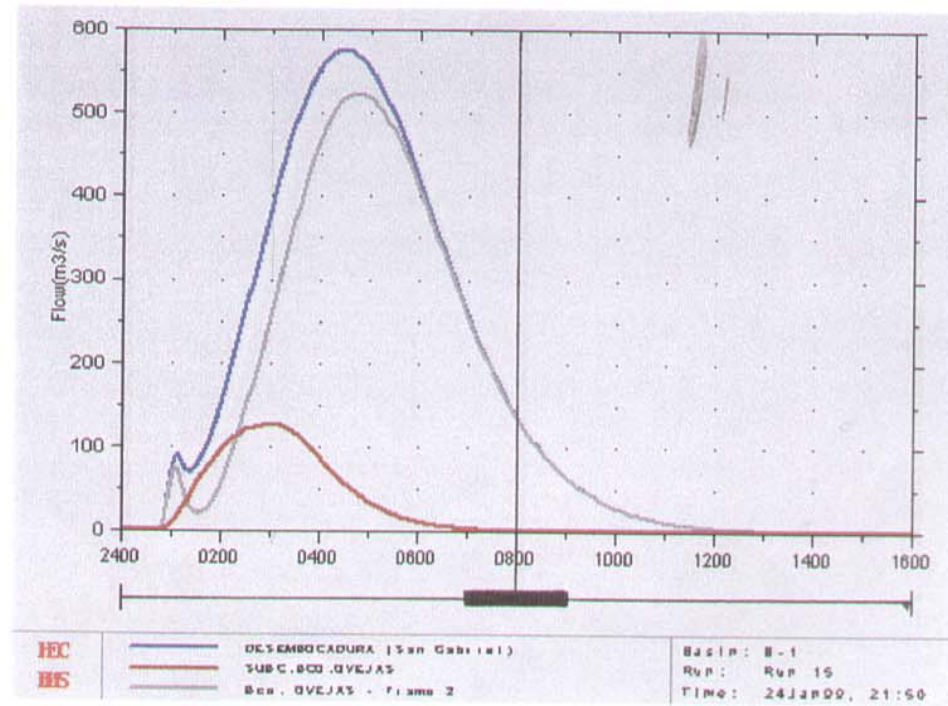


HIDROGRAMAS EN CABECERA DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS



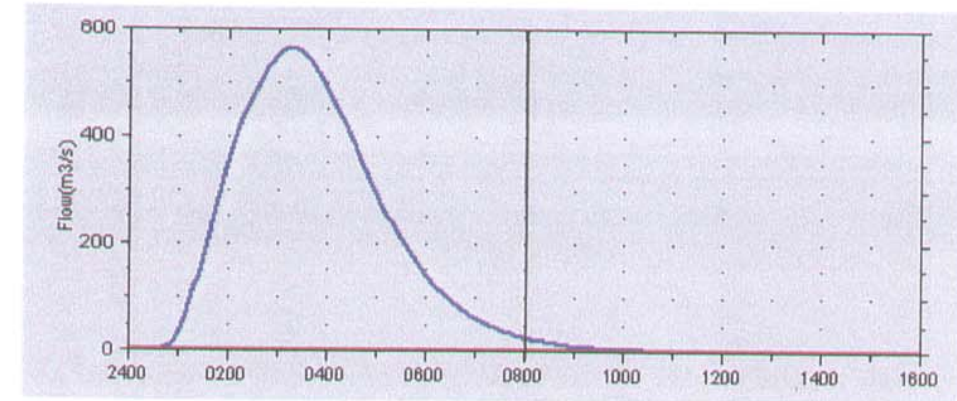
HIDROGRAMA EN LA DESEMBOCADURA.

$Q_{MÁX} = 573 \text{ m}^3/\text{s}$

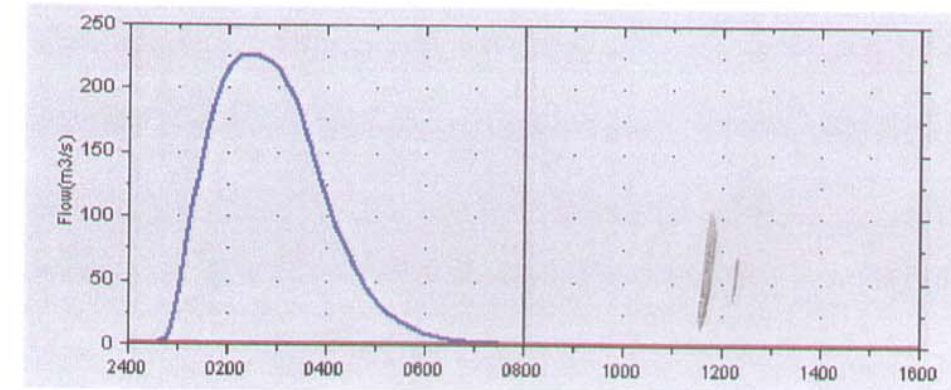


Resultados de la simulación para periodo de retorno T= 100 años

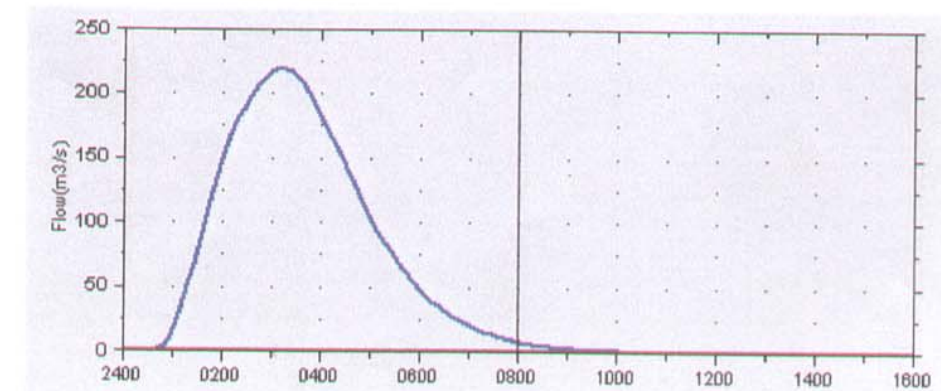
SUBCUENCA: Barranco de la Zarza – Barranco Blanco (ó del Rollet)
 $Q_{MÁX} = 561 \text{ m}^3/\text{s}$



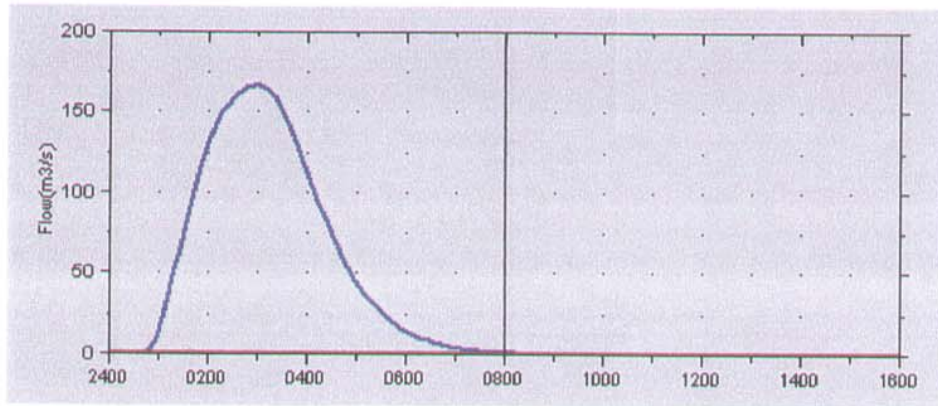
SUBCUENCA: Barranco del Pepior
 $Q_{MÁX} = 225 \text{ m}^3/\text{s}$



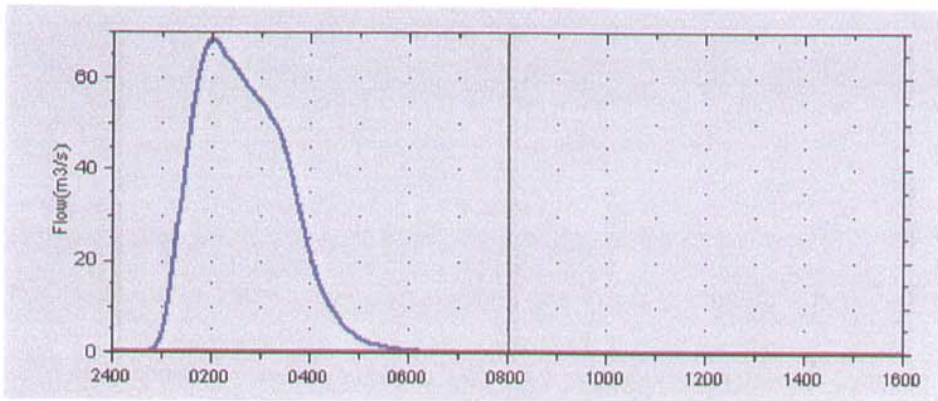
SUBCUENCA: Rambla del Rambuchar
 $Q_{MÁX} = 218 \text{ m}^3/\text{s}$



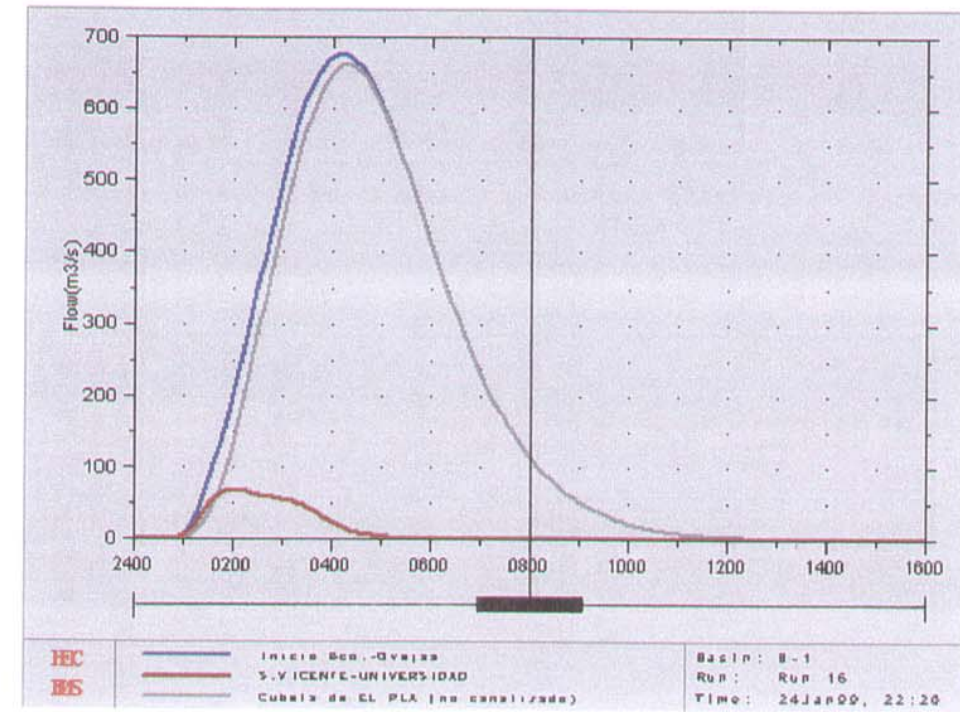
SUBCUENCA: Subc. del Barranco de las Ovejas. $Q_{MAX} = 166 \text{ m}^3/\text{s}$



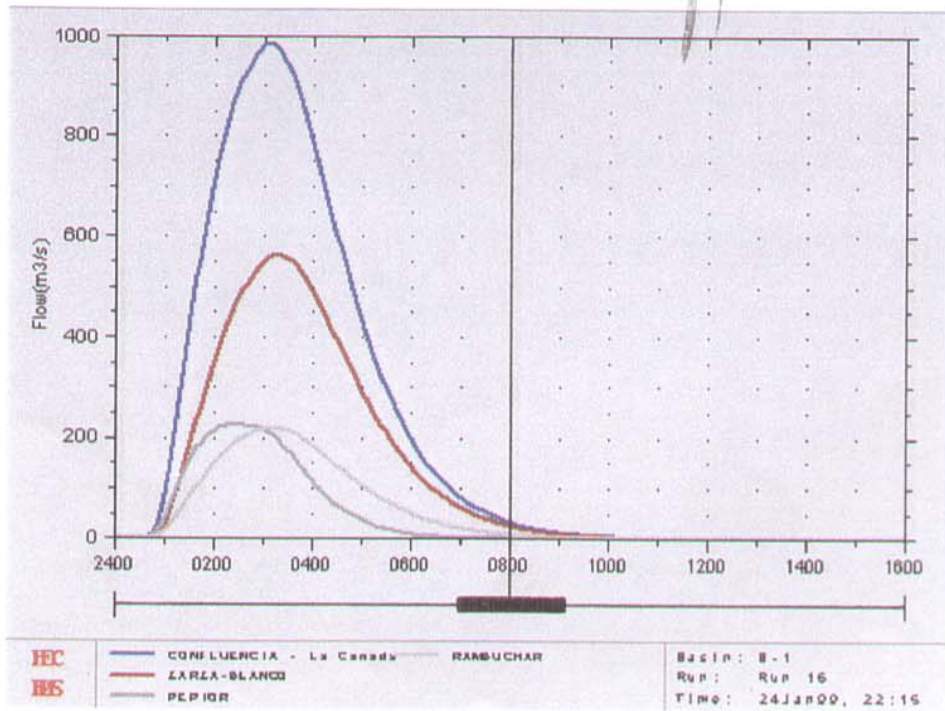
SUBCUENCA: San Vicente – Universidad. $Q_{MAX} = 68 \text{ m}^3/\text{s}$



HIDROGRAMAS EN CABECERA DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS

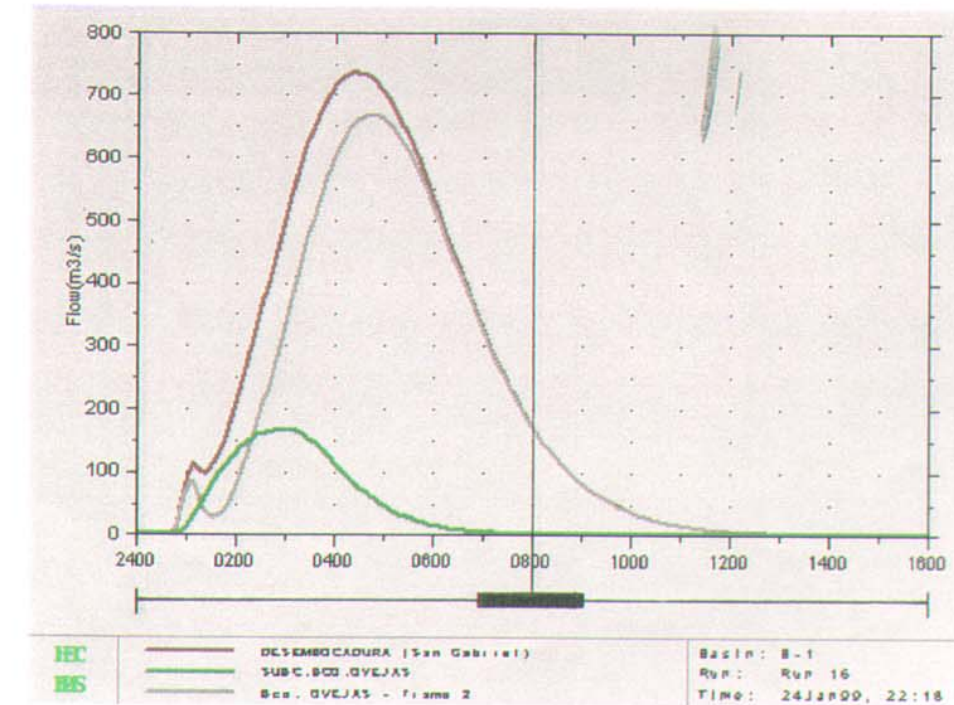


HIDROGRAMAS EN LA CONFLUENCIA DE "LA CAÑADA"



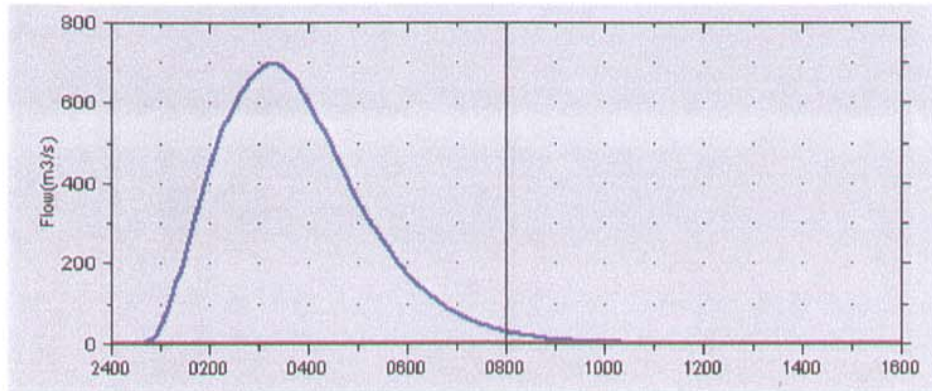
HIDROGRAMA EN LA DESEMBOCADURA.

$Q_{MAX} = 734 \text{ m}^3/\text{s}$

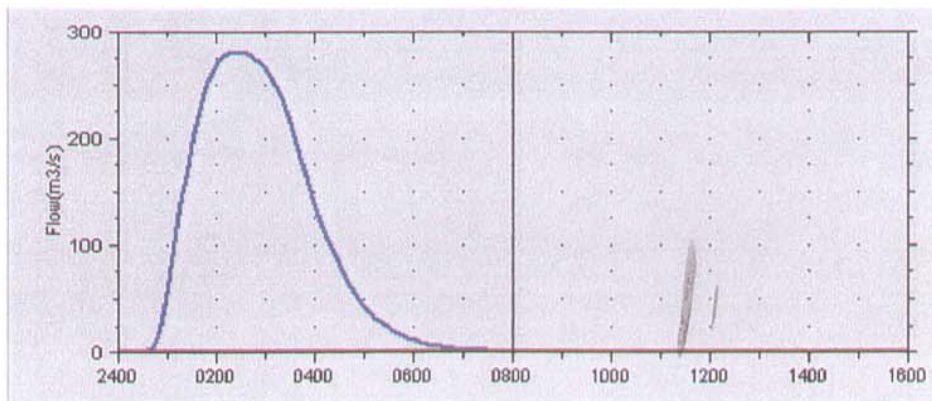


Resultados de la simulación para periodo de retorno T= 200 años

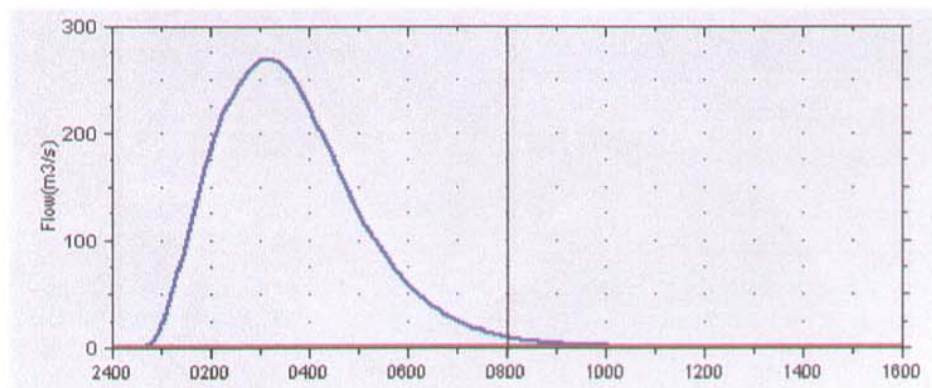
SUBCUENCA: Barranco de la Zarza – Barranco Blanco (ó del Rollet)
 $Q_{MÁX} = 693 \text{ m}^3/\text{s}$



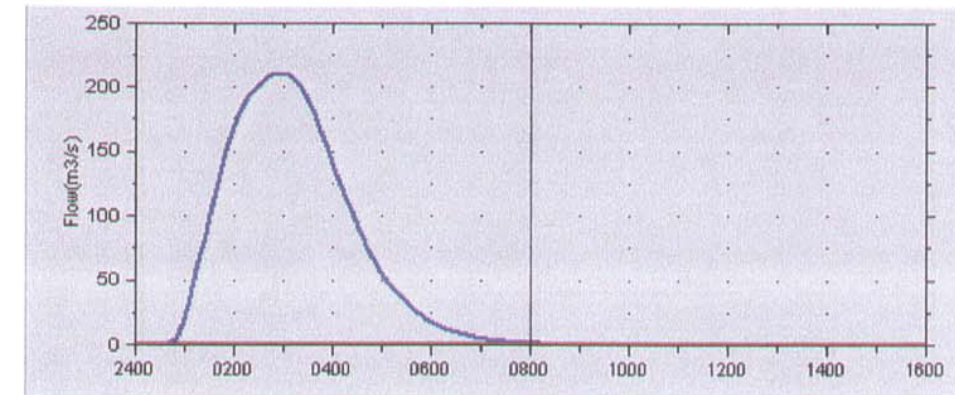
SUBCUENCA: Barranco del Pepior
 $Q_{MÁX} = 279 \text{ m}^3/\text{s}$



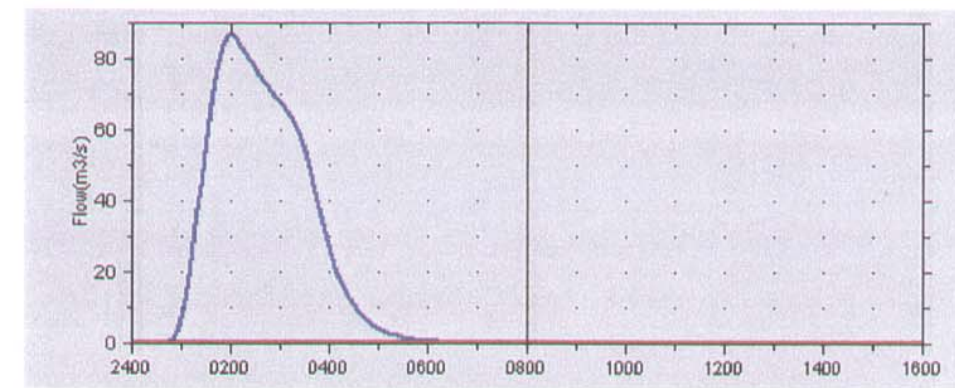
SUBCUENCA: Rambla del Rambuchar
 $Q_{MÁX} = 268 \text{ m}^3/\text{s}$



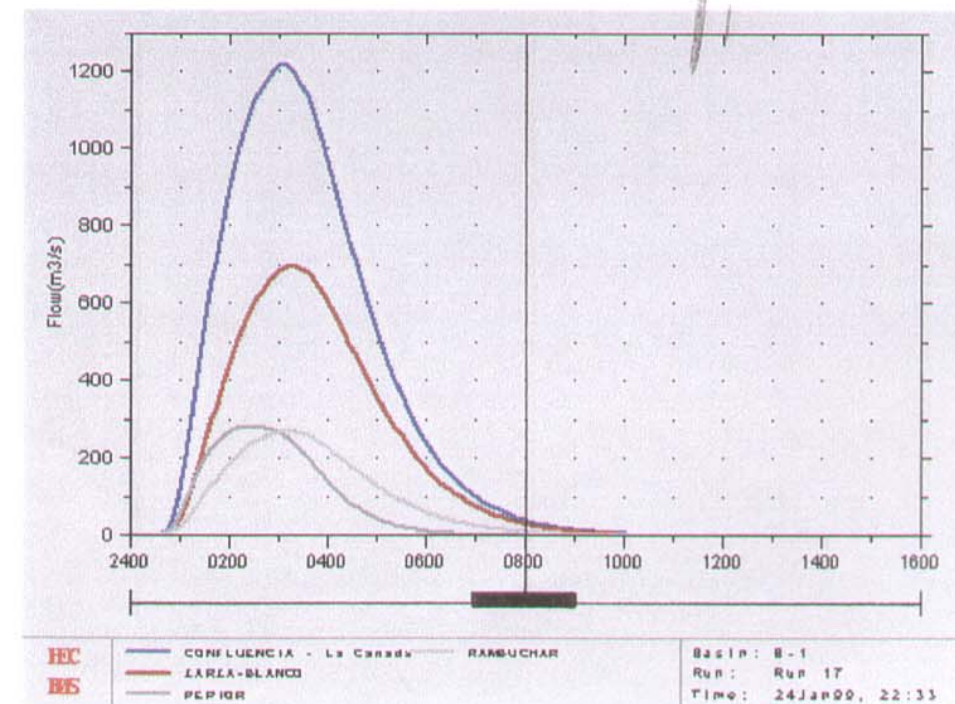
SUBCUENCA: Subc. del Barranco de las Ovejas. $Q_{MÁX} = 210 \text{ m}^3/\text{s}$



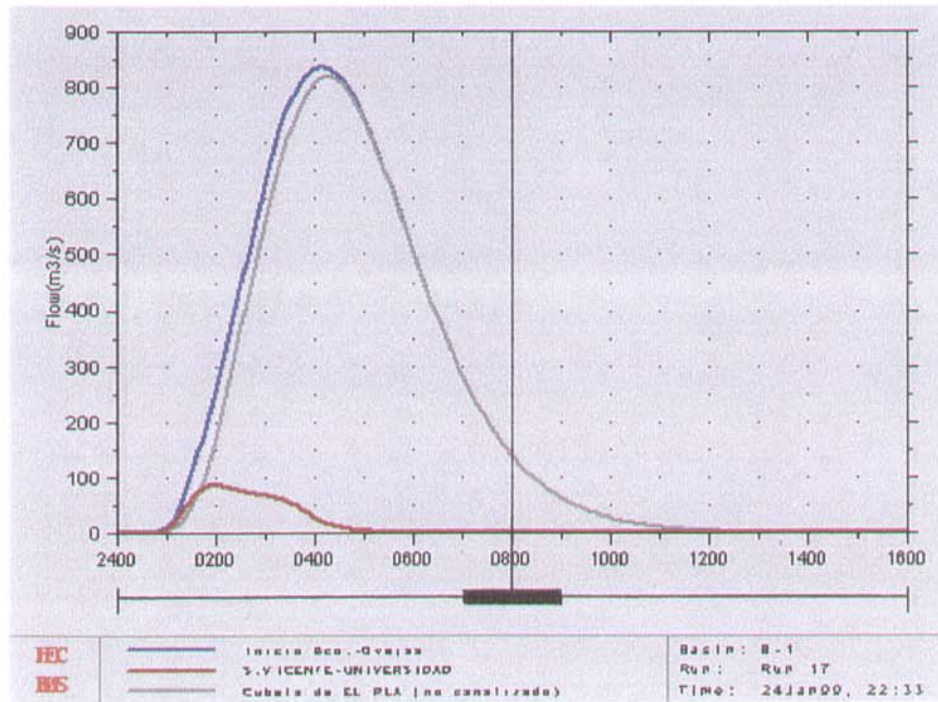
SUBCUENCA: San Vicente – Universidad. $Q_{MÁX} = 86 \text{ m}^3/\text{s}$



HIDROGRAMAS EN LA CONFLUENCIA DE “LA CAÑADA”

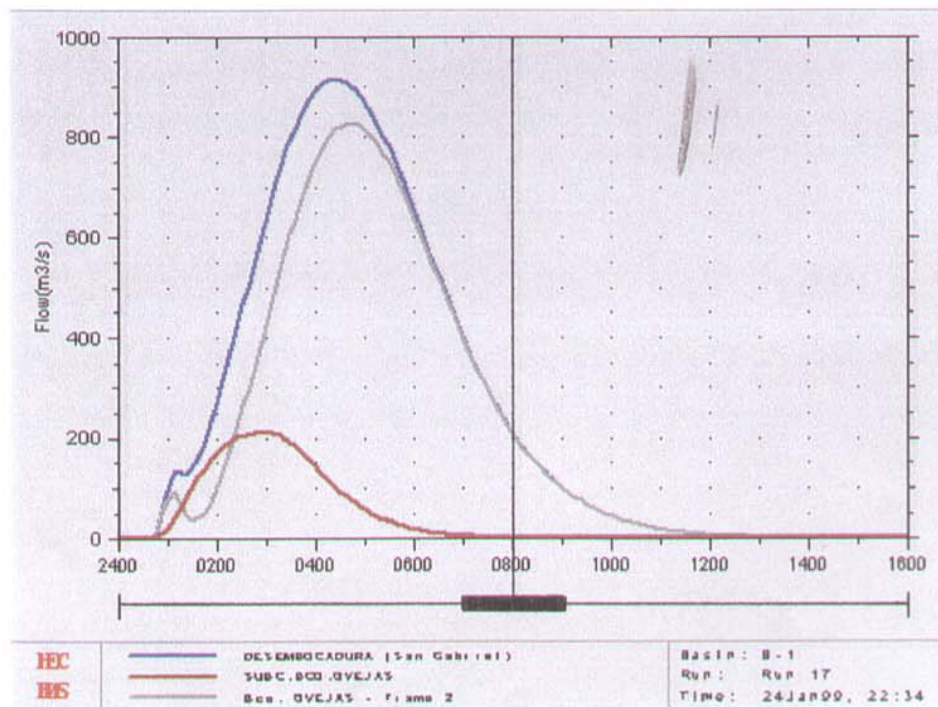


HIDROGRAMAS EN CABECERA DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS



HIDROGRAMA EN LA DESEMBOCADURA.

$$Q_{M\acute{A}X} = 912 \text{ m}^3/\text{s}$$



7. Resumen y conclusiones

El sistema hidrológico que comprende las cuencas rurales y urbanas que drenan al Barranco de las Ovejas en situación de crecidas de carácter extraordinario presenta un funcionamiento peculiar y complejo desde el punto de vista hidrológico, por los siguientes motivos:

- La red de drenaje global no presenta un desarrollo dendrítico clásico, aparte de romperse el esquema de conectividad de cauces en la zona deprimida del Pla y La Cañada, al Oeste de San Vicente del Raspeig.

Esta zona semiendorreica desempeña un papel clave en el funcionamiento hidrológico del sistema. En efecto, al no existir un cauce físico delimitado que conecte efectivamente los aportes de las subcuencas septentrionales, las aguas confluyen desde diferentes puntos a esta zona de pendiente prácticamente nula, produciéndose un efecto de retención muy importante, y favoreciéndose la infiltración.

En esta zona de flujo no canalizado, únicamente en crecidas por encima de cierto umbral llega a establecerse una conexión hidráulica definida con la cabecera del Barranco de las Ovejas. Es en este caso cuando el potencial de superficie contribuyente de la cuenca vertiente salta de los 34 Km², a los más de 200 Km², como se describió en los puntos anteriores del informe.

- La red de drenaje efectiva cambia notablemente en función de la magnitud del episodio lluvioso, existiendo una no linealidad en la respuesta que afecta a la forma de la distribución estadística de caudales máximos.
- Las subcuencas rurales se caracterizan por la ausencia de vegetación, abundando los suelos encostrados superficialmente que originan el llamado "pavimento del desierto". Esto propicia valores inusualmente elevados de los coeficientes de escorrentía, y la posibilidad de crecidas localizadas tipo "flash flood", con puntas de caudal muy por encima de lo esperable en función del área de la cuenca.
- La expansión urbana de Alicante y San Vicente implica cambios continuos en el sistema, viéndose afectadas las tasas medias de infiltración y los coeficientes de escorrentía.

- f) Las vías de comunicación (ferrocarril, autovía, carretera,...) constituyen barreras artificiales que en distinta medida afectan a la dirección de flujos y definición de áreas contribuyentes.

A este complejo escenario debe sumarse la incidencia de los posibles aportes adicionales al Barranco de las Ovejas, en el contexto de las nuevas obras de protección frente a inundaciones de la ciudad de Alicante: En principio, el colector de la Vía Parque, en fase de ejecución, supondrá una punta de caudal, según proyecto, de 106 m³/s, y el colector de la Avenida de Elche (en fase de diseño), el cual finaliza en la misma desembocadura del barranco, un caudal de 5 m³/s.

La posible desviación de las aguas recogidas en la cuenca de San Vicente- Universidad ($\approx 9 \text{ km}^2$ de área contribuyente) hacia el Barranco de las Ovejas, supondría aportes adicionales, con una punta de caudal calculada cercana a los 80 m³/s.

Prescindiendo del colector de la Avd. de Elche, el presente estudio contempla esta posible aportación adicional (San Vicente-Universidad), así como la contribución segura del nuevo Colector de la Vía Parque.

Desde el punto de vista hidráulico, aparte del encauzamiento proyectado en el año 1988 ($Q_{\text{DISEÑO}}=720 \text{ m}^3/\text{s}$), los nuevos proyectos en marcha [*Obras para la descontaminación de suelos junto al Instituto Mare Nostrum, Proyecto de construcción, encauzamiento y acondicionamiento de la desembocadura*], van a determinar el funcionamiento hidráulico del cauce y su consiguiente capacidad.

El presente informe tiene carácter estrictamente hidrológico, y no incluye planteamiento alguno de tipo hidráulico (cálculos que quedan recogidos en los anejos de cálculo hidráulico de los correspondientes proyectos referidos).

Las **conclusiones** principales que se derivan del mismo, son las siguientes:

1. Los caudales máximos esperables en la desembocadura del Barranco de las Ovejas para periodos de retorno de 50, 100 y 200 años son:

<u>PERIODO DE RETORNO (años)</u>	<u>CAUDAL (m³/s)</u>
50	573
100	734
200	912

El caudal $Q_{\text{MAX}}(T=100)$ resulta un 23 % superior a la estimación más optimista del estudio hidrológico de Noviembre-1988 [*Proyecto de Encauzamiento del Barranco de las Ovejas – COPUT*], y un 3 % mayor respecto de la estimación con la hipótesis de cálculo más pesimista del referido proyecto.

Estas variaciones son consistentes con la modificación de cuantiles que supone la introducción del máximo de Sep-97 en la serie histórica de intensidades máximas de lluvias.

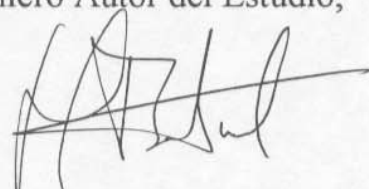
2. La geomorfología de las subcuencas vertientes al barranco favorece mecanismos de generación de escorrentía tipo “flash flood” con coeficientes de escorrentía medios muy elevados en situación de precipitaciones de carácter torrencial, de manera que toda actuación que directa o indirectamente favorezca las capacidades de retención e infiltración, y de recuperación de cubierta vegetal, contribuirá eficazmente a la reducción del pico de caudal.
3. Los máximos caudales estimados se producen en la confluencia de la Cañada, donde mueren los barrancos de la Zarza, barranco Blanco, y barranco del Pepior. A partir de ahí, la capacidad de retención y laminación de la Cubeta de El Plá reduce significativamente el poder destructivo de la avenida aguas abajo.

Toda actuación urbanística en la zona que conlleve un incremento de áreas impermeables, y una reducción de los coeficientes de infiltración, **repercutirá negativamente**, de modo que los caudales máximos en el recorrido final del Barranco de las Ovejas se verán incrementados significativamente, y en consecuencia el riesgo de daños en la zona.

4. De acuerdo con los caudales estimados, el **cauce actual resulta insuficiente para la crecida de periodo de retorno de 100 años**, y la crecida retorno 200 años implicaría caudales muy por encima de la actual capacidad del cauce, por lo que de producirse, cabría esperar desbordamientos e inundaciones locales de diferente consideración.

Valencia, a 27 de Enero de 1999

El Ingeniero Autor del Estudio,



RAFAEL GARCÍA BARTUAL

Dr. Ing. de Caminos, C. y P.

Referencias

8 Referencias

- Branson, F. A.; Gifford, G. F.; Renard, K. G. y Hadley, R. F. *Rangeland Hydrology*. Society For Range Management; Rangeland Hydrology. Second Edition. Range Science Series Nº 1. Denver; 1981.
- Bras, R.L.. *Hydrology: an introduction to hydrology science*. Addison-Wesley Publishing Company. USA; 1990.
- Buol; S. W.; Hole, F. D. Y Mc Kracken, R. J. *Soil Genesis and Classification. Third Edition*. Iowa State University Press. USA; 1989.
- Chow, V.T.; Maidment, D.R.y Mays, L.W. *Applied hydrology*. Ed. Mc Graw-Hill. 1988.
- Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia. *Obtención de características morfológicas e hidrogramas unitarios a partir de un modelo digital del terreno*. Valencia; 1996.
- Ferrer, F. J. *Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Madrid; 1993.
- Ferrer, M.; Rodríguez, J. Y Estrela, T. *Generación Automática del Número de Curva con sistemas de Información Geográfica. Ingeniería del Agua*; Vol. 2, Nº4; p.: 43-58. Valencia; 1995.
- Forteza, J. Rubio, J. L. Y Gimeno, E. (Coords.) *Catálogo de suelos de la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana; Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Valencia, 1995.
- Heras, R. *Manual de hidrología: hidrología de las crecidas* (tomo 4). Servicio de edición del Centro de Estudios Hidrográficos y Dirección General de Obras Hidráulicas. Madrid; 1972.
- Instituto Geominero de España (IGME). Hoja Nº72: Elche. Escala 1: 200.000. Segunda Edición. Mapa Geológico de España Madrid; 1982.
- Instituto Geominero de España (IGME). Hoja Nº73: Alicante. Escala 1: 200.000. Segunda

Edición. Mapa Geológico de España Madrid; 1986.

- Instituto Universitario de Geografía (IUG). *Lluvias Torrenciales e Inundaciones en Alicante*. Universidad de Alicante. Alicante, 1983.
- Instituto Universitario de Geografía (IUG). *Inundaciones en la Ciudad y Término de Alicante*. Universidad de Alicante; y Ayuntamiento de Alicante. Alicante; 1986.
- Llamas, J. *Hidrología general: principios y aplicaciones*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. 1993.
- Marco, J.B. y Reyes, M. *Hidrología*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. 1982.
- Mintegui-Aguirre, J.A. y López, F. *La ordenación agrohidrológica en la planificación*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 1990.
- MOPU. *Instrucción 5.2-IC. Drenaje Superficial*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1990.
- Nieves, M., Bienes, R. y Gómez, V. *Clave de los Suelos Españoles. Simplificada y Adaptada a España del Soil Taxonomy*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid; 1988.
- Ponce, V.M. *Engineering hydrology*. Ed. Prentice Hall. 1989.
- Soil Conservation Service. *Application of Soil Information*. U.S. Department of Agronomy, National Soils Handbook; Part 603. Washington D.C.; 1983.
- Soil Conservation Service. *Hydrology*. USDA; SCS National Engineering Handbook, Section 4. Washington DC. 1985.
- Soil Conservation Service (SCS). *National Engineering Handbook*. Section 4. United States Department of Agriculture. Washington DC; 1988.
- Soil Survey Staff. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soils Surveys*. USDA, Agriculture Handbook nº 436. Washington D.C.; 1975.

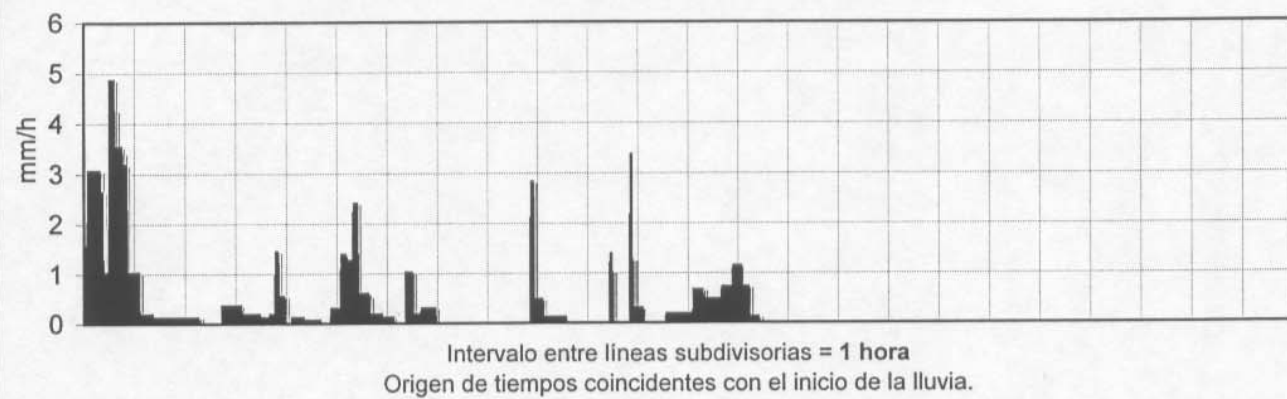
Wilding, L. P.; Smeck, N. E. Y Hall, G. F. (Eds.) *Pedogenesis and Soil Taxonomy. Part II: The Soil Orders. Elsevier. The Neterlands, 1983.*

ANEJO 1

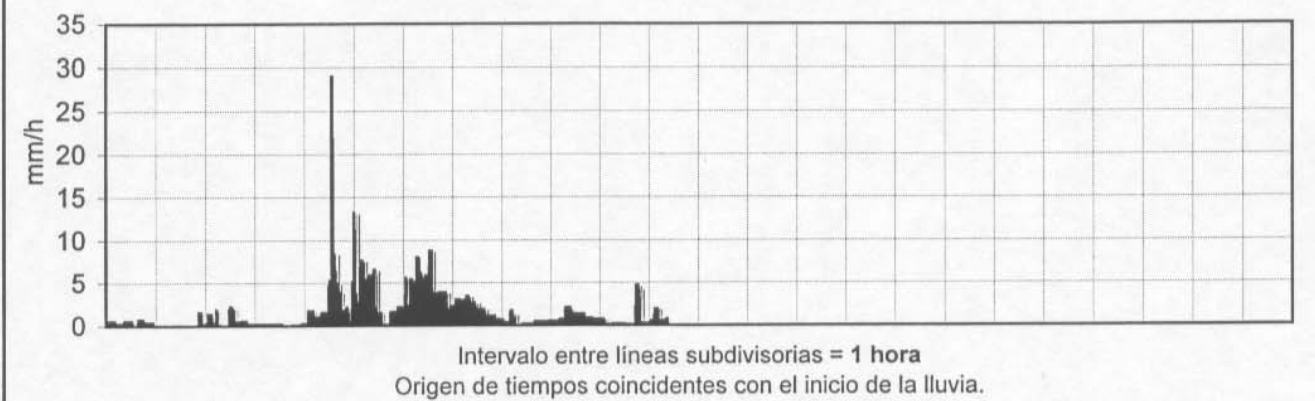
Hietogramas correspondientes a los episodios lluviosos considerados

(periodo 1925-1997)

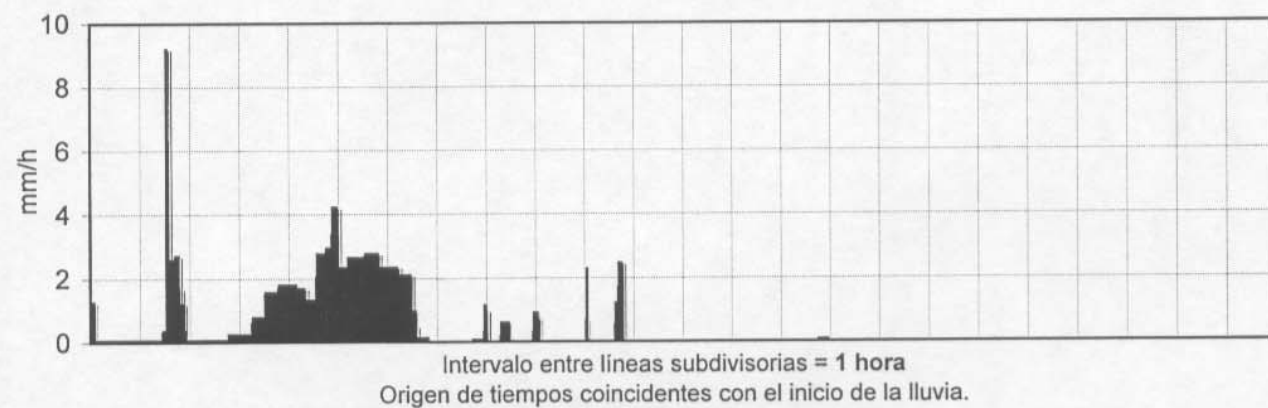
Fecha: 19-02-1925
Serie minotal de intensidades de lluvia.



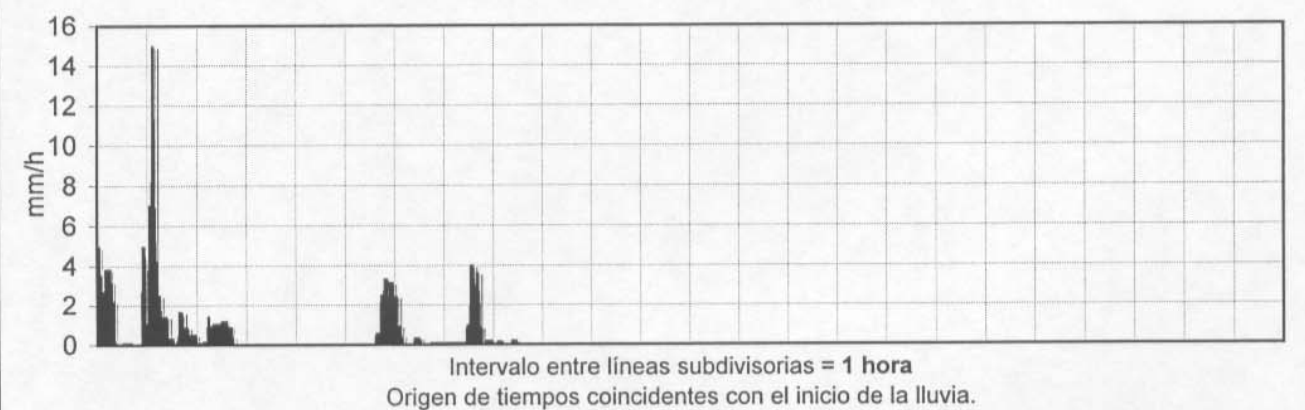
Fecha: 10-03-1925
Serie minotal de intensidades de lluvia.



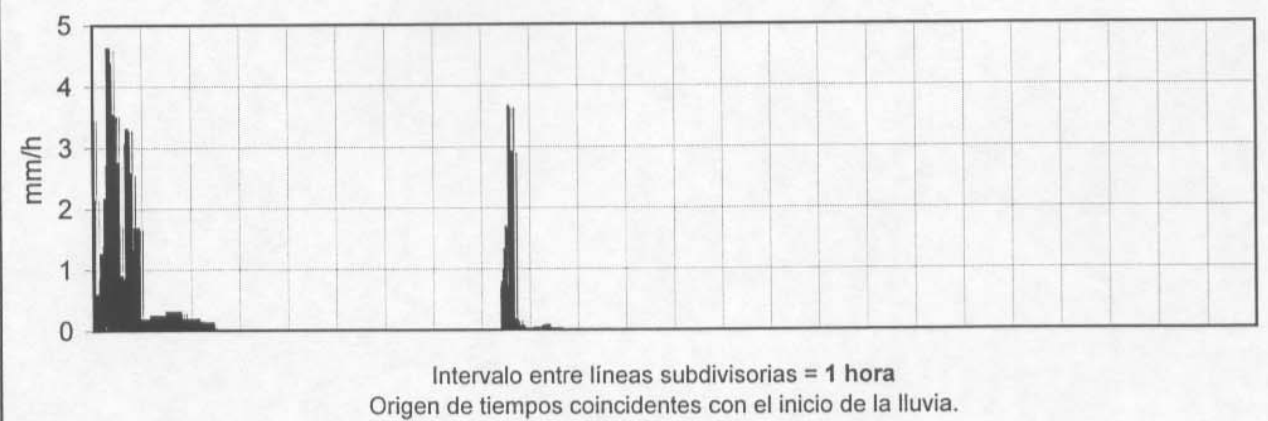
Fecha: 01-03-1925
Serie minotal de intensidades de lluvia.



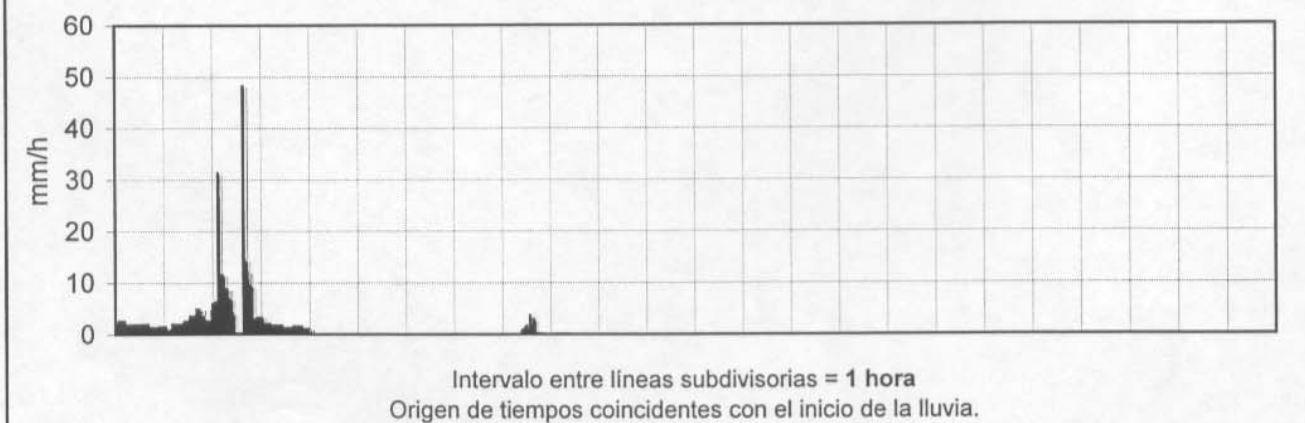
Fecha: 18-03-1925
Serie minotal de intensidades de lluvia.



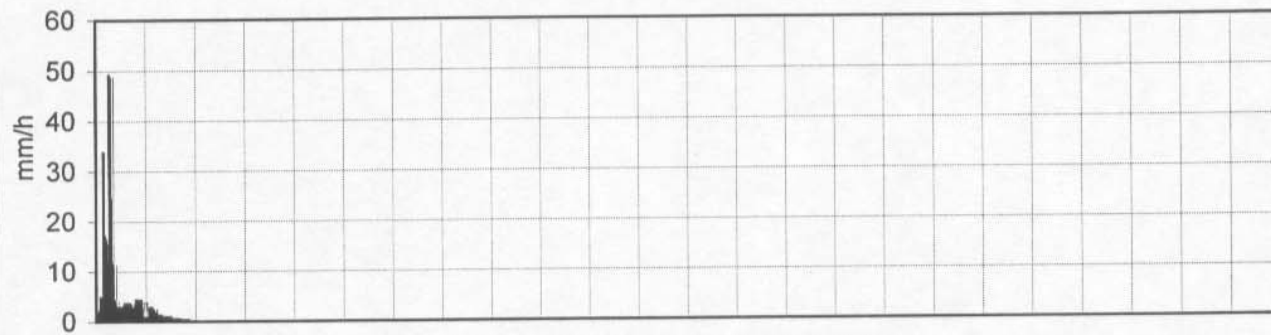
Fecha: 09-03-1925
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Fecha: 22-03-1925
Serie minotal de intensidades de lluvia.

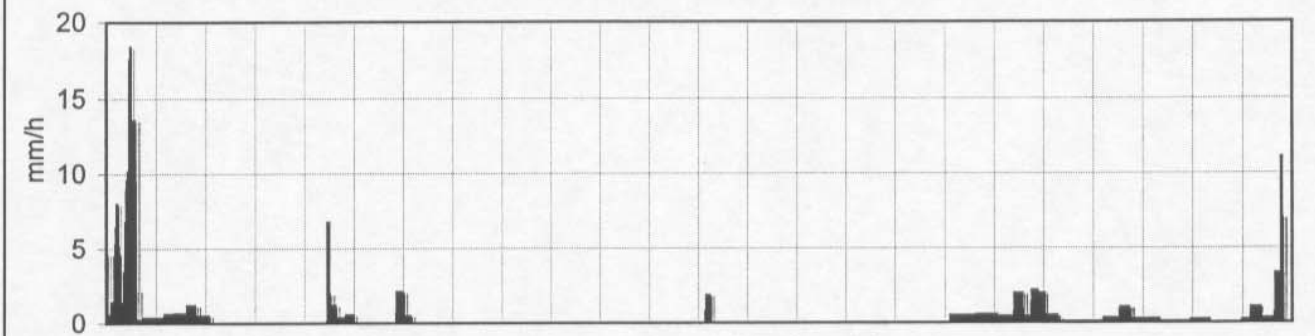


Fecha: 31-03-1925
Serie minutal de intensidades de lluvia.



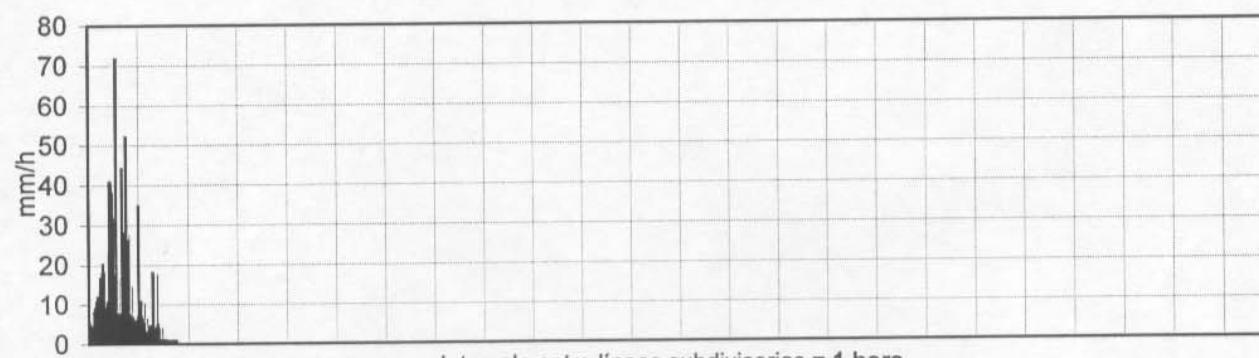
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 29-10-1925
Serie minutal de intensidades de lluvia.



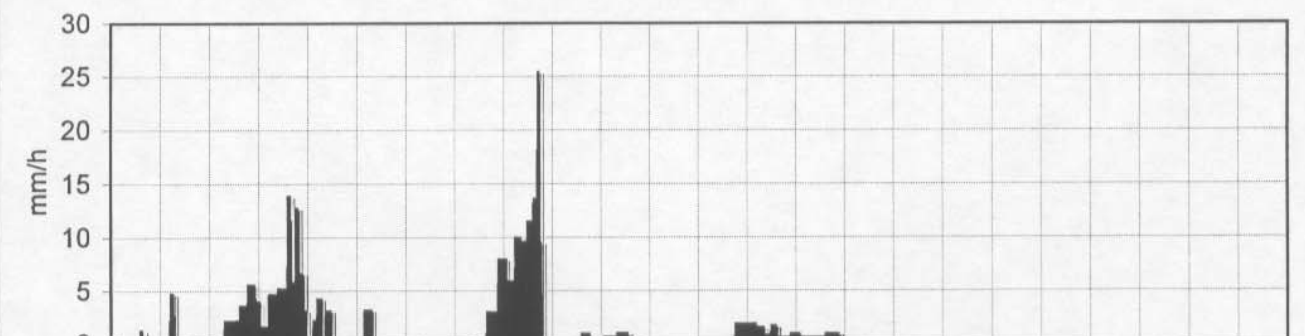
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 09-10-1925
Serie minutal de intensidades de lluvia.



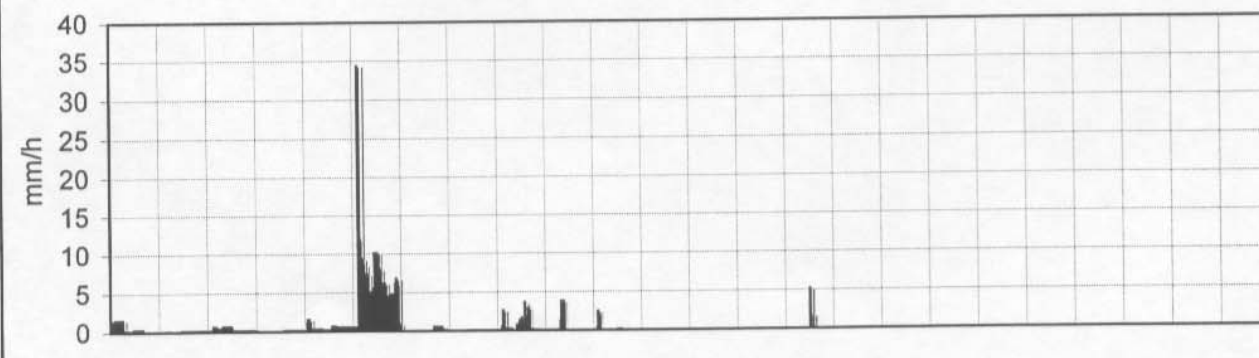
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 12-11-1925
Serie minutal de intensidades de lluvia.



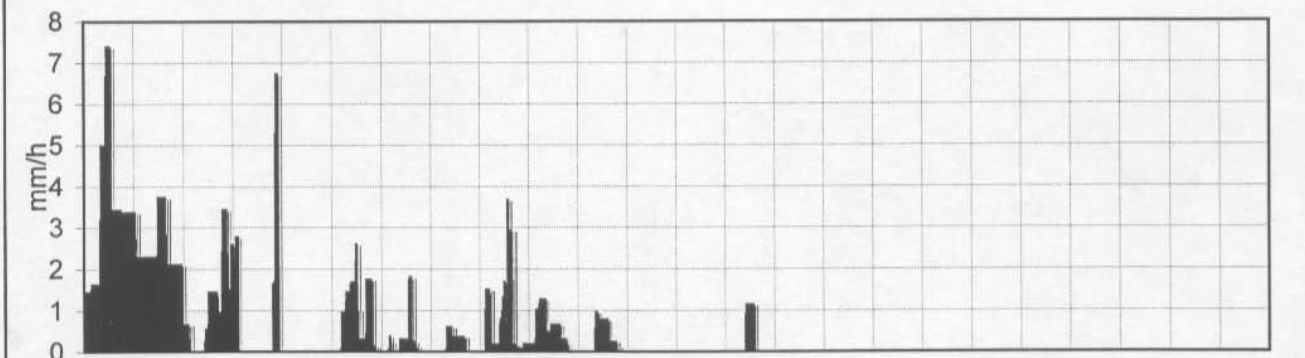
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 11-10-1925
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 13-11-1925
Serie minutal de intensidades de lluvia.



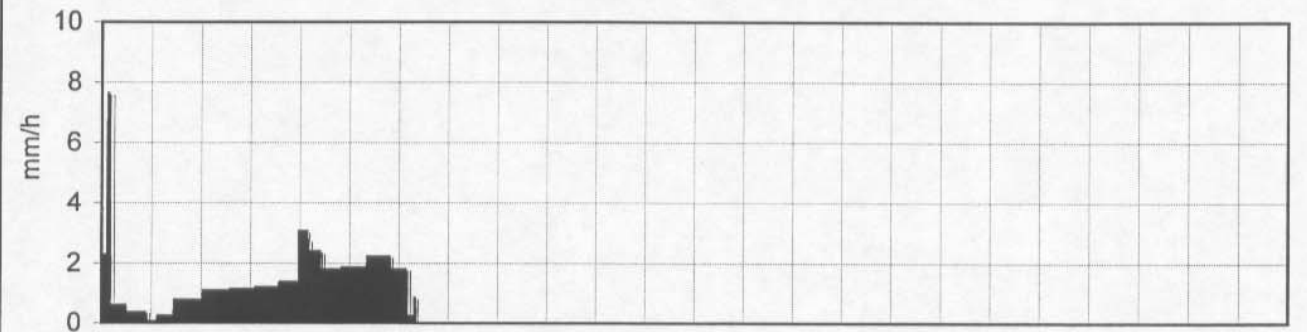
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 26-11-1925
Serie minutal de intensidades de lluvia.



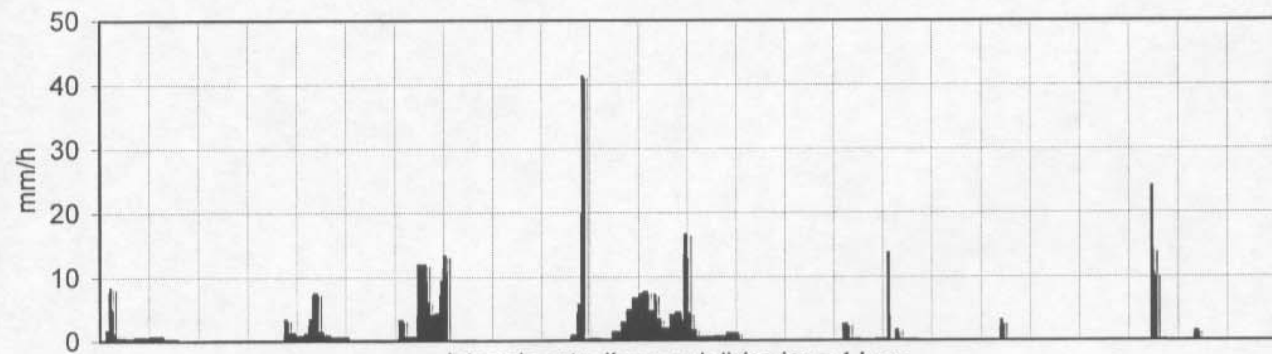
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 13-01-1926
Serie minutal de intensidades de lluvia.



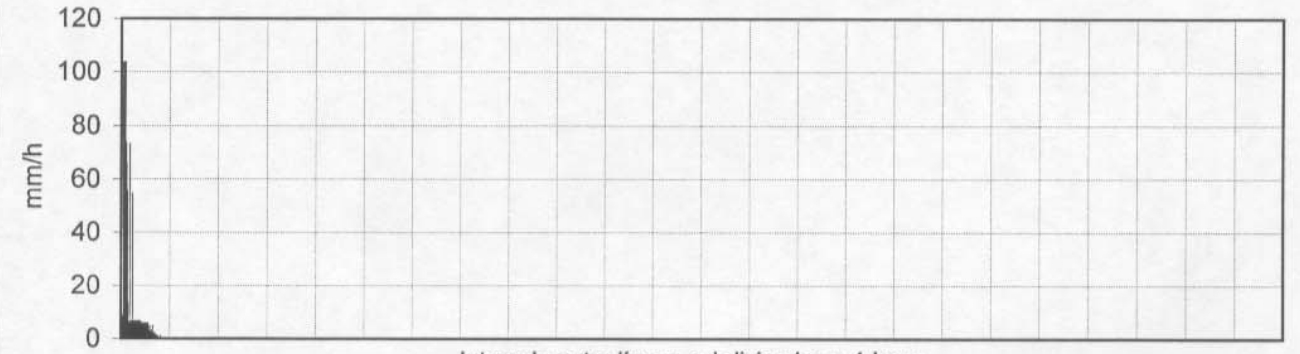
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 04-12-1925
Serie minutal de intensidades de lluvia.



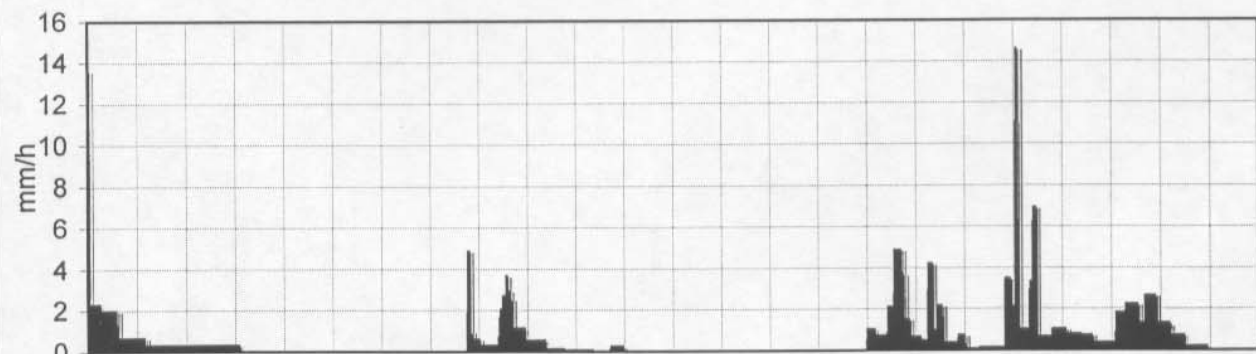
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 23-03-1926
Serie minutal de intensidades de lluvia.



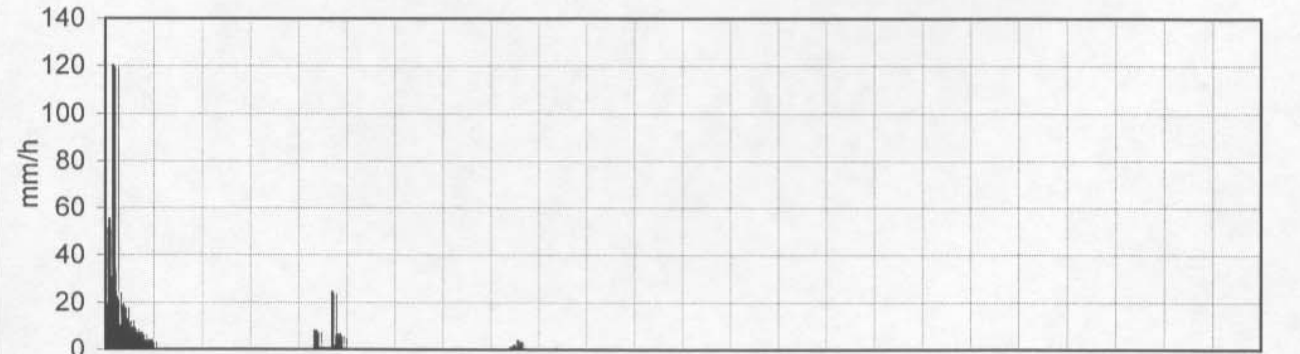
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 05-12-1925
Serie minutal de intensidades de lluvia.



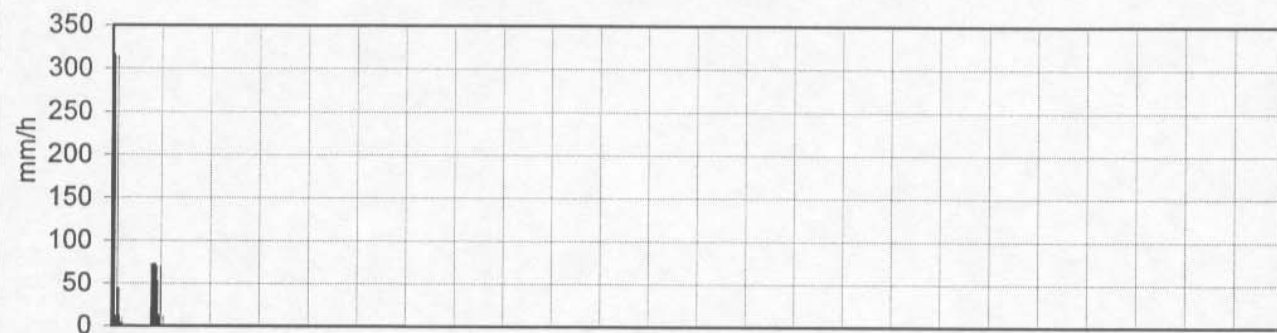
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-07-1926
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 31-08-1926
Serie minutal de intensidades de lluvia.



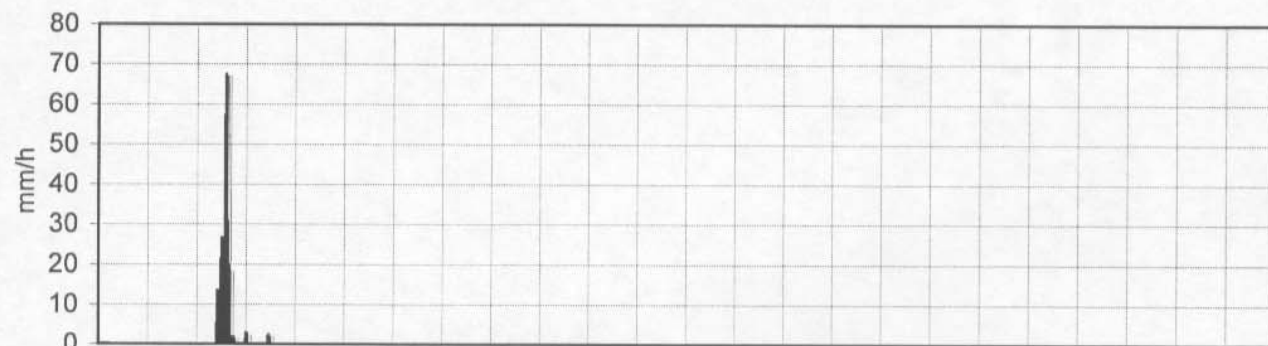
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 05-05-1927
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 09-10-1926
Serie minutal de intensidades de lluvia.



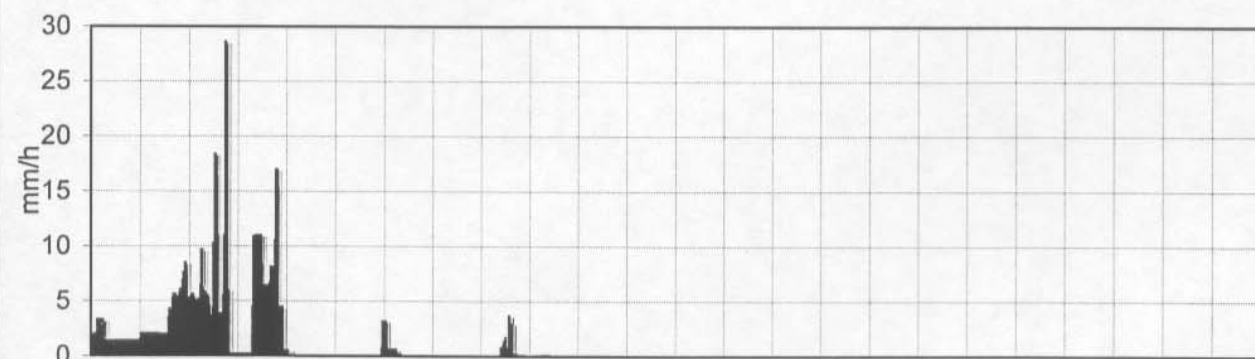
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 10-05-1927
Serie minutal de intensidades de lluvia.



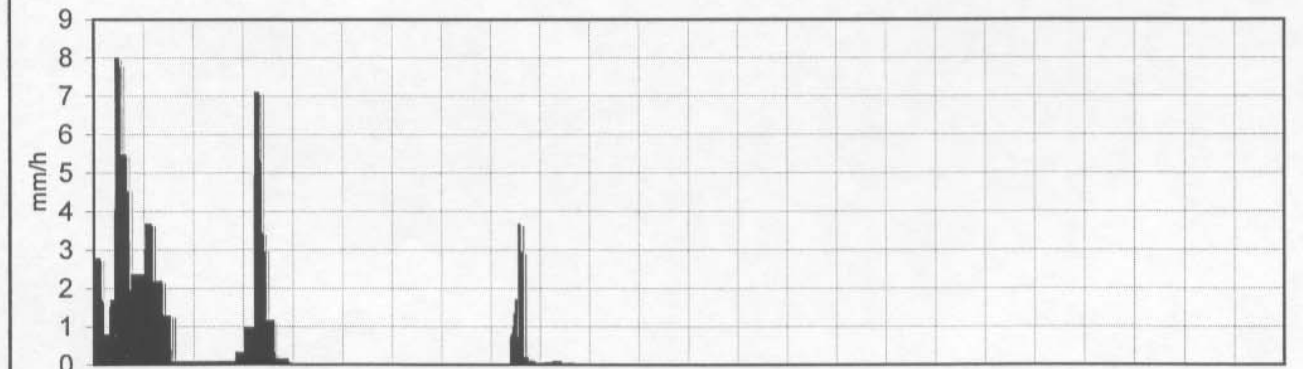
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 12-11-1926
Serie minutal de intensidades de lluvia.



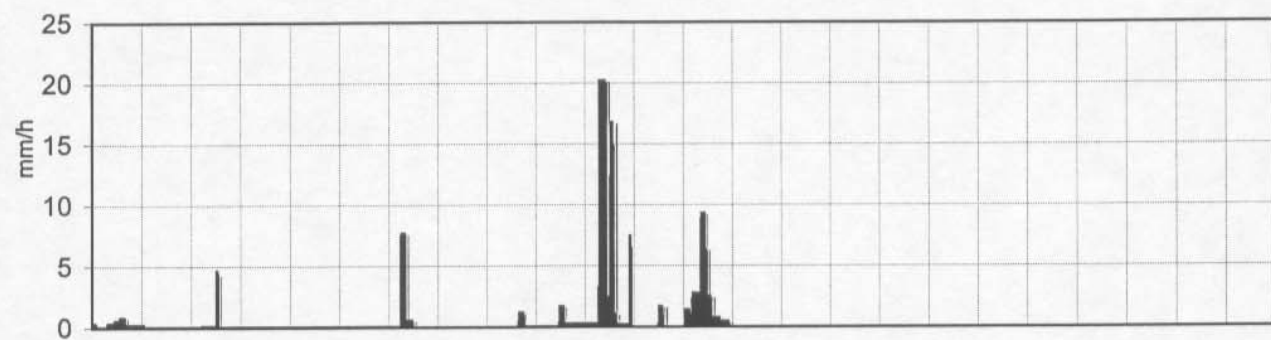
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 23-05-1927
Serie minutal de intensidades de lluvia.



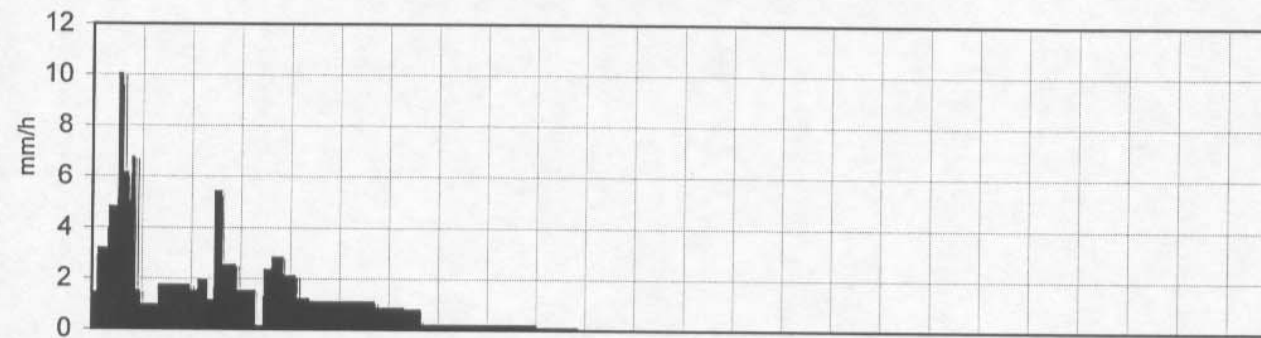
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 15-06-1927
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 31-12-1927
Serie minotal de intensidades de lluvia.



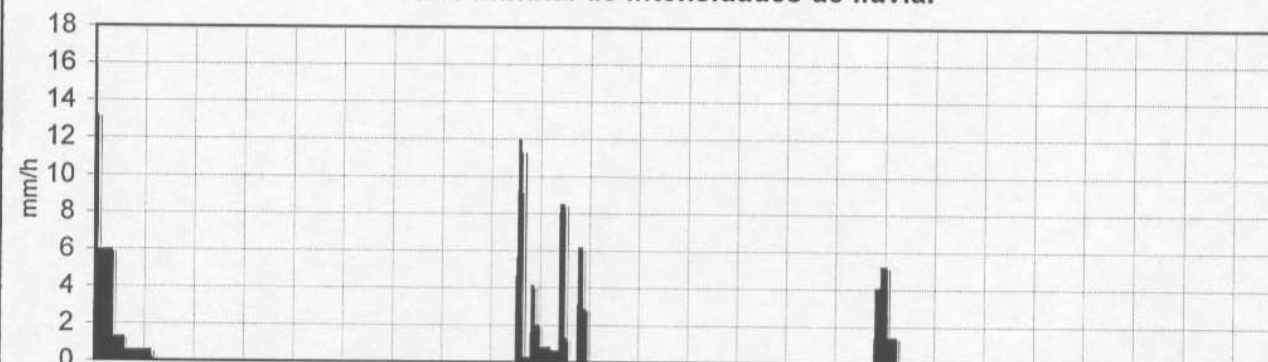
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-06-1927
Serie minotal de intensidades de lluvia.



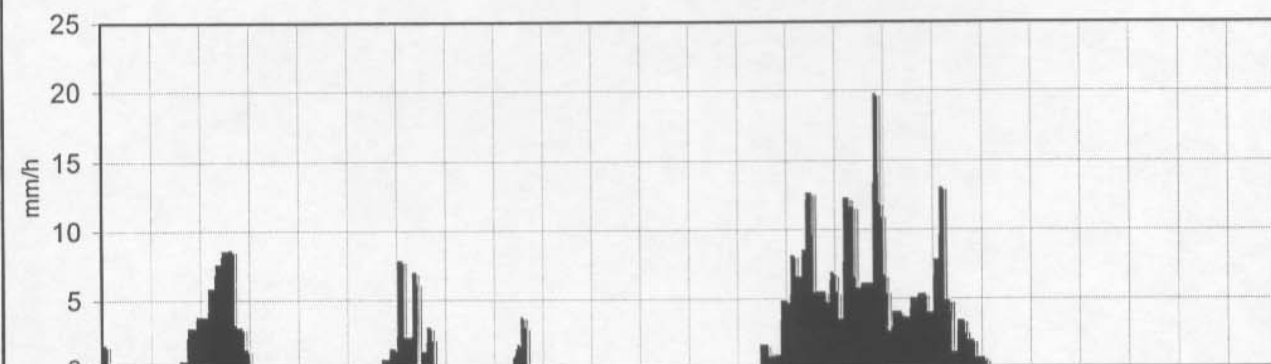
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 04-01-1928
Serie minotal de intensidades de lluvia.



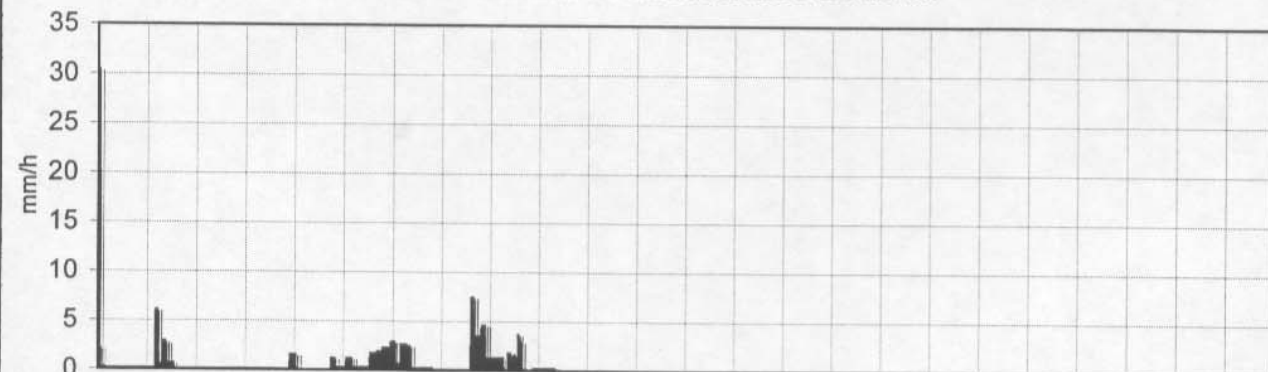
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 21-11-1927
Serie minotal de intensidades de lluvia.



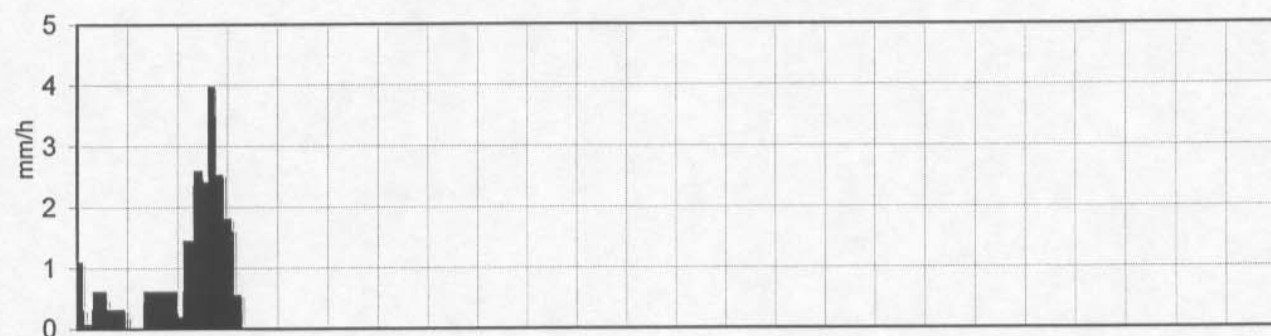
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-02-1928
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 28-02-1928
Serie minutal de intensidades de lluvia.



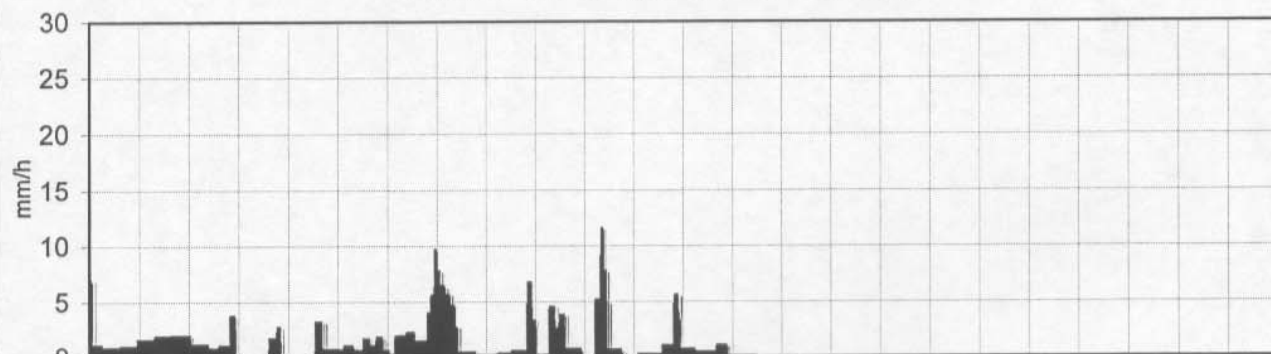
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 05-04-1928
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 29-02-1928
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 20-04-1928
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 21-03-1928
Serie minutal de intensidades de lluvia.



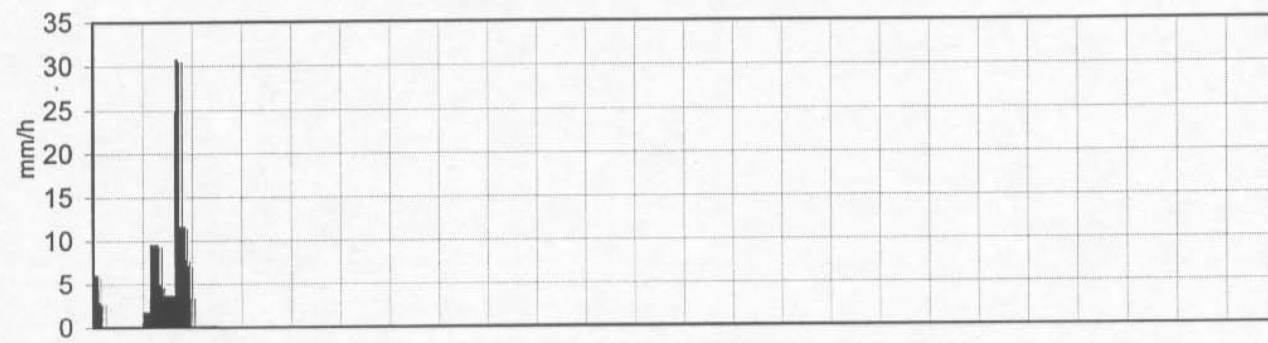
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 06-05-1928
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 18-10-1928
Serie minotal de intensidades de lluvia.



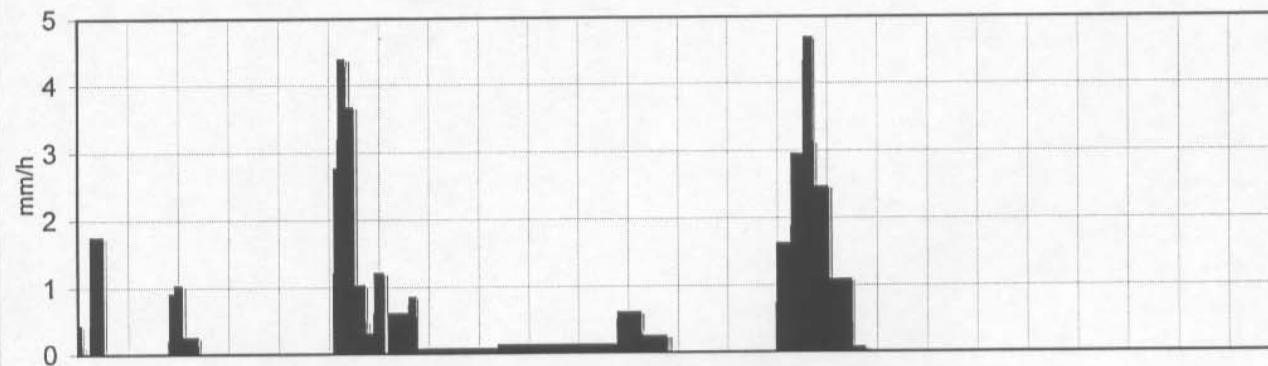
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 26-11-1928
Serie minotal de intensidades de lluvia.



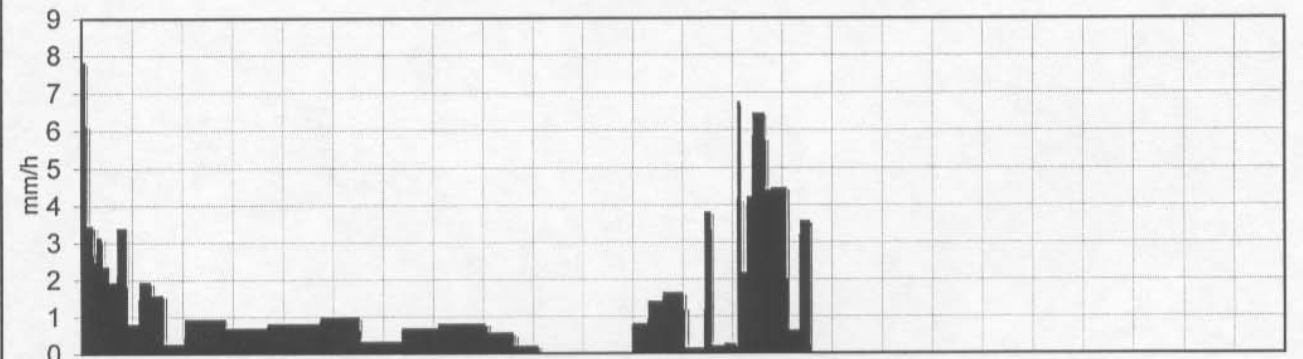
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-10-1928
Serie minotal de intensidades de lluvia.



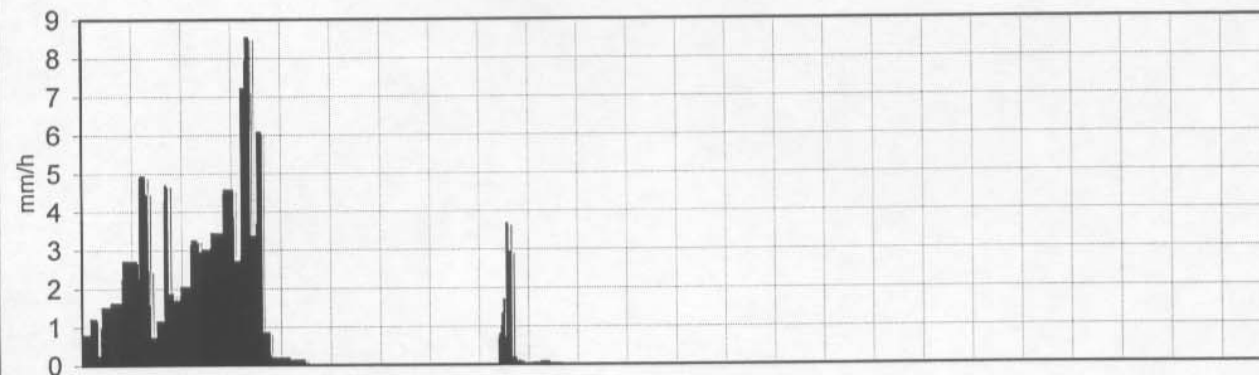
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 21-12-1928
Serie minotal de intensidades de lluvia.



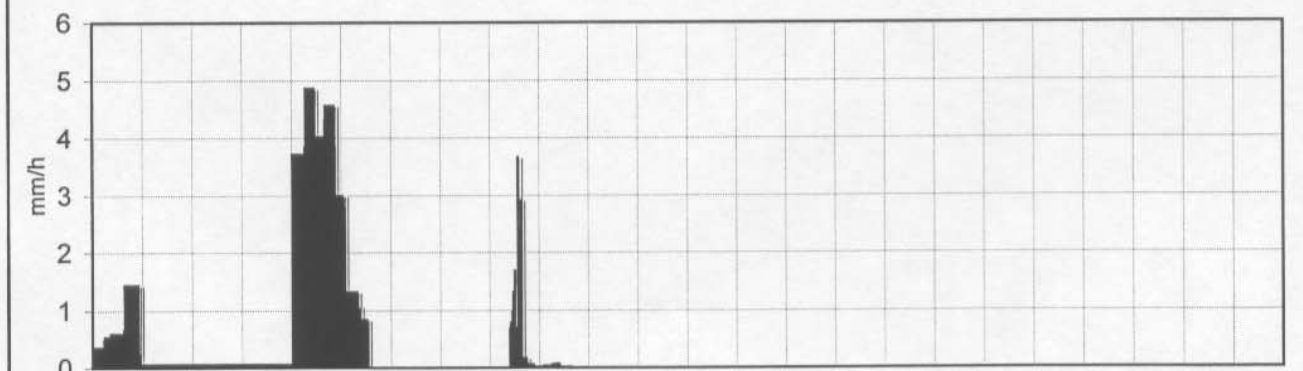
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 05-11-1928
Serie minotal de intensidades de lluvia.

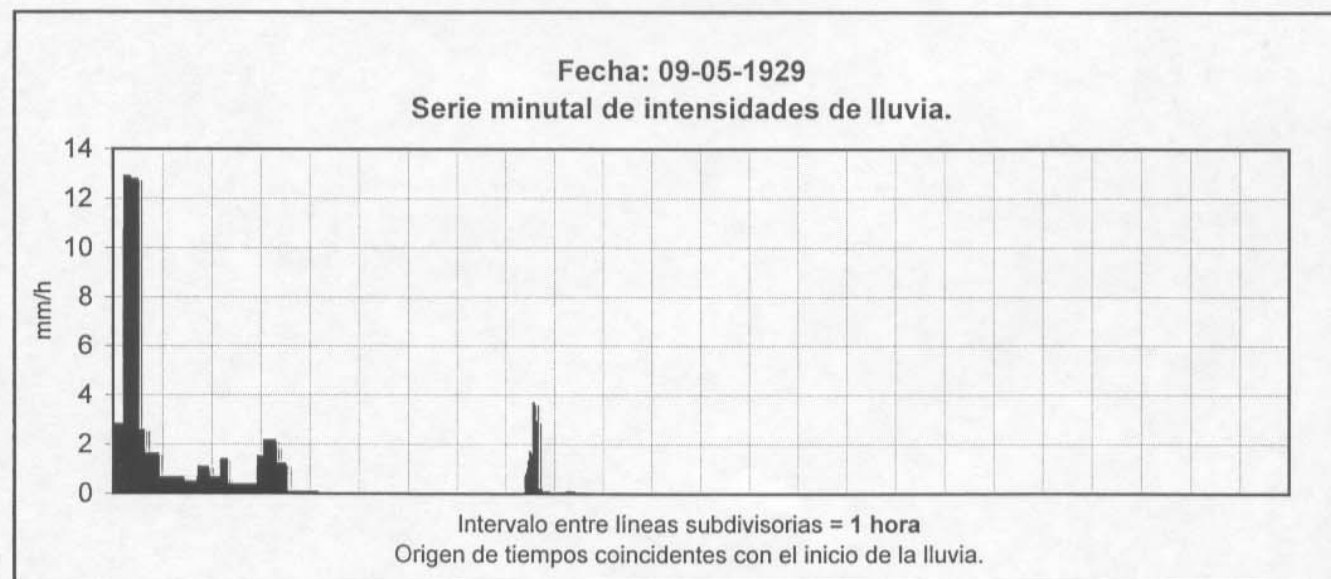
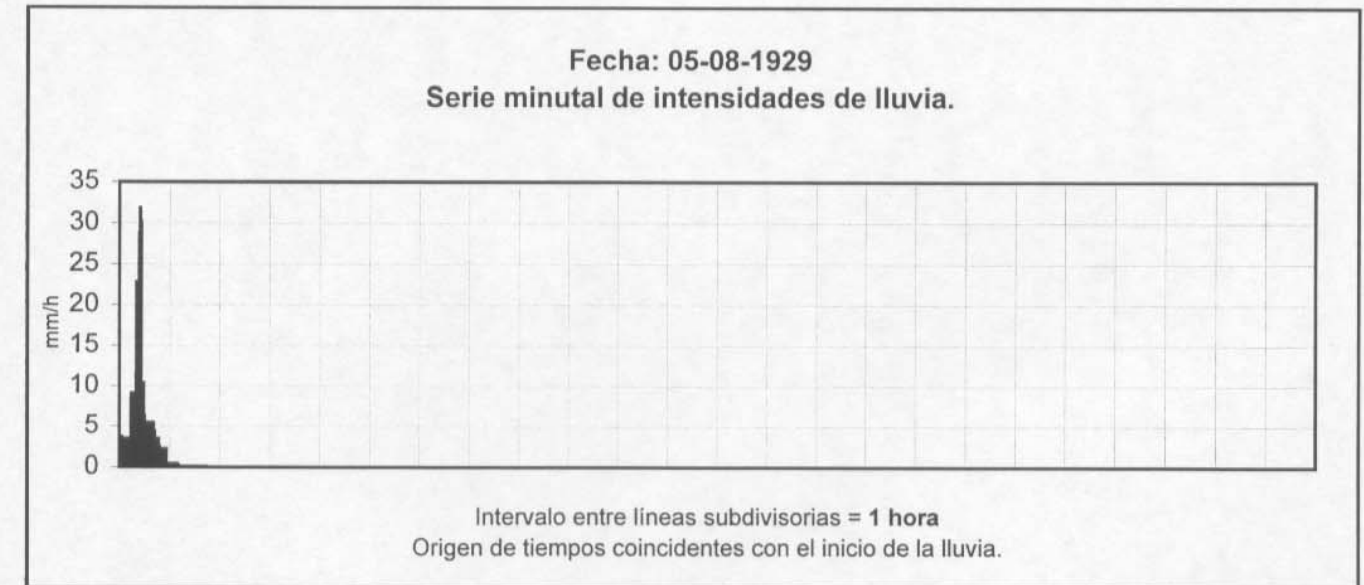
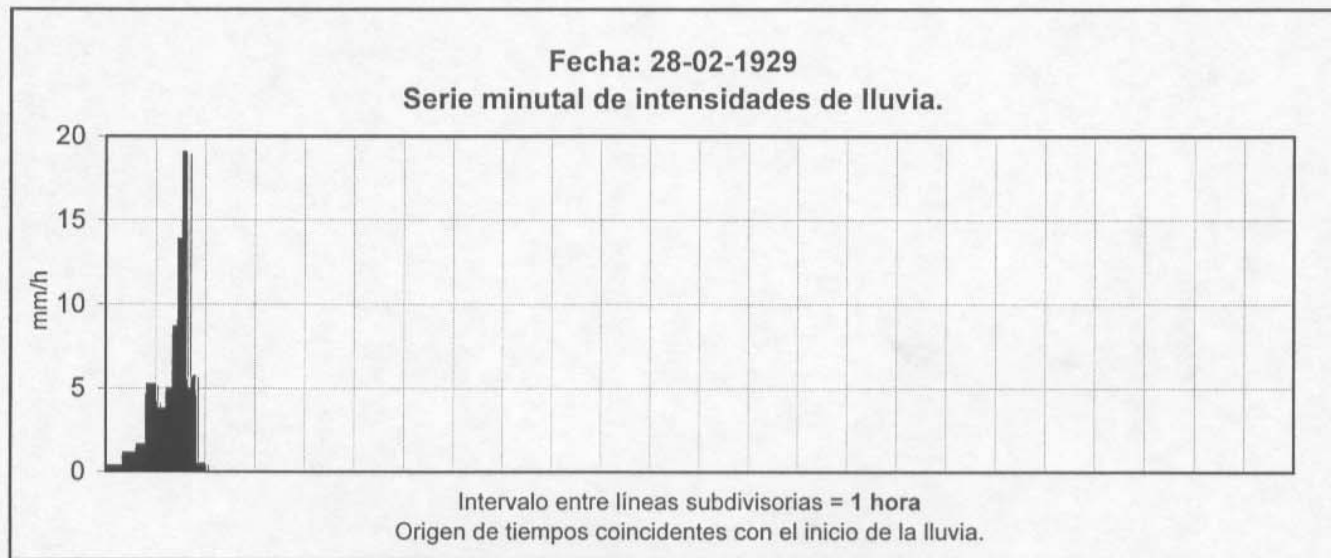
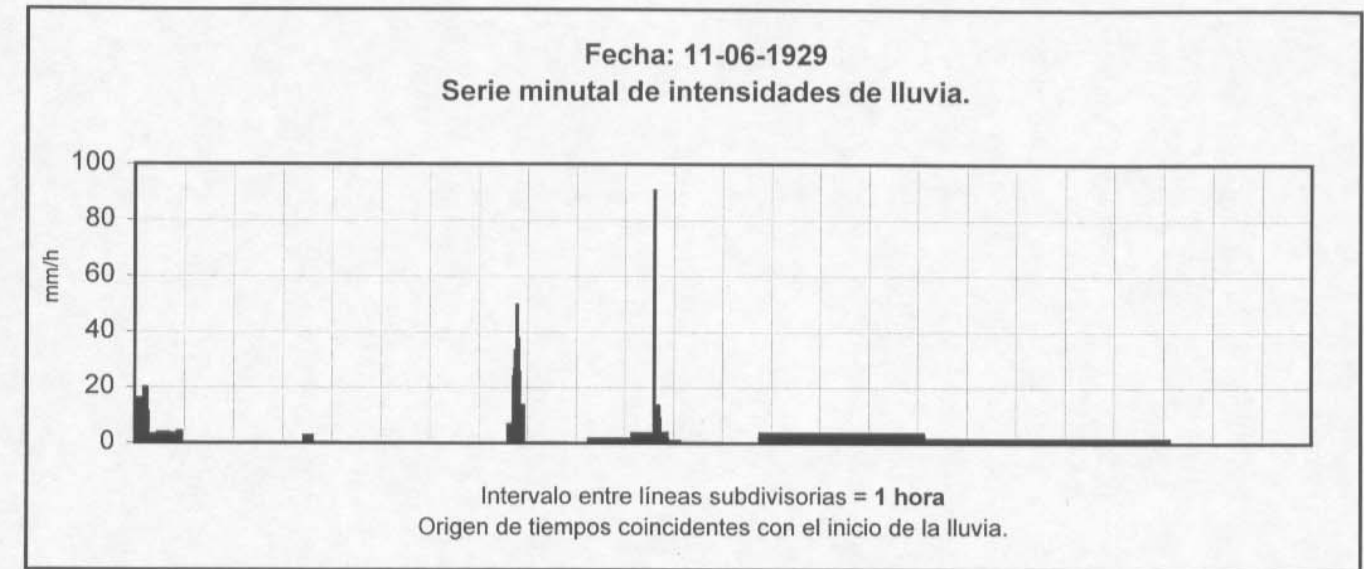
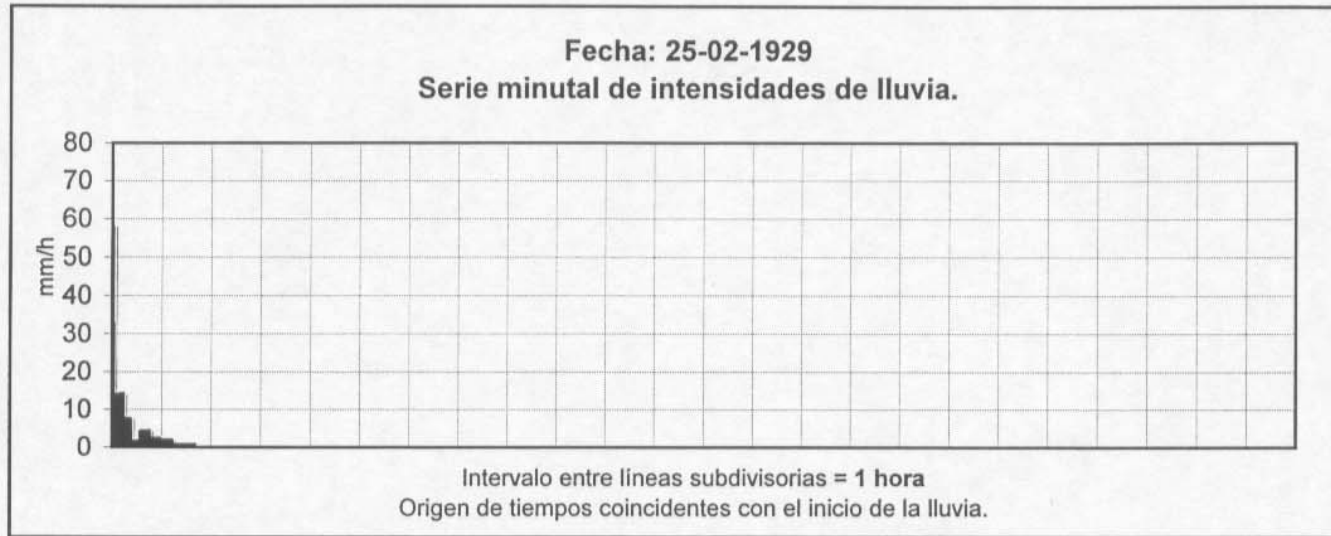


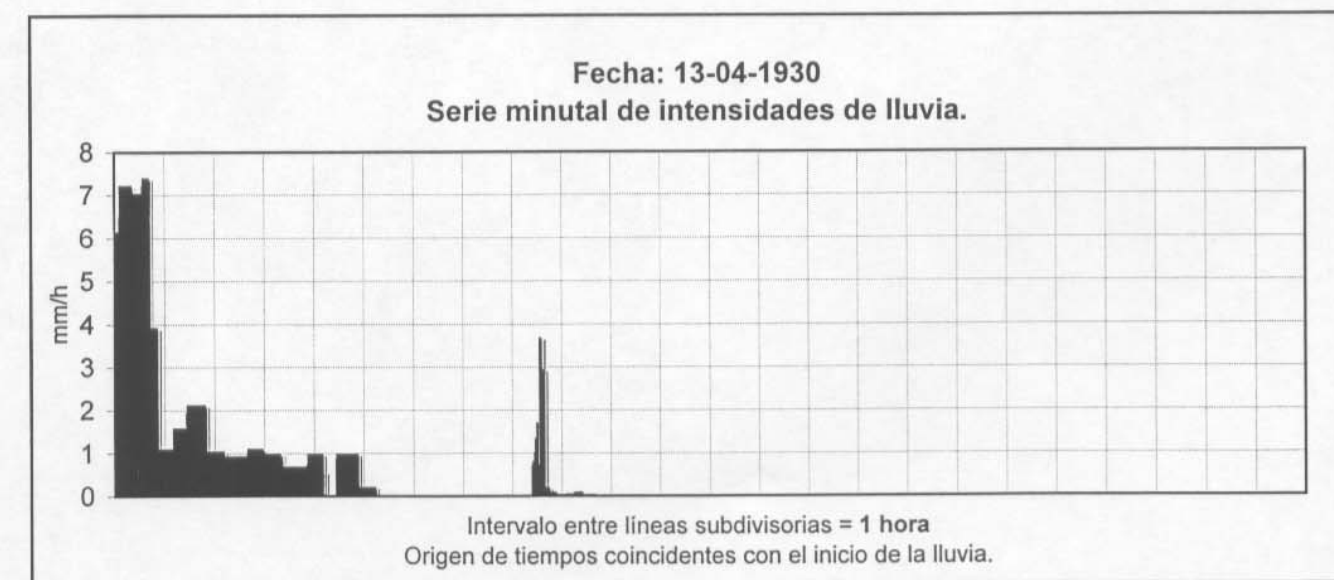
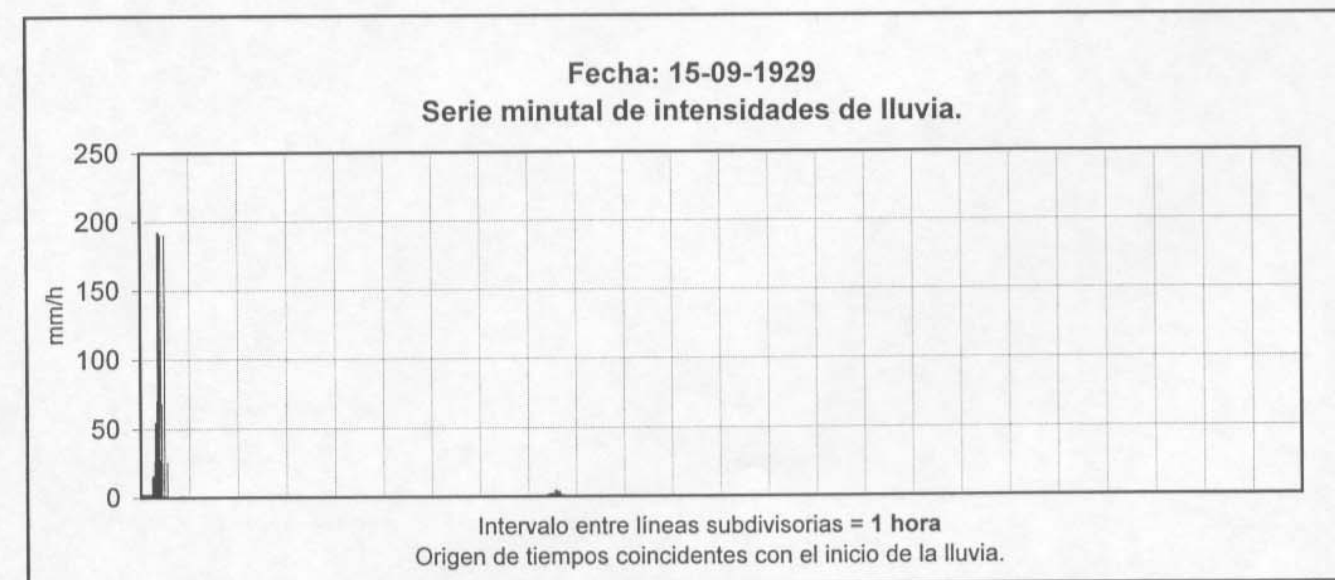
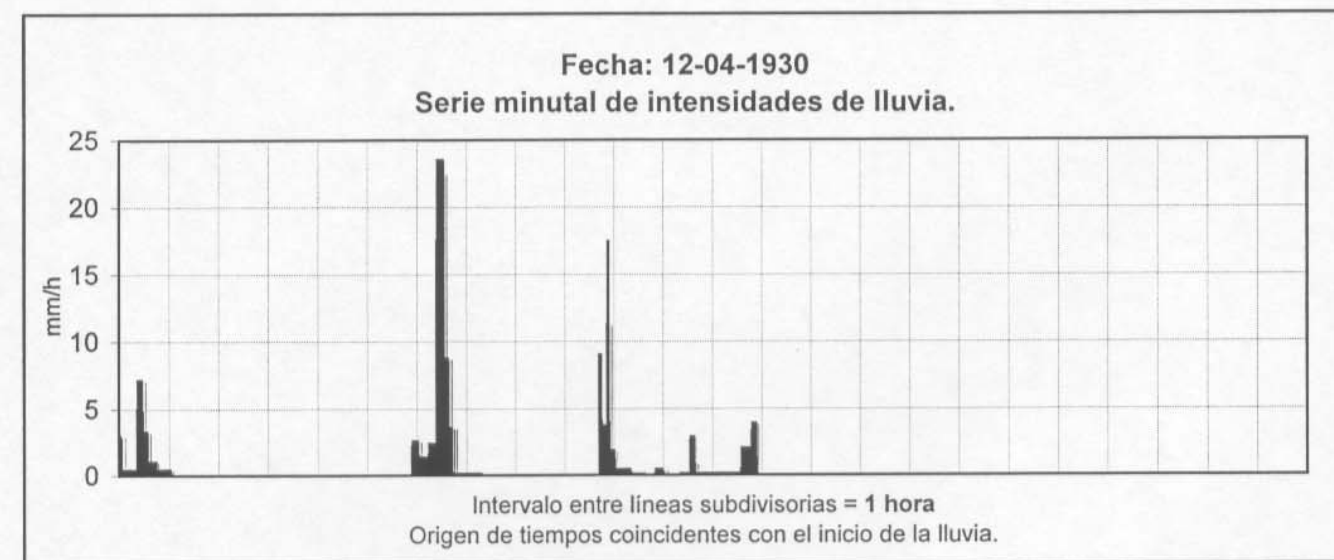
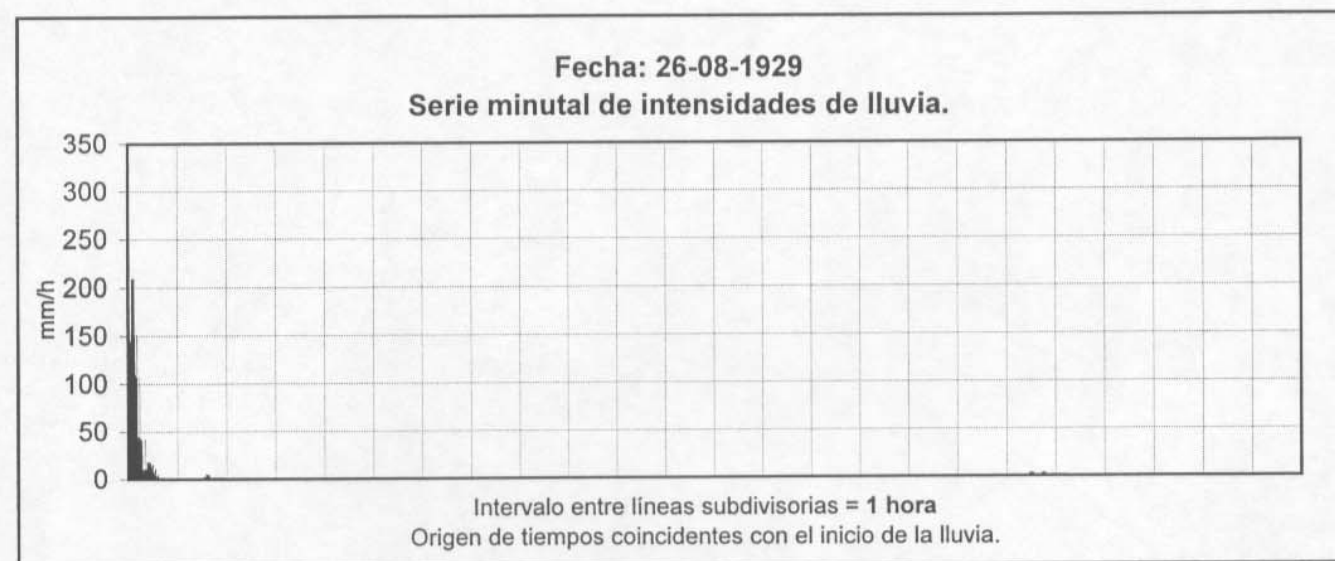
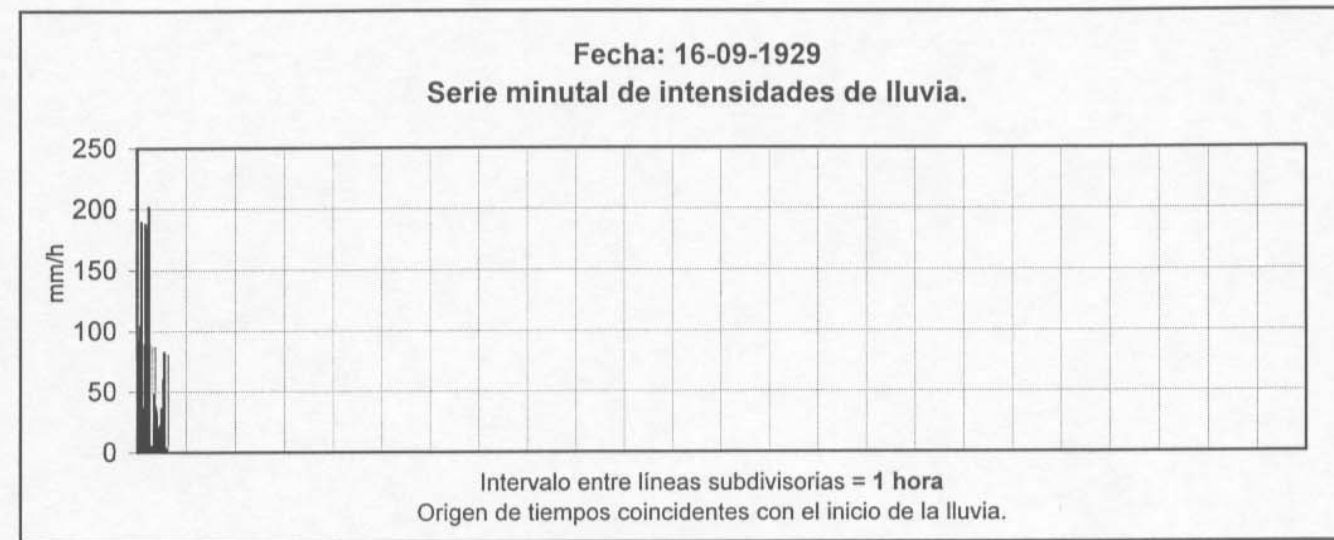
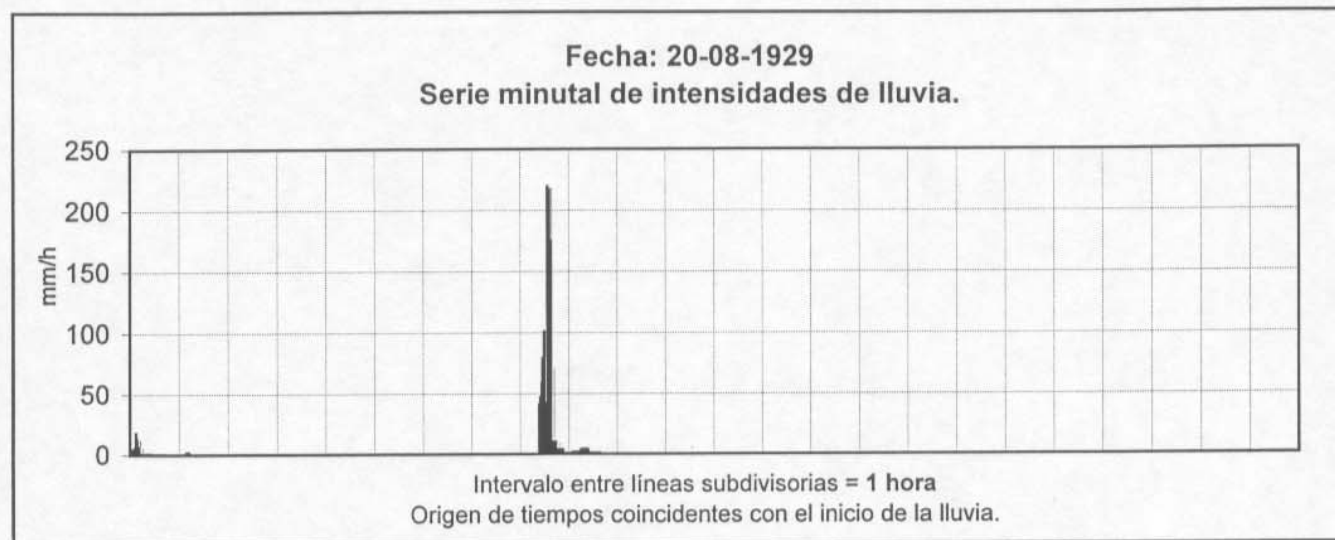
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 22-12-1928
Serie minotal de intensidades de lluvia.

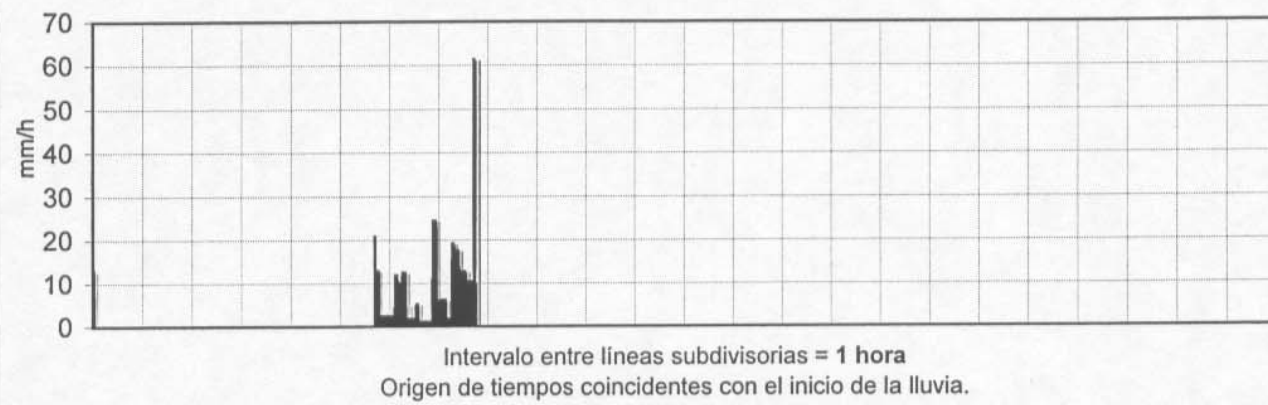


Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

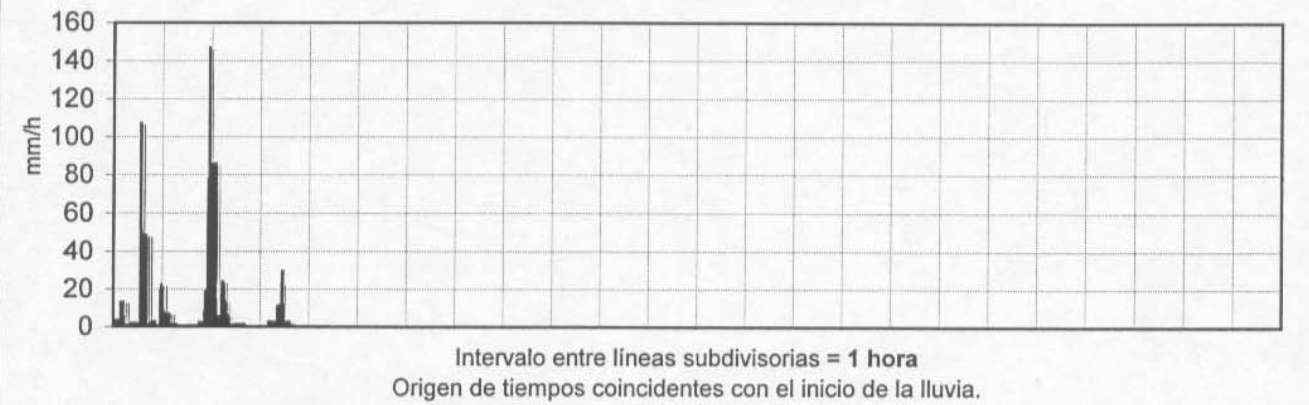




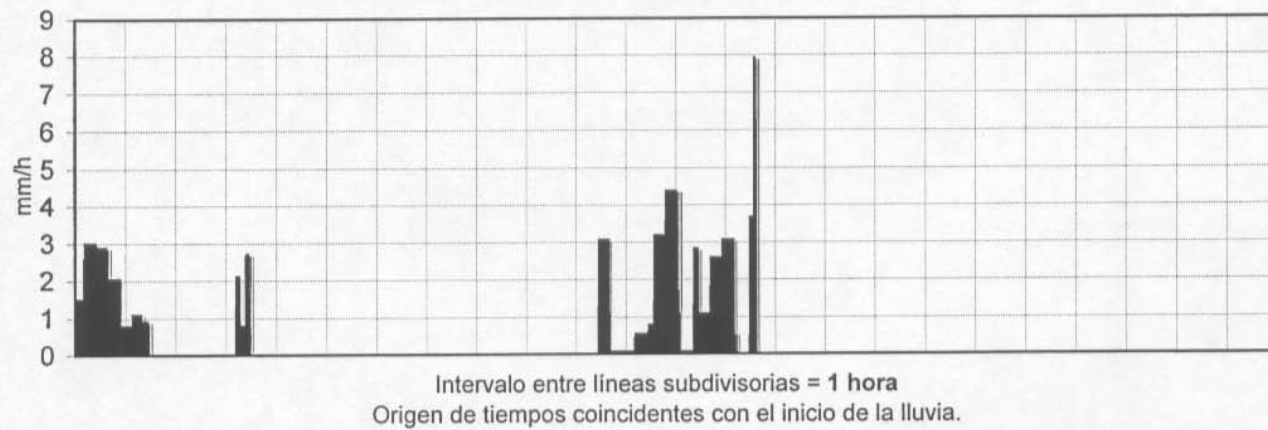
Fecha: 24-11-1930
Serie minutal de intensidades de lluvia.



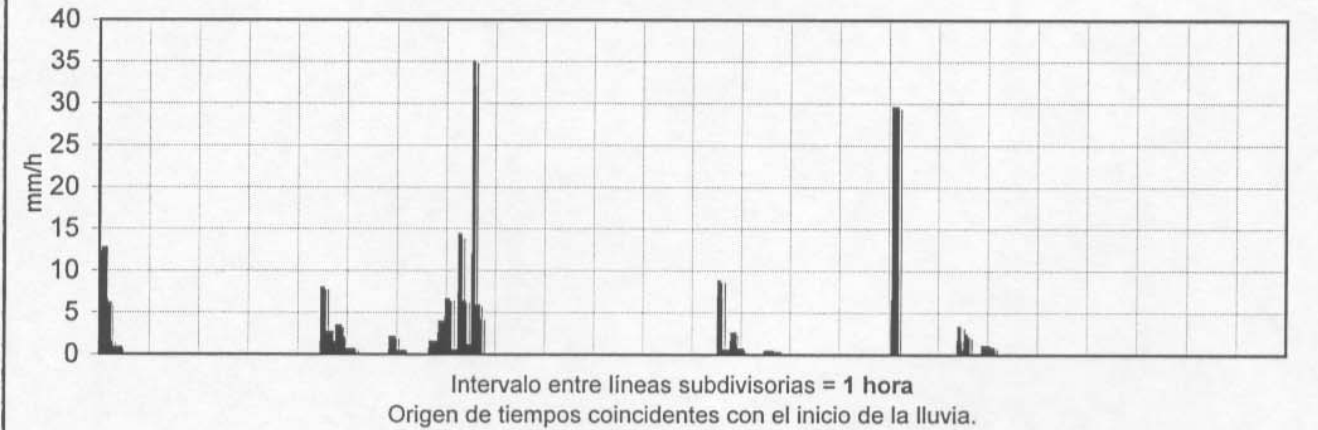
Fecha: 22-09-1931
Serie minutal de intensidades de lluvia.



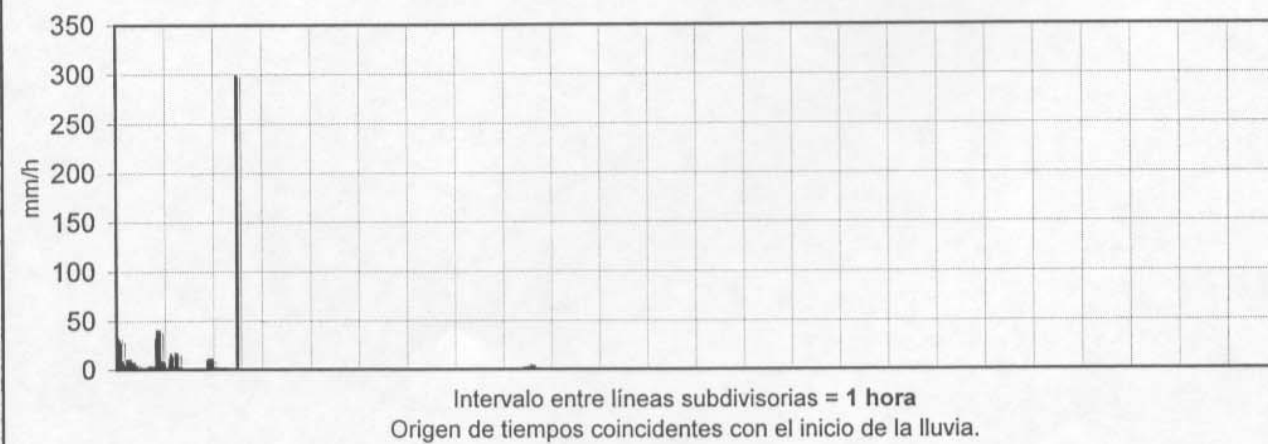
Fecha: 12-04-1931
Serie minutal de intensidades de lluvia.



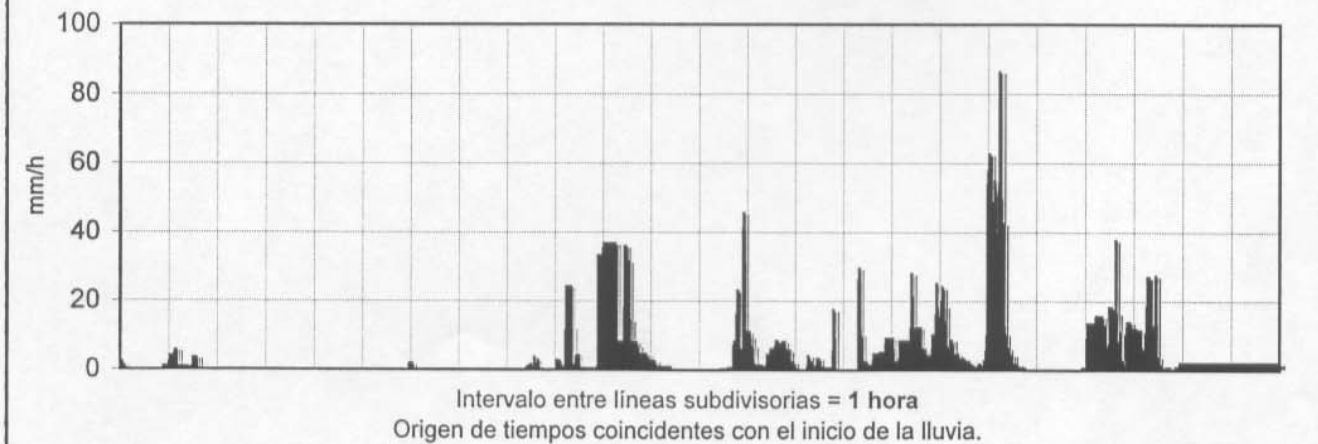
Fecha: 23-09-1931
Serie minutal de intensidades de lluvia.



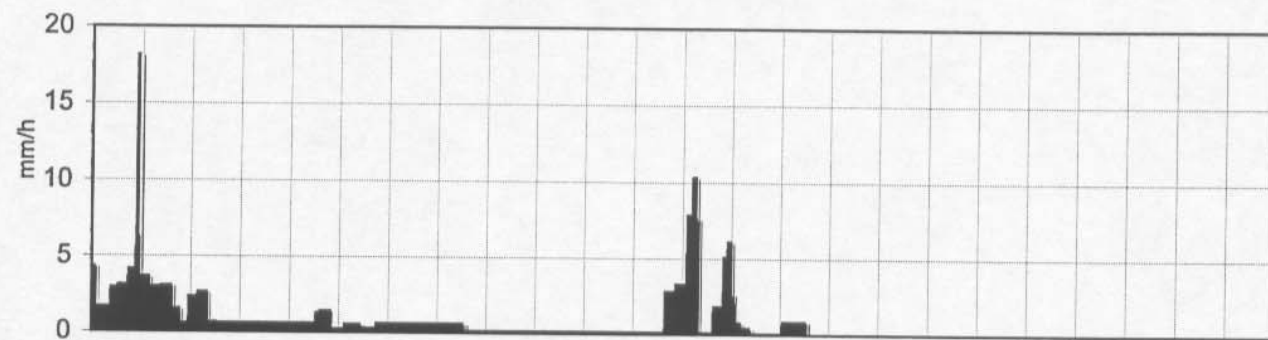
Fecha: 20-07-1931
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Fecha: 25-09-1931
Serie minutal de intensidades de lluvia.

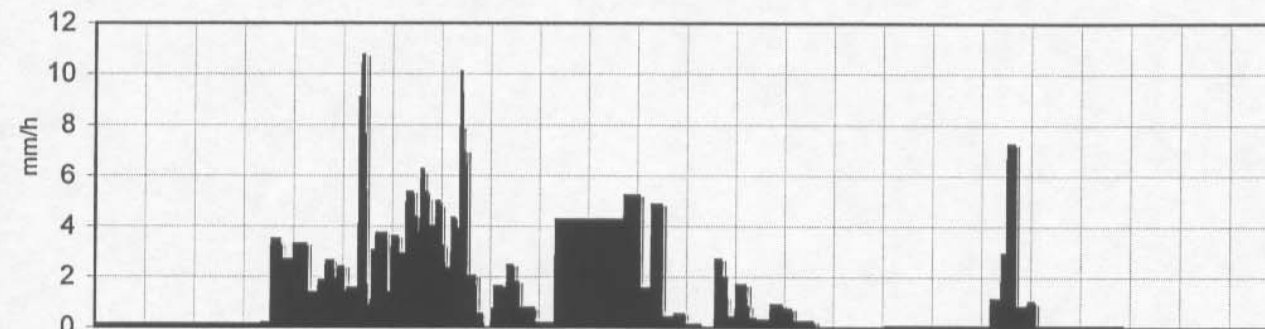


Fecha: 16-11-1931
Serie minutal de intensidades de lluvia.



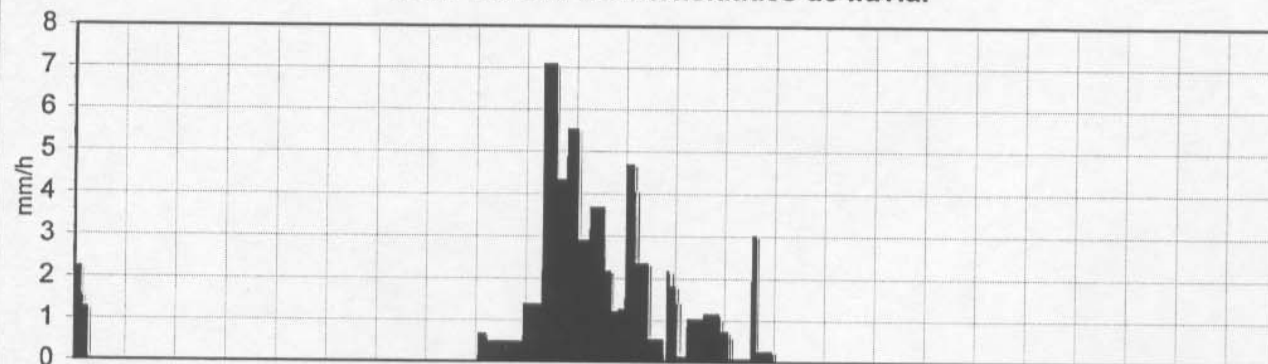
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 25-12-1931
Serie minutal de intensidades de lluvia.



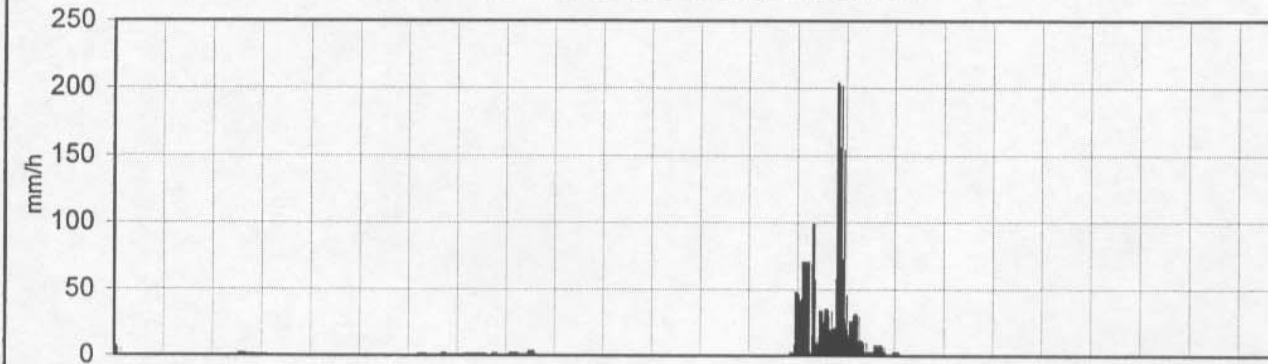
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-12-1931
Serie minutal de intensidades de lluvia.



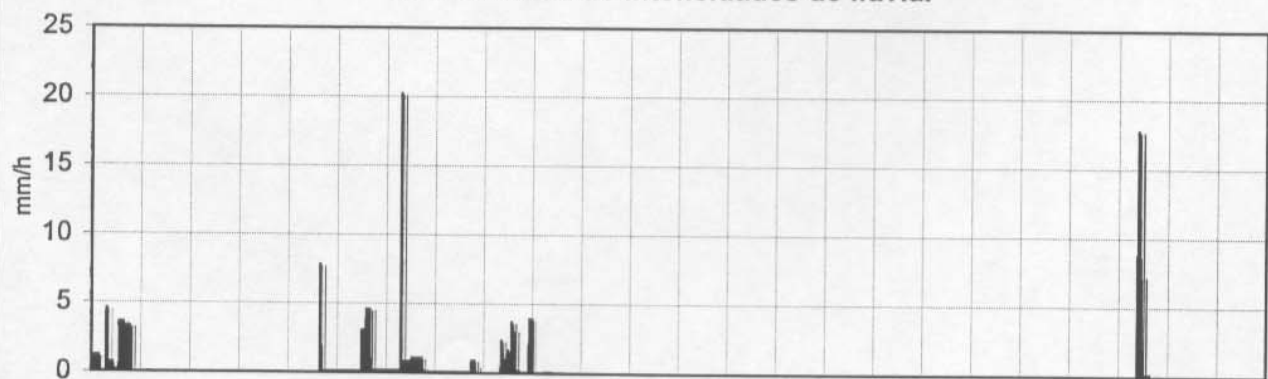
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-02-1932
Serie minutal de intensidades de lluvia.



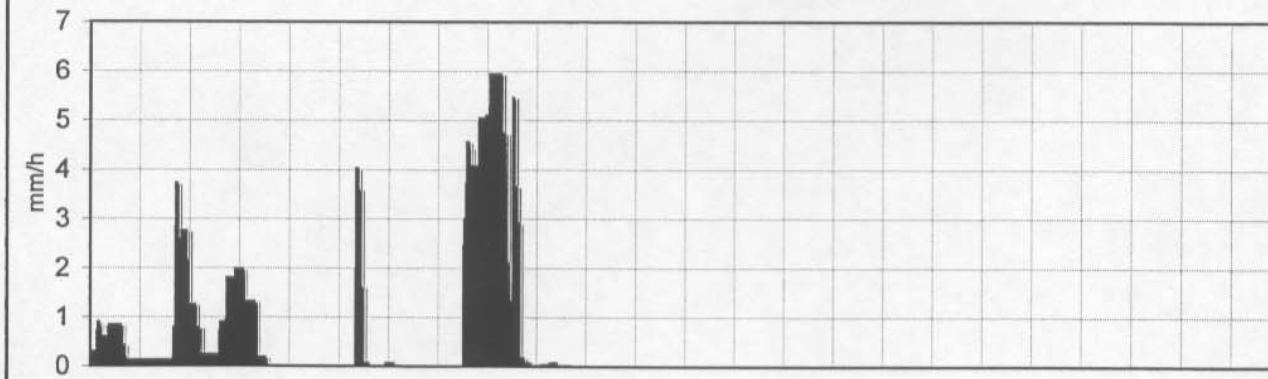
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 24-12-1931
Serie minutal de intensidades de lluvia.

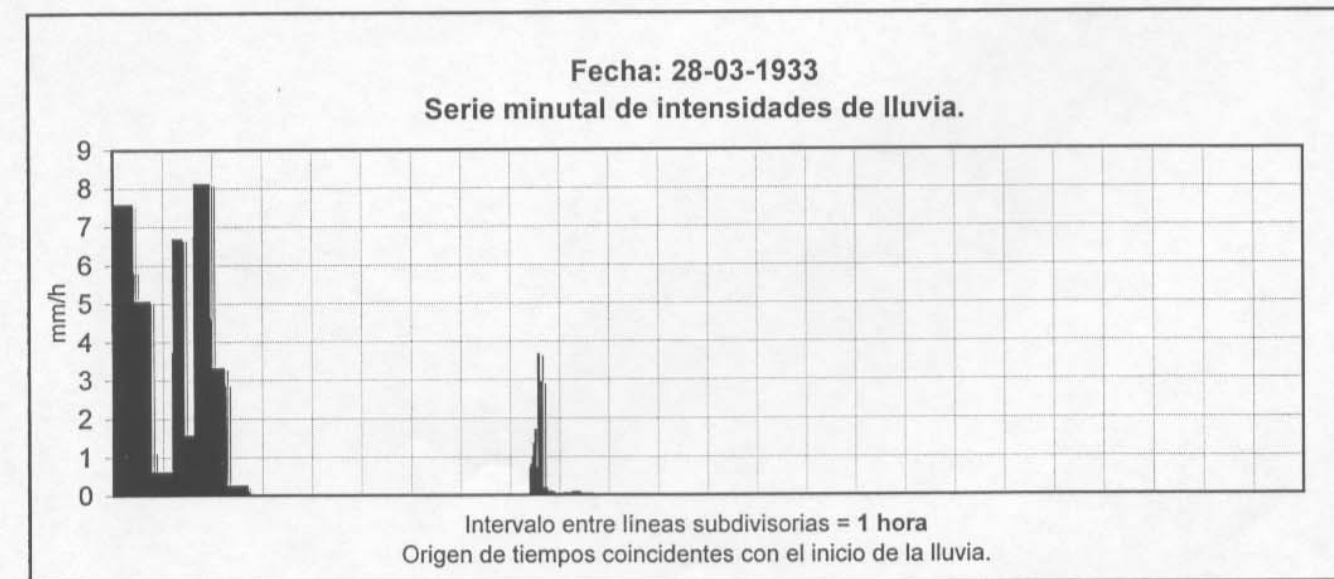
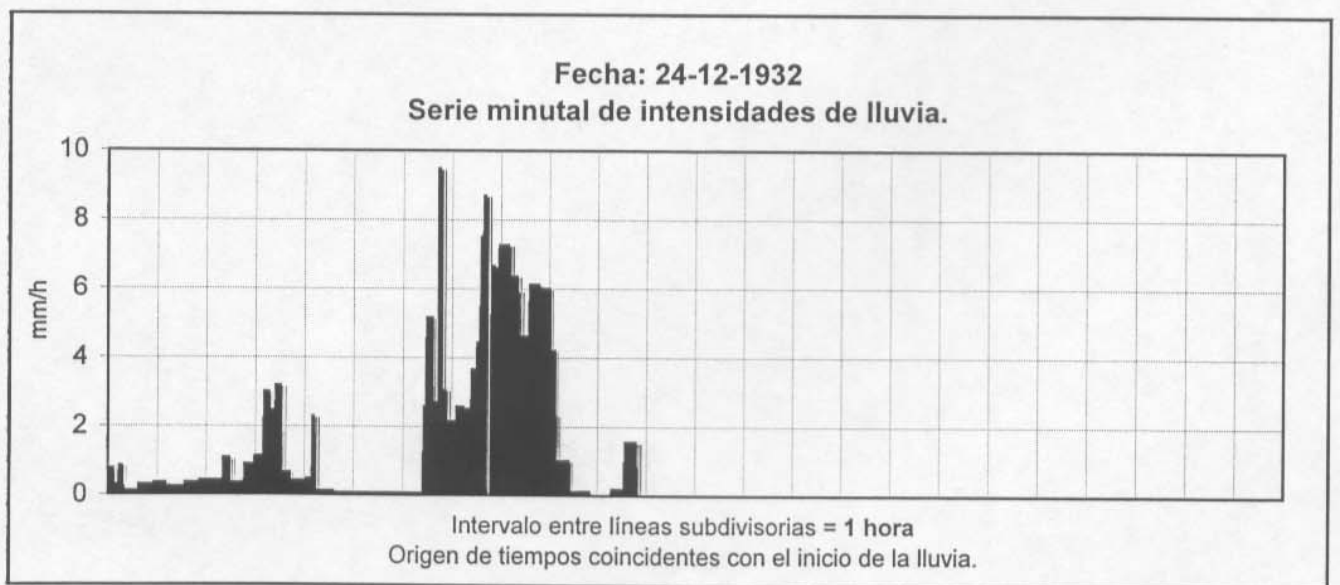
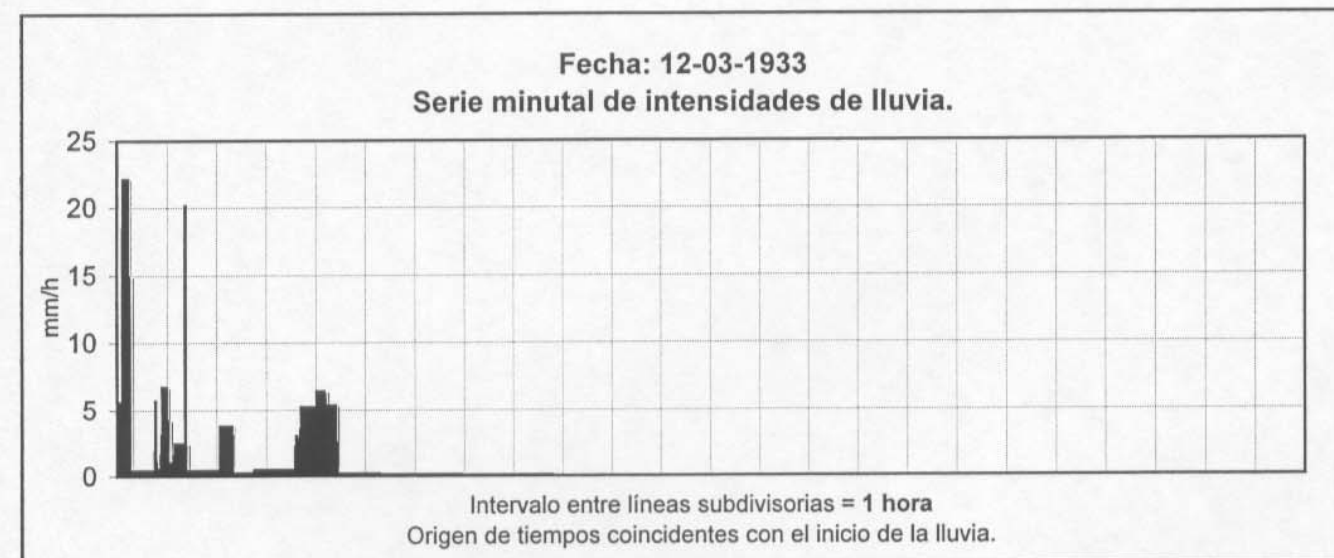
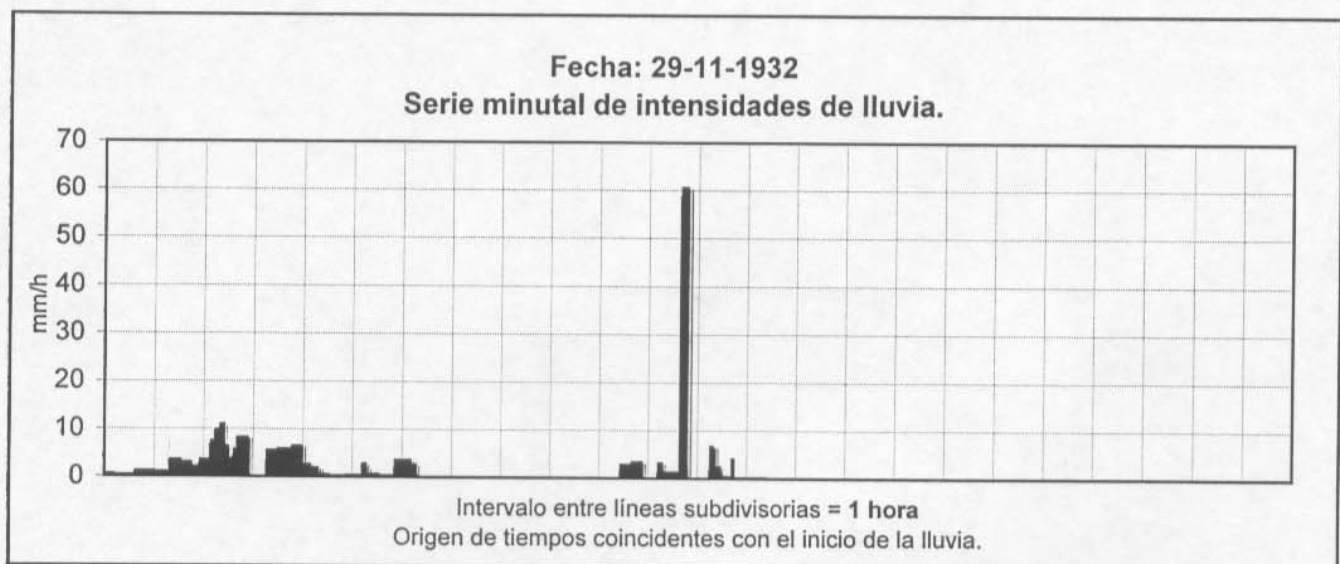
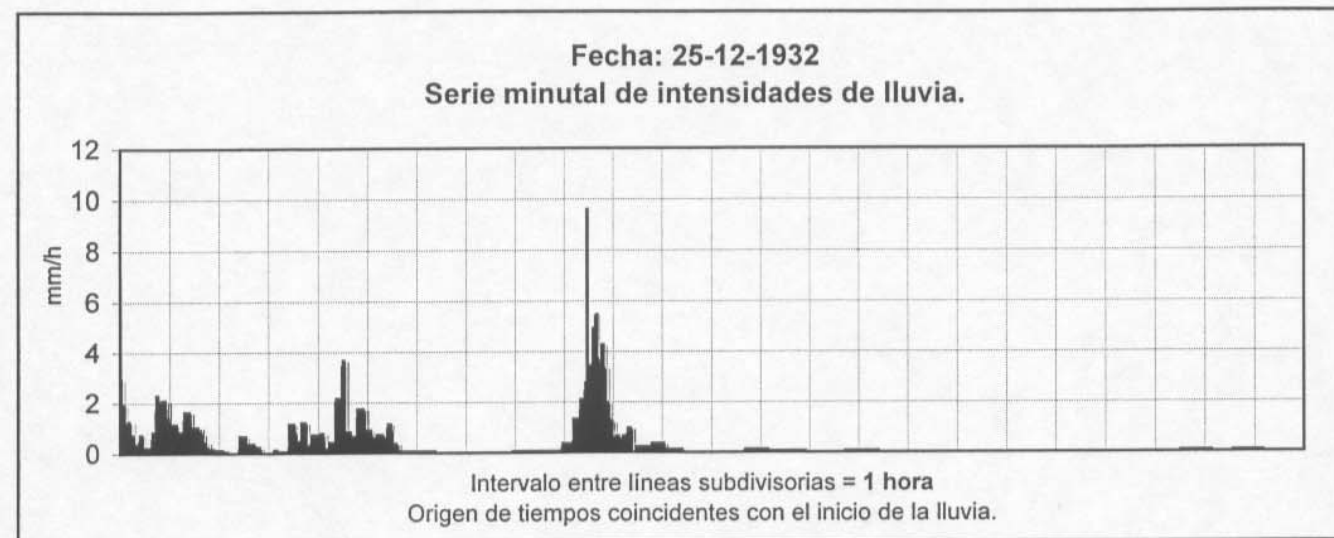
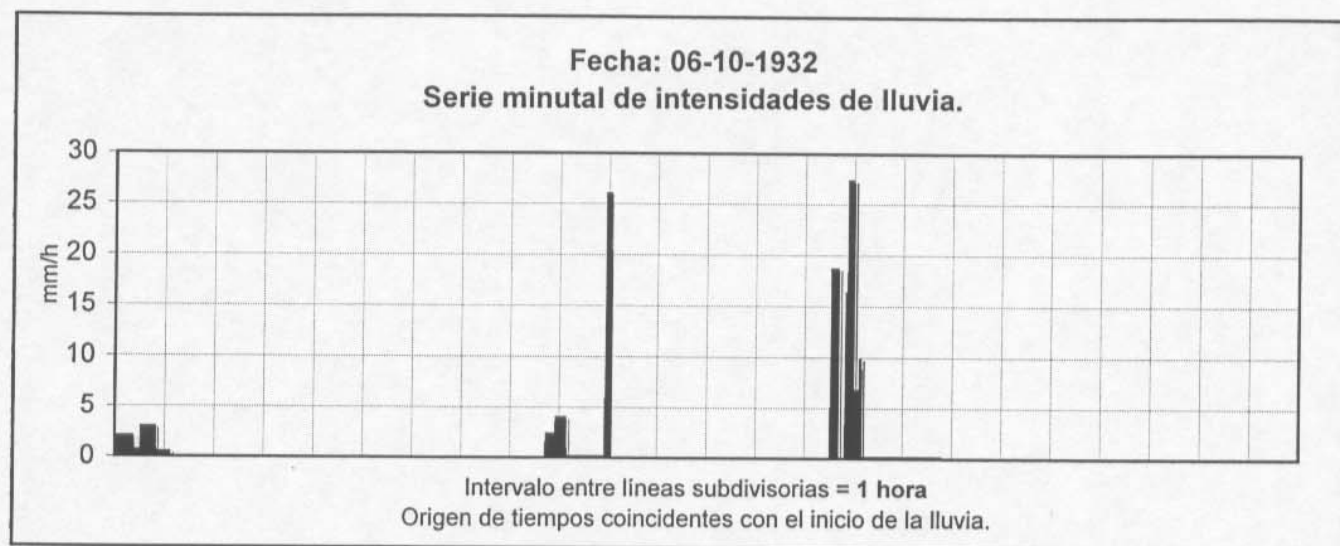


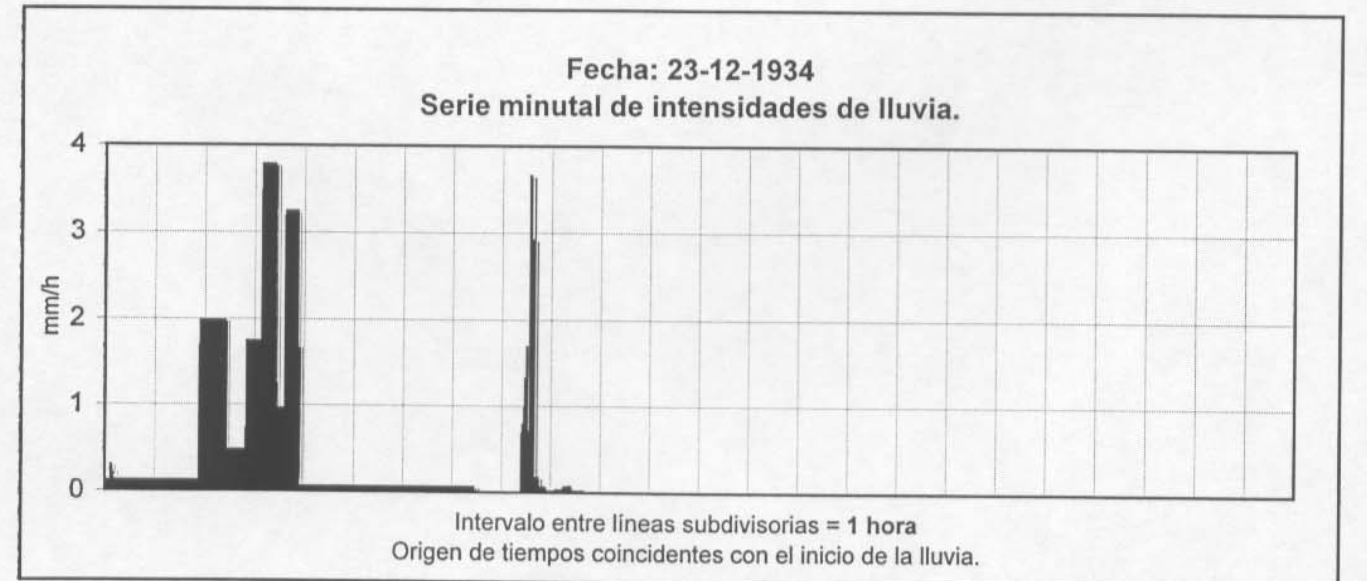
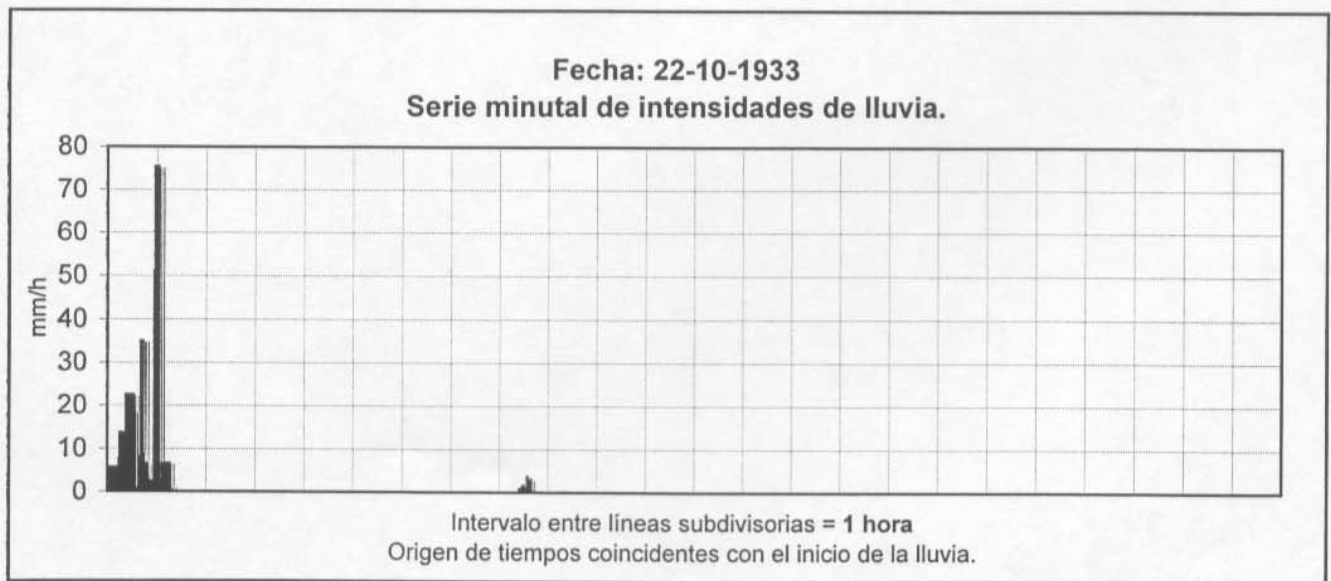
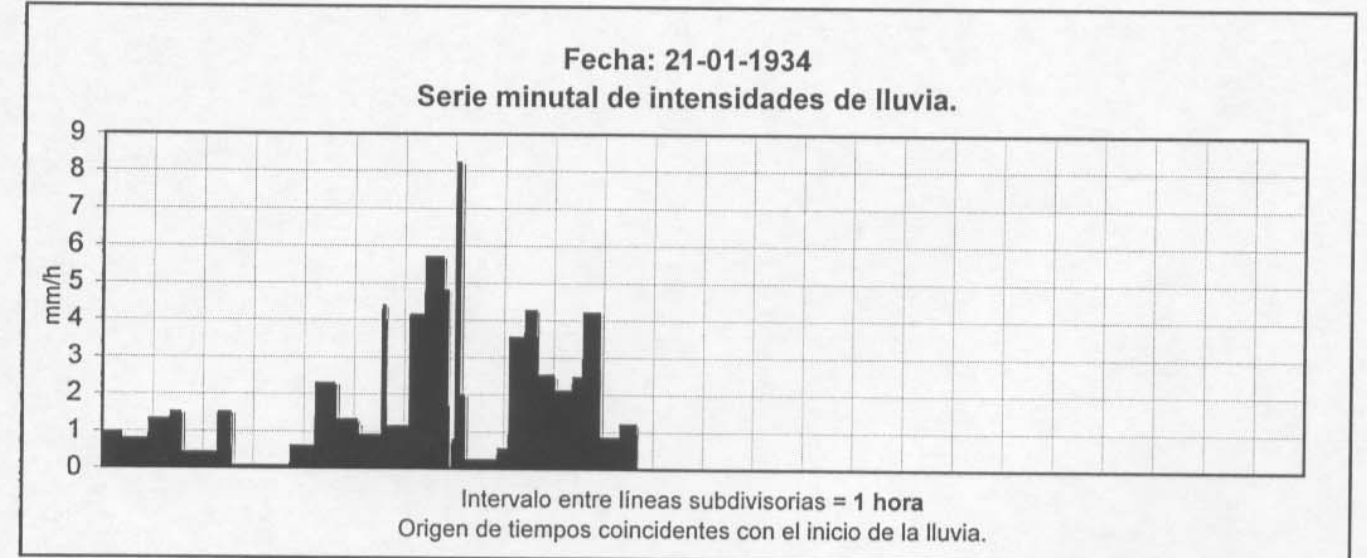
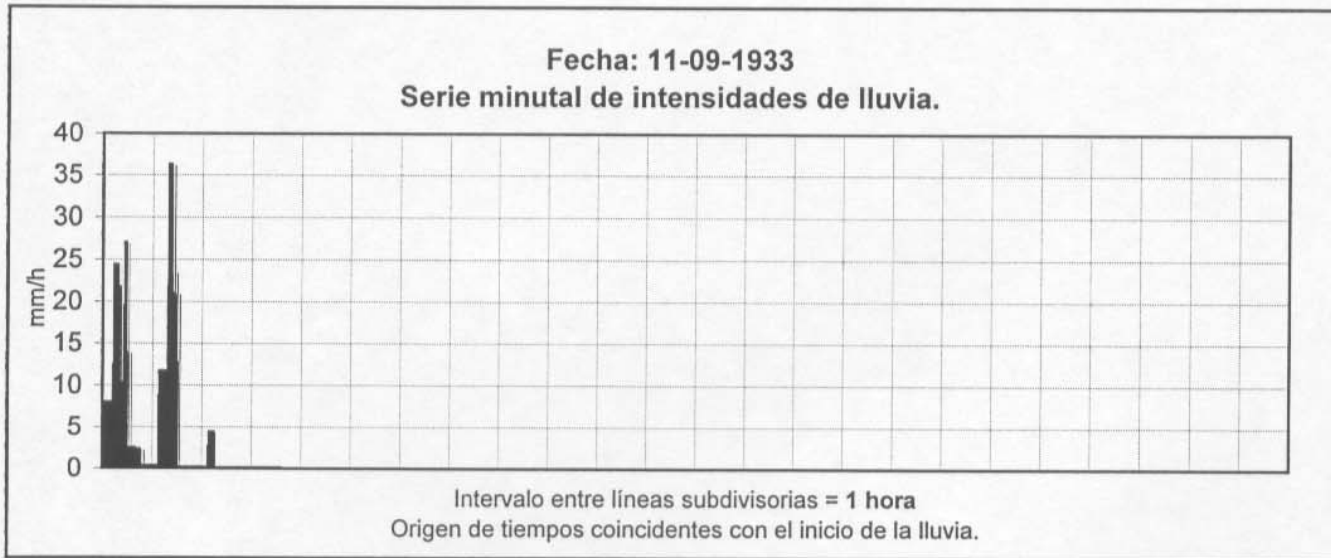
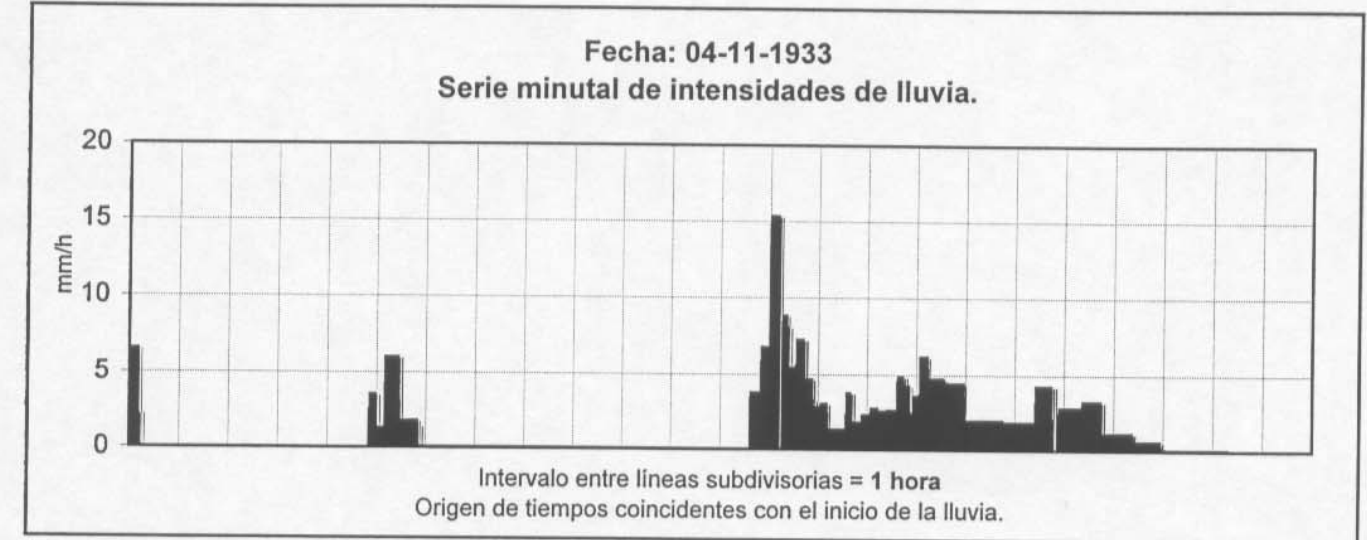
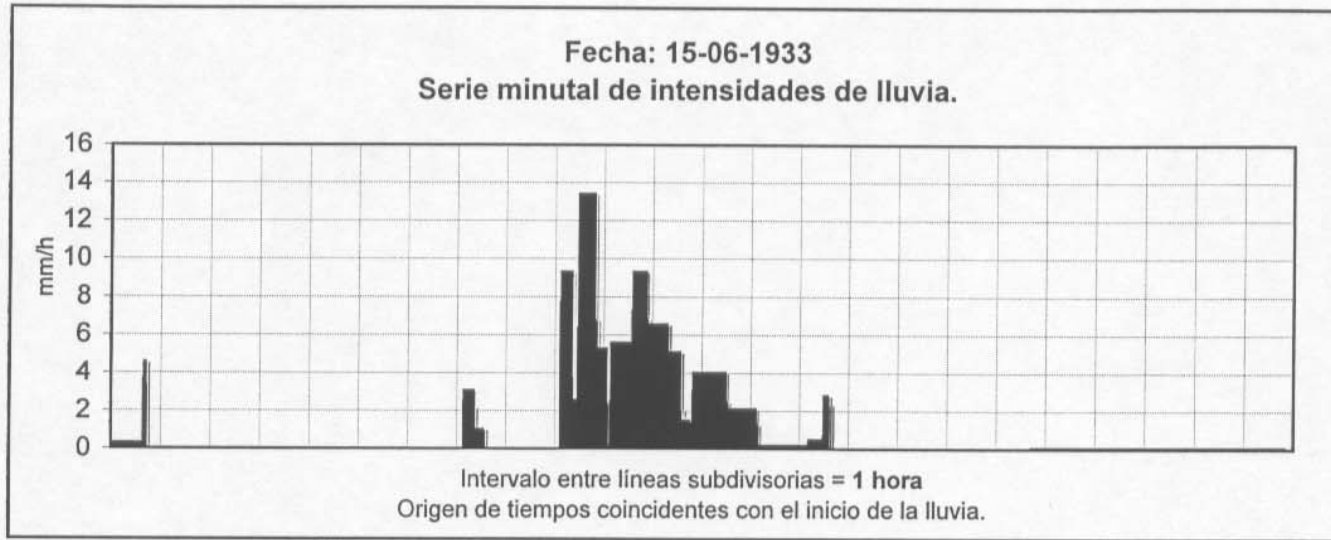
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

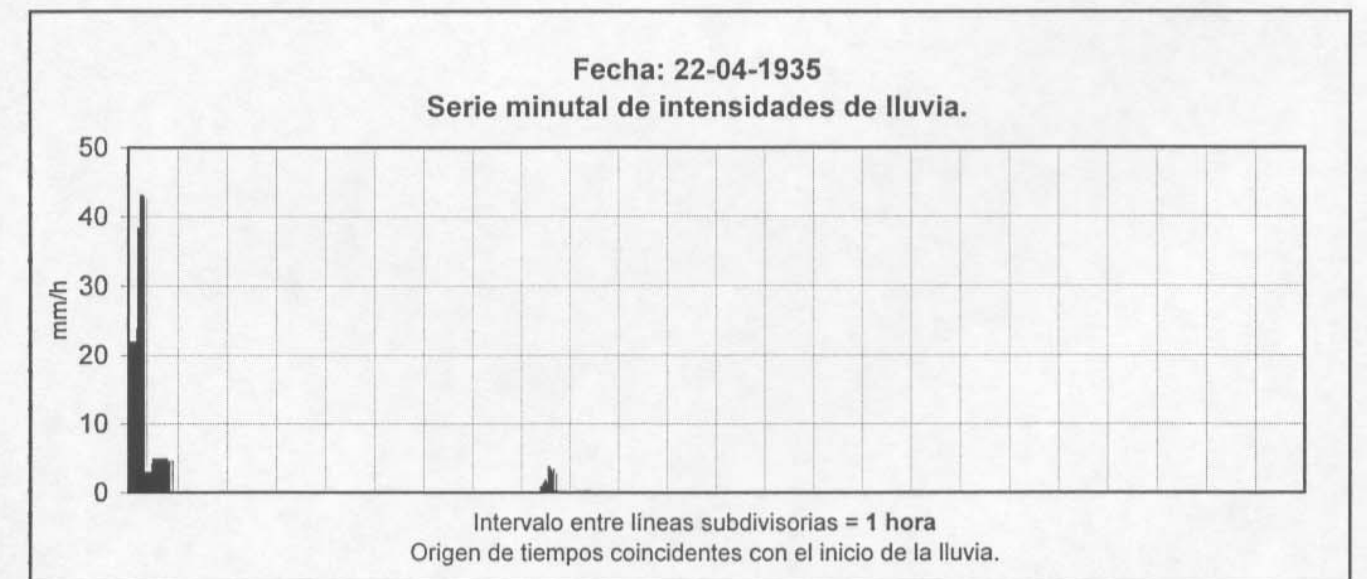
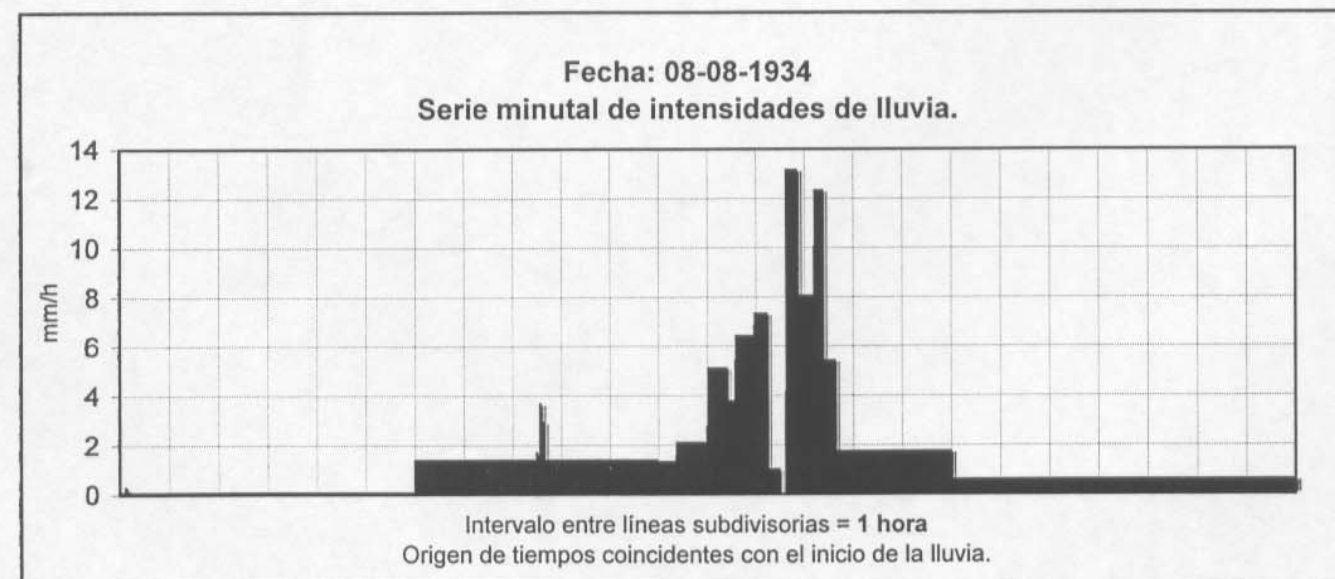
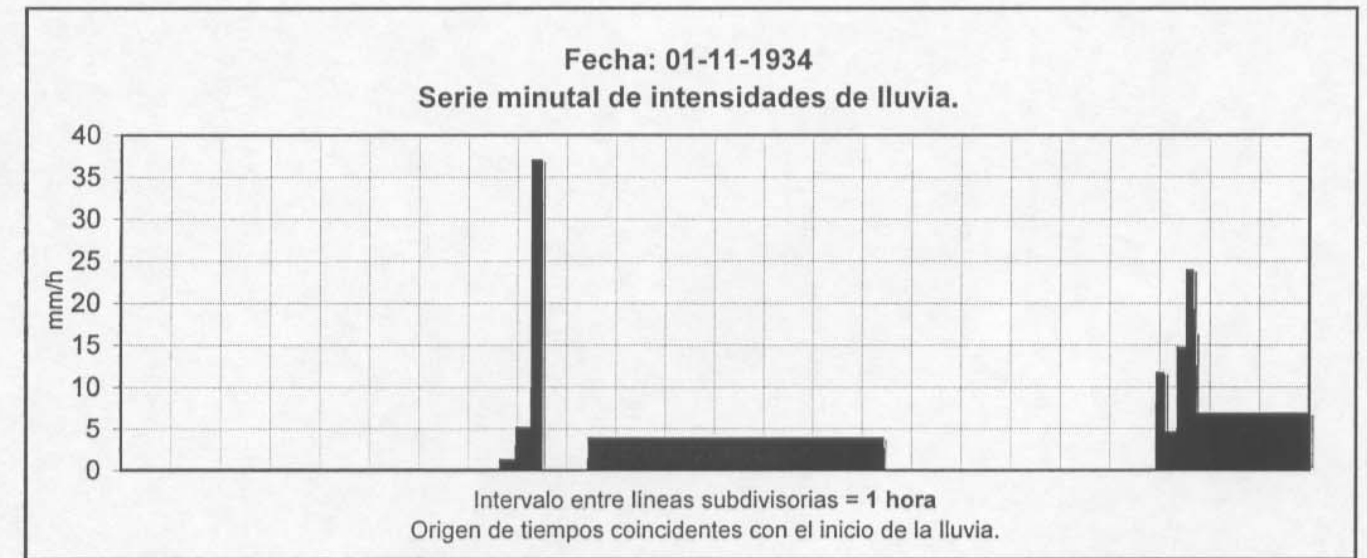
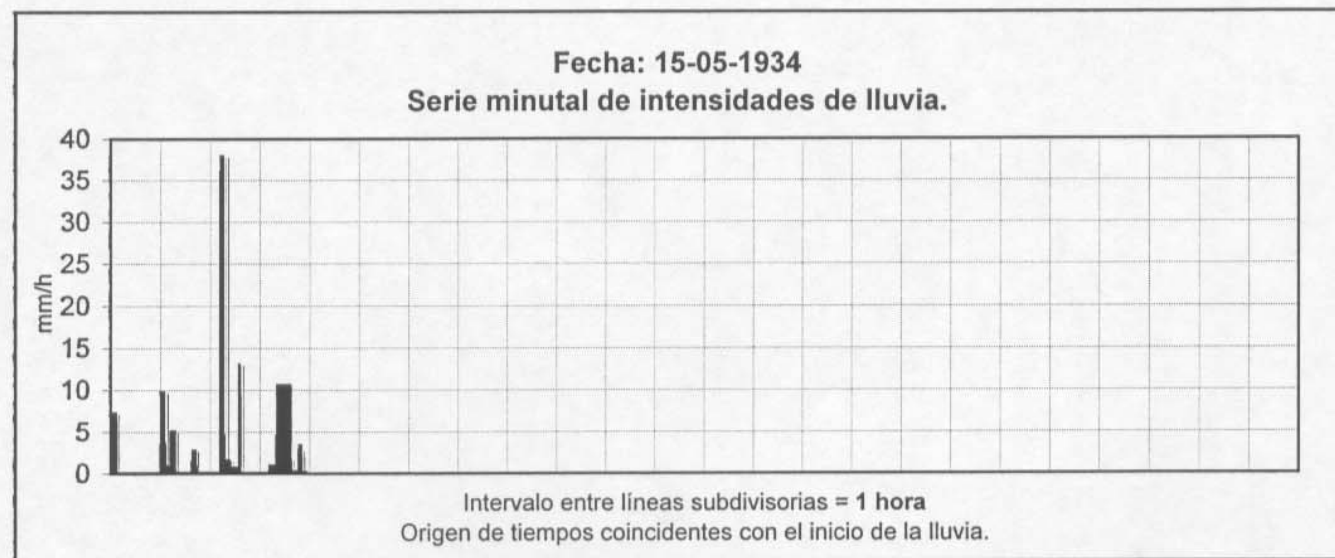
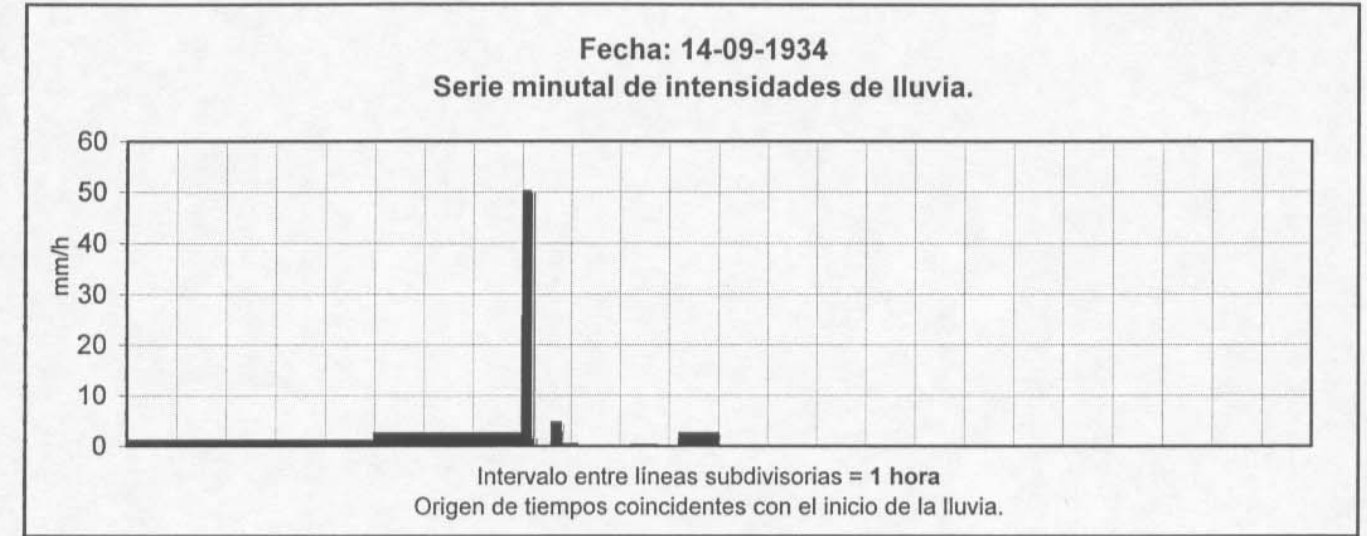
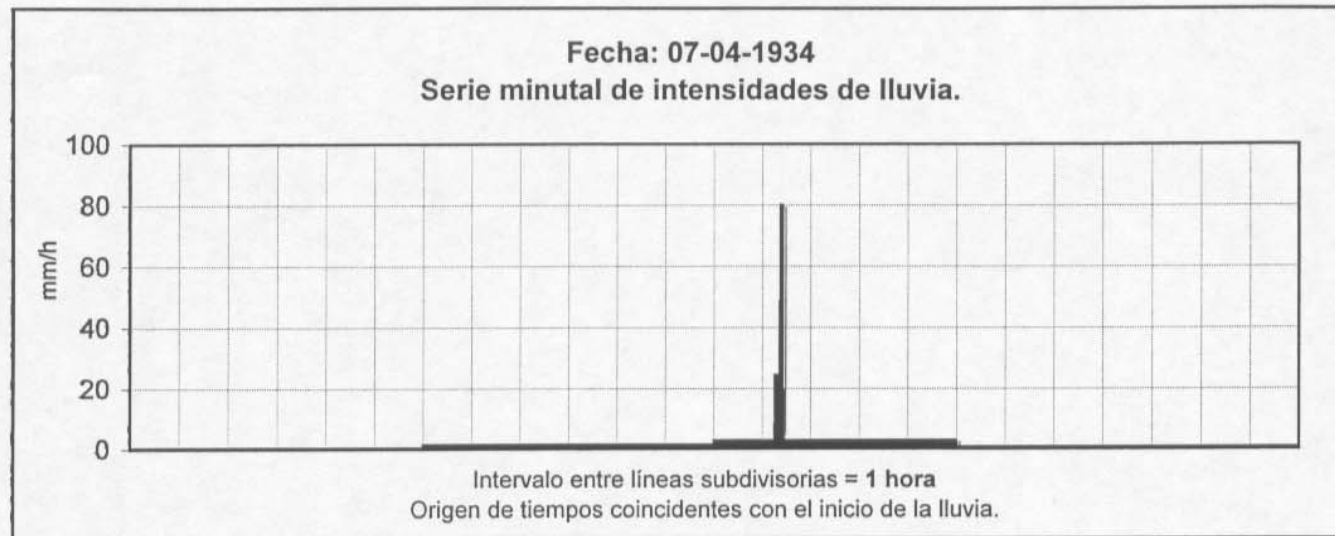
Fecha: 05-10-1932
Serie minutal de intensidades de lluvia.

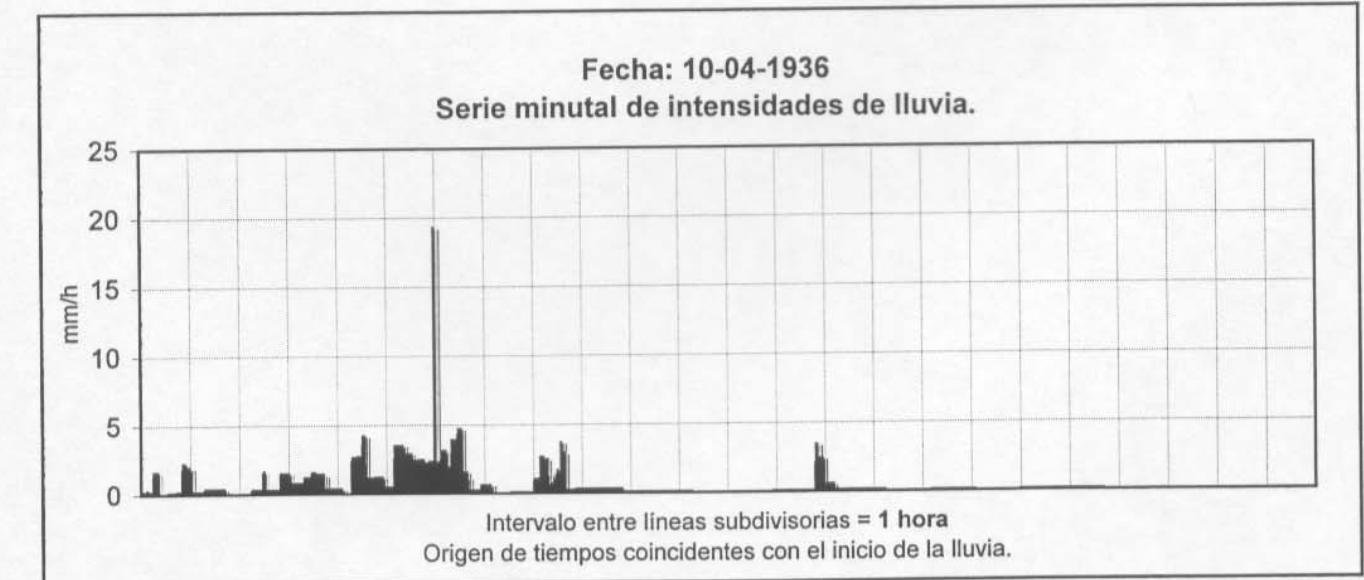
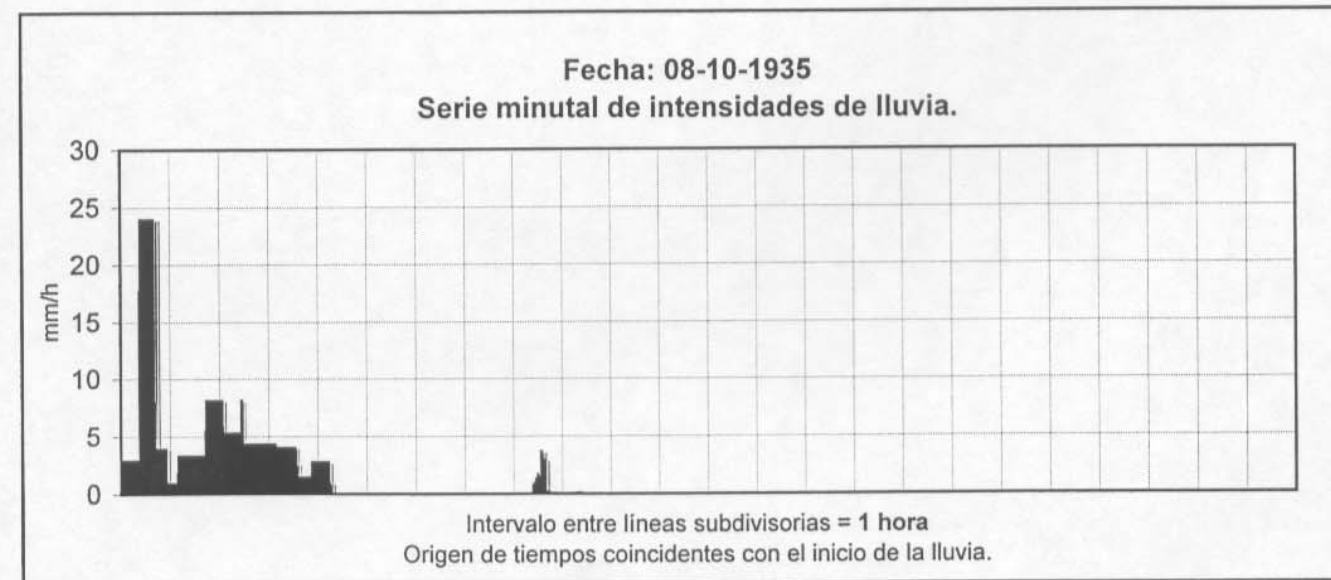
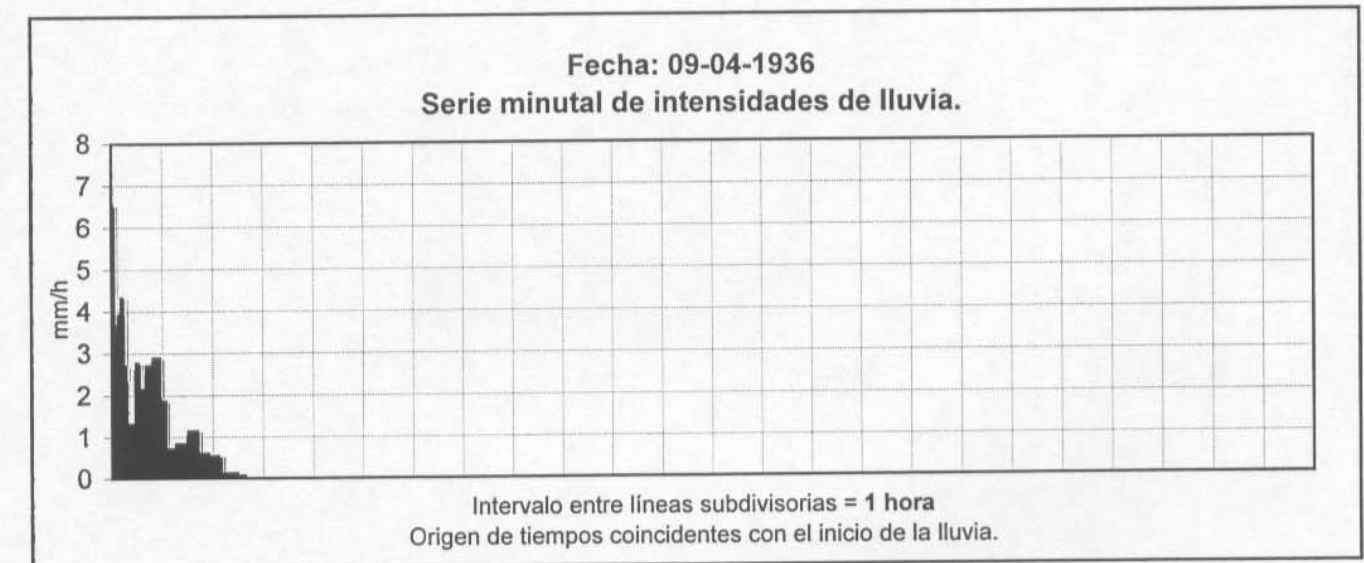
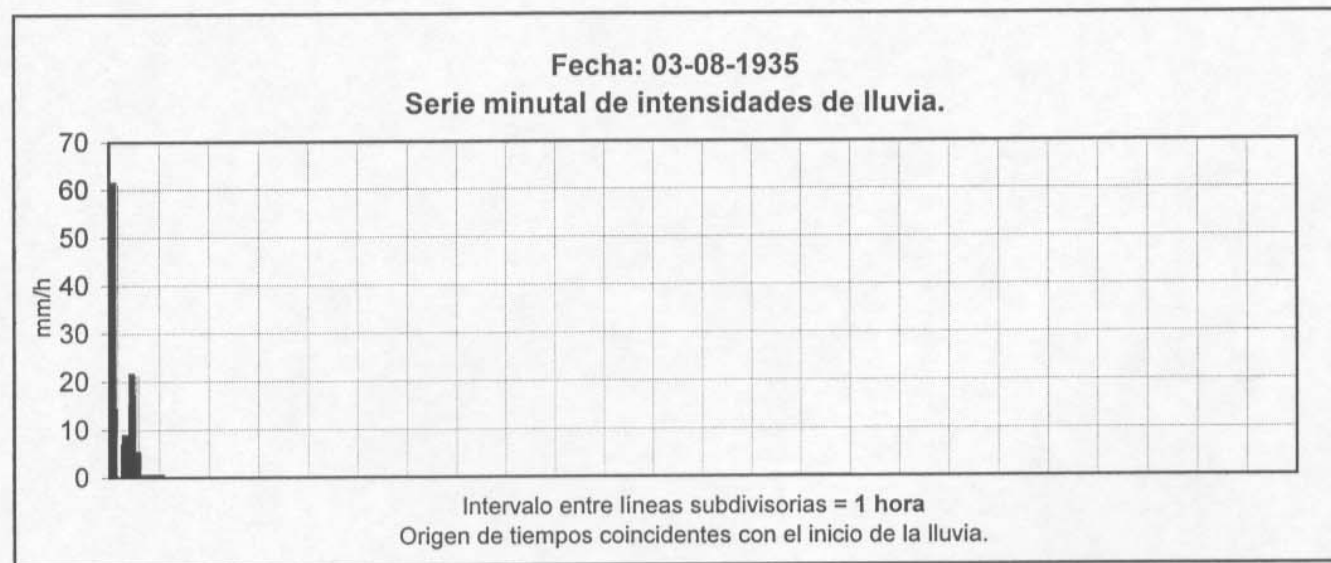
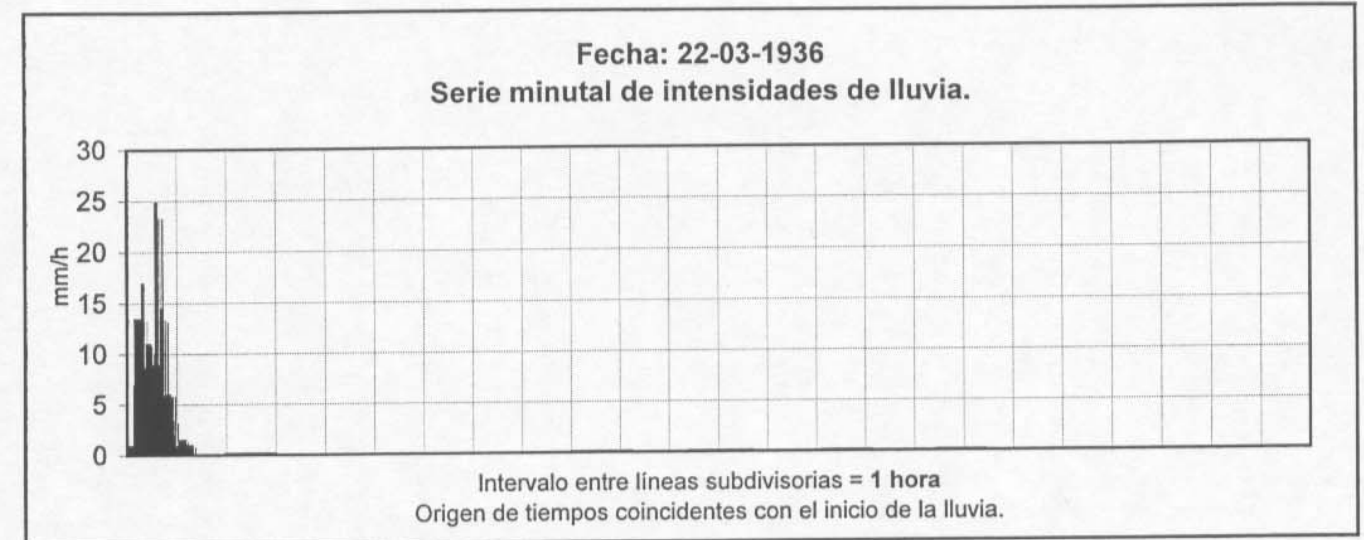
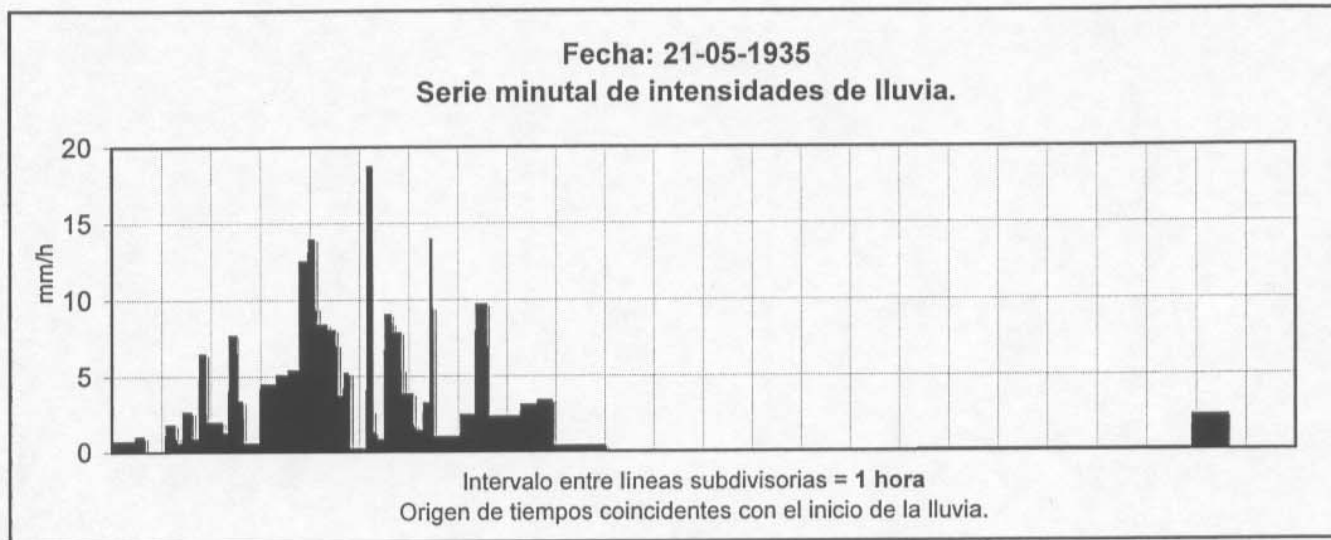


Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

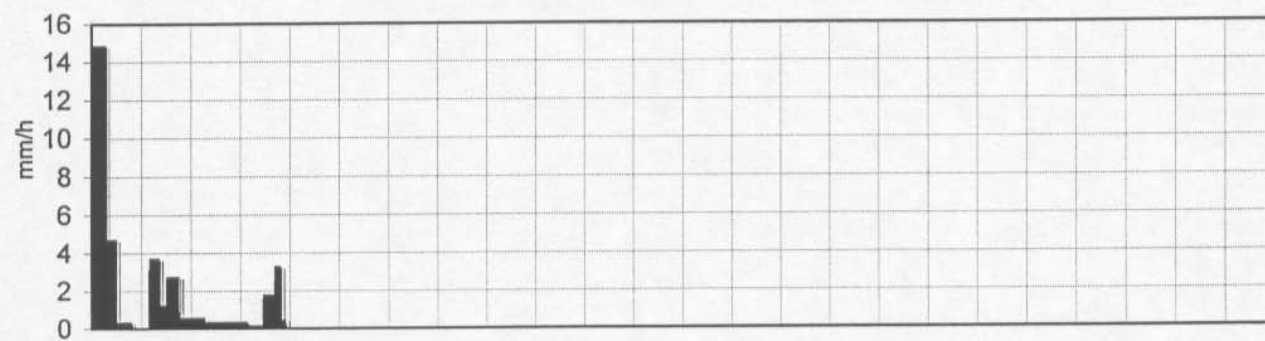






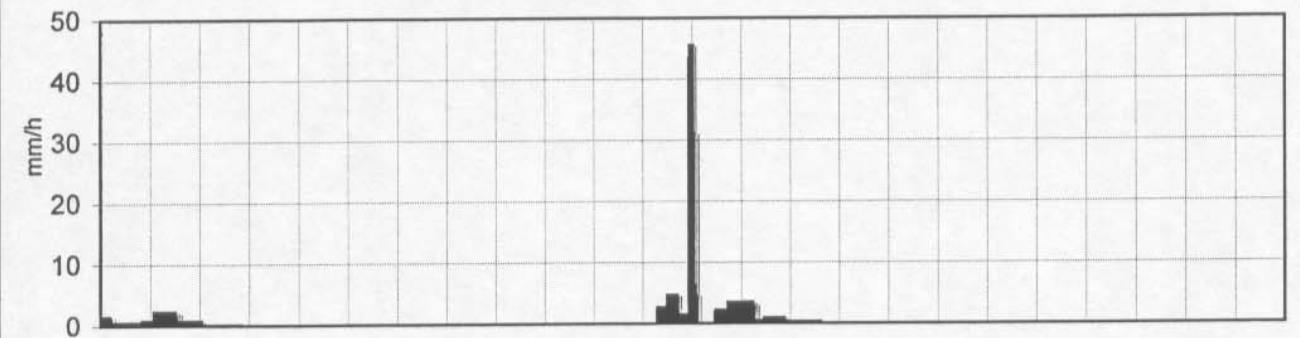


Fecha: 10-05-1936
Serie minotal de intensidades de lluvia.



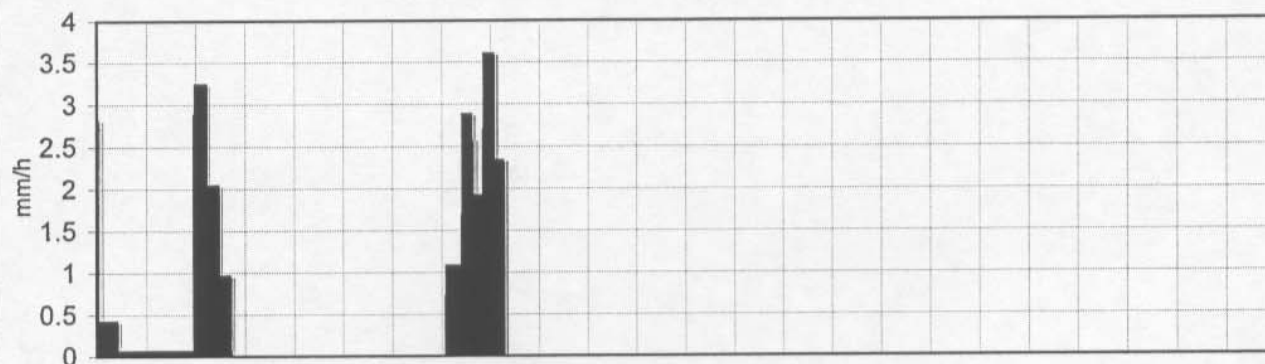
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 25-05-1936
Serie minotal de intensidades de lluvia.



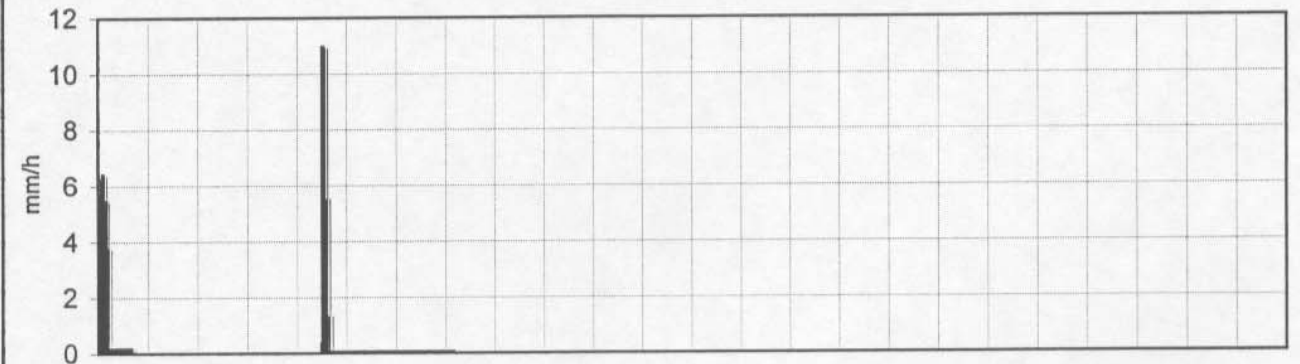
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 16-05-1936
Serie minotal de intensidades de lluvia.



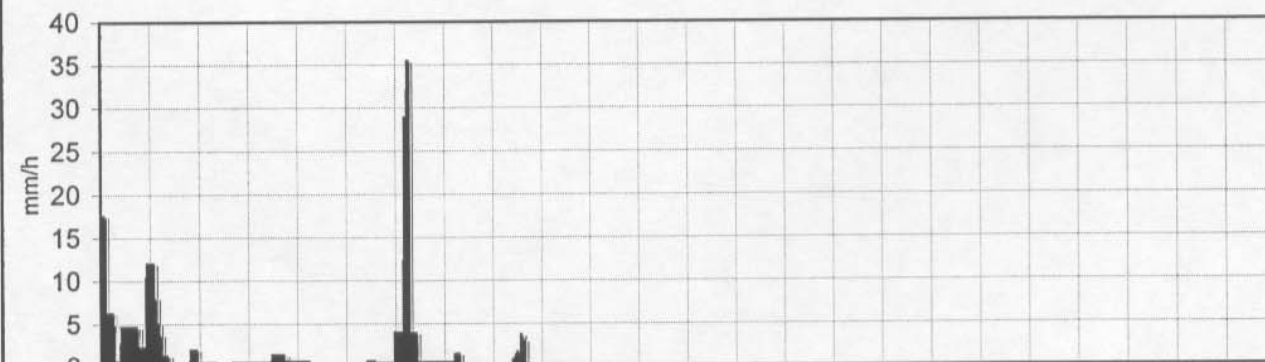
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 13-06-1936
Serie minotal de intensidades de lluvia.



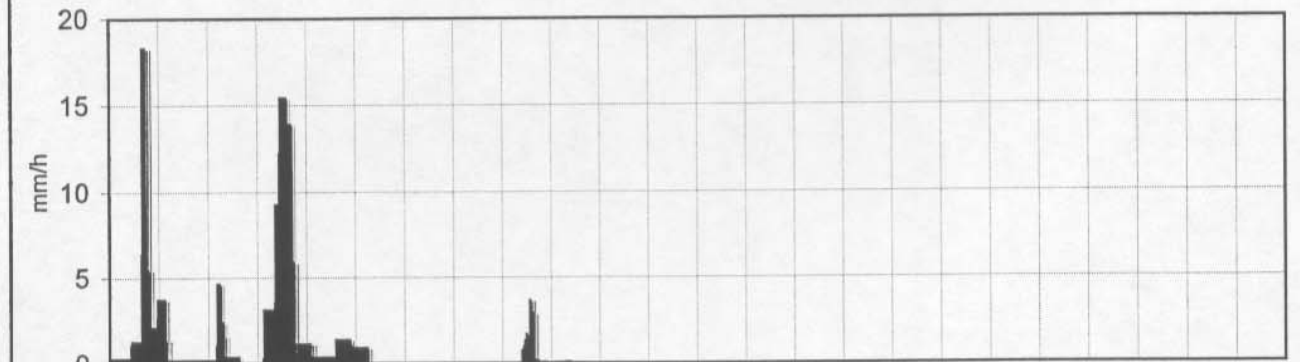
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 17-05-1936
Serie minotal de intensidades de lluvia.

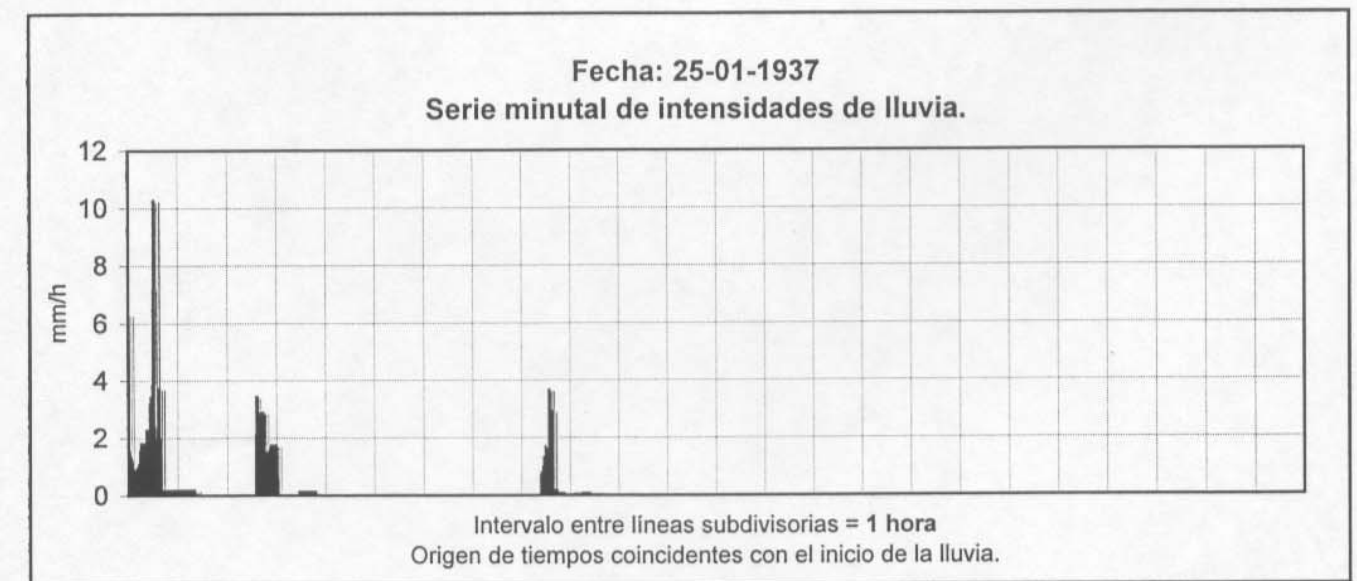
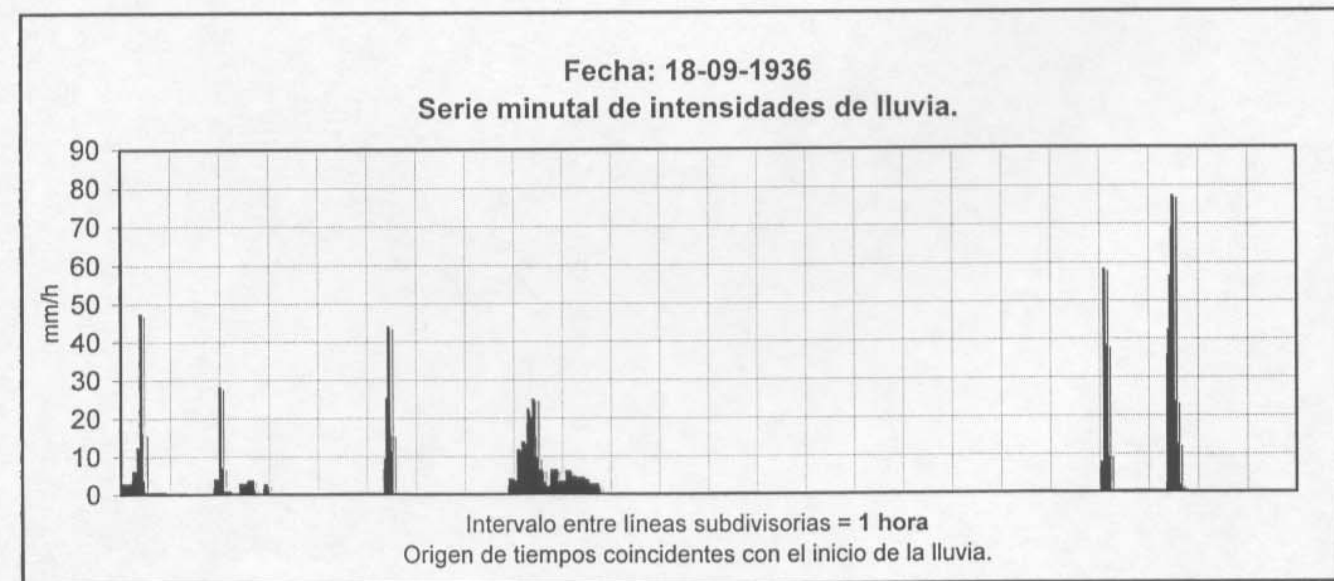
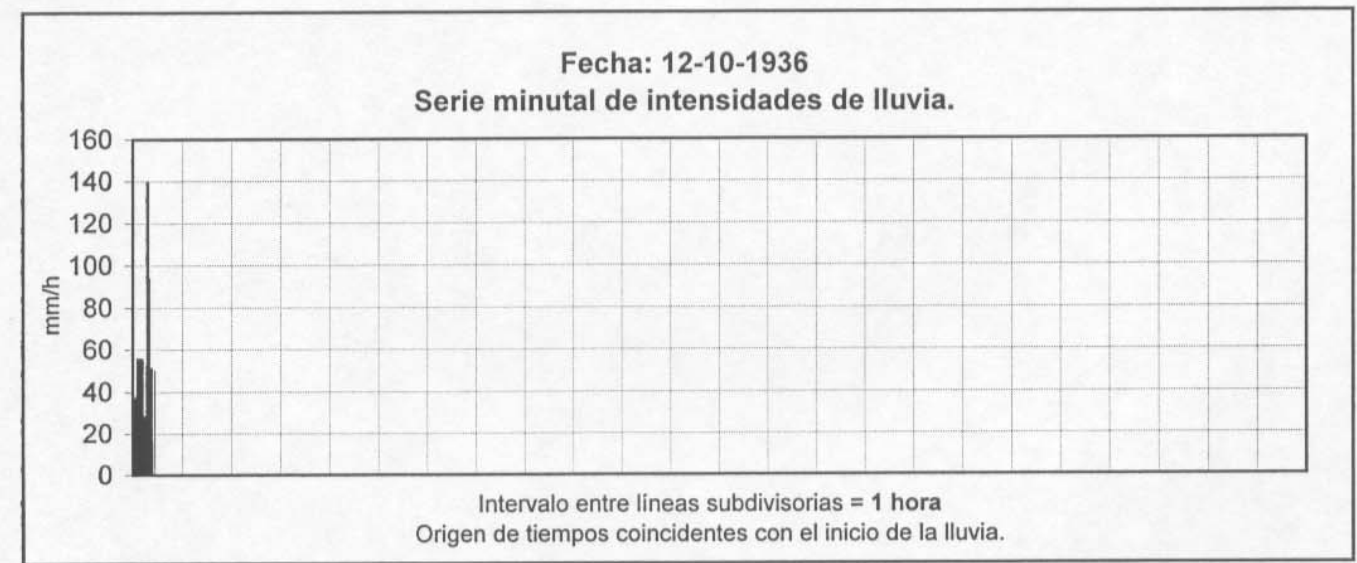
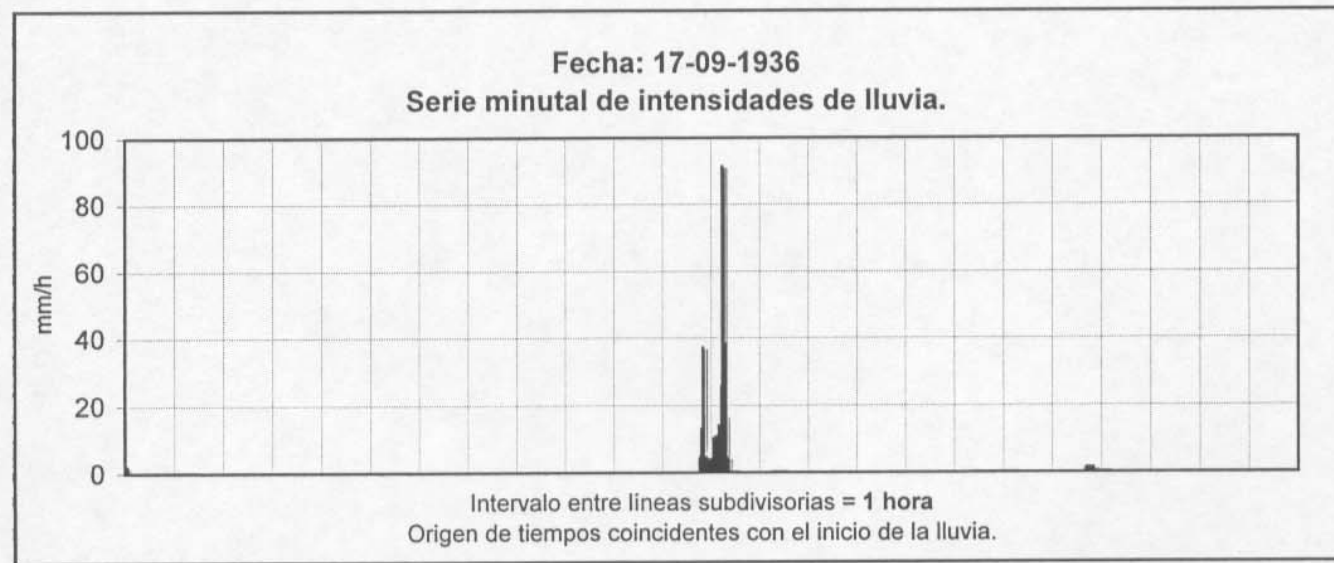
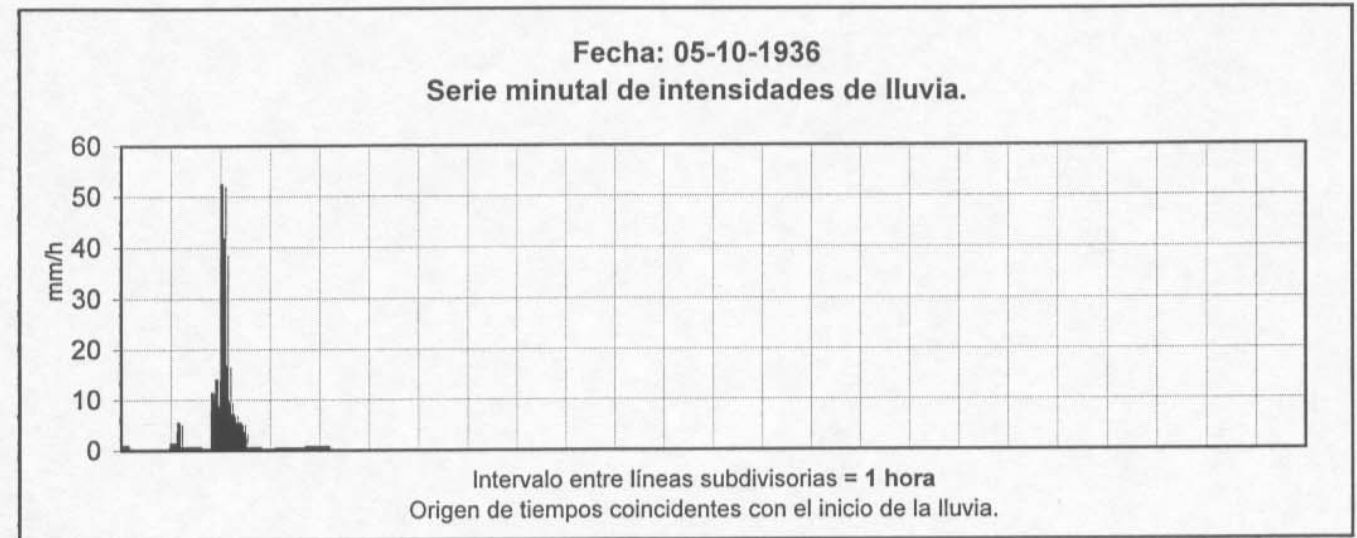
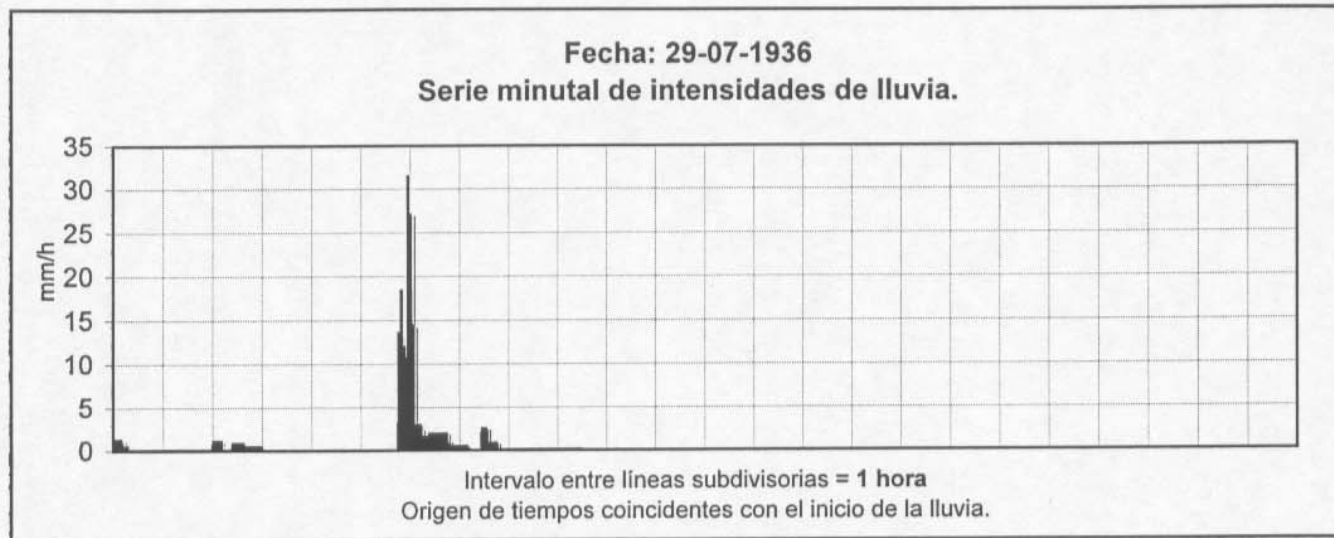


Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

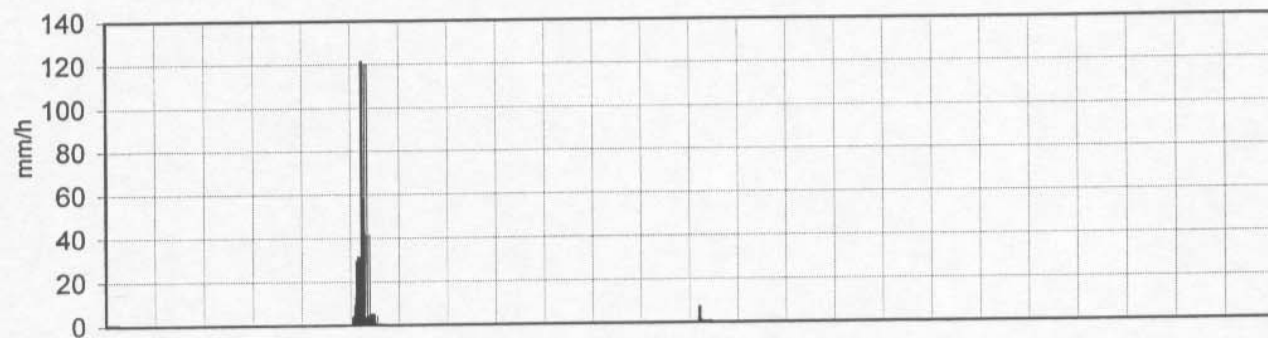
Fecha: 14-06-1936
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

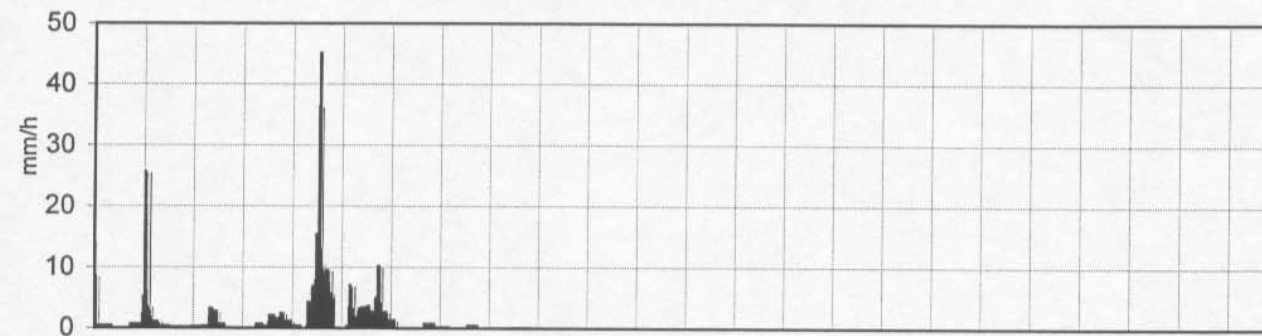


Fecha: 26-01-1937
Serie minutal de intensidades de lluvia.



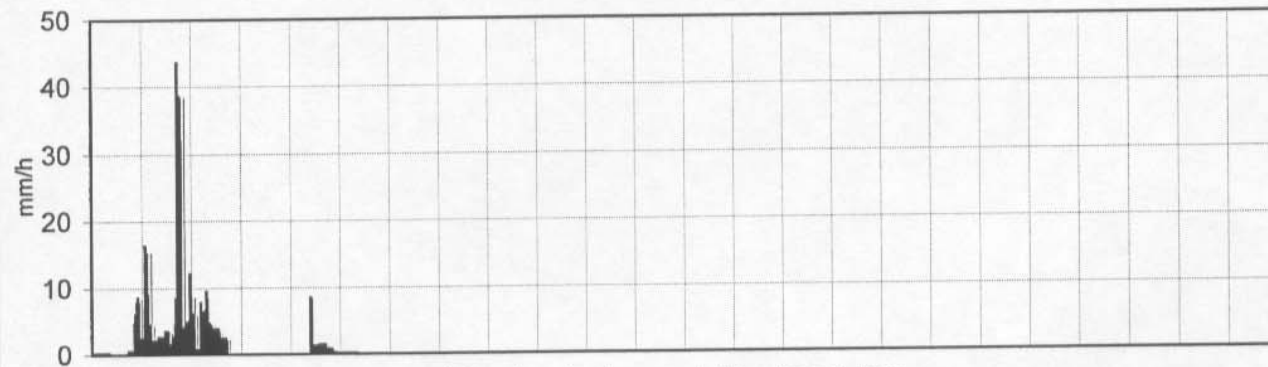
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 21-10-1937
Serie minutal de intensidades de lluvia.



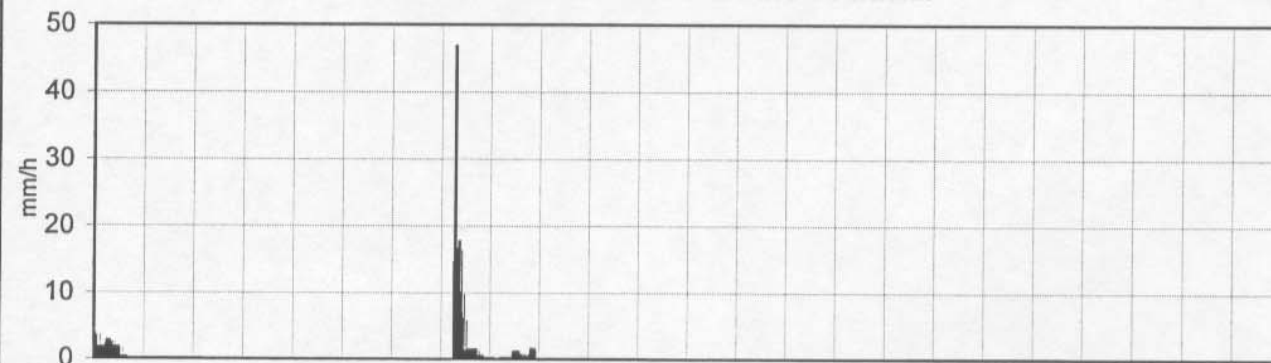
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 25-09-1937
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 22-03-1938
Serie minutal de intensidades de lluvia.



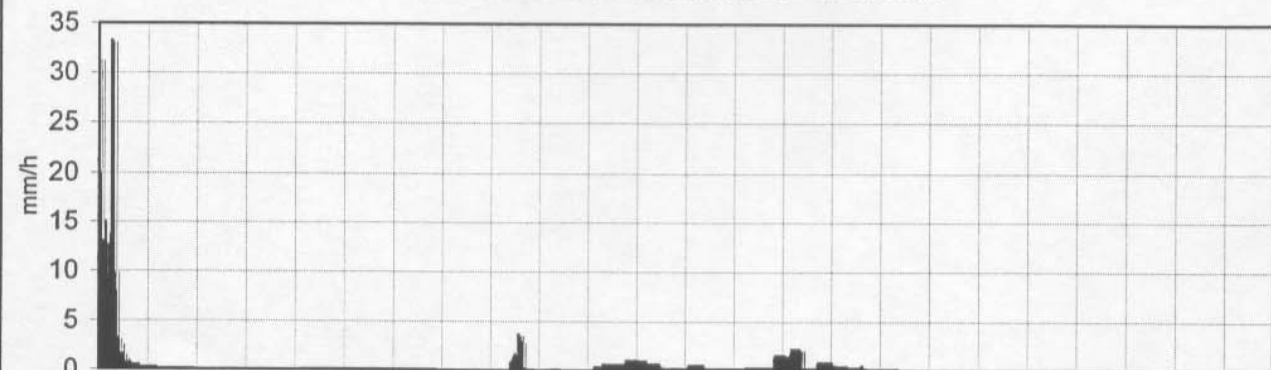
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 02-10-1937
Serie minutal de intensidades de lluvia.

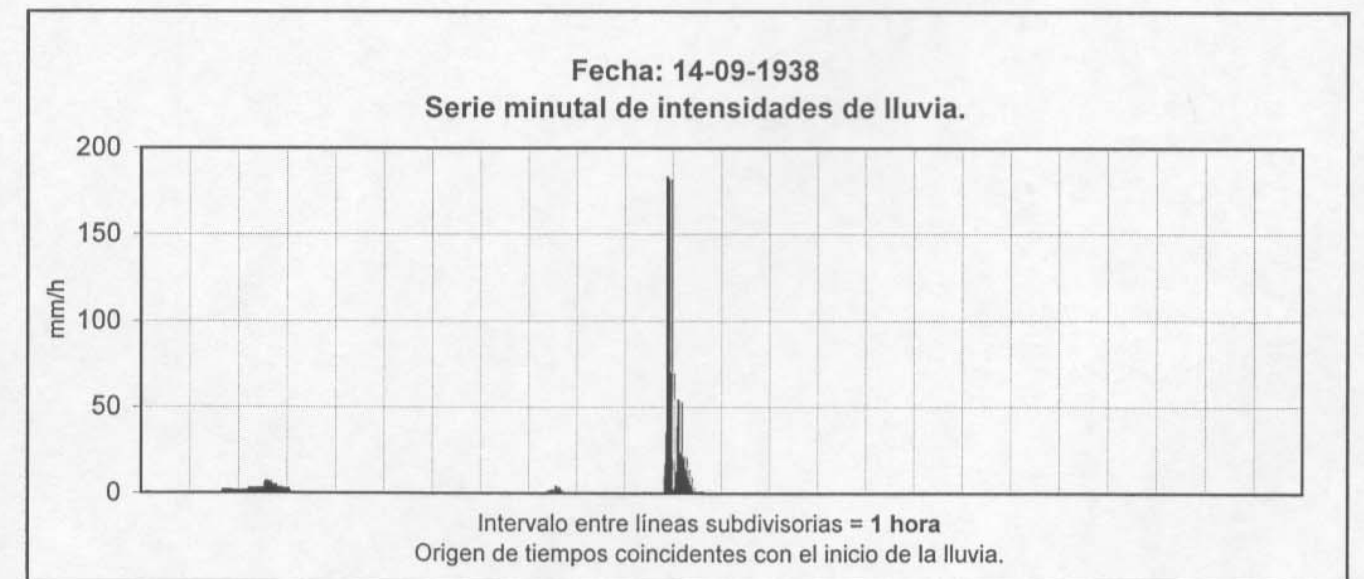
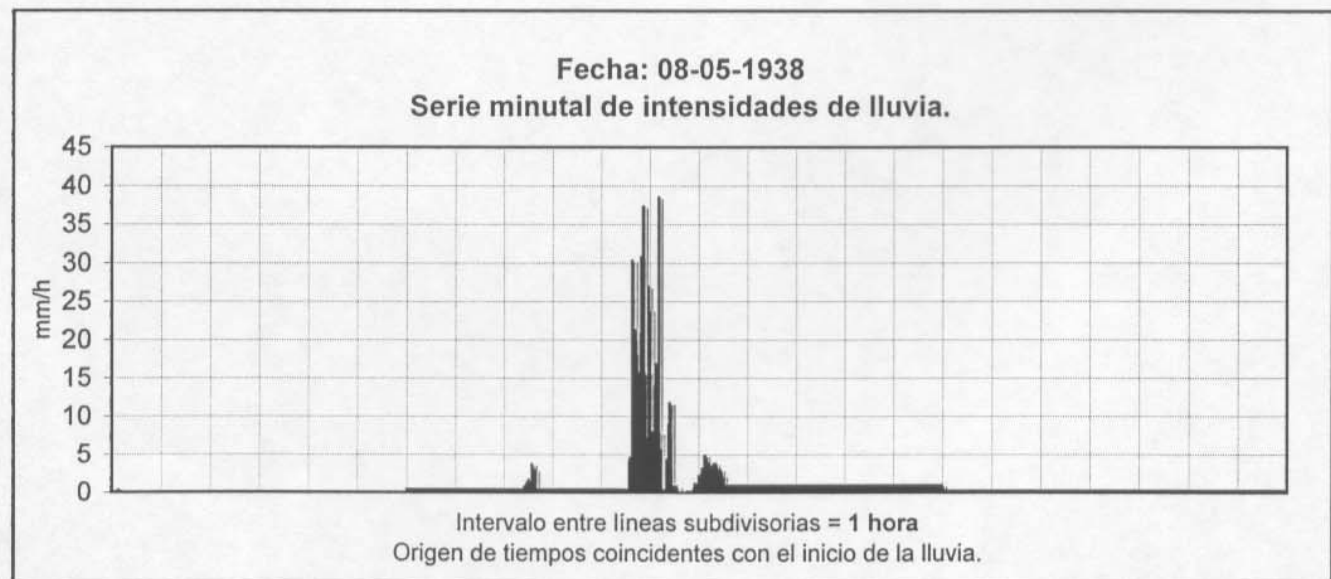
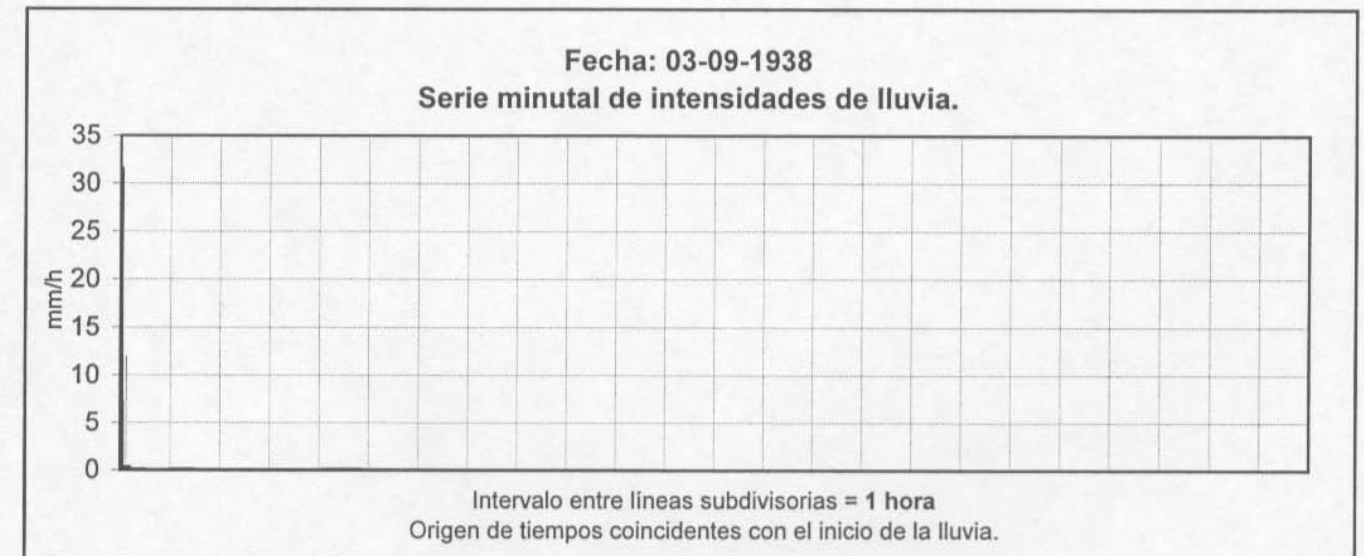
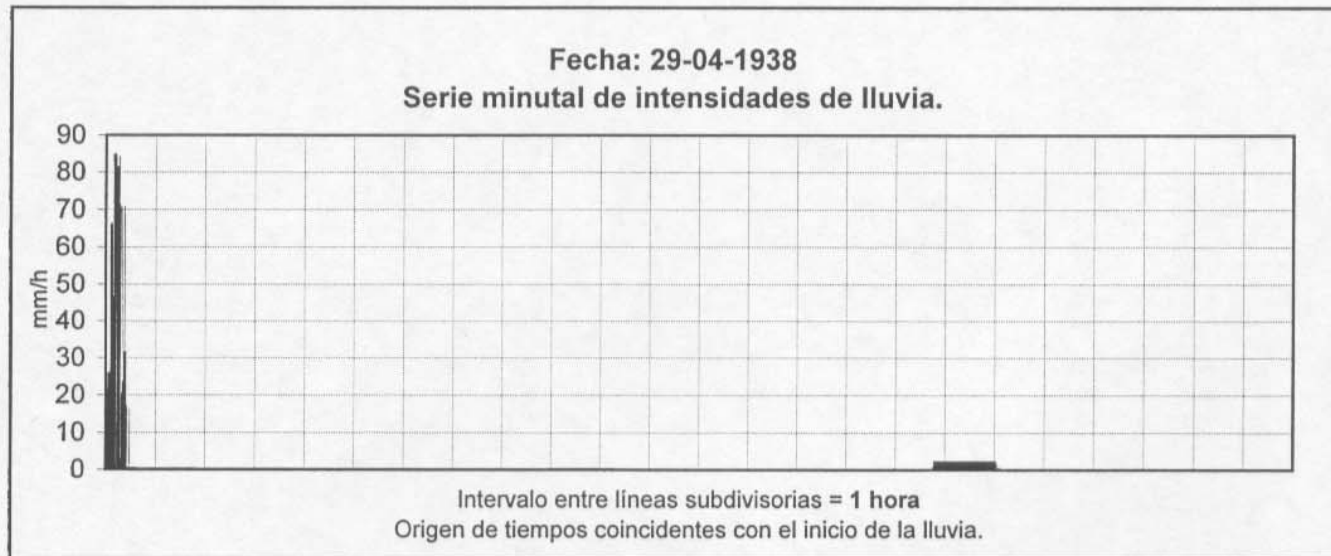
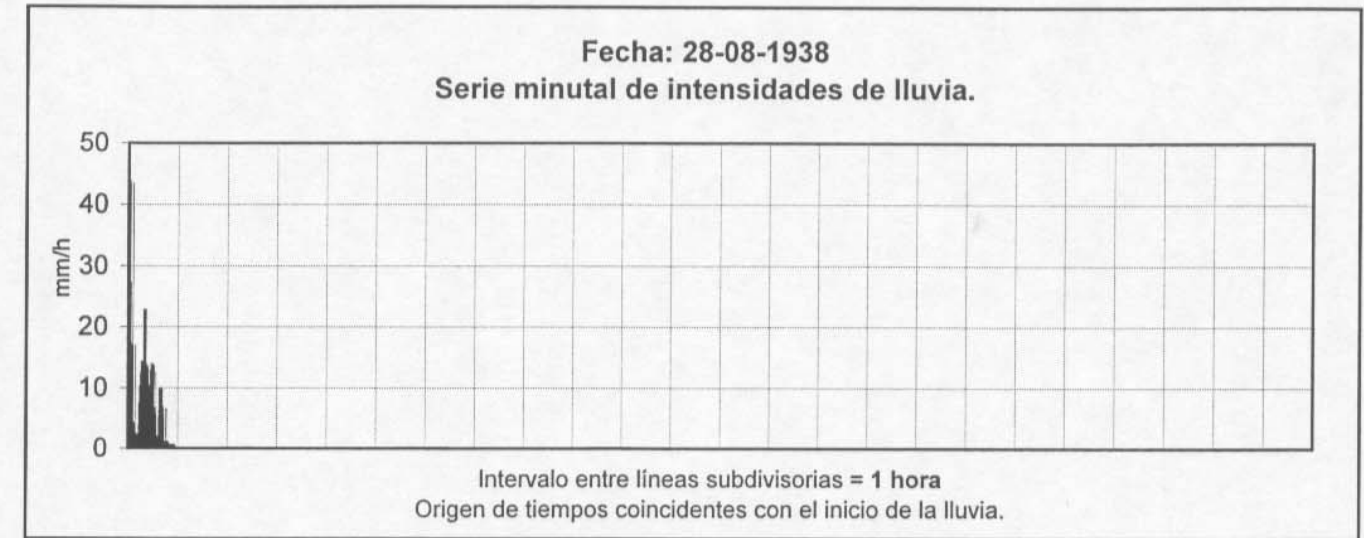
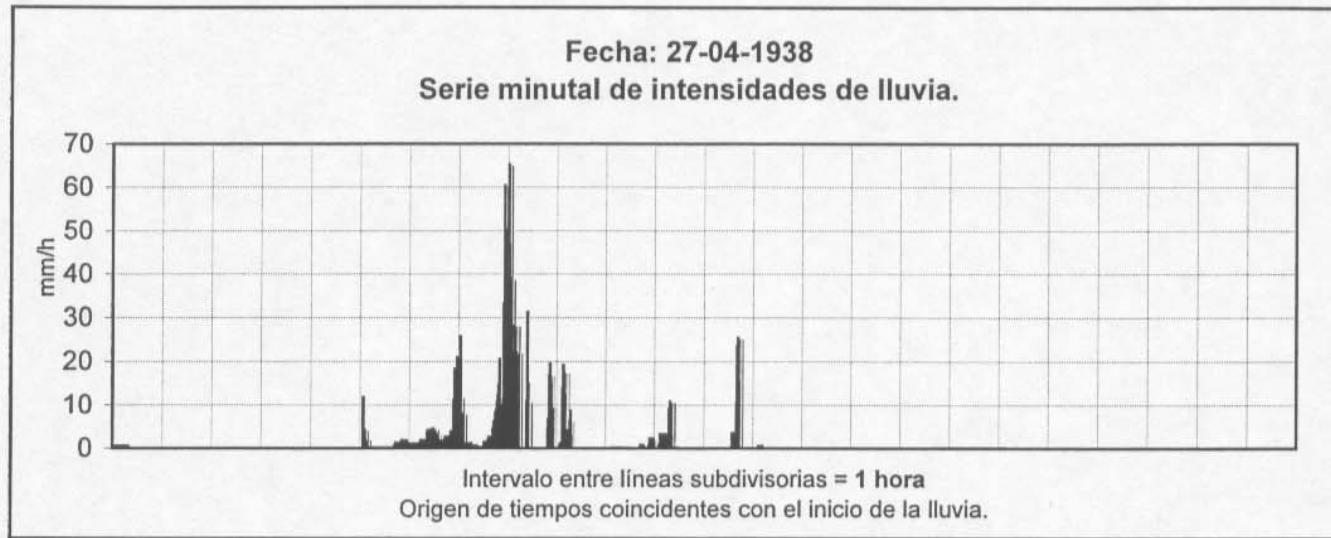


Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

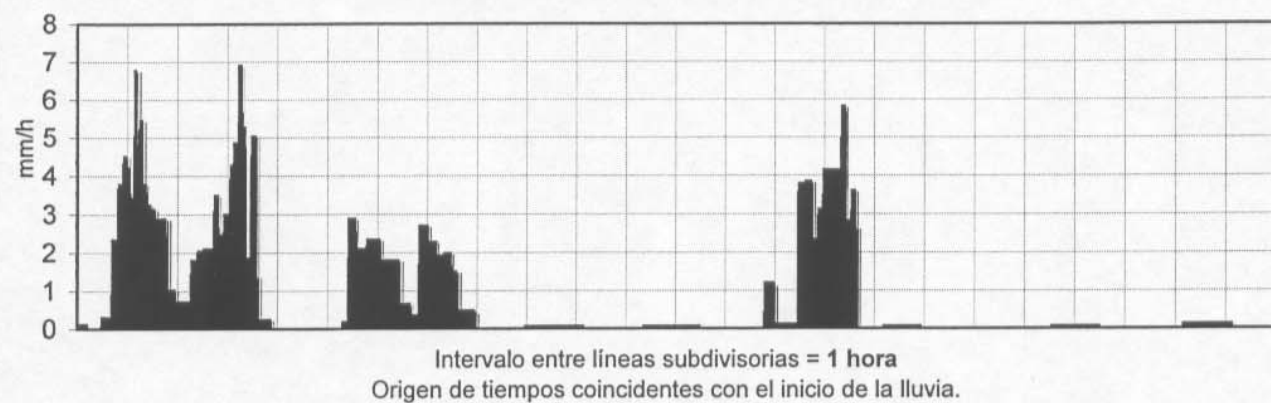
Fecha: 23-03-1938
Serie minutal de intensidades de lluvia.



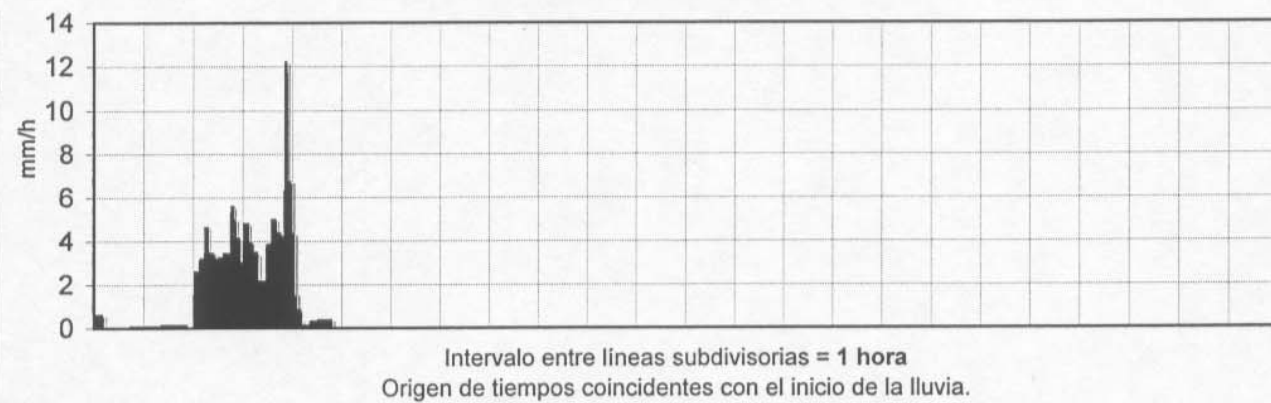
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.



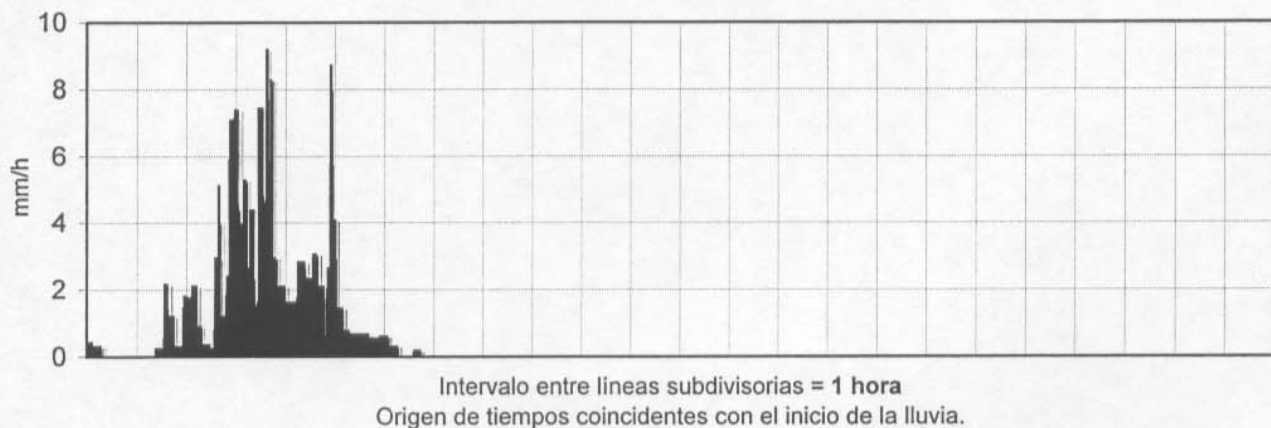
Fecha: 17-12-1938
Serie minutal de intensidades de lluvia.



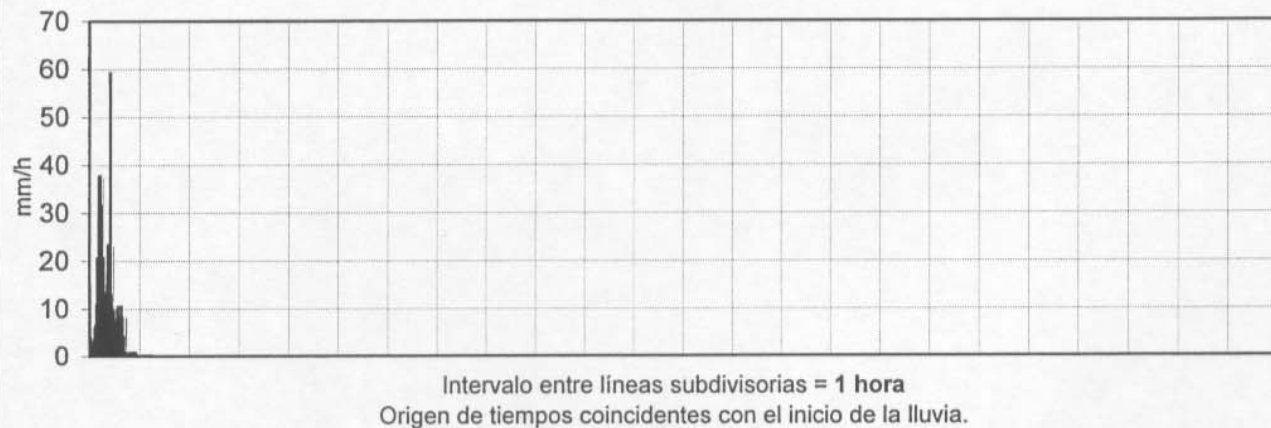
Fecha: 30-05-1939
Serie minutal de intensidades de lluvia.



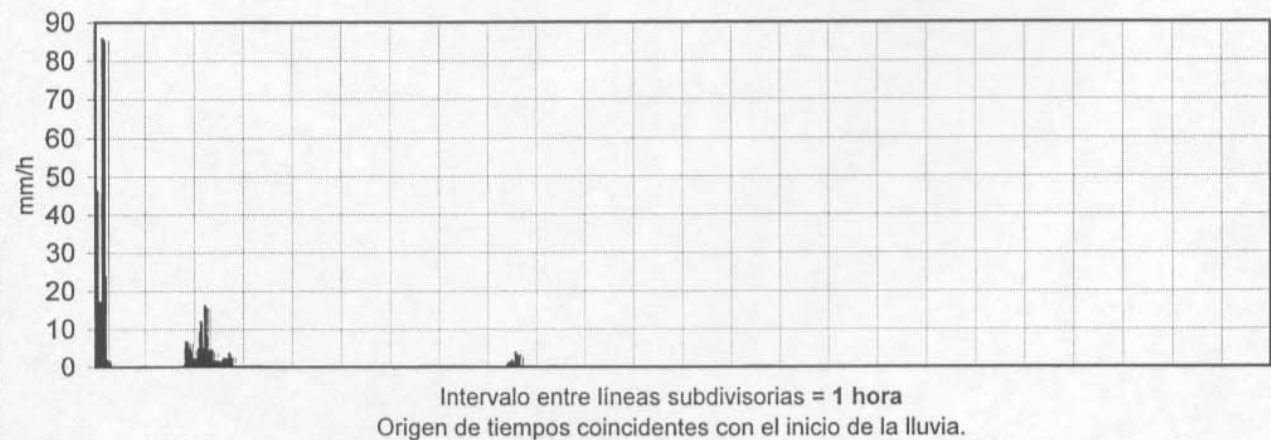
Fecha: 16-03-1939
Serie minutal de intensidades de lluvia.



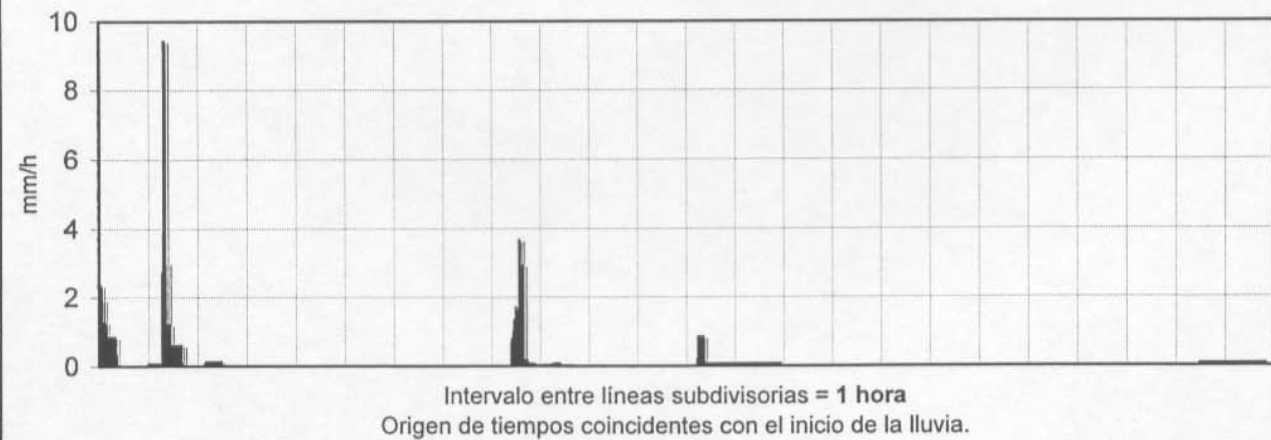
Fecha: 21-08-1939
Serie minutal de intensidades de lluvia.

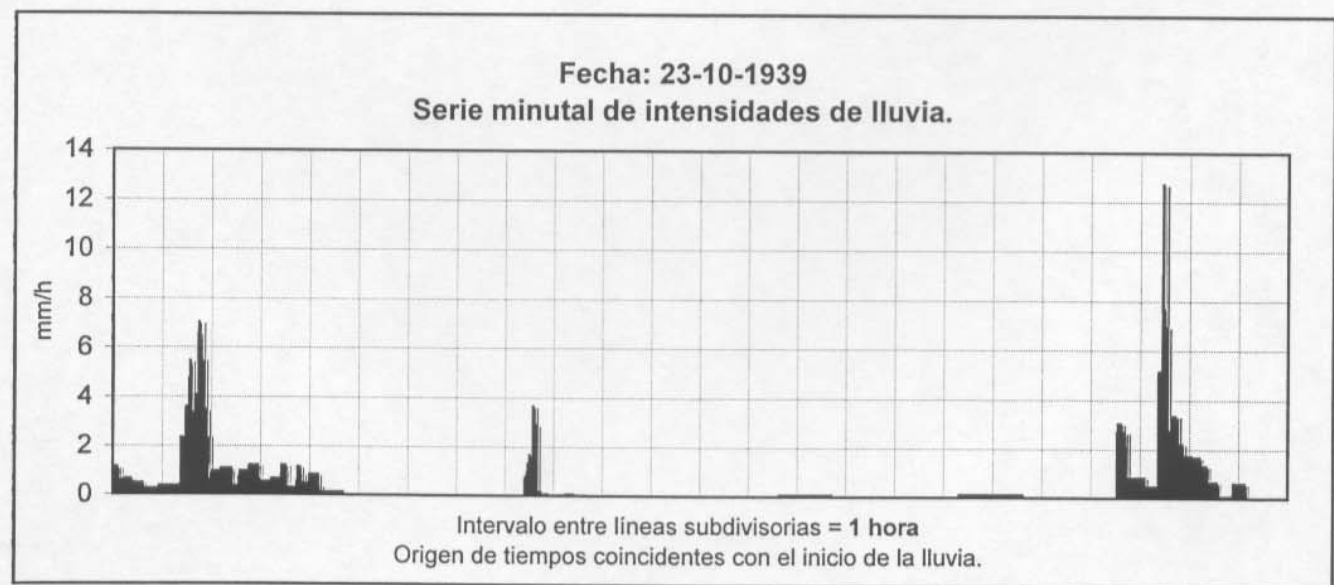
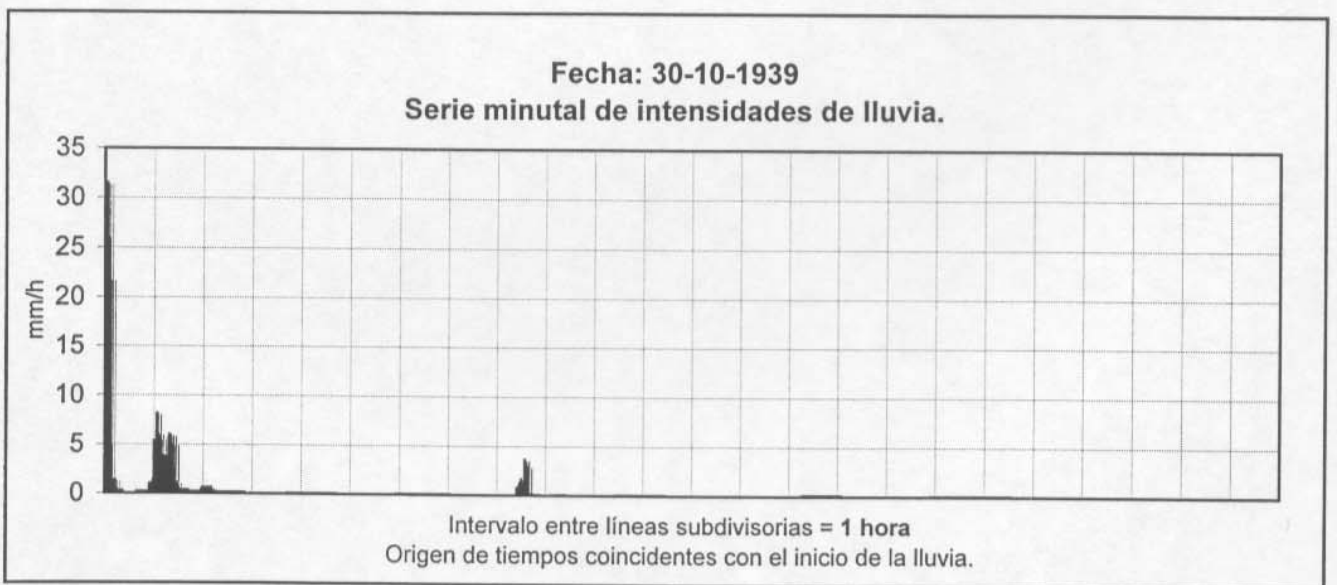
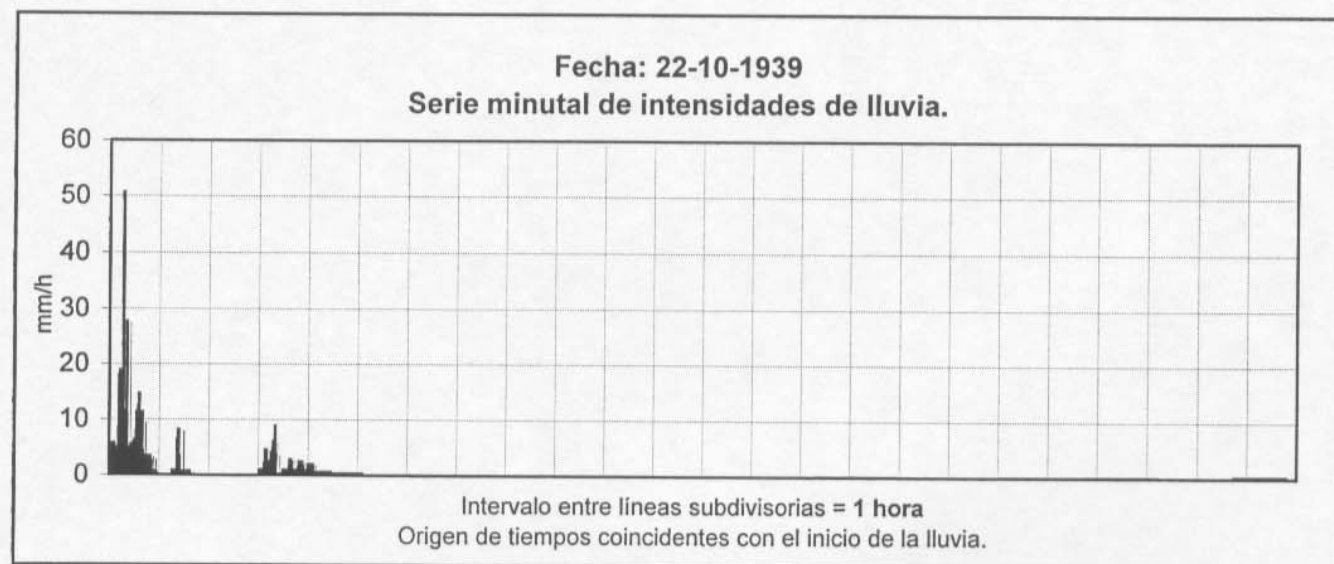
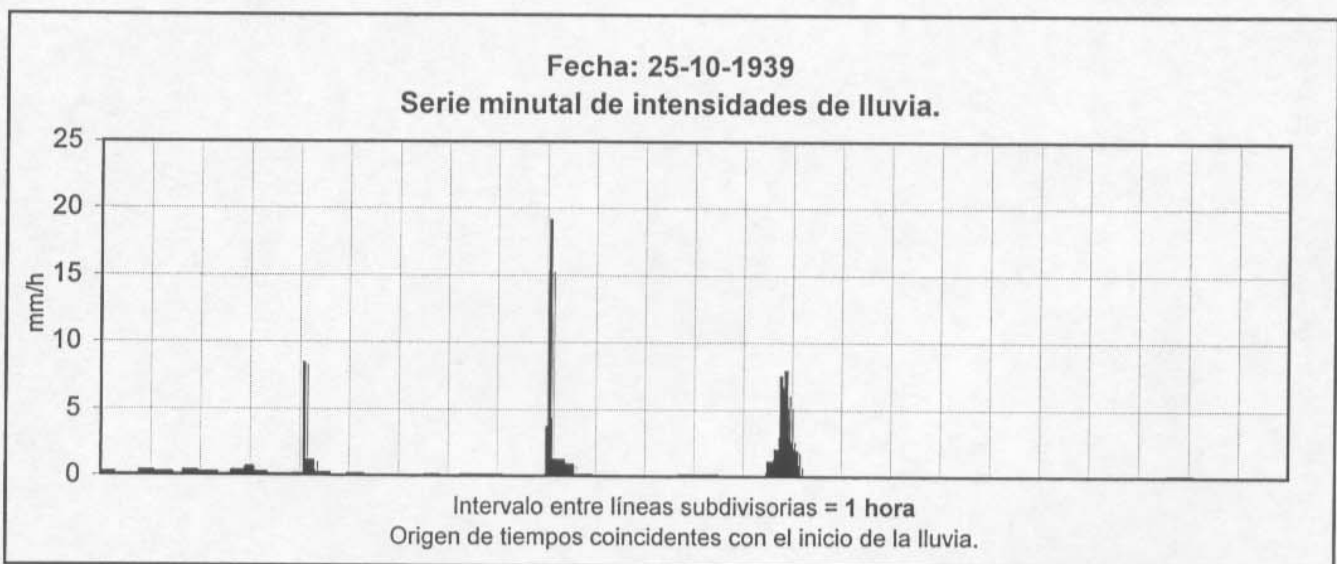
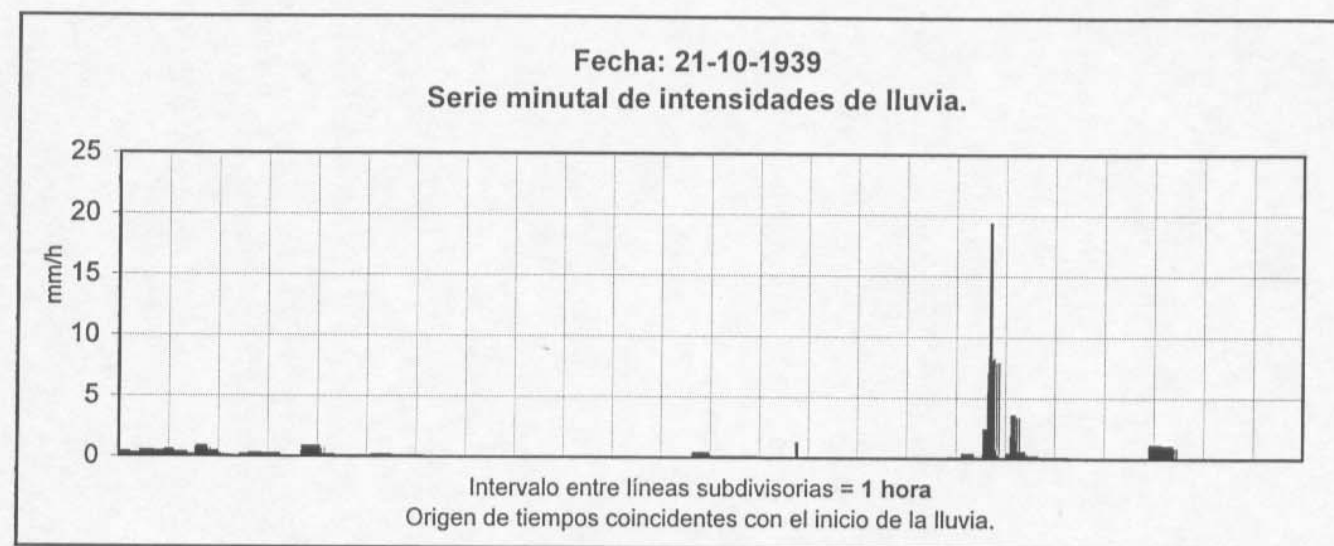
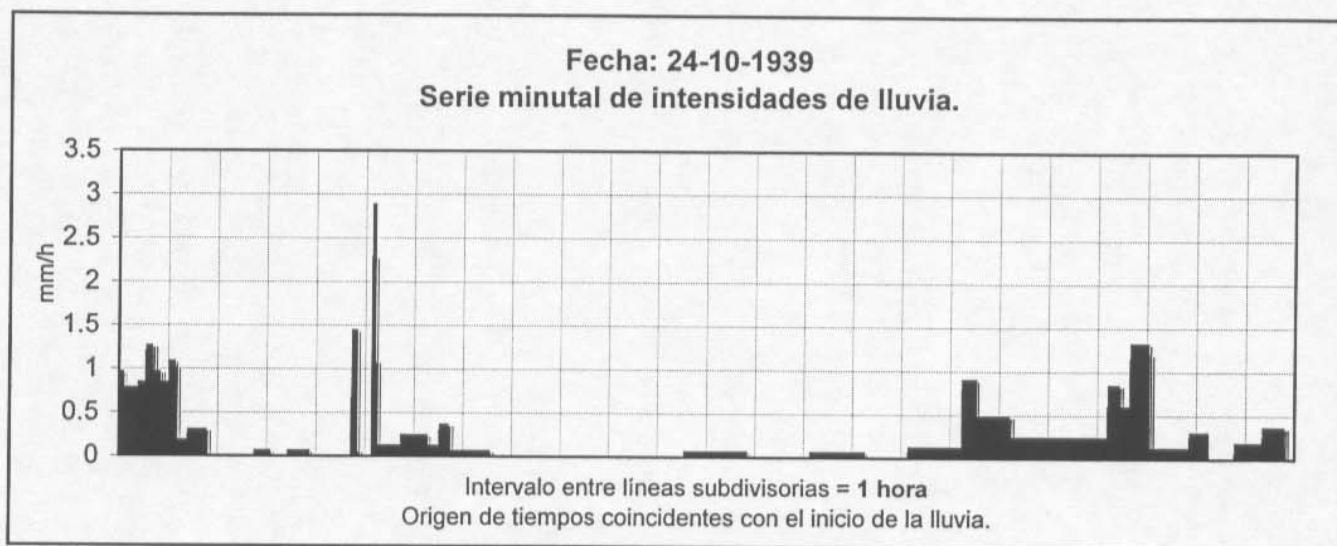


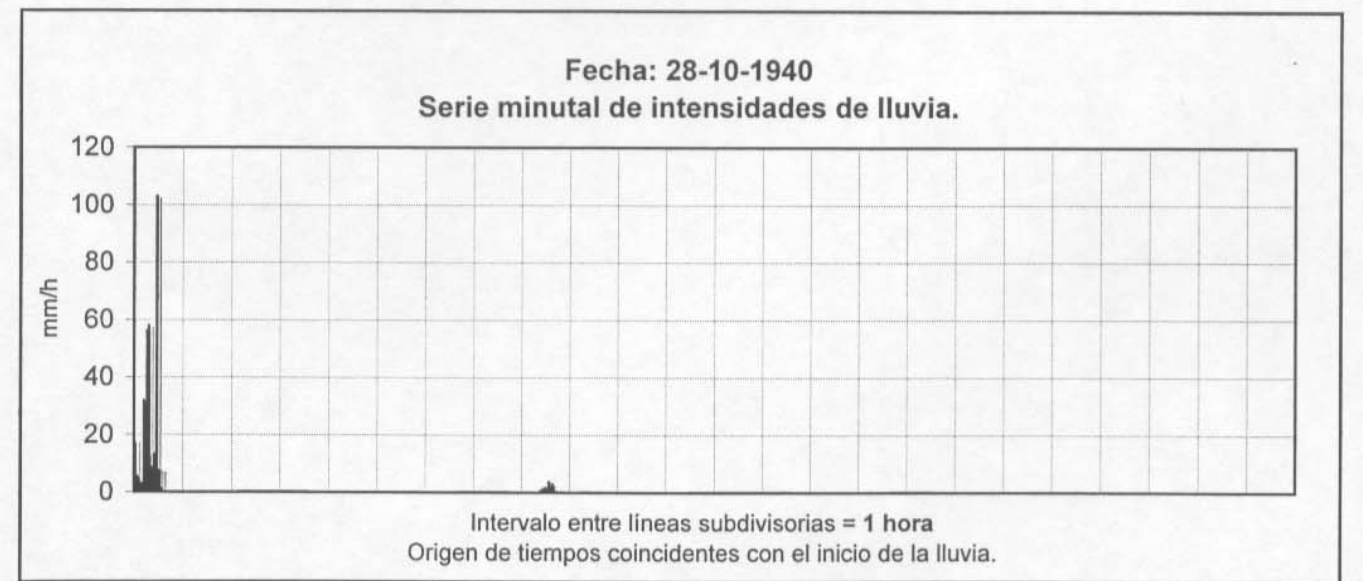
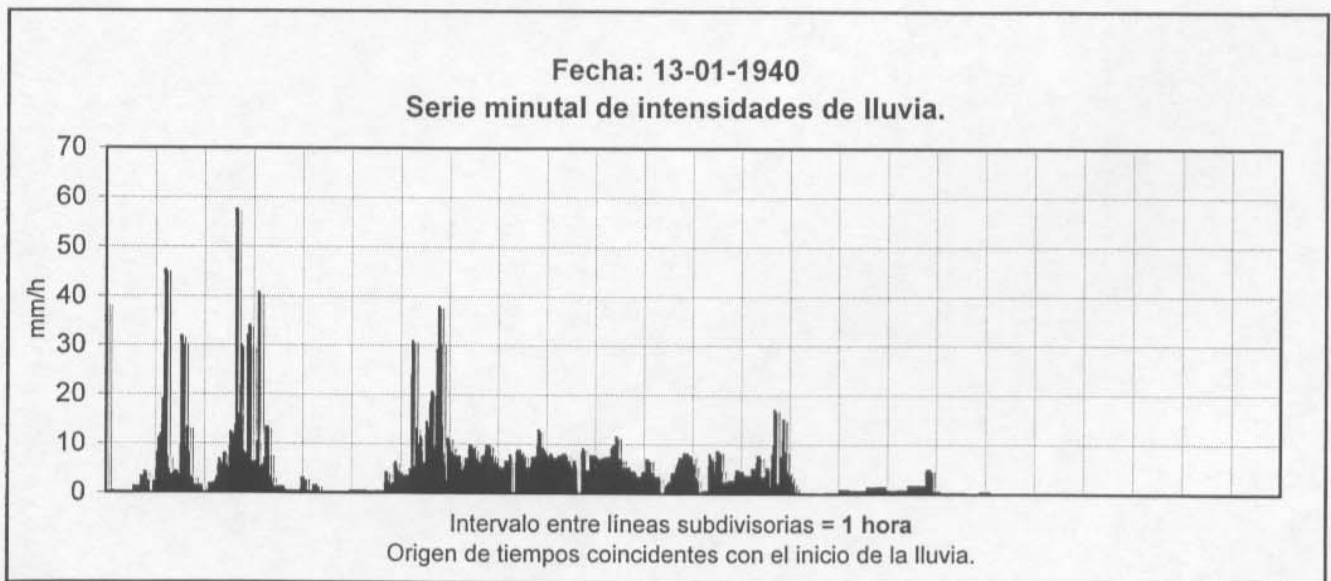
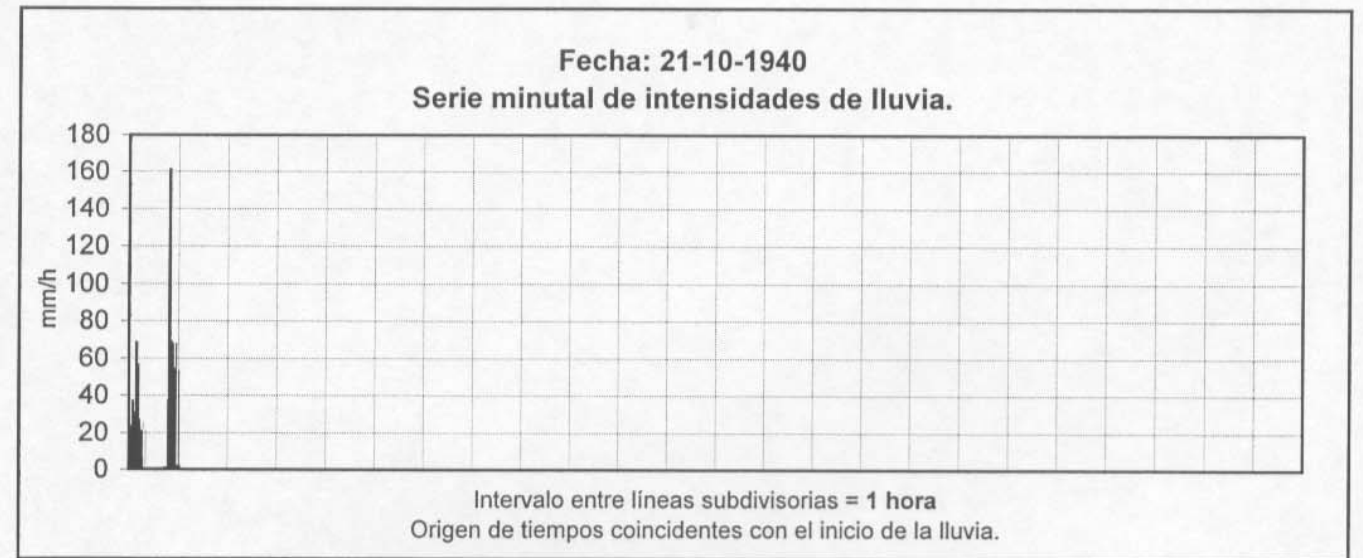
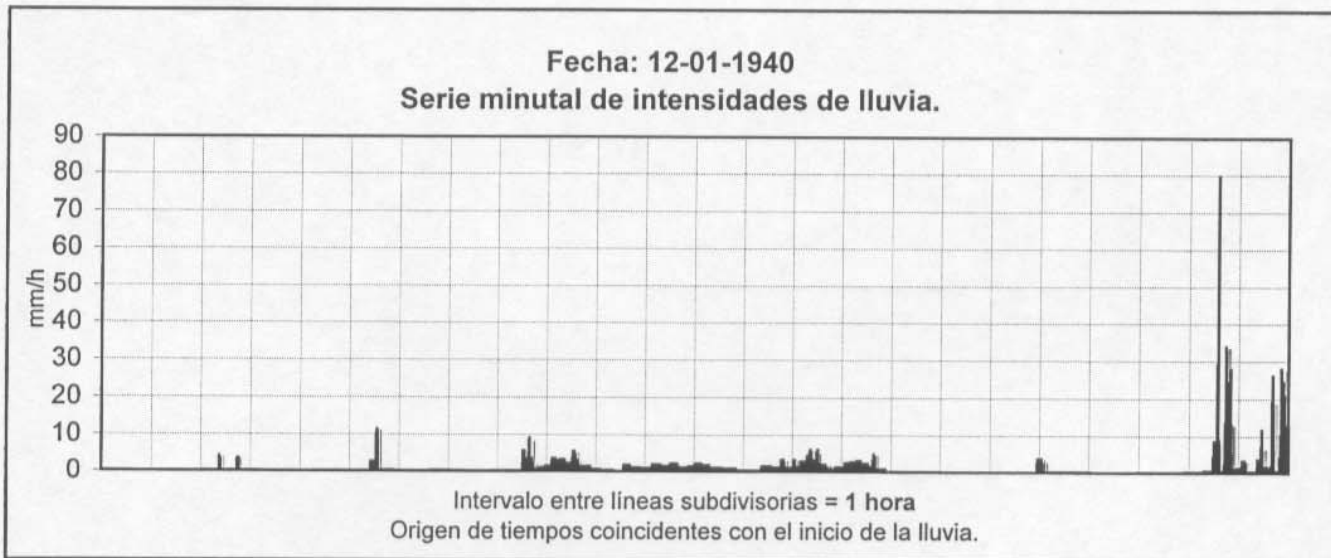
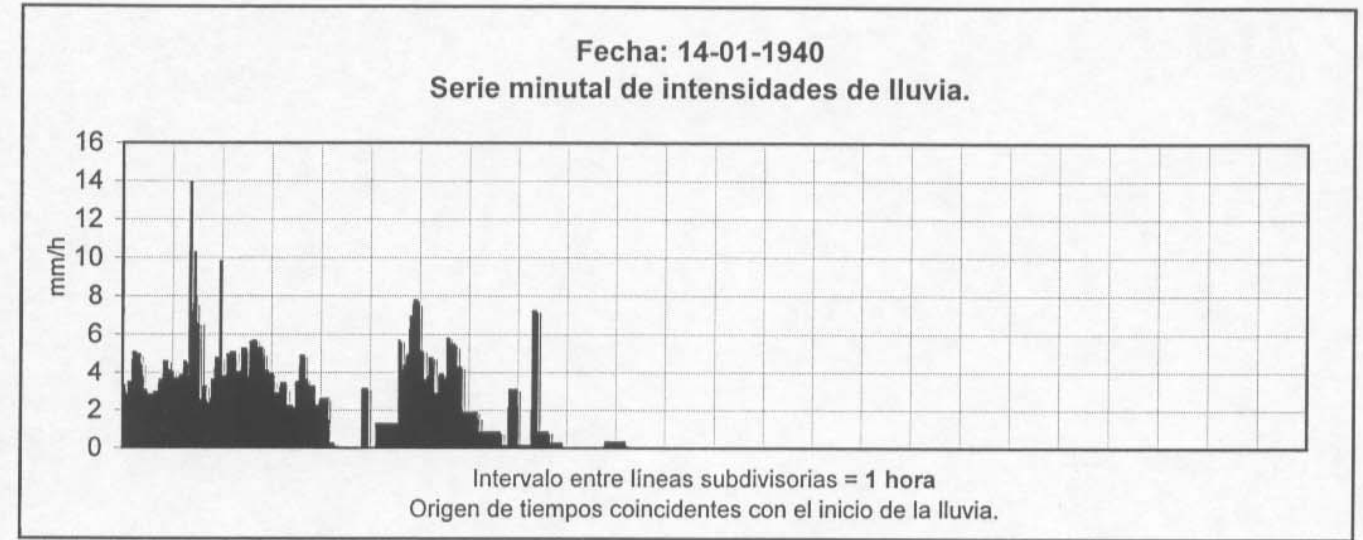
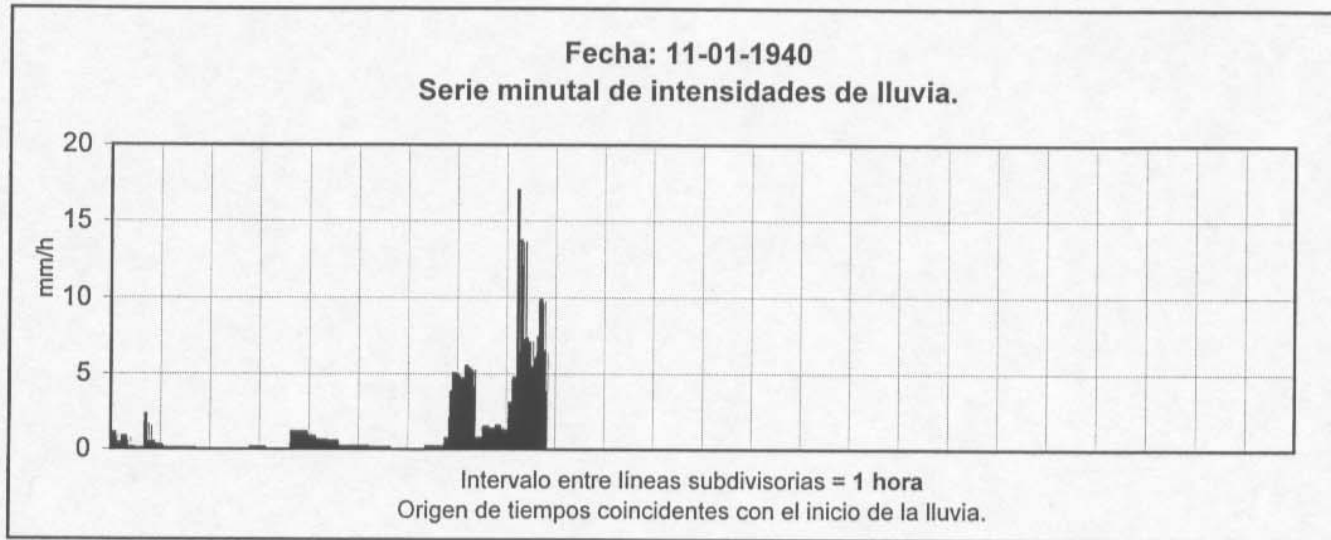
Fecha: 18-03-1939
Serie minutal de intensidades de lluvia.



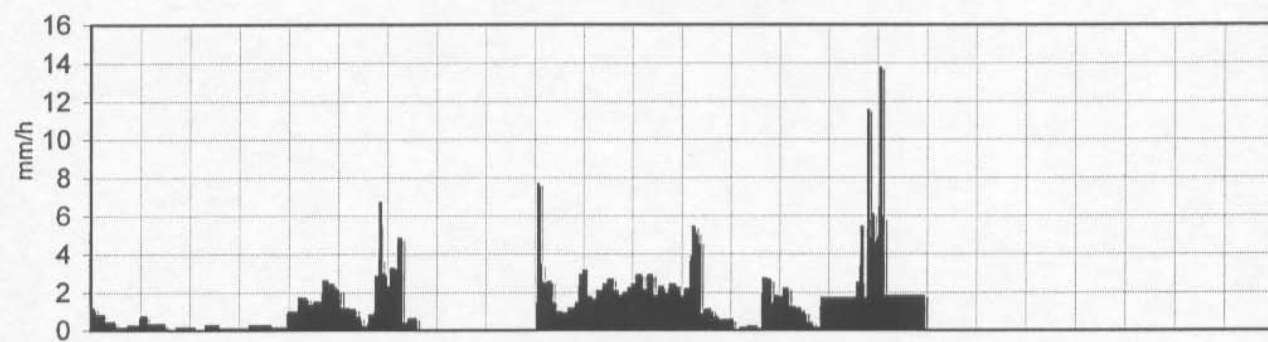
Fecha: 23-08-1939
Serie minutal de intensidades de lluvia.





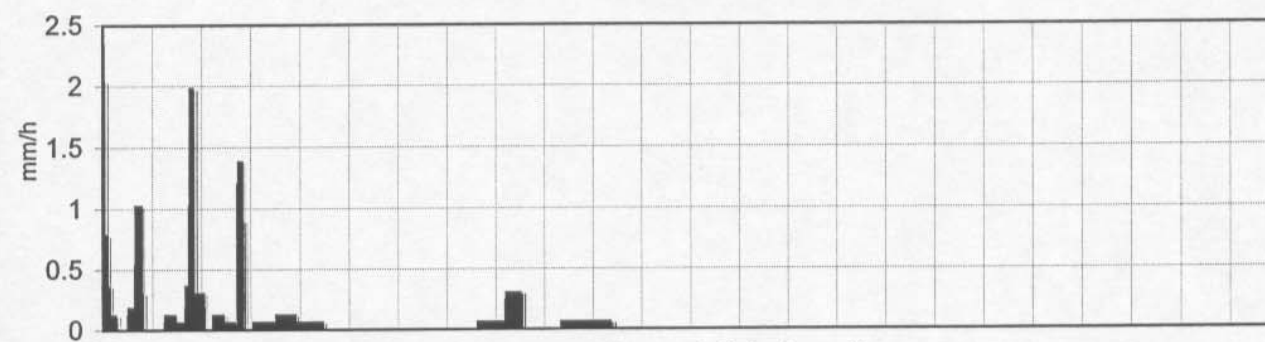


Fecha: 10-01-1941
Serie minutal de intensidades de lluvia.



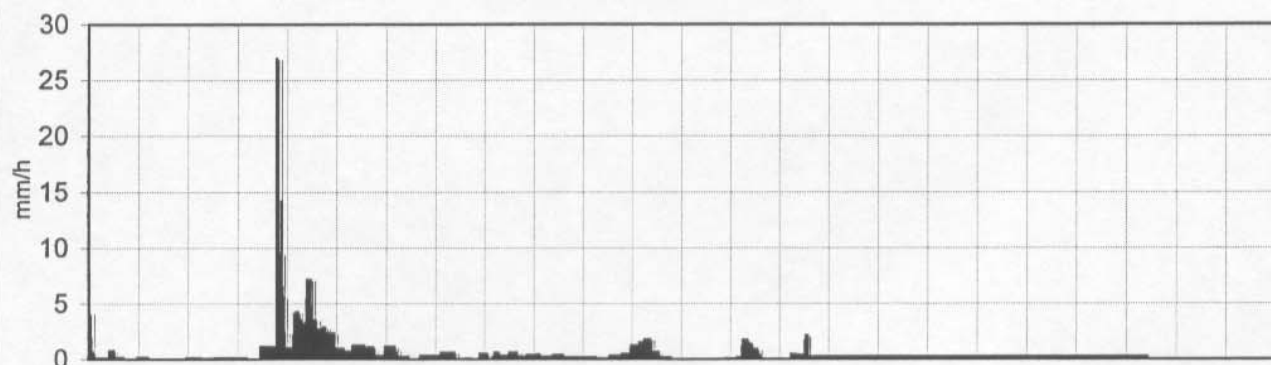
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-05-1941
Serie minutal de intensidades de lluvia.



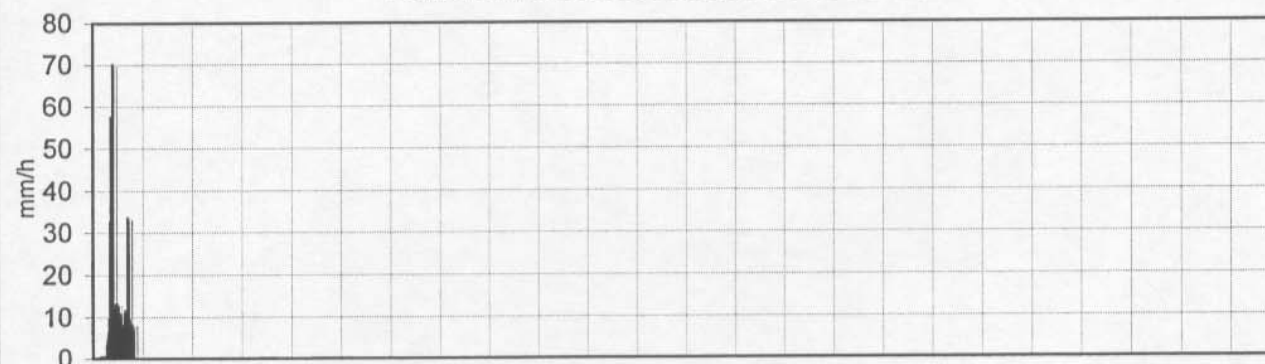
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 04-04-1941
Serie minutal de intensidades de lluvia.



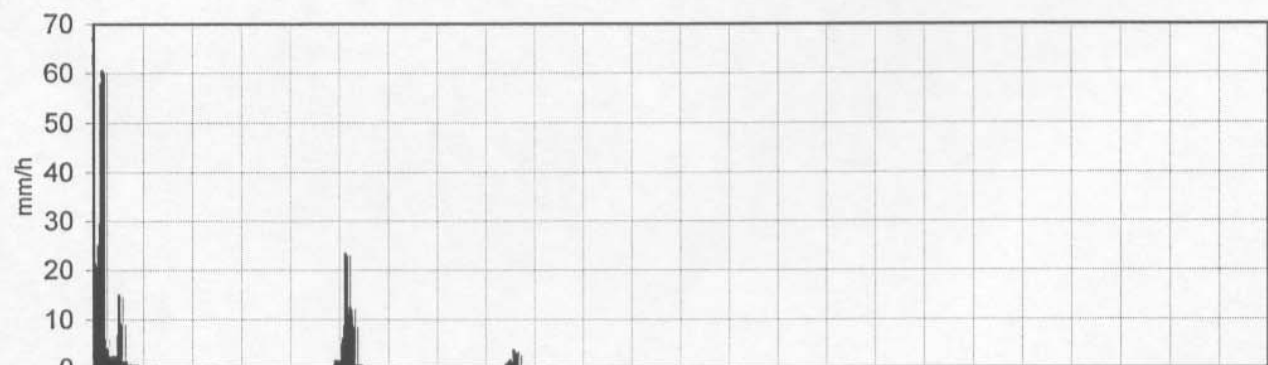
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 08-05-1941
Serie minutal de intensidades de lluvia.



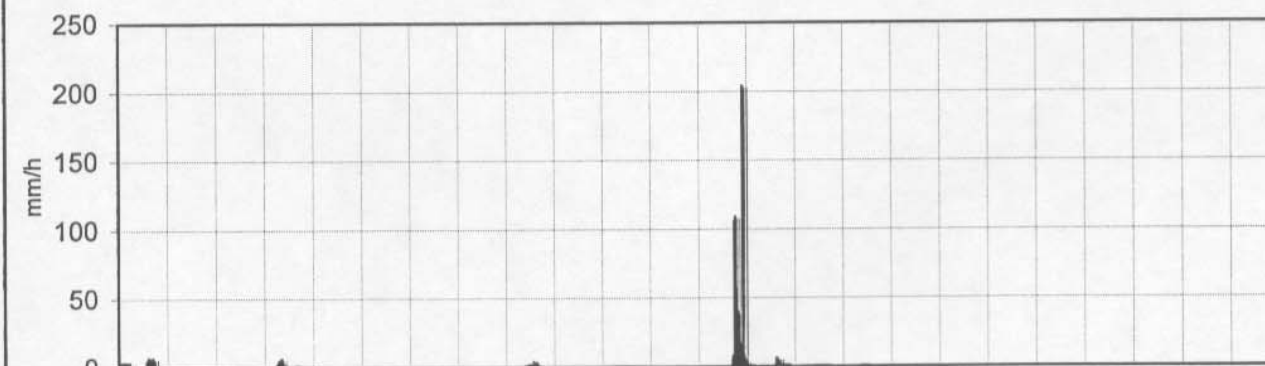
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 24-04-1941
Serie minutal de intensidades de lluvia.

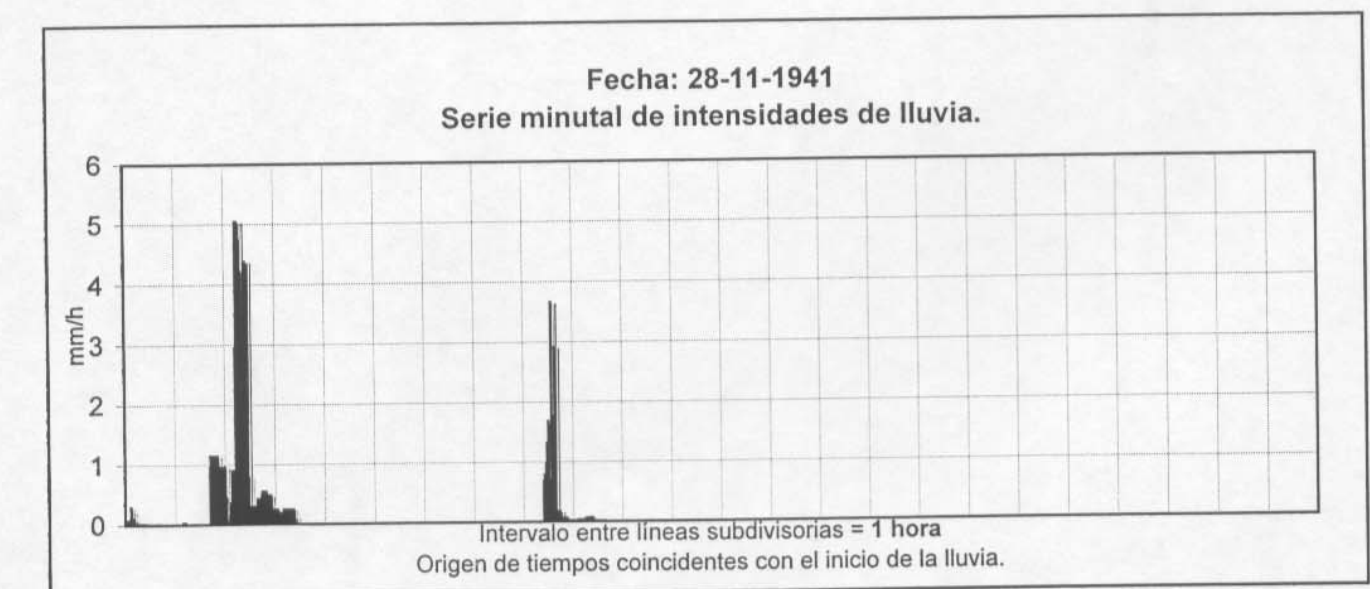
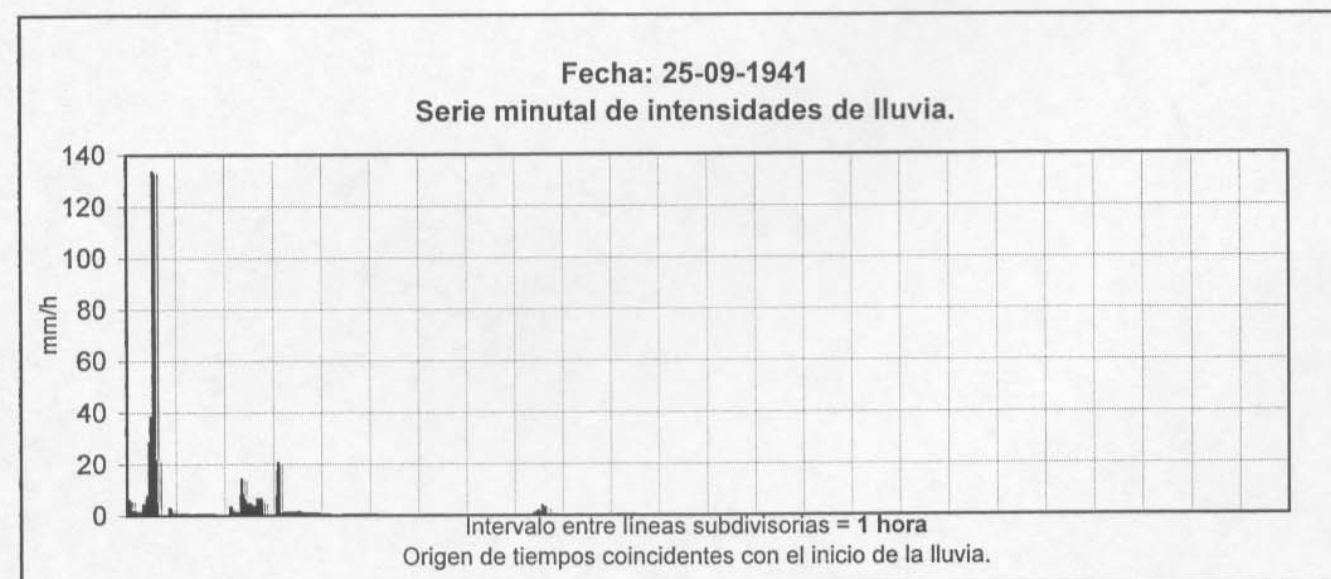
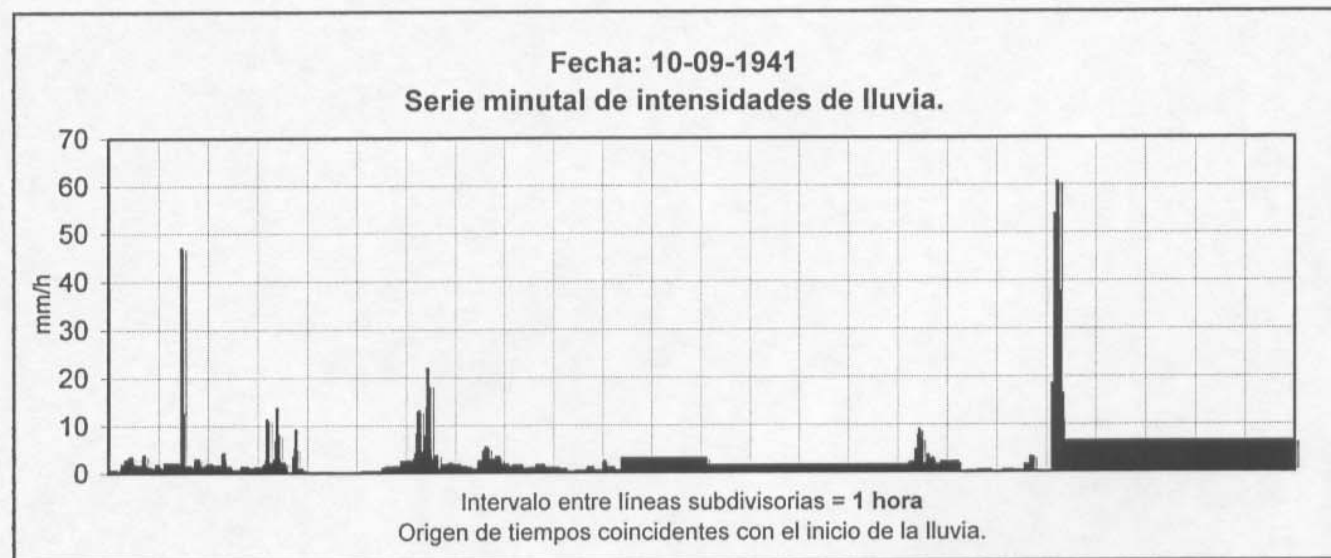
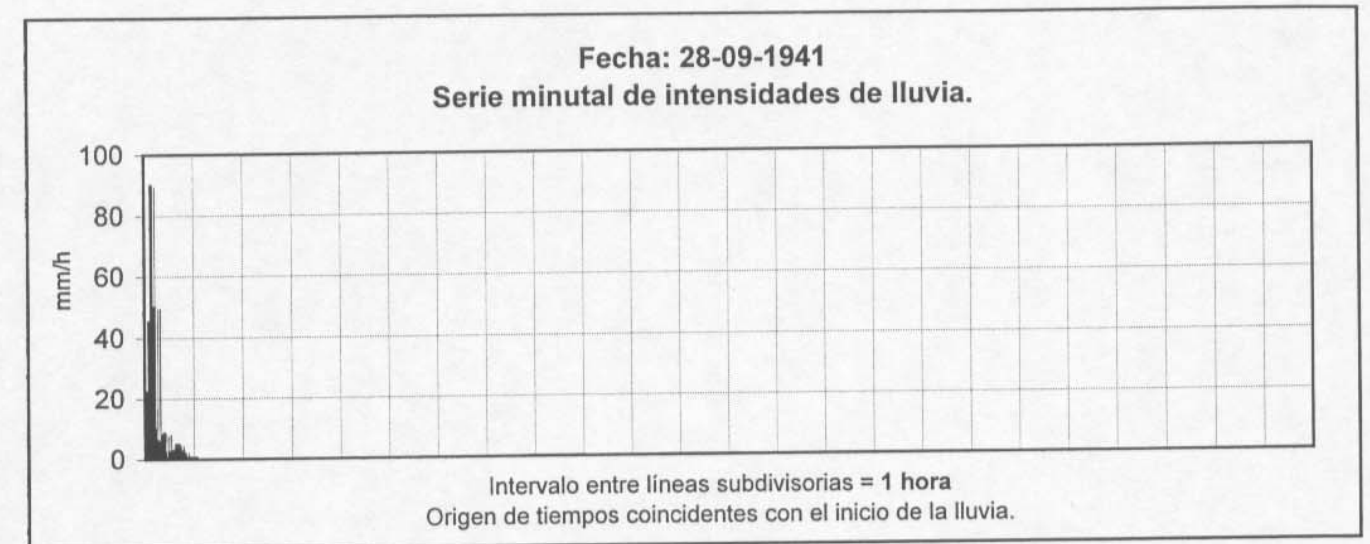
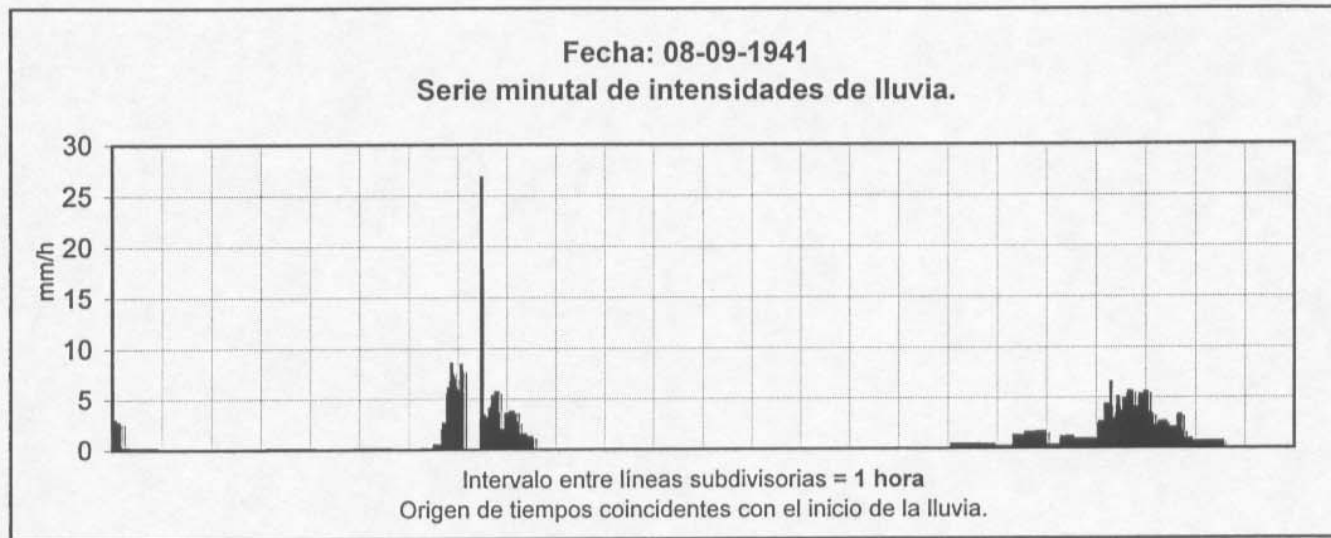


Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

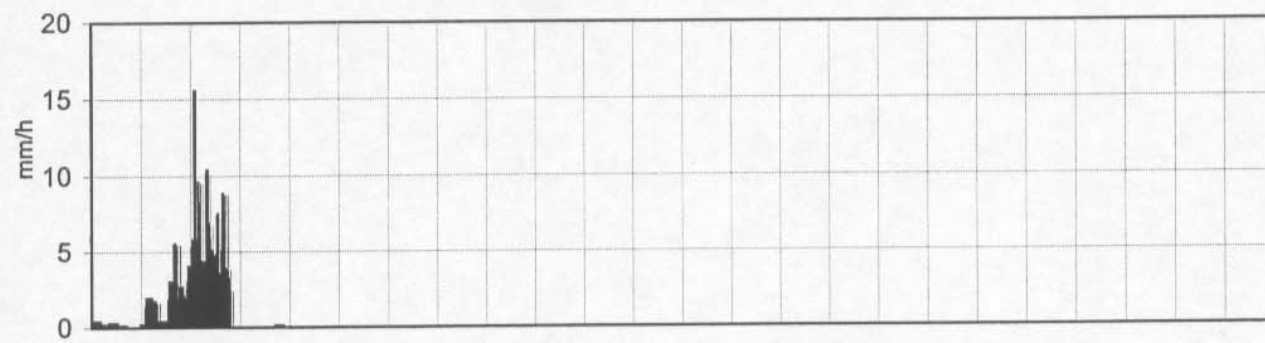
Fecha: 07-09-1941
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

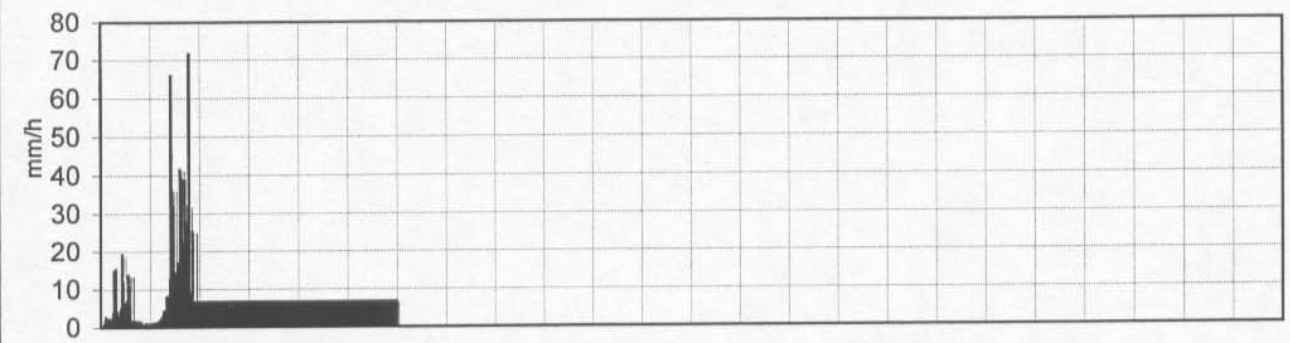


Fecha: 29-11-1941
Serie minotal de intensidades de lluvia.



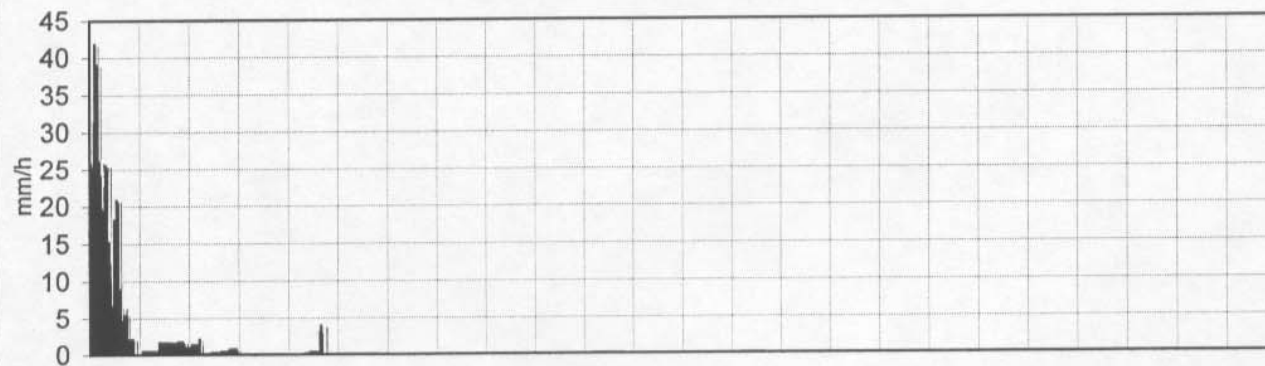
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-09-1942
Serie minotal de intensidades de lluvia.



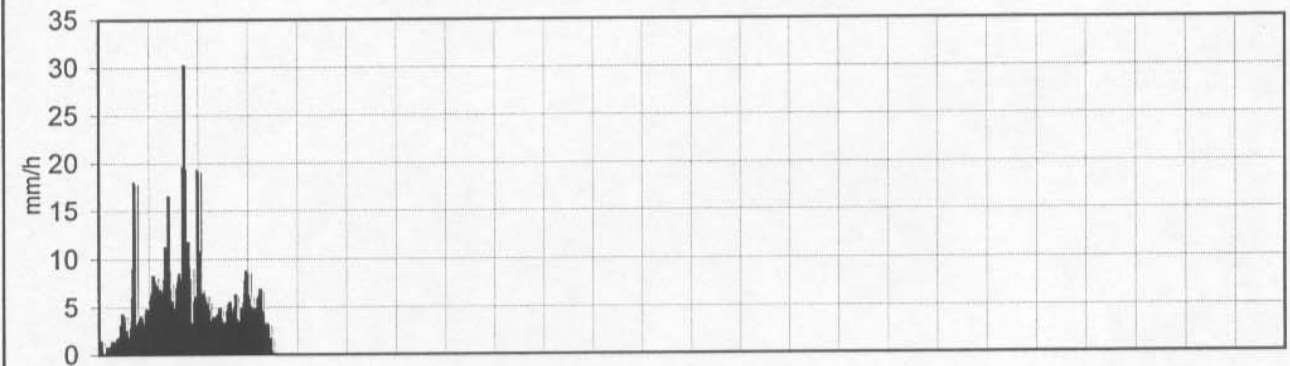
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 14-04-1942
Serie minotal de intensidades de lluvia.



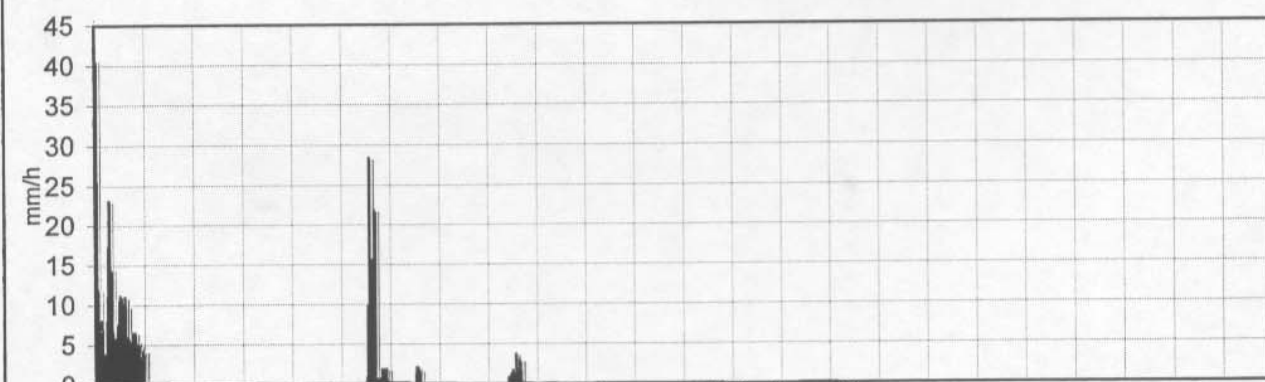
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 21-09-1942
Serie minotal de intensidades de lluvia.



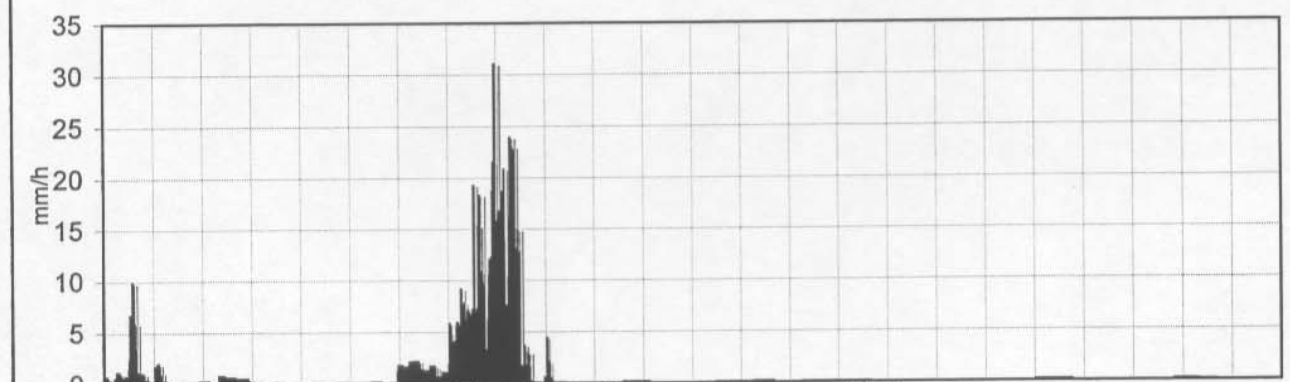
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 16-04-1942
Serie minotal de intensidades de lluvia.



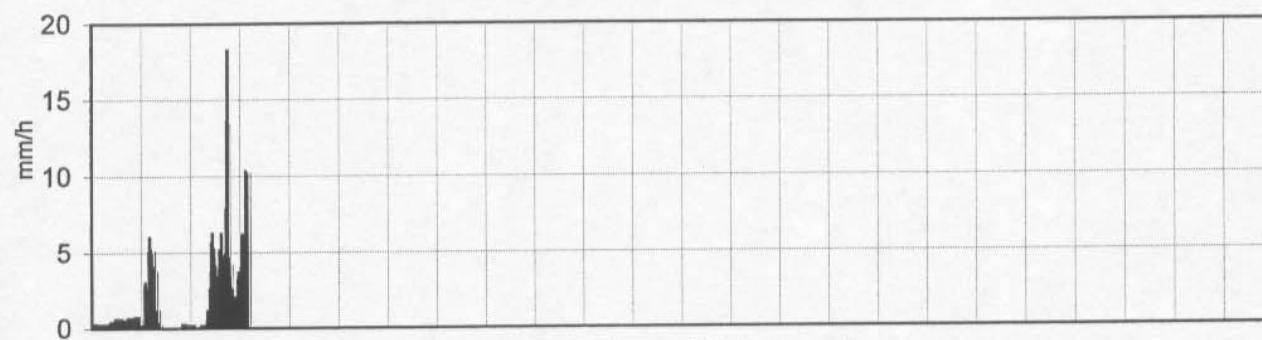
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 14-11-1942
Serie minotal de intensidades de lluvia.



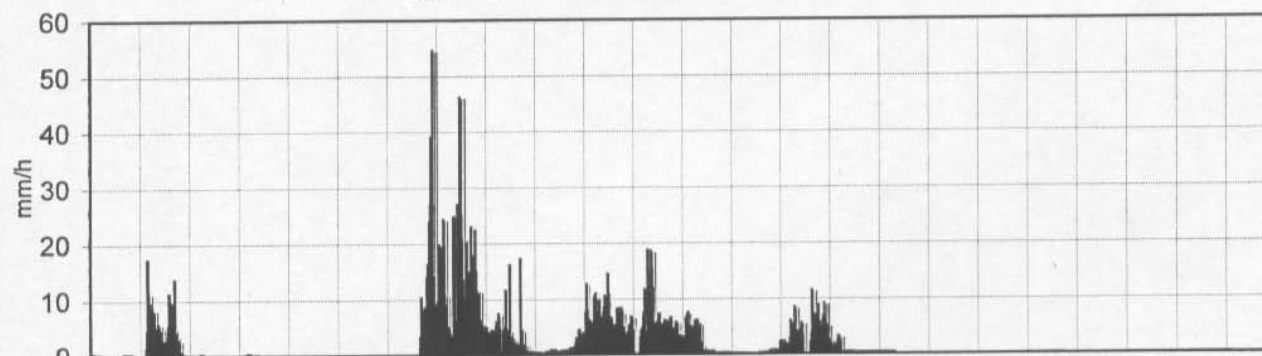
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 21-02-1943
Serie minutal de intensidades de lluvia.



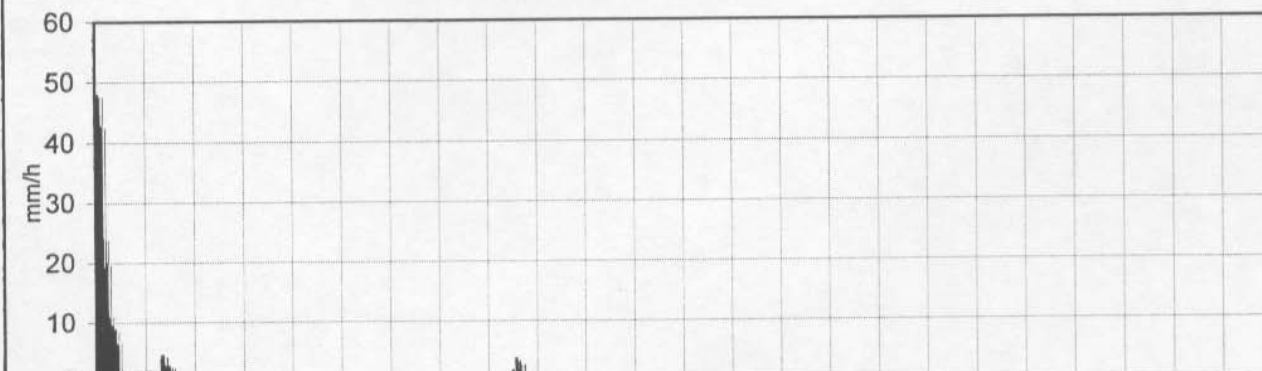
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 22-02-1943
Serie minutal de intensidades de lluvia.



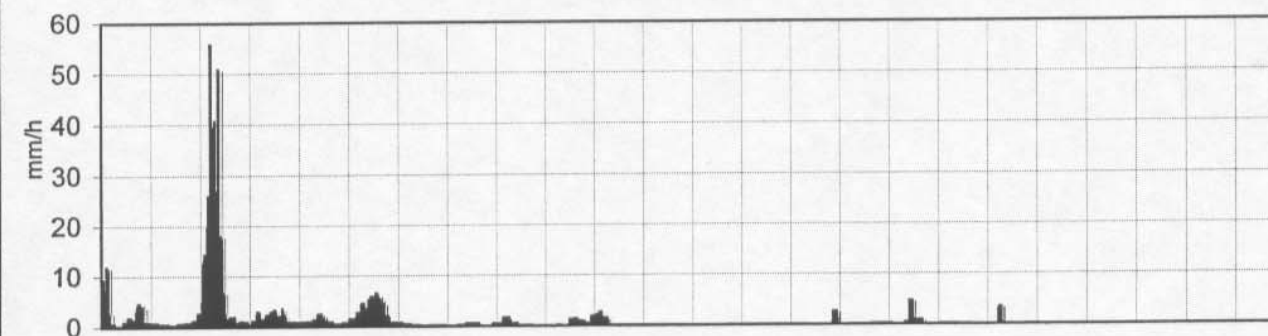
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 04-03-1943
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 15-09-1943
Serie minutal de intensidades de lluvia.



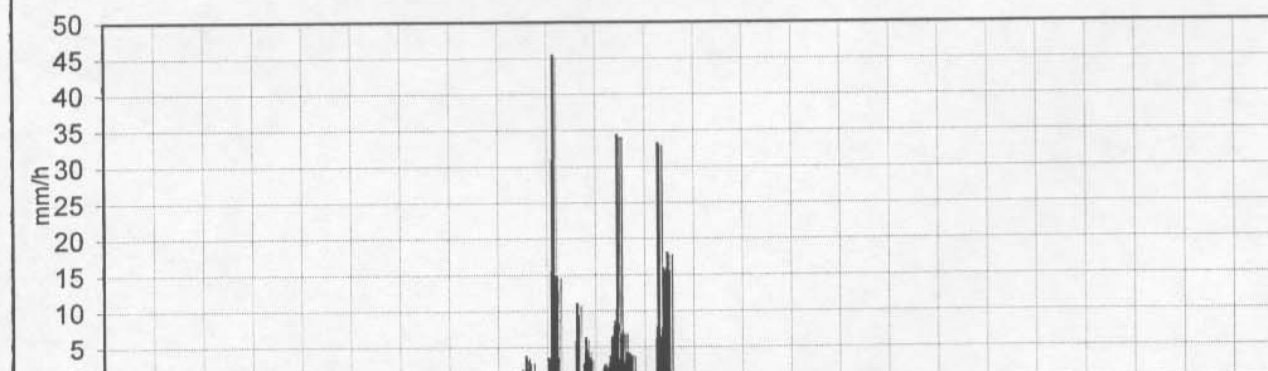
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 16-09-1943
Serie minutal de intensidades de lluvia.



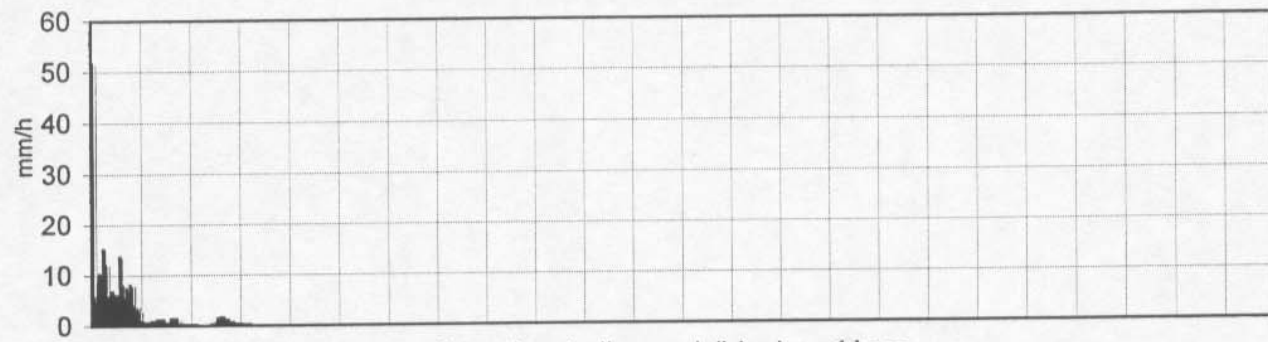
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 09-10-1943
Serie minutal de intensidades de lluvia.



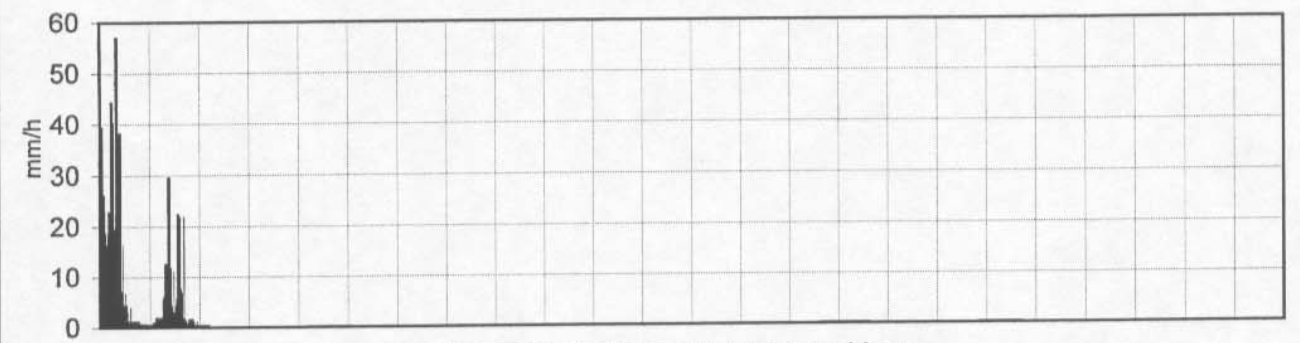
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 10-10-1943
Serie minotal de intensidades de lluvia.



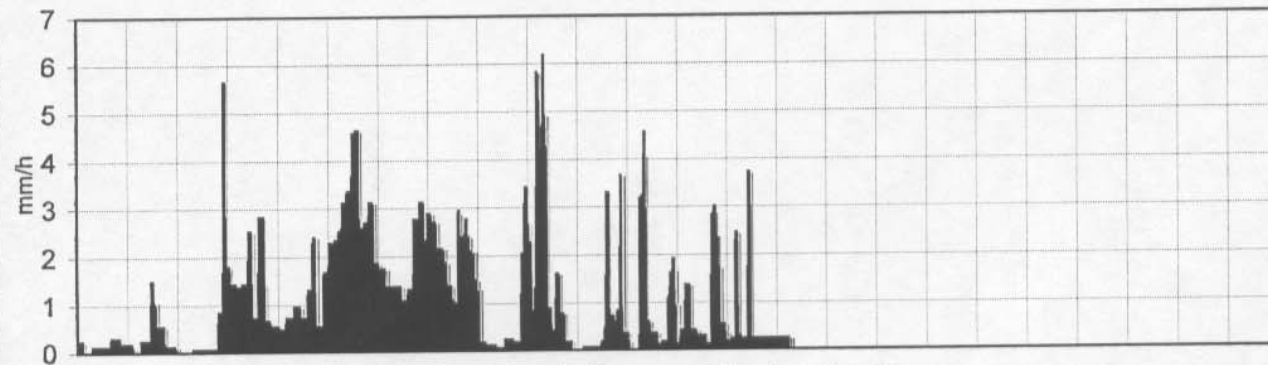
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 16-12-1943
Serie minotal de intensidades de lluvia.



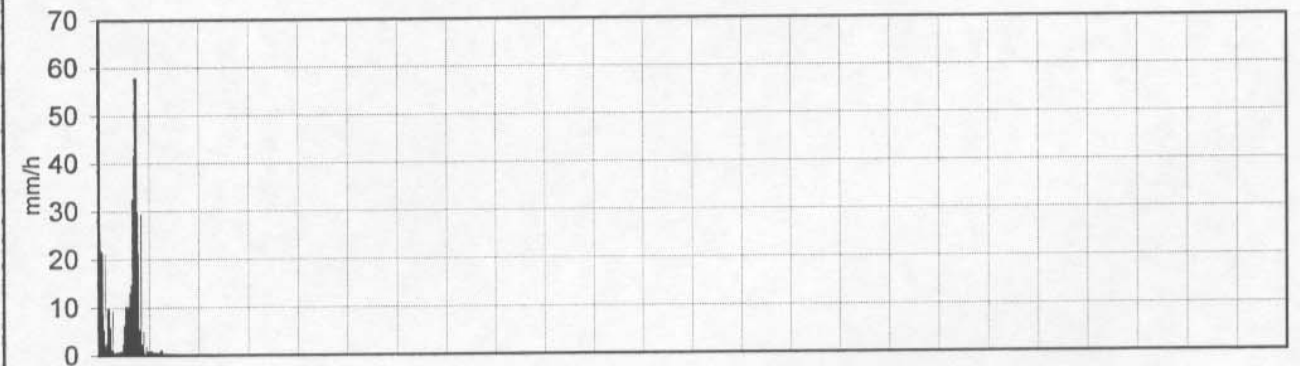
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 13-12-1943
Serie minotal de intensidades de lluvia.



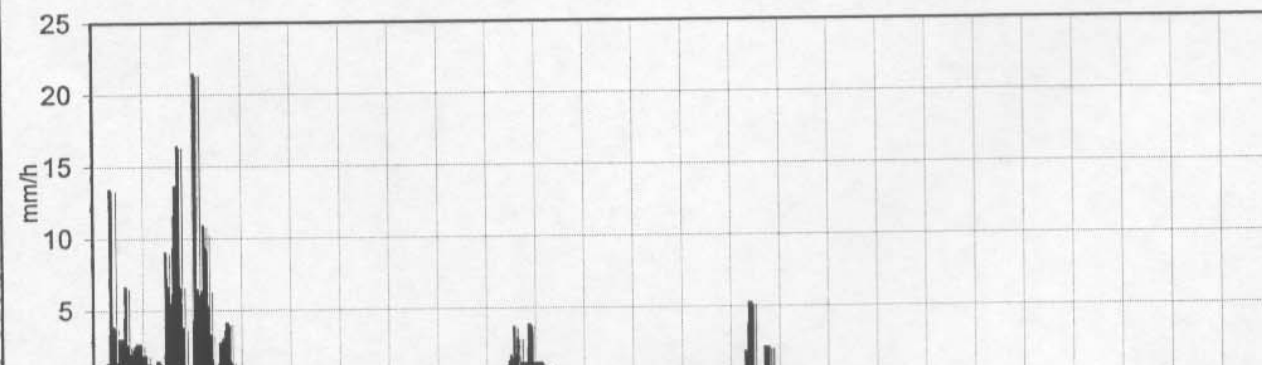
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-09-1944
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 14-12-1943
Serie minotal de intensidades de lluvia.



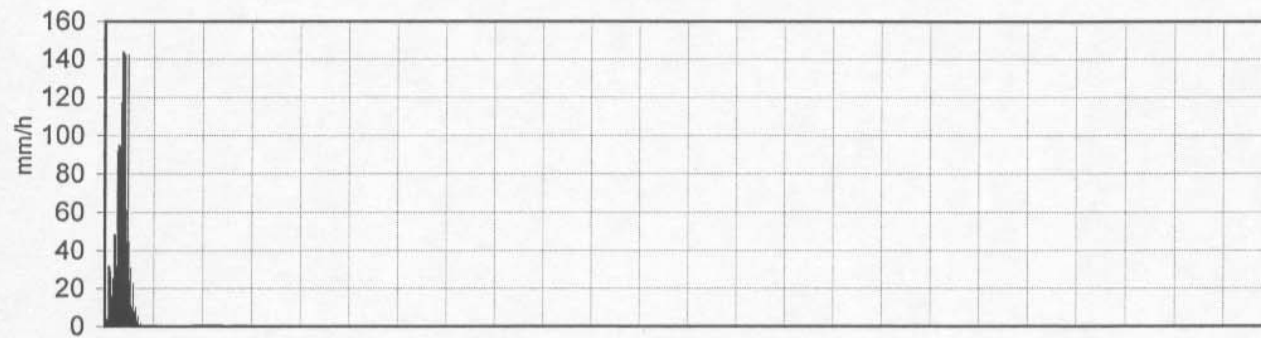
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 08-09-1944
Serie minotal de intensidades de lluvia.



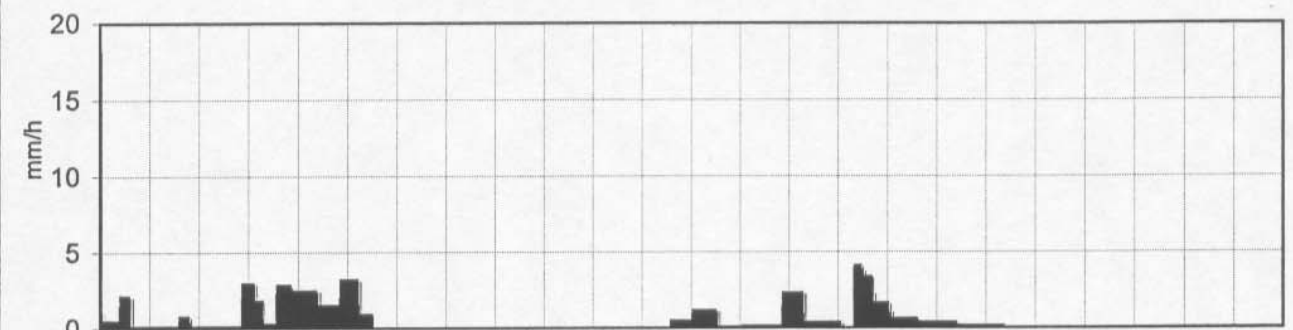
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 20-09-1944
Serie minotal de intensidades de lluvia.



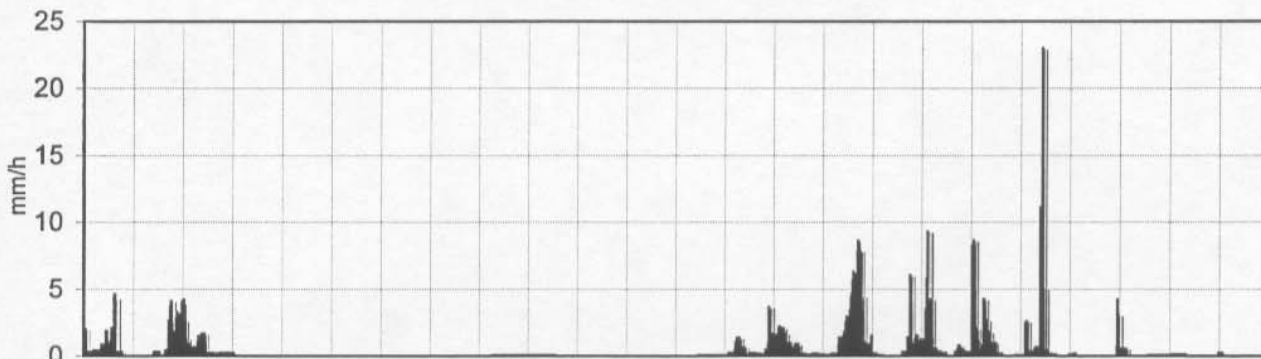
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-12-1944
Serie minotal de intensidades de lluvia.



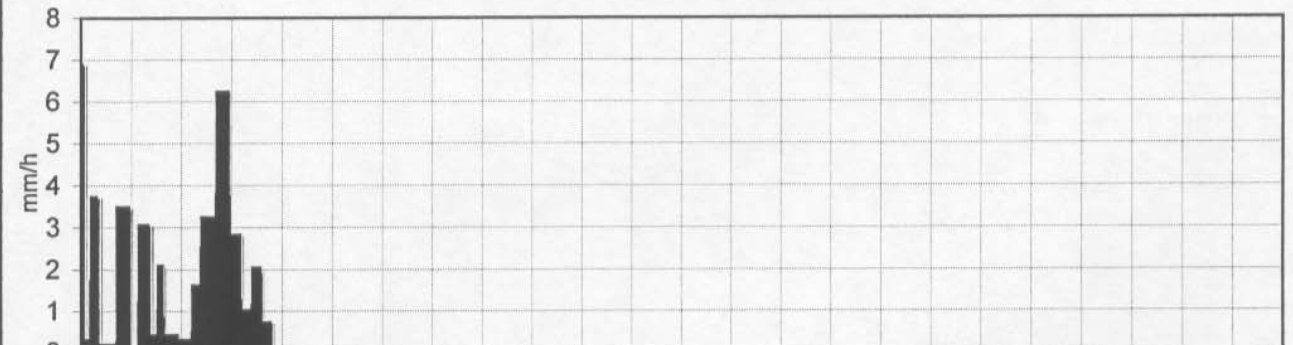
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 25-12-1944
Serie minotal de intensidades de lluvia.



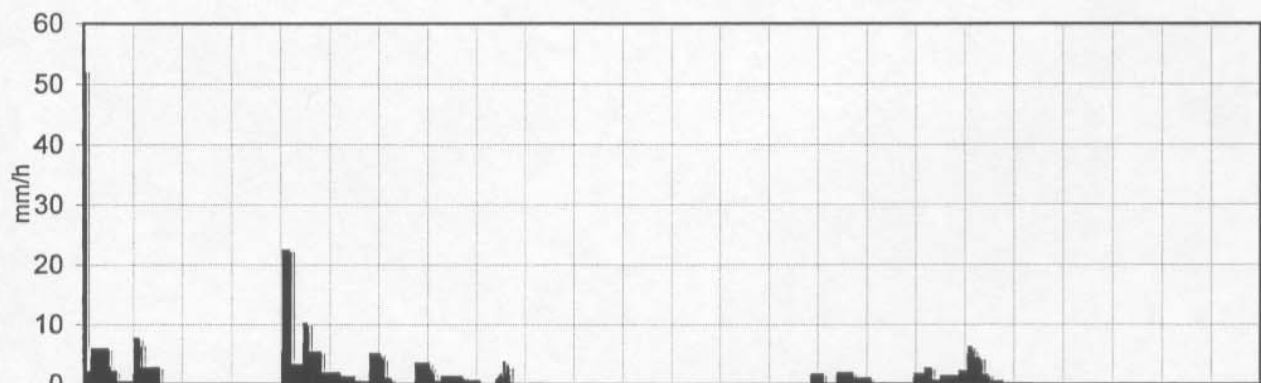
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 28-12-1944
Serie minotal de intensidades de lluvia.



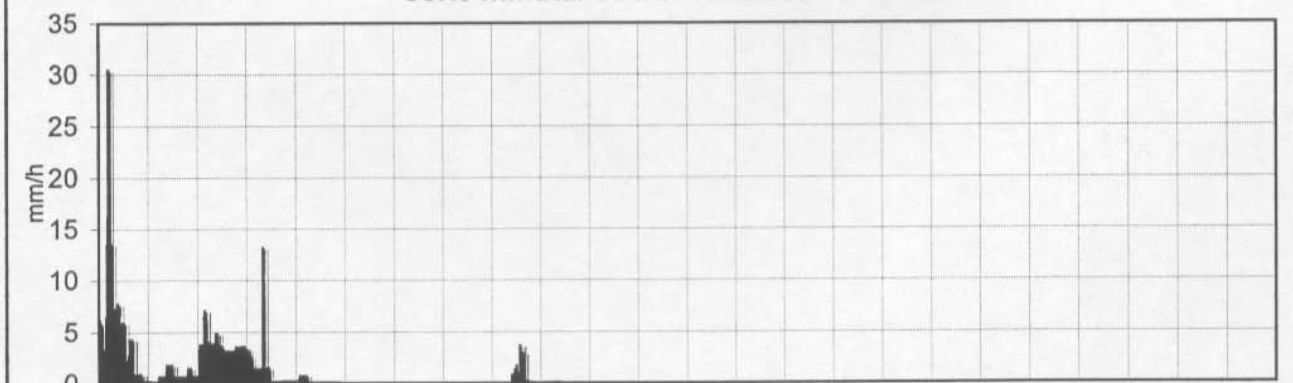
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 26-12-1944
Serie minotal de intensidades de lluvia.



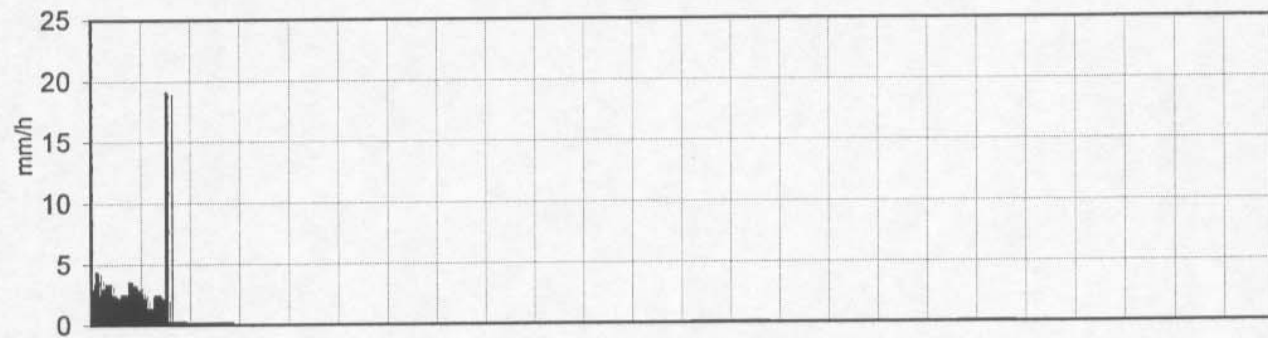
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 12- 1-1945
Serie minotal de intensidades de lluvia.



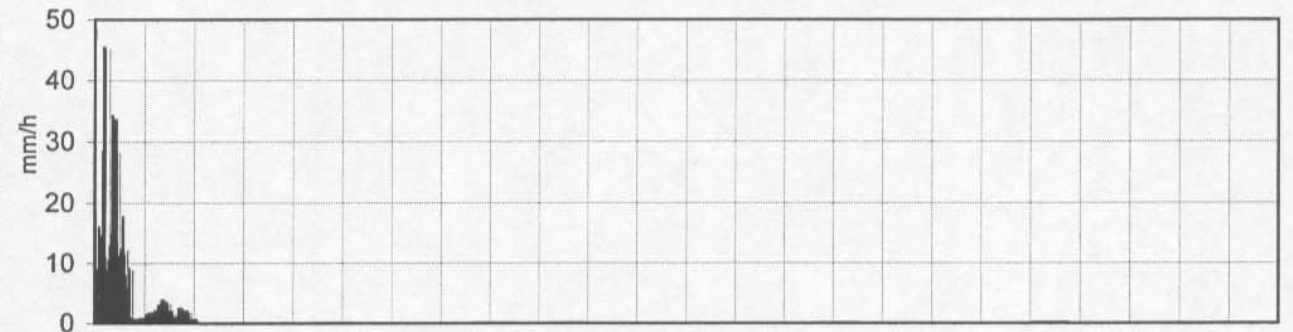
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 13- 1-1945
Serie minutal de intensidades de lluvia.



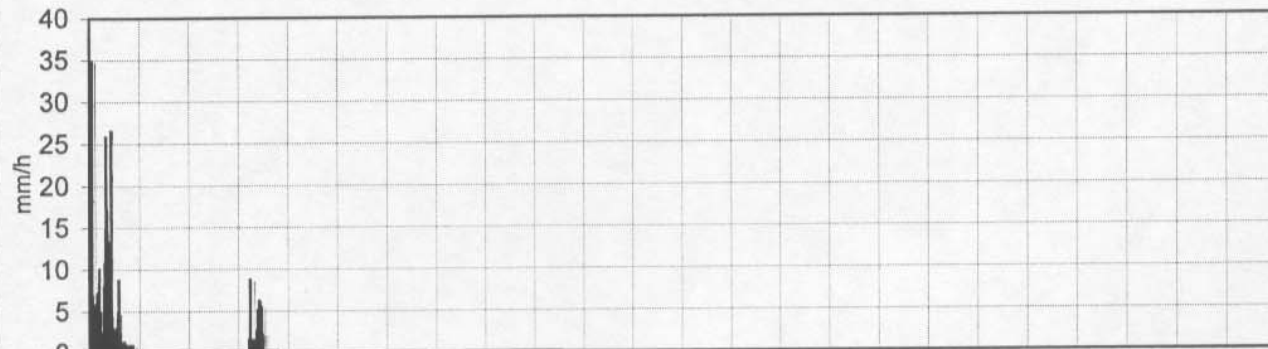
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 06-07-1945
Serie minutal de intensidades de lluvia.



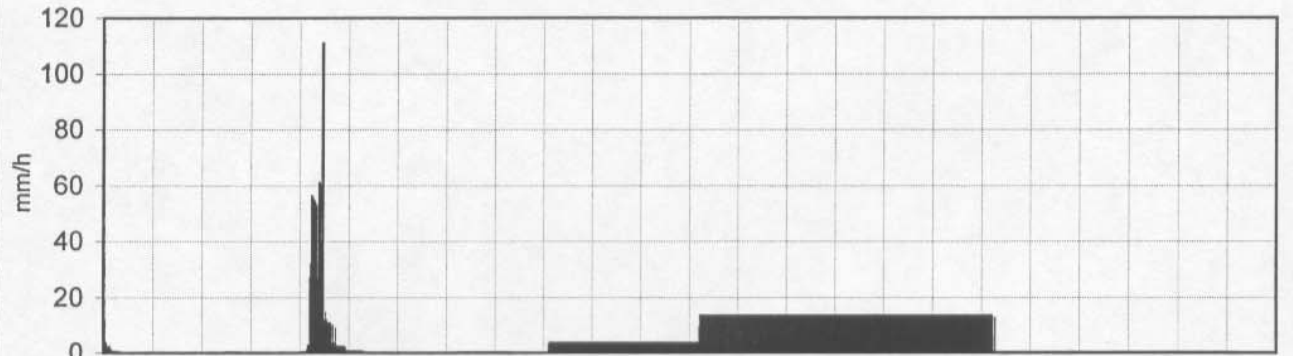
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 24-05-1945
Serie minutal de intensidades de lluvia.



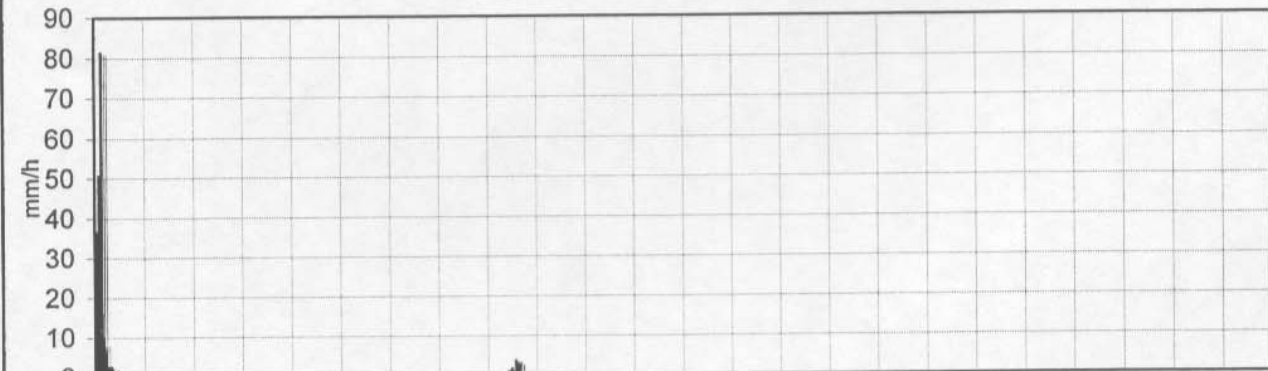
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-08-1945
Serie minutal de intensidades de lluvia.



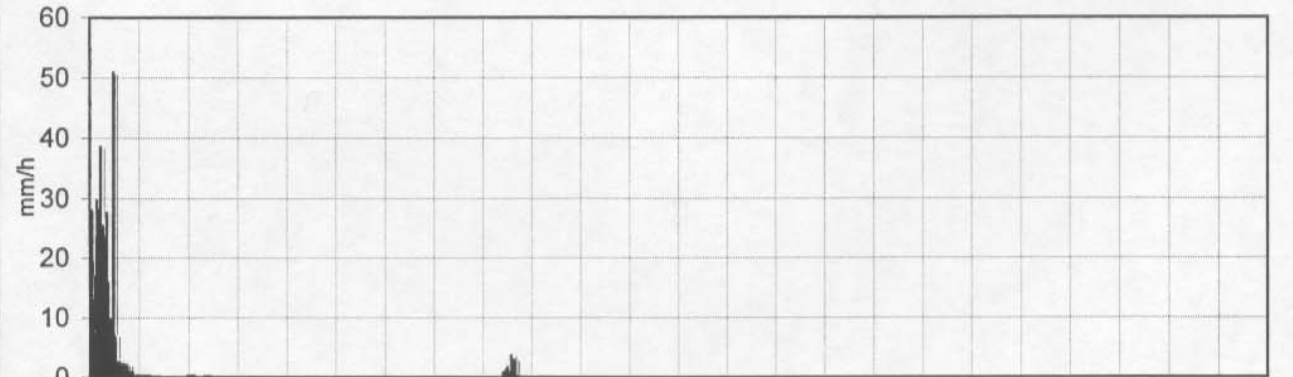
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 18-06-1945
Serie minutal de intensidades de lluvia.



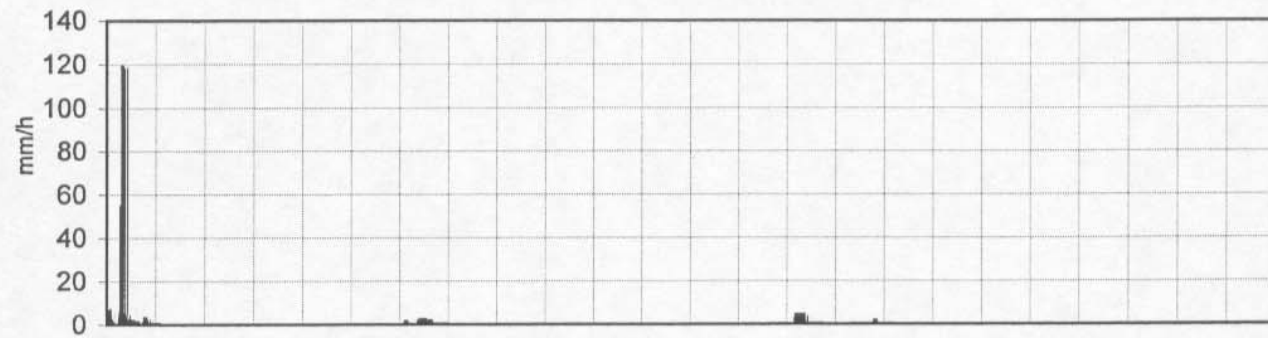
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 18-11-1945
Serie minutal de intensidades de lluvia.



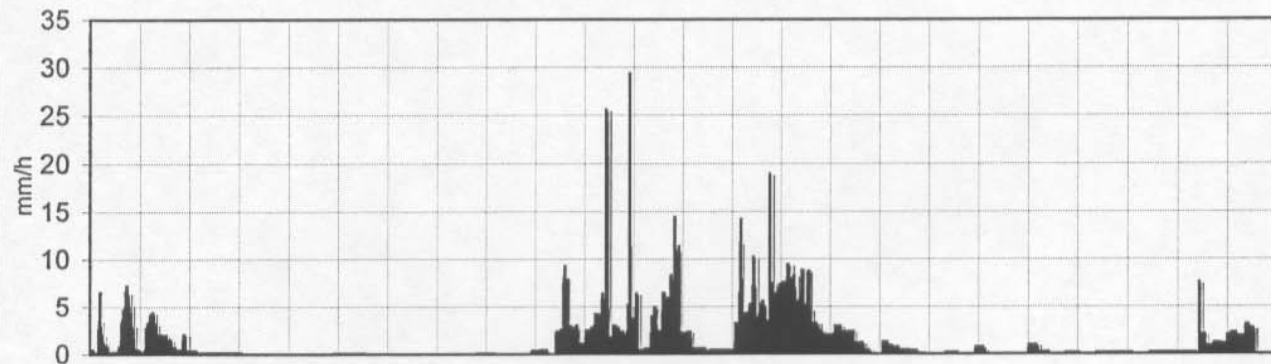
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 19-11-1945
Serie minotal de intensidades de lluvia.



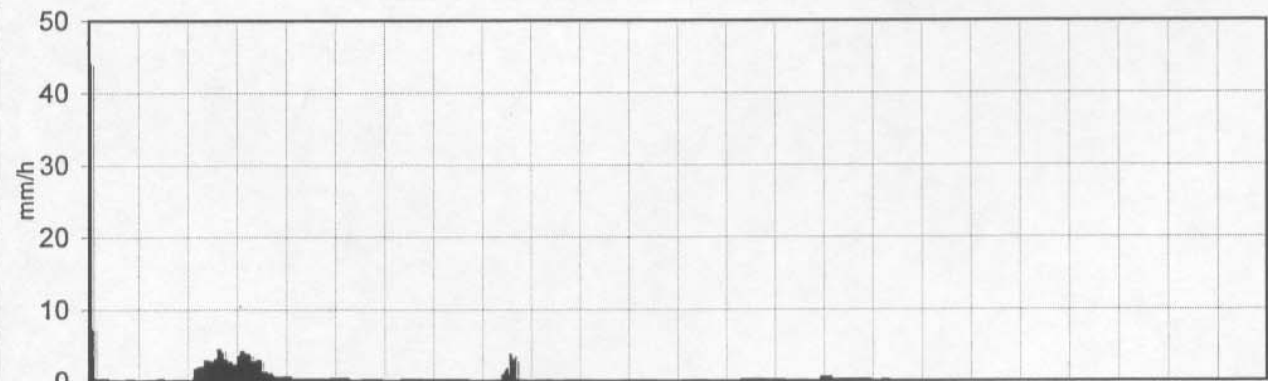
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 21-11-1945
Serie minotal de intensidades de lluvia.



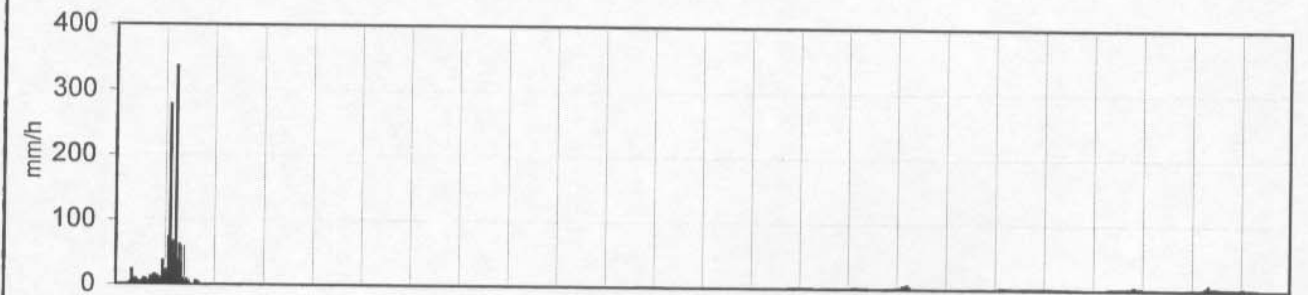
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 18-04-1946
Serie minotal de intensidades de lluvia.



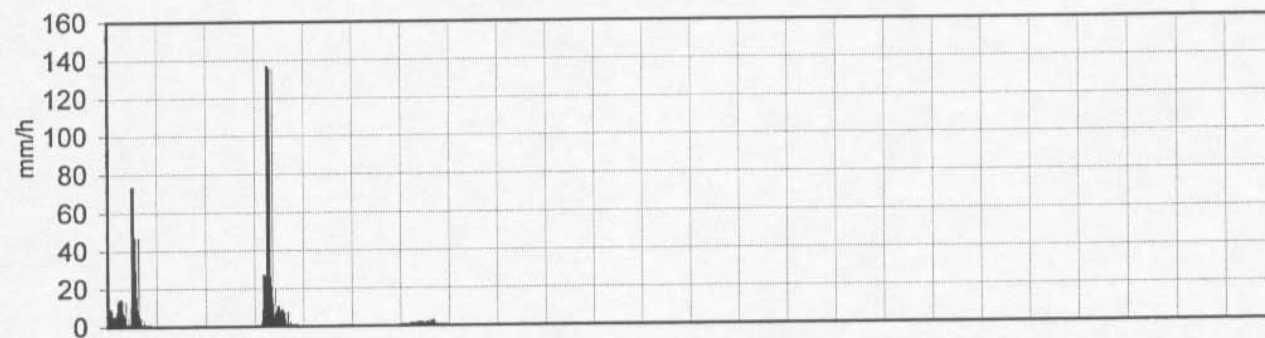
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 19-04-1946
Serie minotal de intensidades de lluvia.



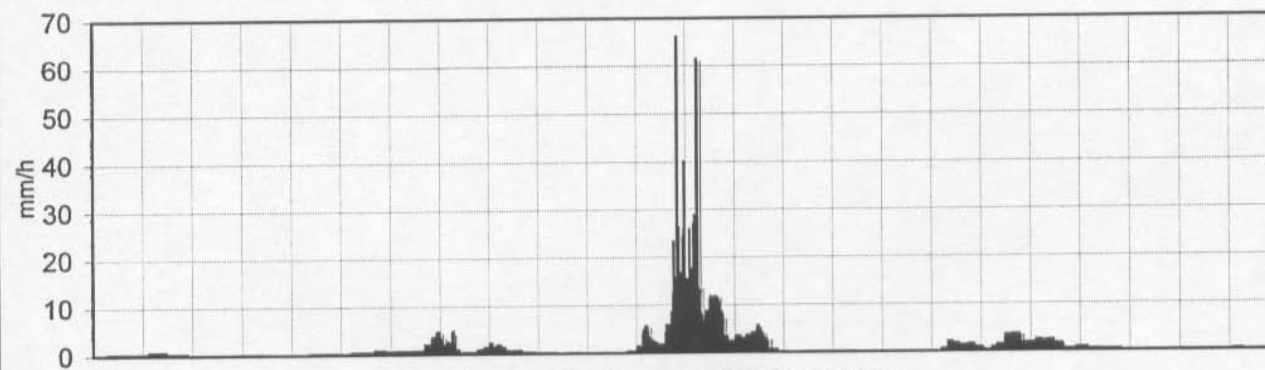
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 22-05-1946
Serie minutal de intensidades de lluvia.



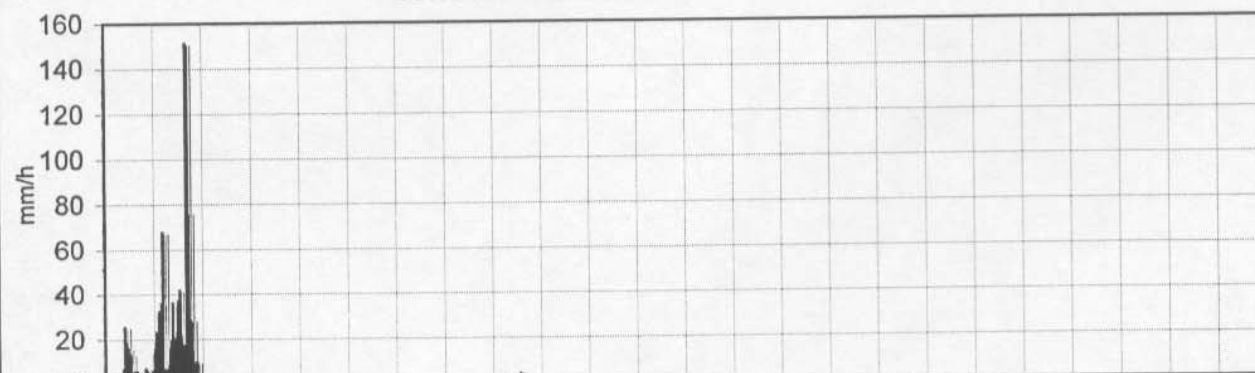
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 18-12-1946
Serie minutal de intensidades de lluvia.



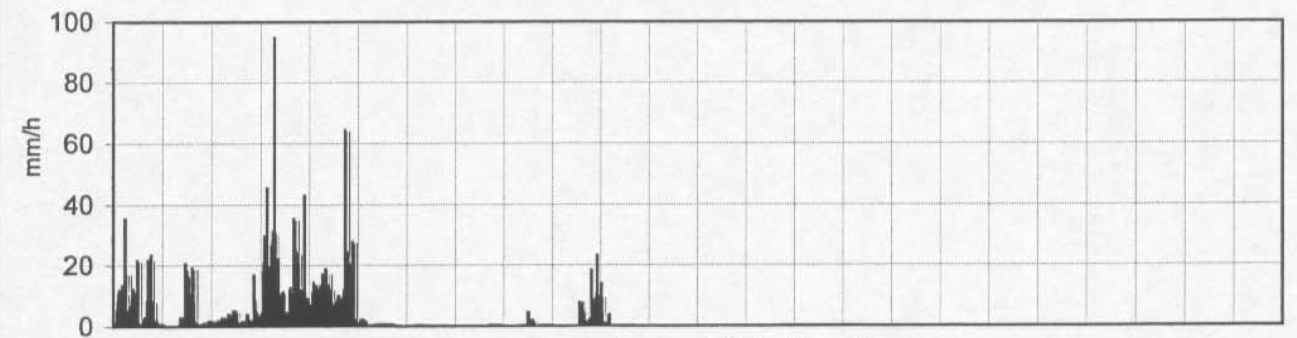
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 12-05-1947
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 13-05-1947
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 14-05-1947
Serie minutal de intensidades de lluvia.



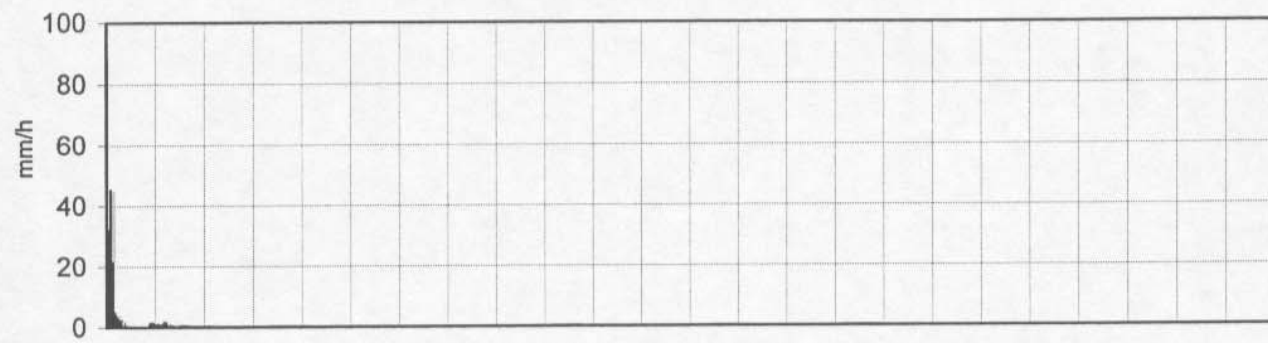
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 01-09-1947
Serie minutal de intensidades de lluvia.



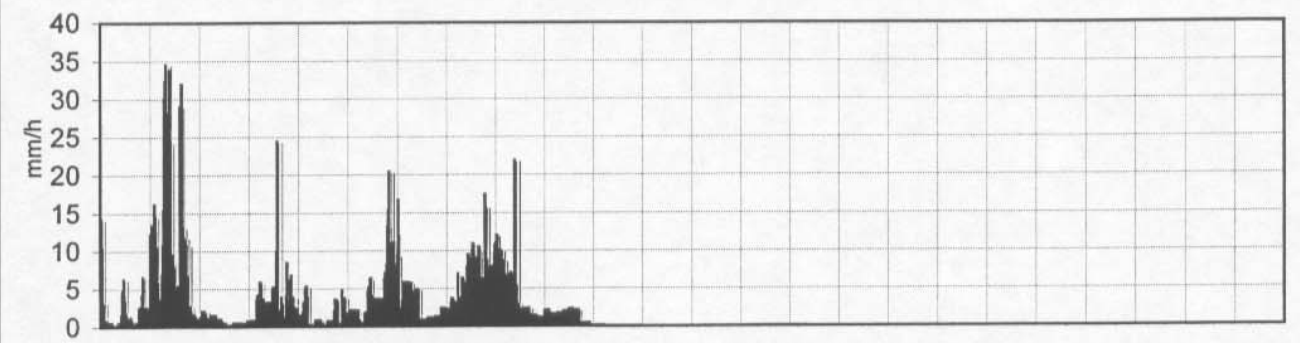
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 09-10-1947
Serie minutal de intensidades de lluvia.



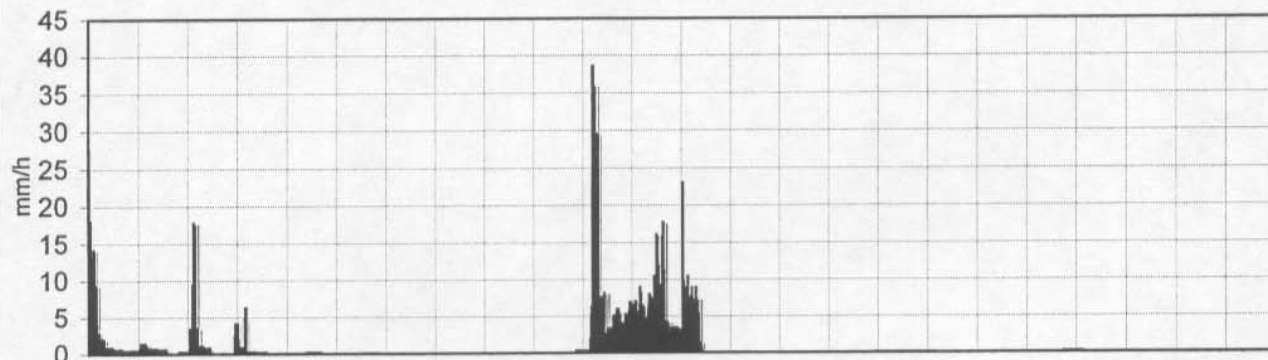
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-05-1948
Serie minutal de intensidades de lluvia.



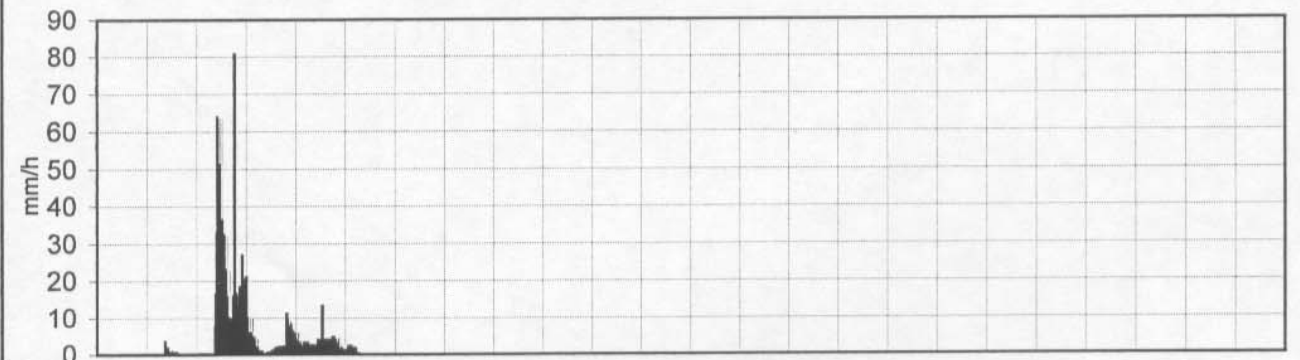
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-03-1948
Serie minutal de intensidades de lluvia.



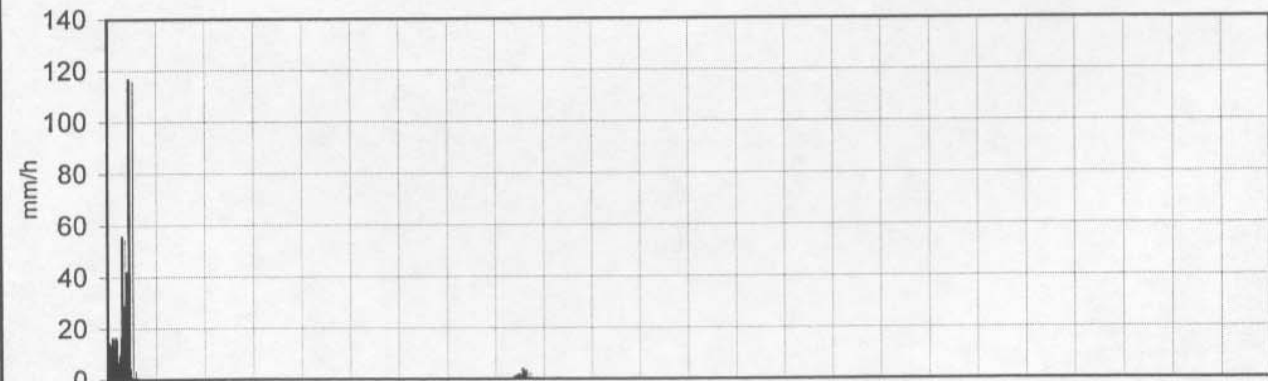
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 10-07-1948
Serie minutal de intensidades de lluvia.



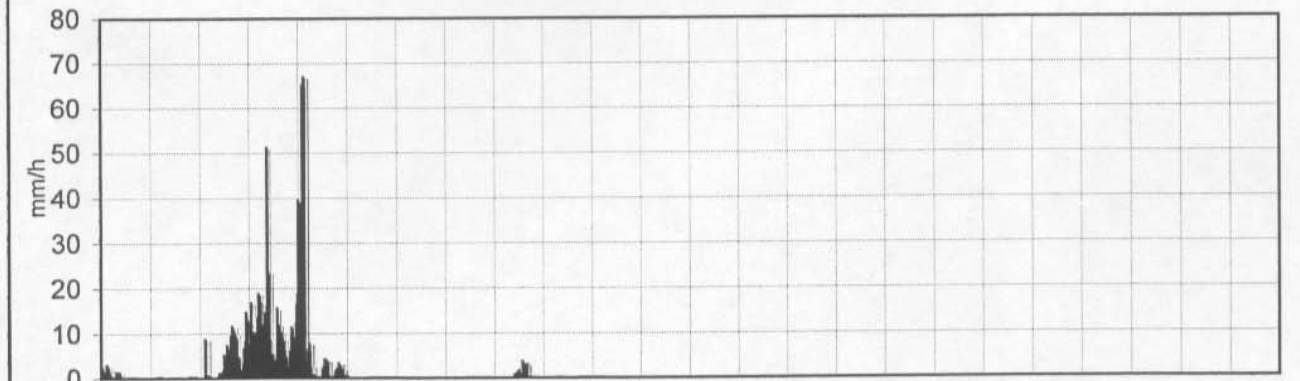
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 20-04-1948
Serie minutal de intensidades de lluvia.



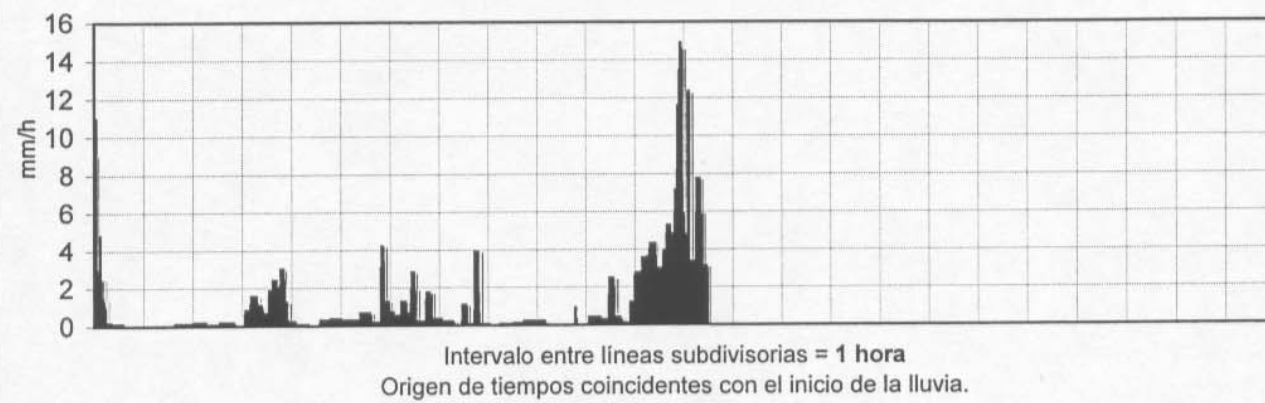
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 10-10-1948
Serie minutal de intensidades de lluvia.

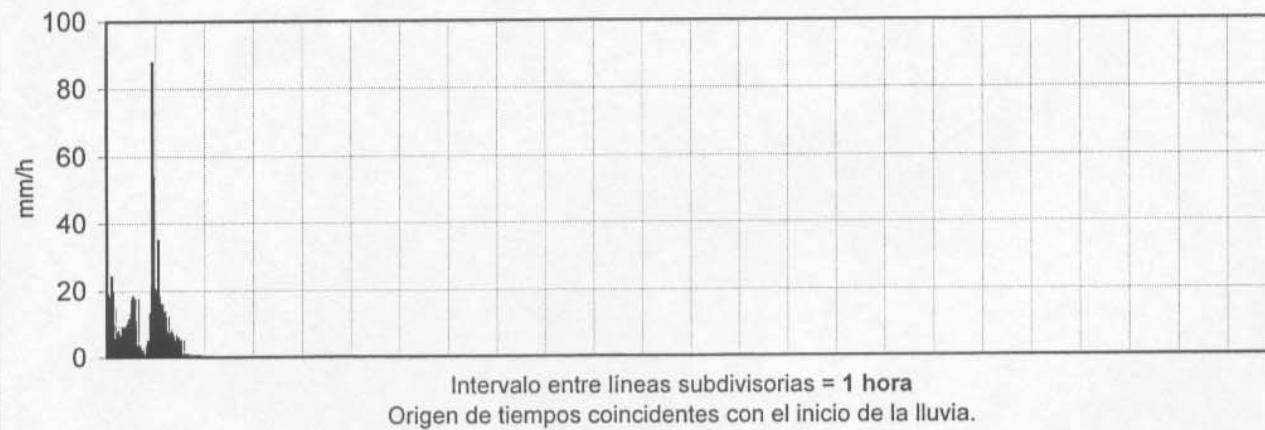


Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

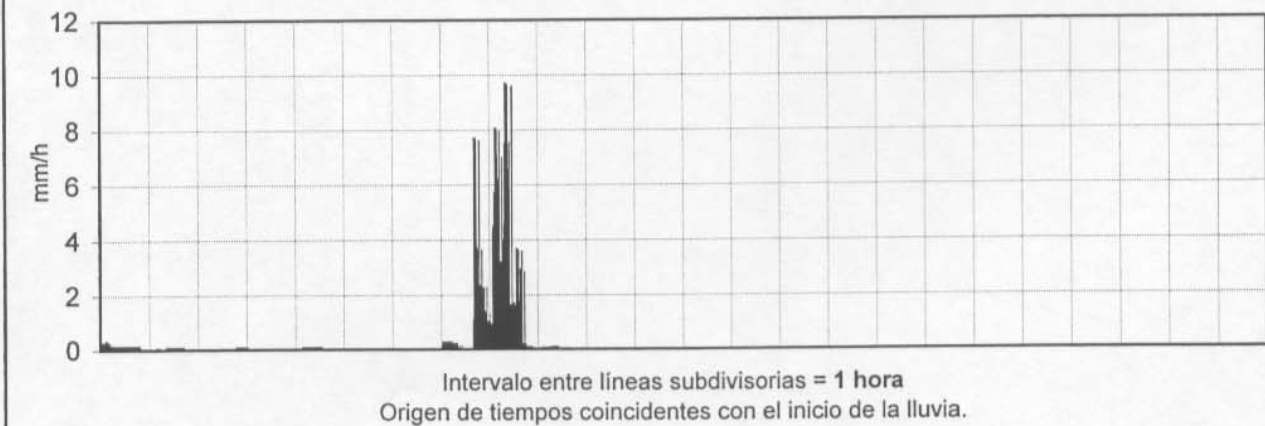
Fecha: 24-12-1948
Serie minutal de intensidades de lluvia.



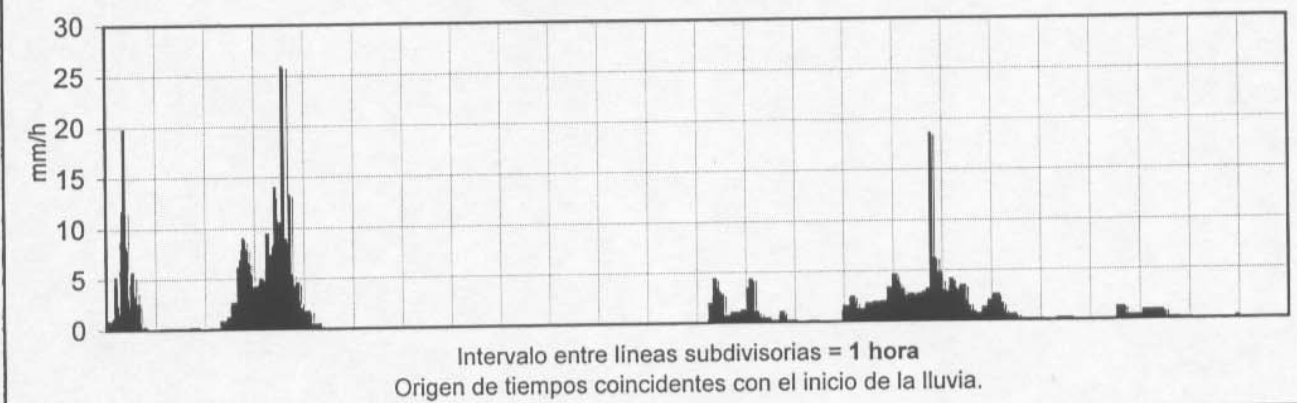
Fecha: 25-12-1948
Serie minutal de intensidades de lluvia.



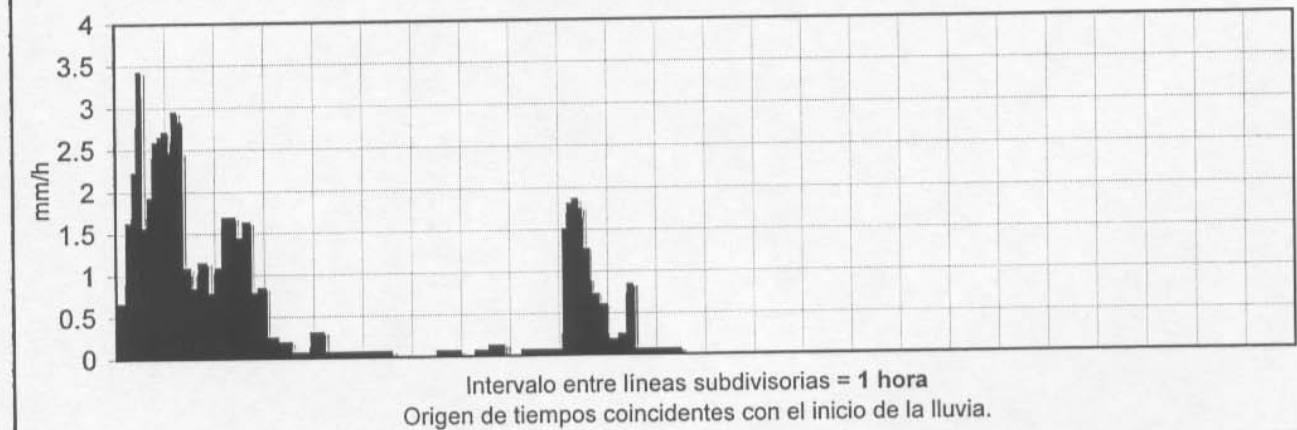
Fecha: 9-01-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.



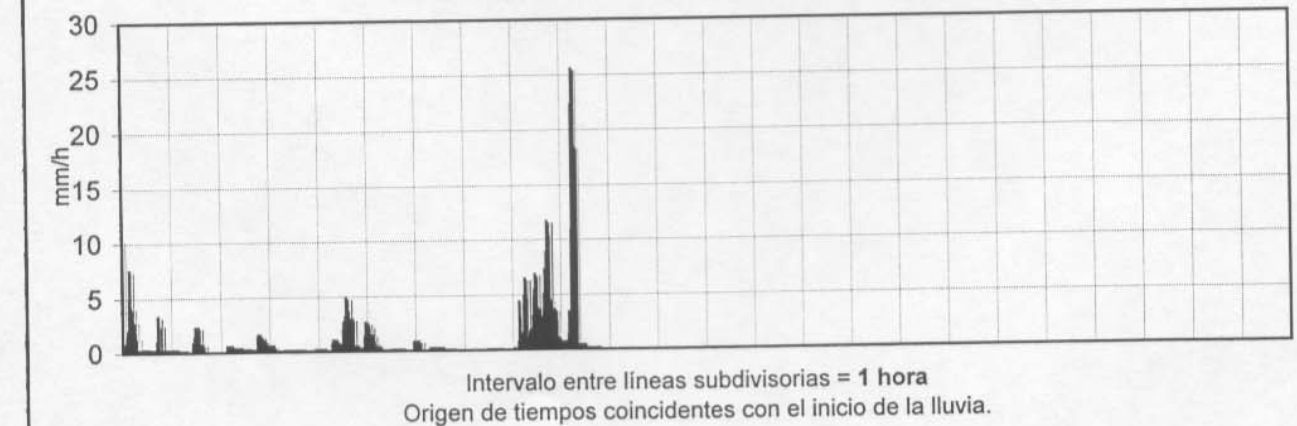
Fecha: 10-01-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.



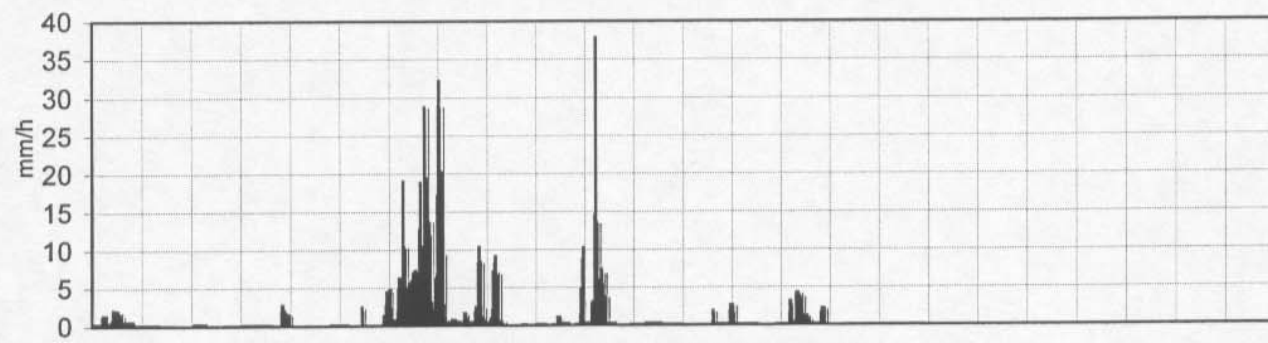
Fecha: 11-01-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Fecha: 27-01-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.

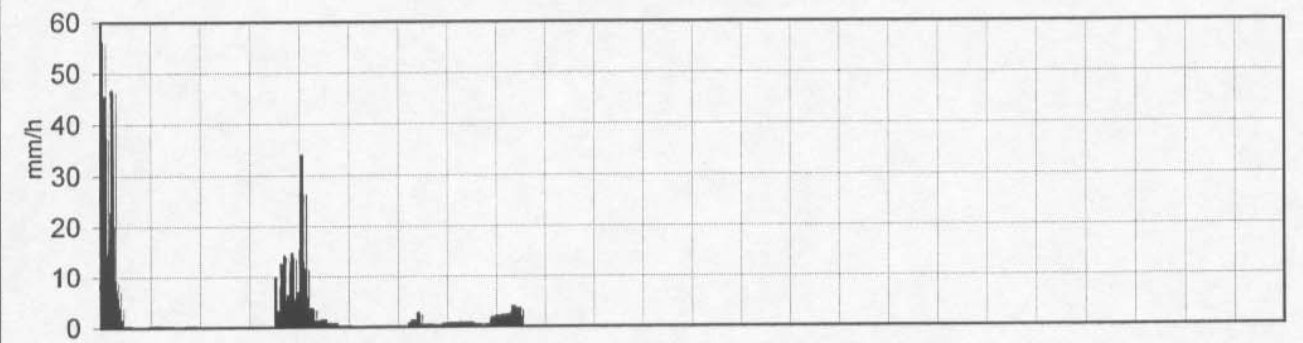


Fecha: 28-01-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.



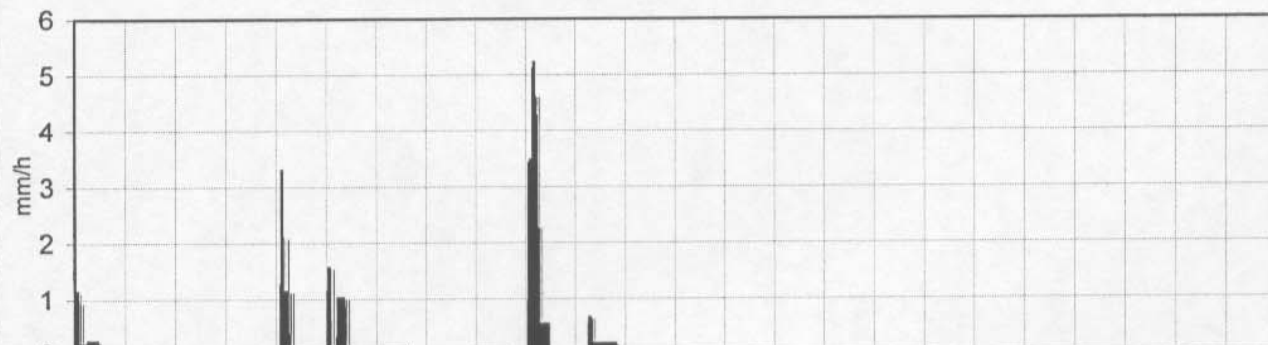
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 28-08-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 29-01-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 29-08-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.



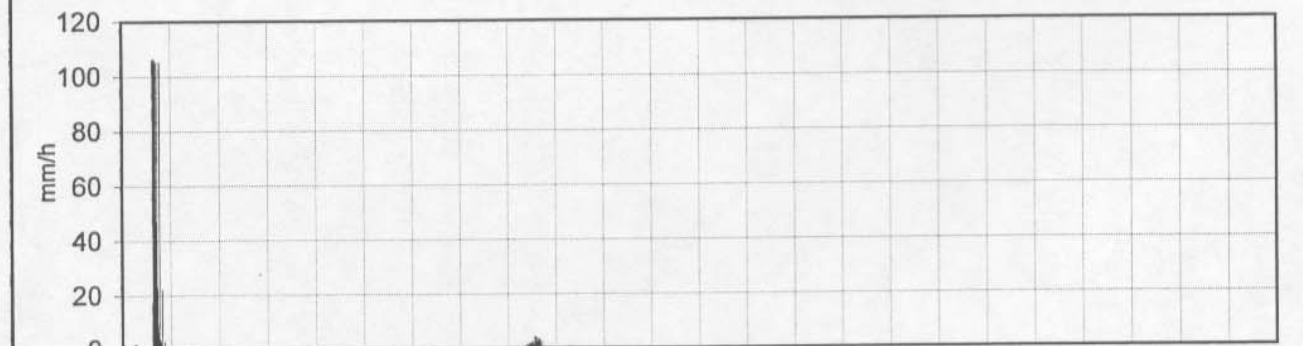
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 26-03-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.



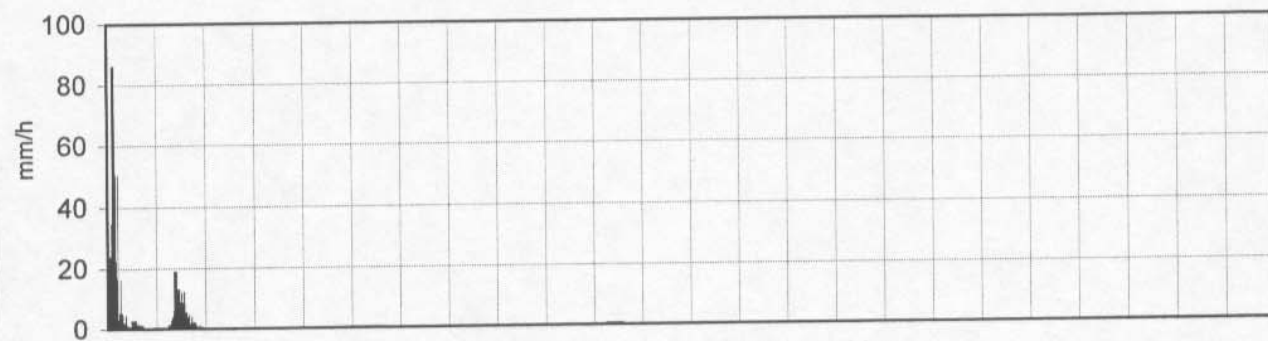
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 10-09-1949
Serie minutal de intensidades de lluvia.



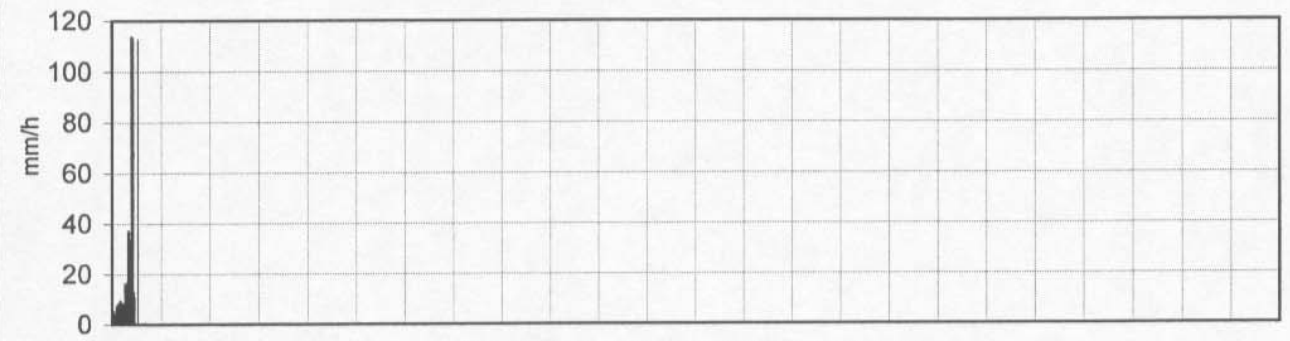
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 11-09-1949
Serie minotal de intensidades de lluvia.



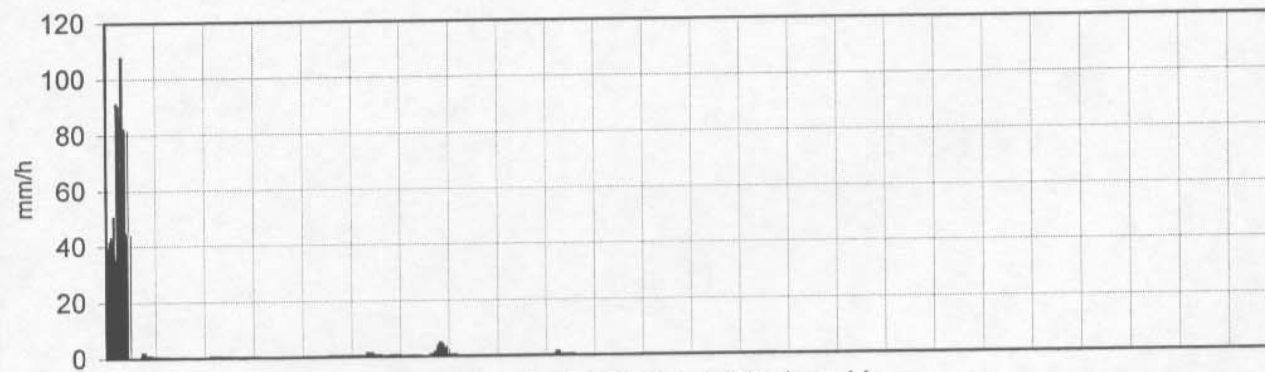
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 12-05-1950
Serie minotal de intensidades de lluvia.



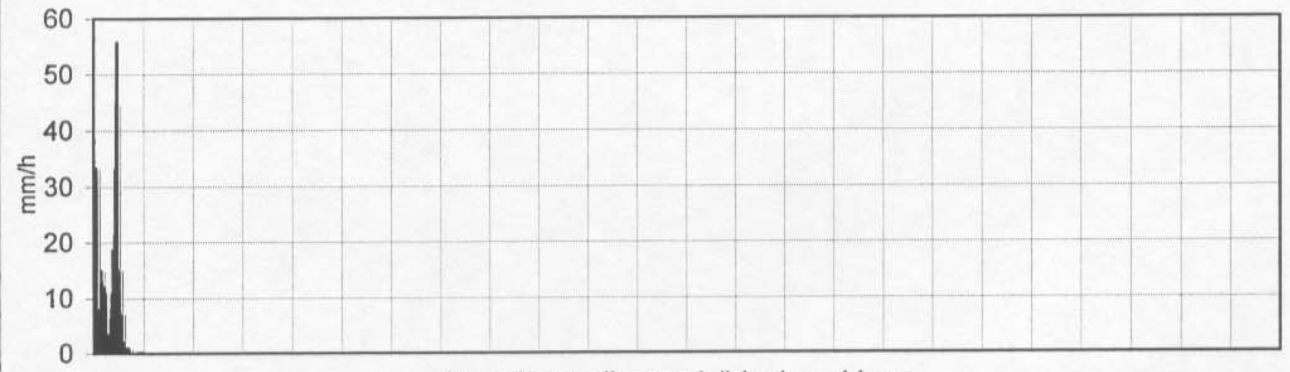
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 02-11-1949
Serie minotal de intensidades de lluvia.



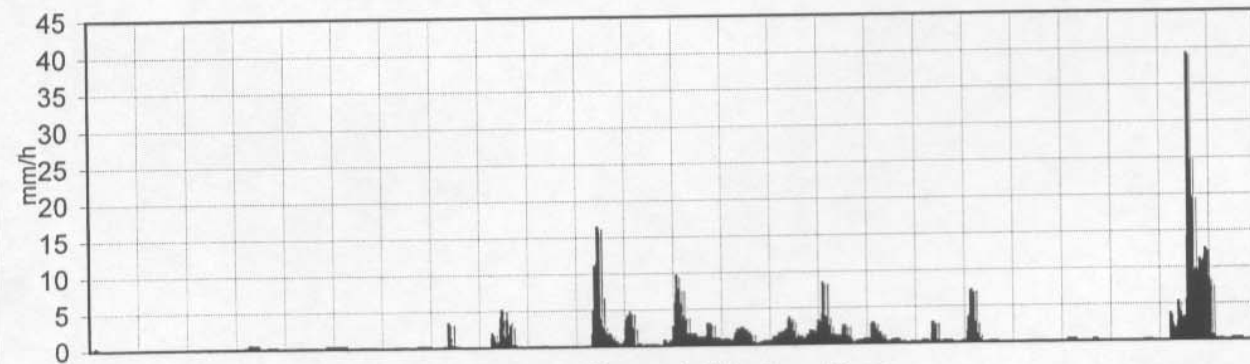
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 03-08-1950
Serie minotal de intensidades de lluvia.



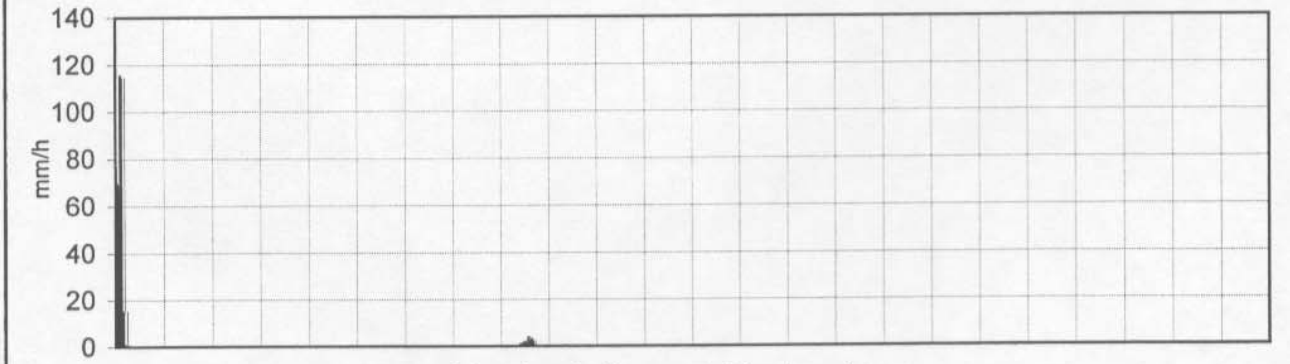
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 22-01-1950
Serie minotal de intensidades de lluvia.



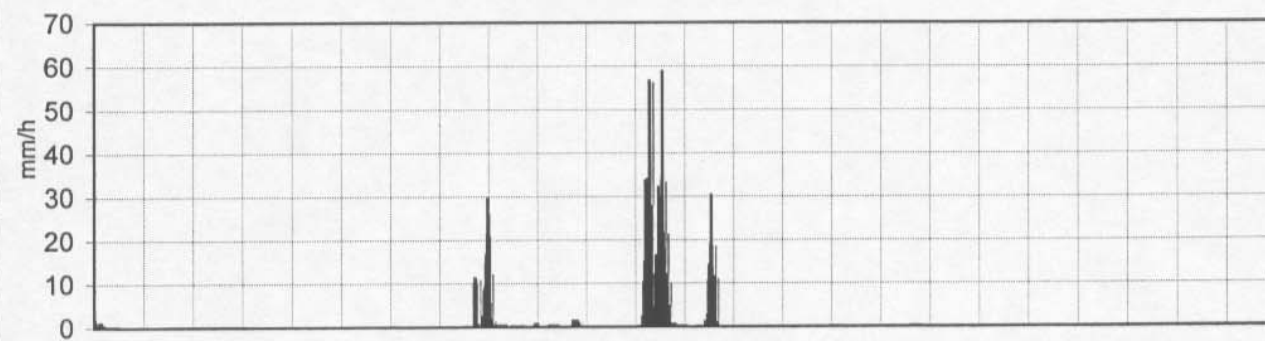
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-08-1950
Serie minotal de intensidades de lluvia.



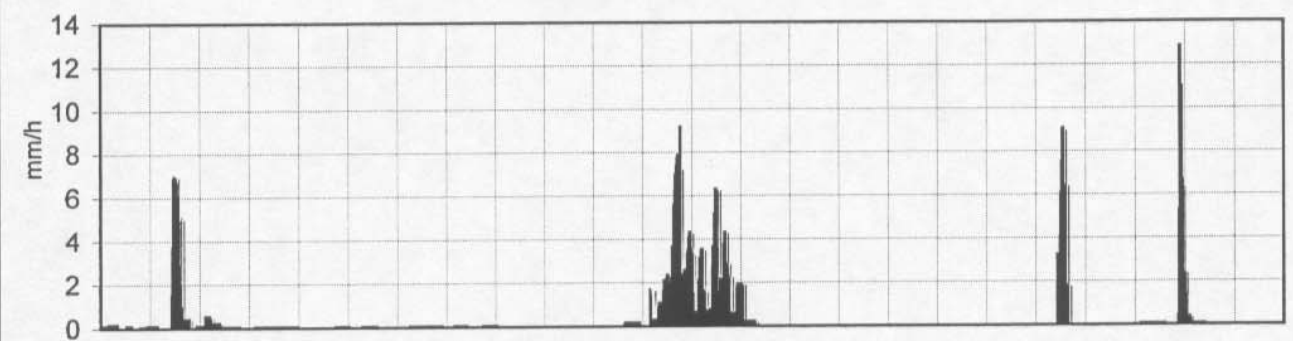
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-09-1950
Serie minutal de intensidades de lluvia.



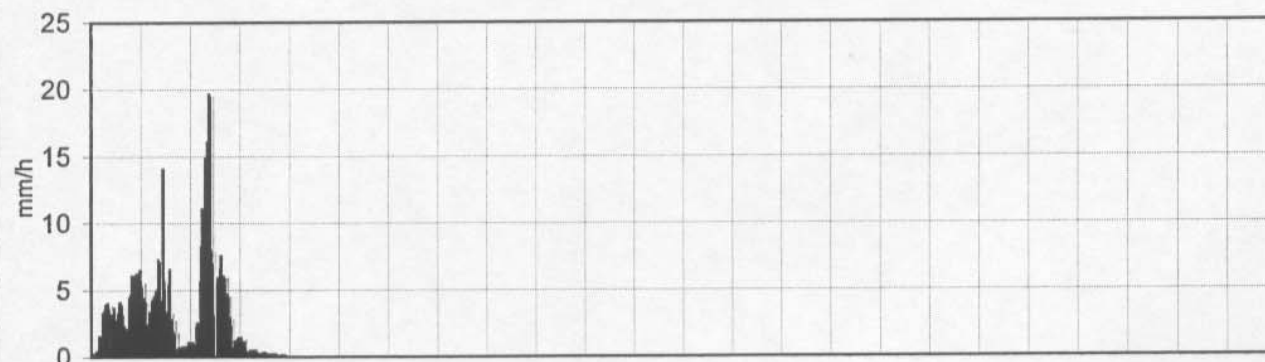
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 16-10-1950
Serie minutal de intensidades de lluvia.



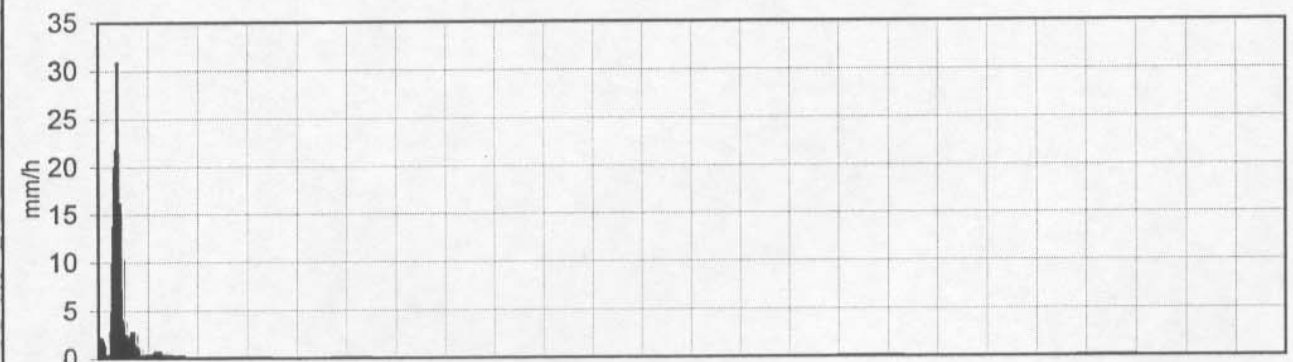
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 14-10-1950
Serie minutal de intensidades de lluvia.



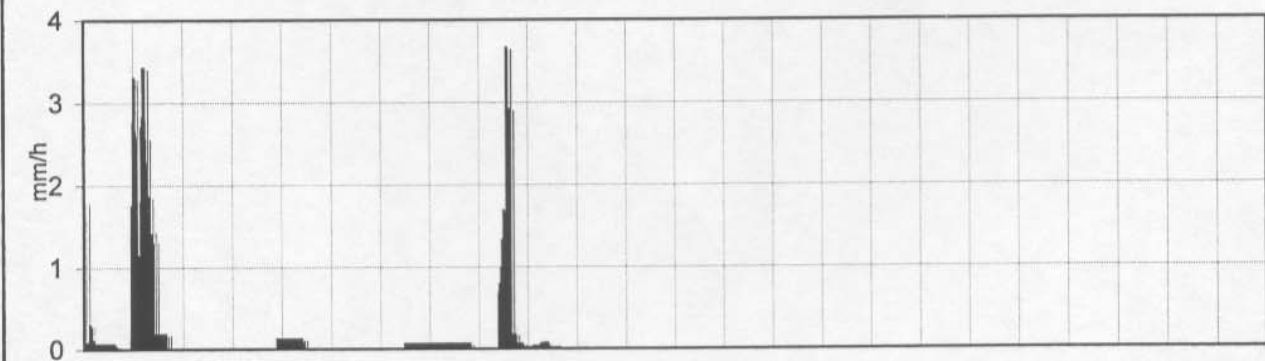
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 17-10-1950
Serie minutal de intensidades de lluvia.



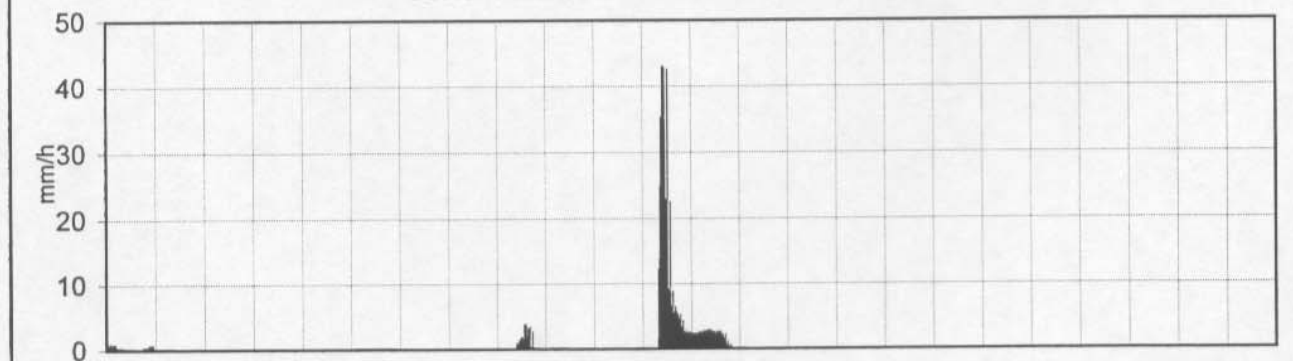
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 15-10-1950
Serie minutal de intensidades de lluvia.



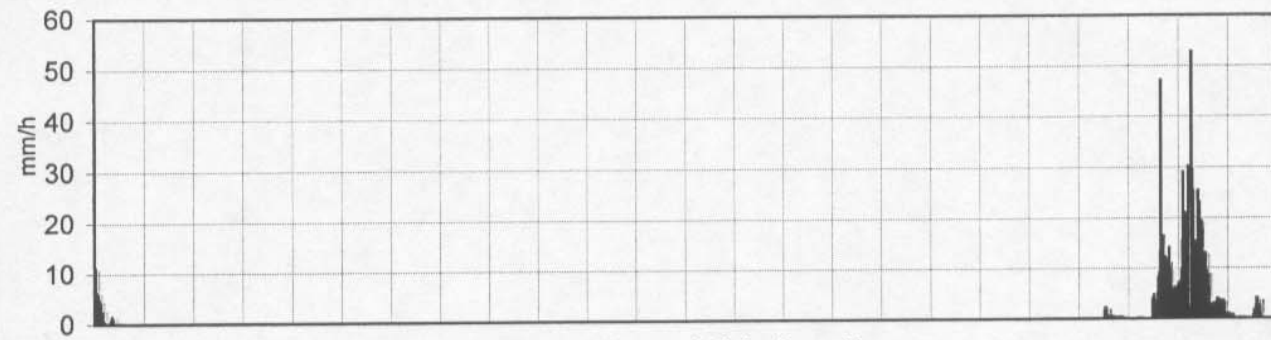
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-04-1951
Serie minutal de intensidades de lluvia.



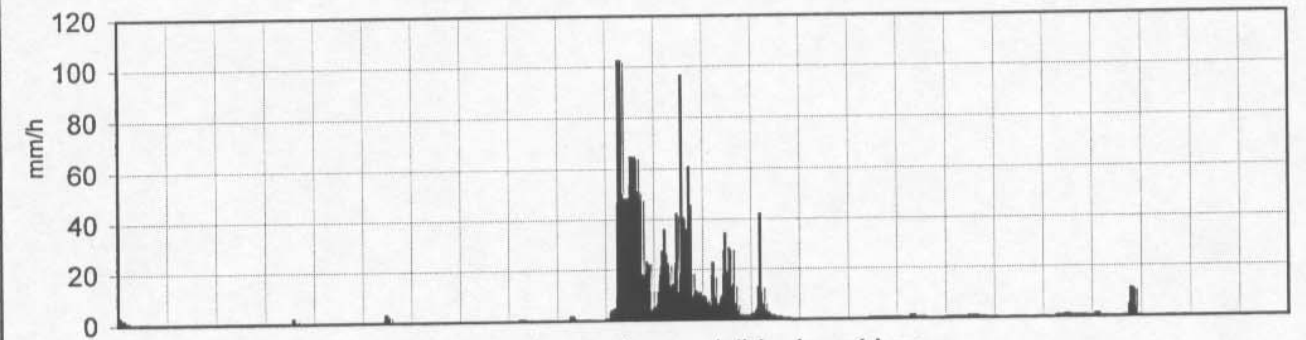
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 02-10-1951
Serie minutal de intensidades de lluvia.



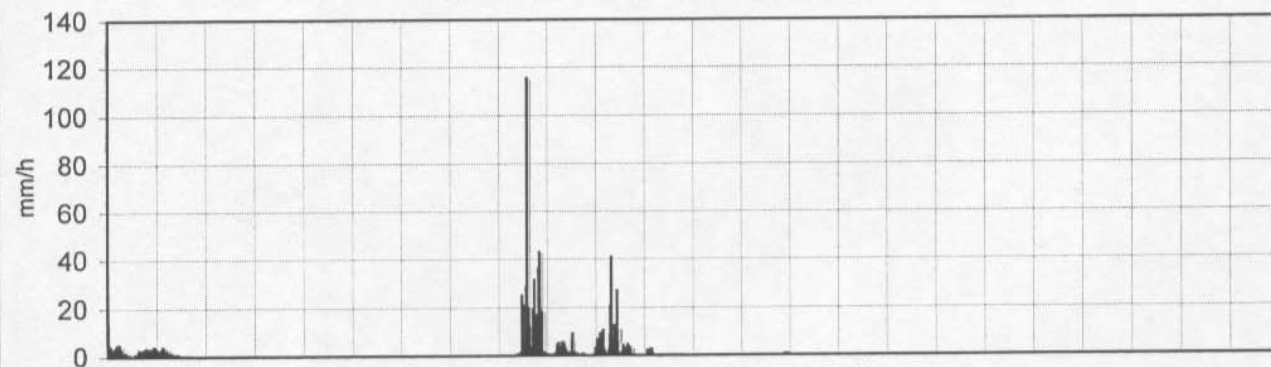
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 19-10-1952
Serie minutal de intensidades de lluvia.



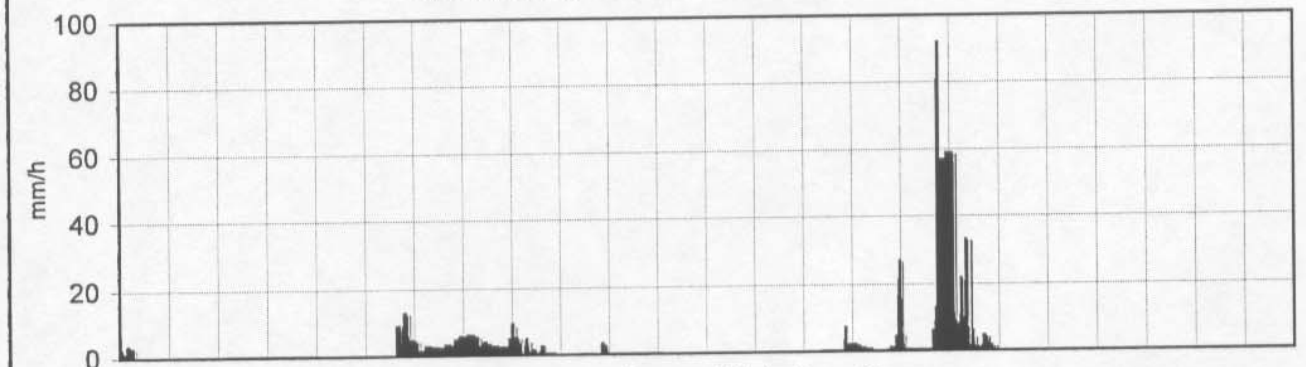
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 03-10-1951
Serie minutal de intensidades de lluvia.



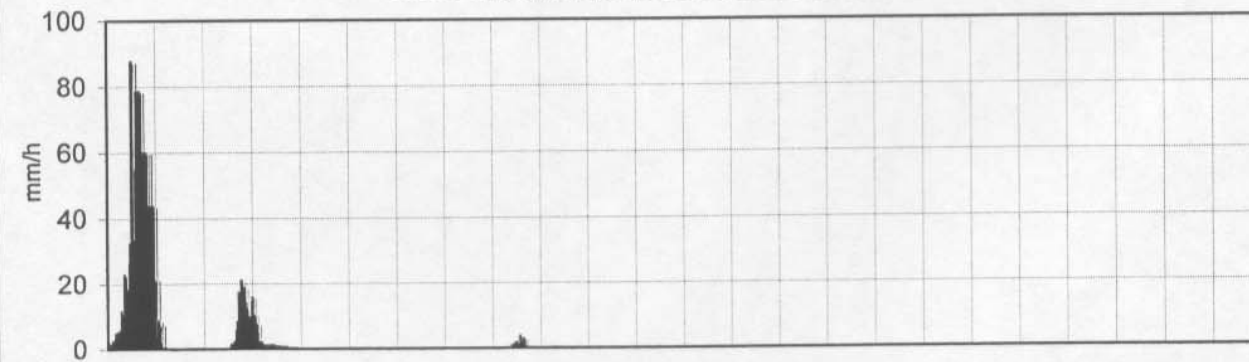
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 04-06-1953
Serie minutal de intensidades de lluvia.



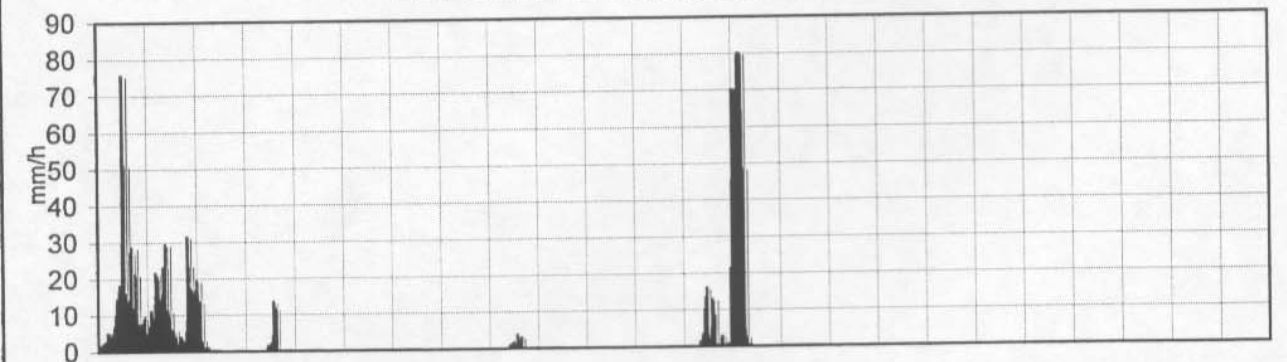
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 19-09-1952
Serie minutal de intensidades de lluvia.



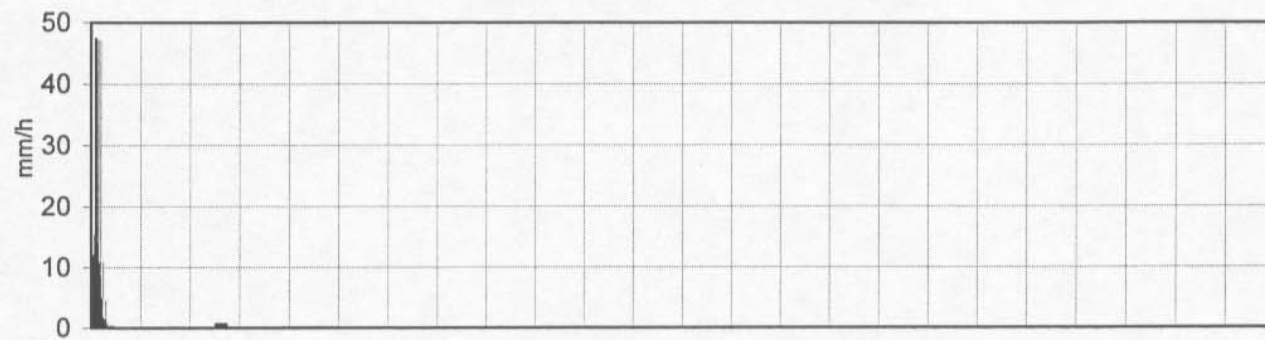
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 03-10-1953
Serie minutal de intensidades de lluvia.



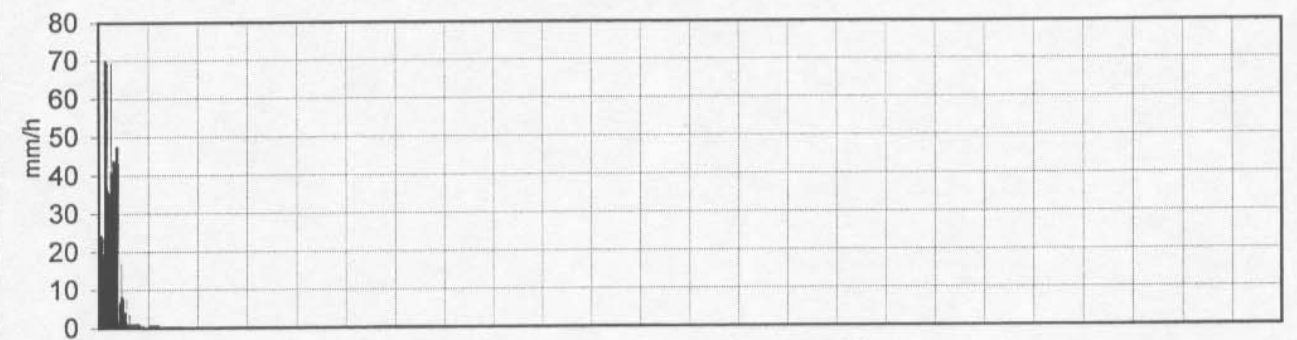
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 04-10-1953
Serie minotal de intensidades de lluvia.



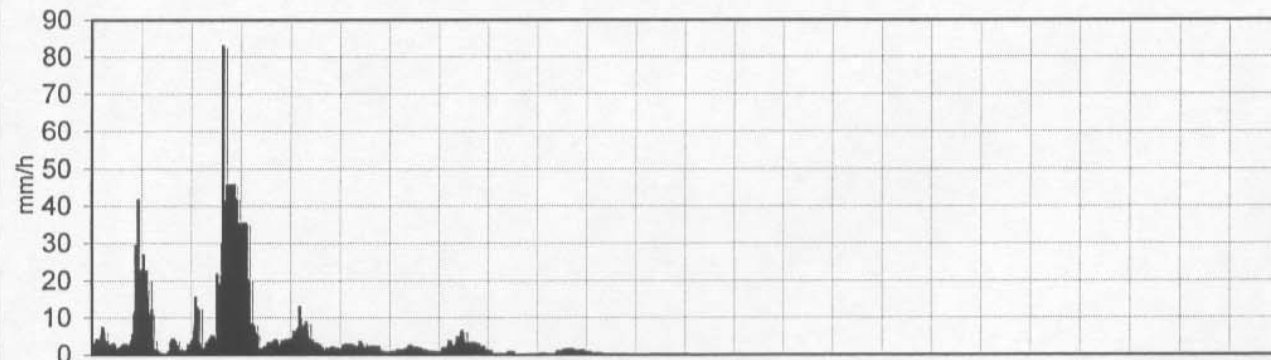
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 15-05-1954
Serie minotal de intensidades de lluvia.



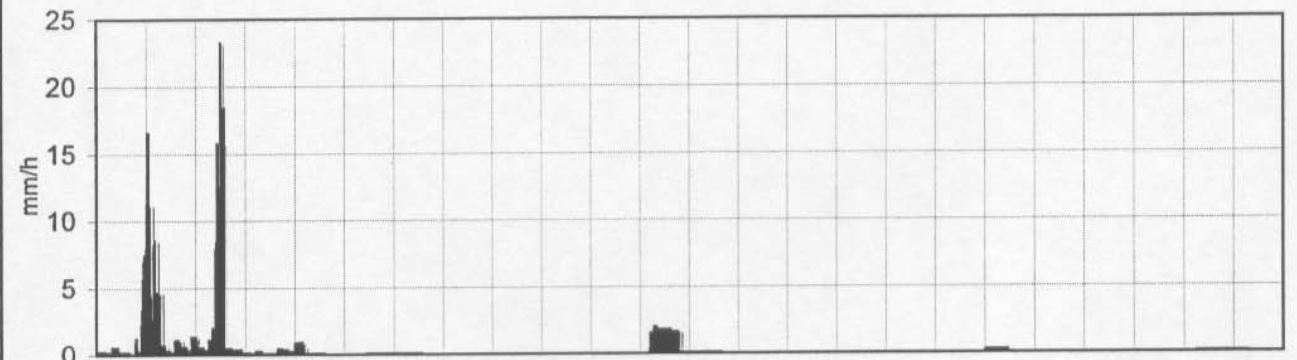
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 19-10-1953
Serie minotal de intensidades de lluvia.



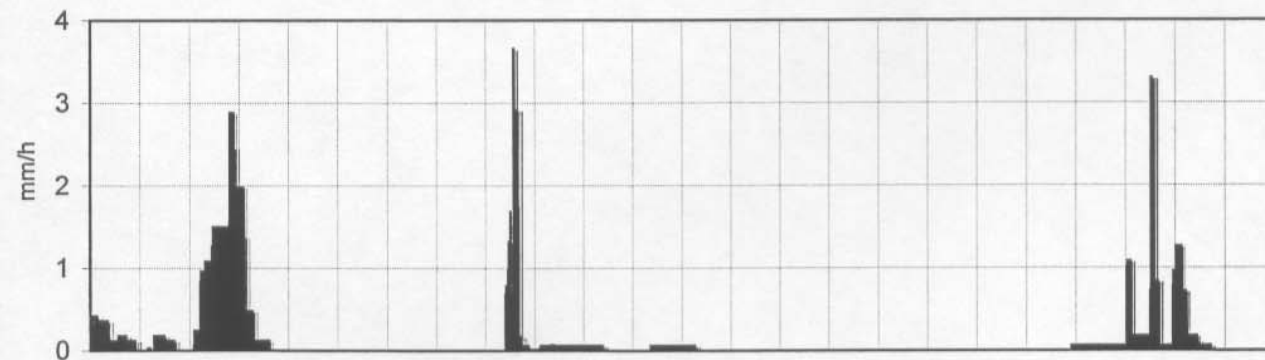
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 20-10-1954
Serie minotal de intensidades de lluvia.



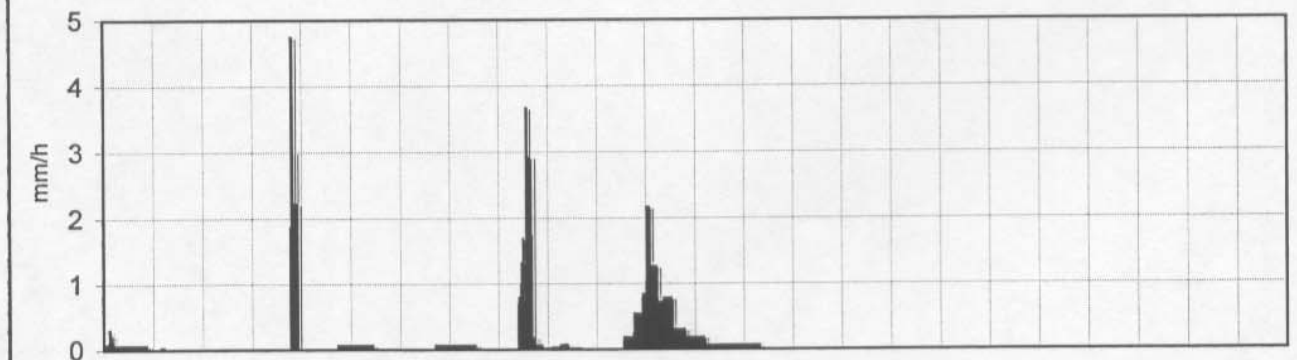
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 20-10-1953
Serie minotal de intensidades de lluvia.

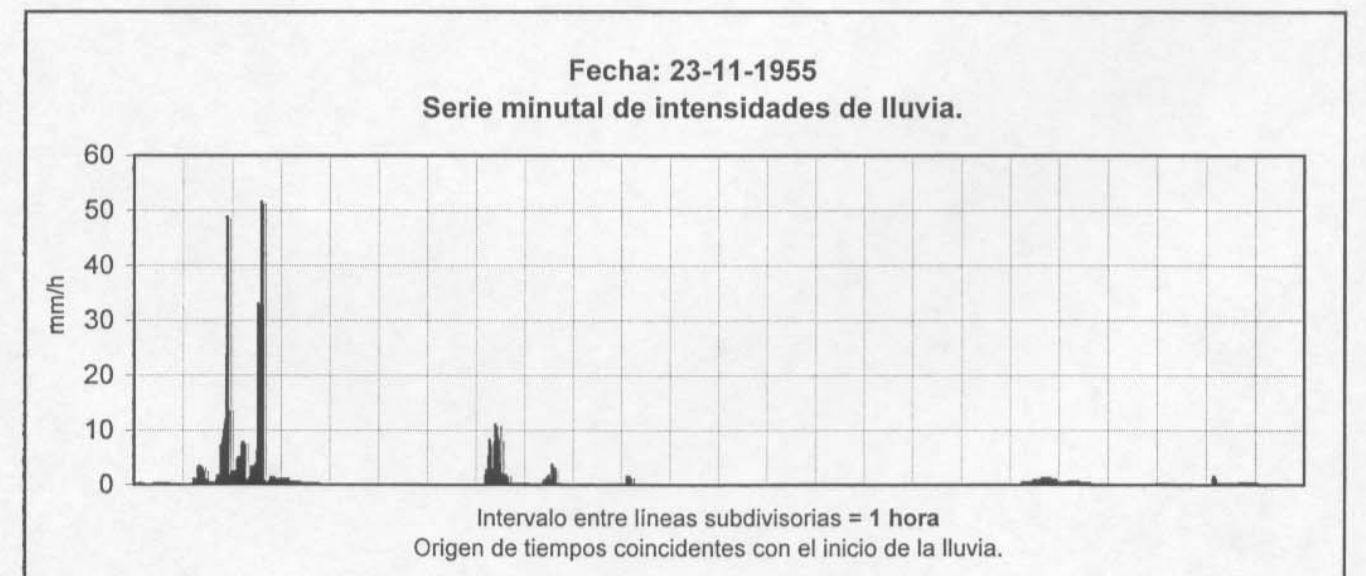
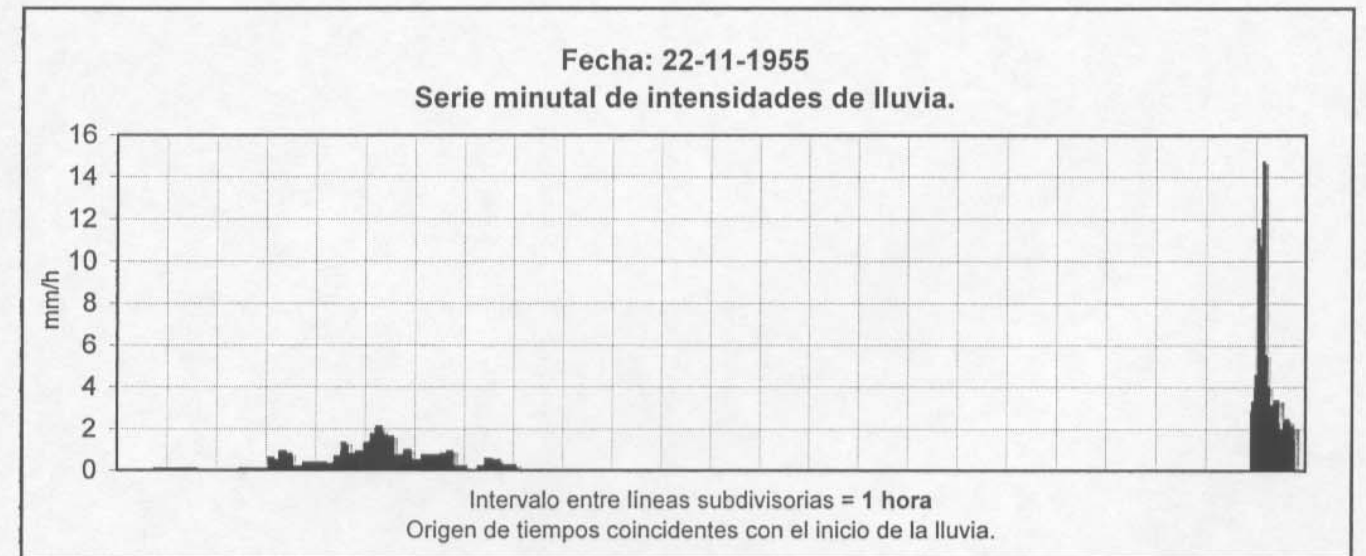
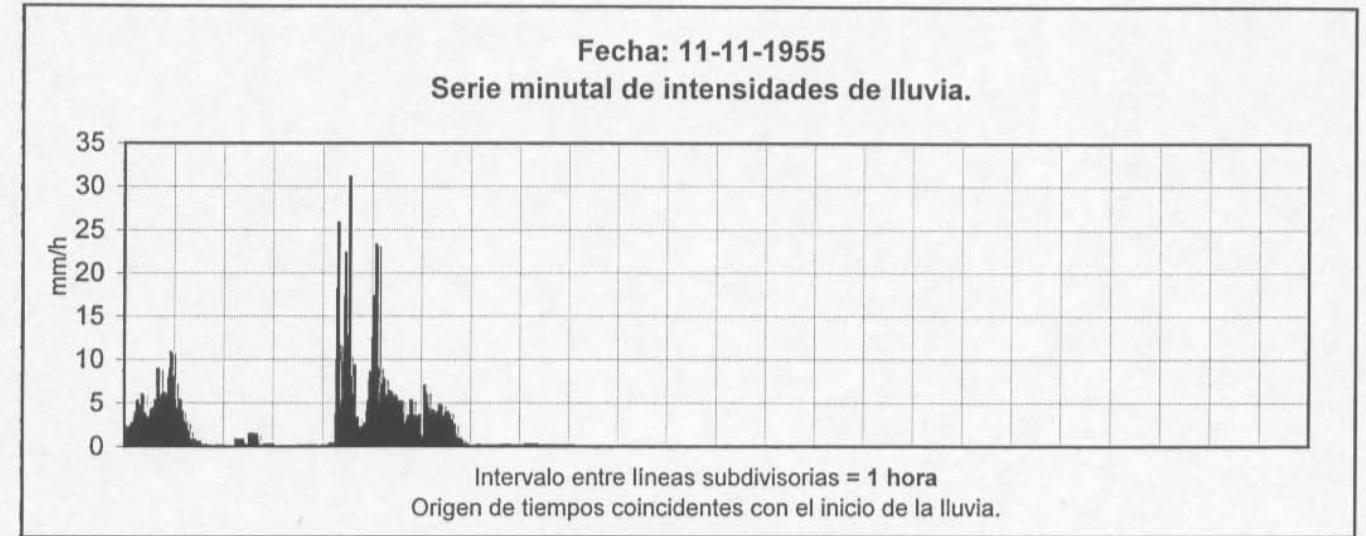
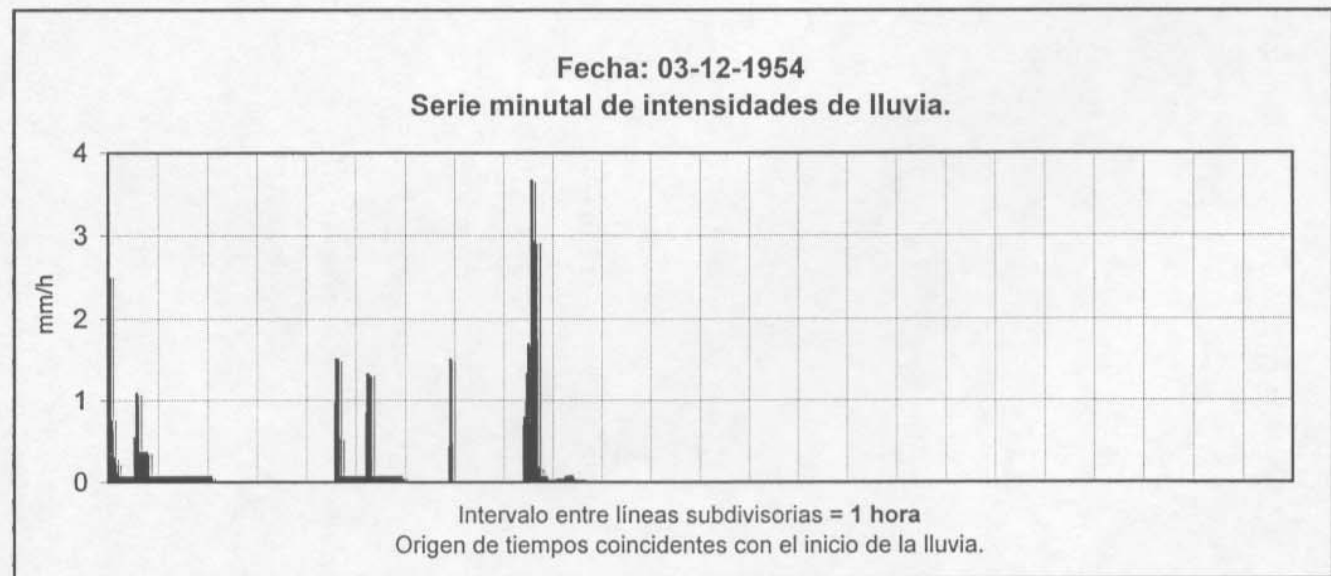
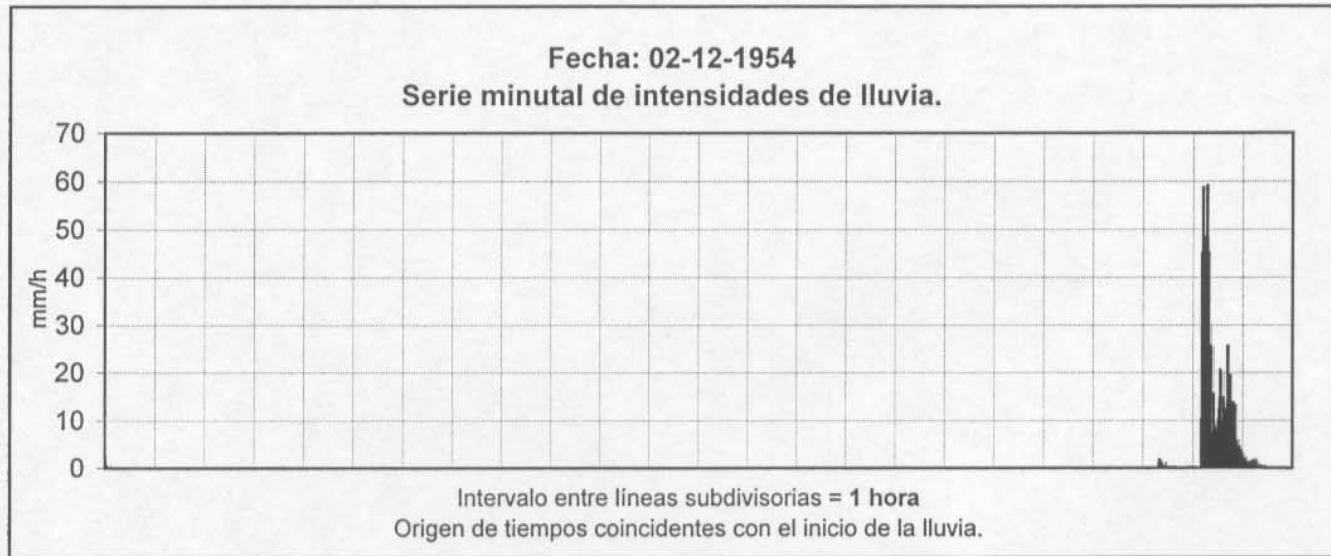
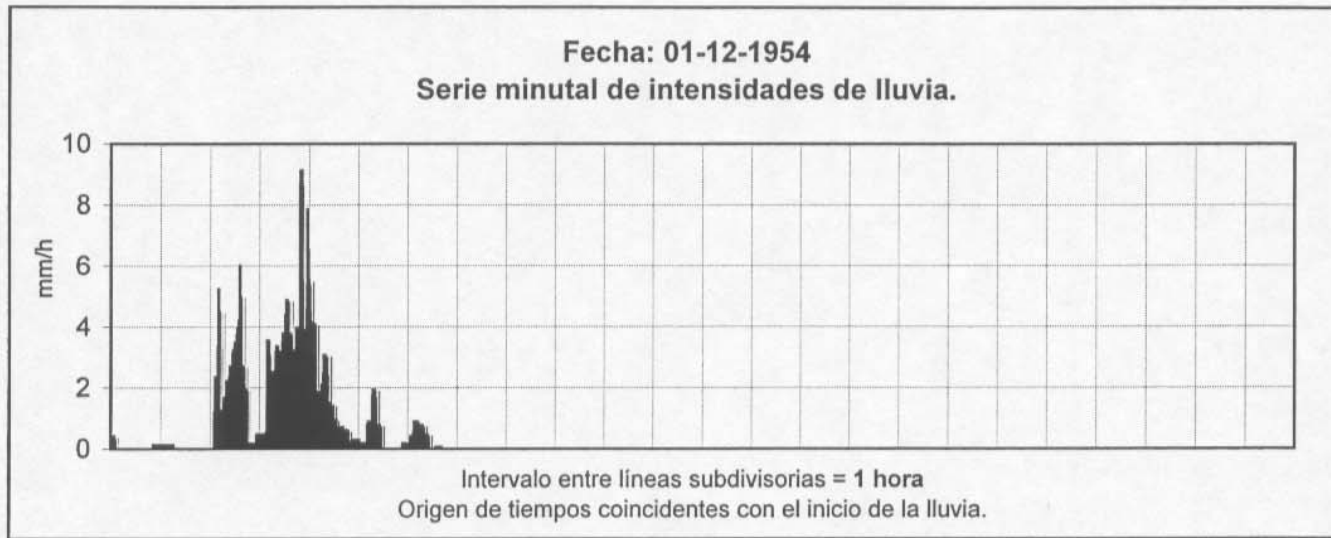


Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

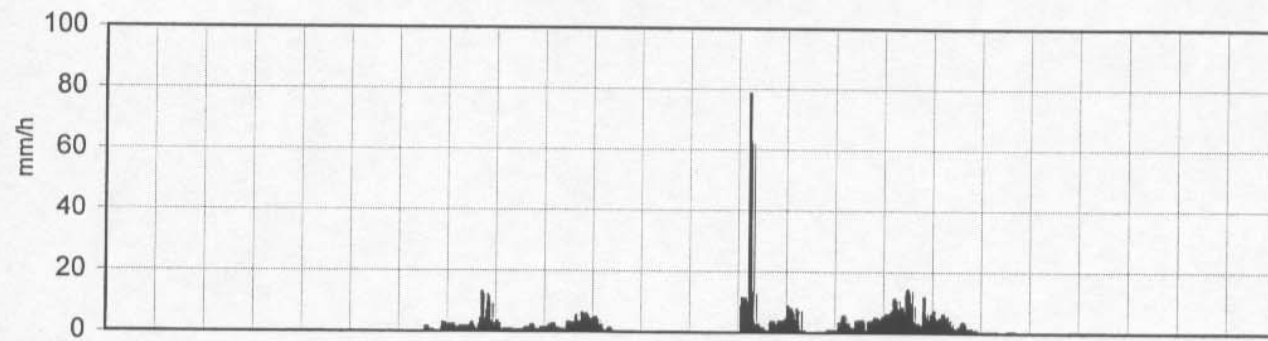
Fecha: 21-10-1954
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

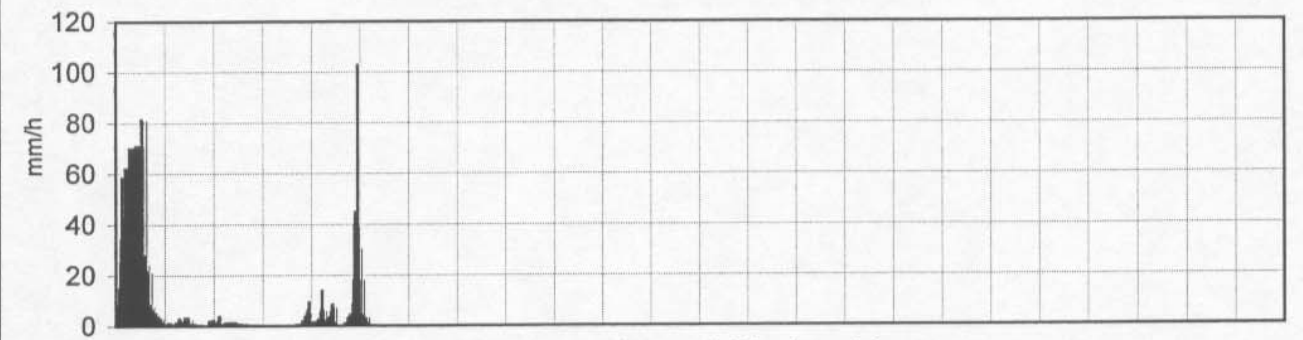


Fecha: 01-12-1955
Serie minutal de intensidades de lluvia.



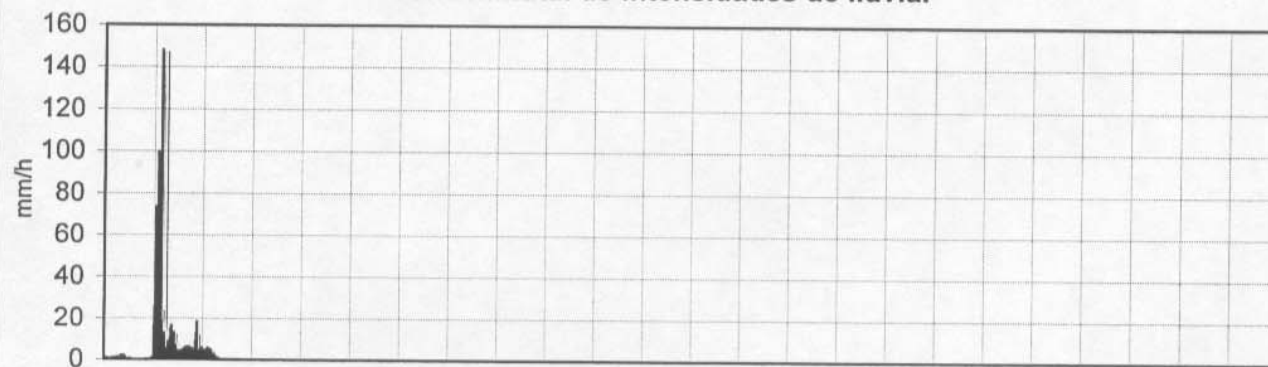
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 10-10-1956
Serie minutal de intensidades de lluvia.



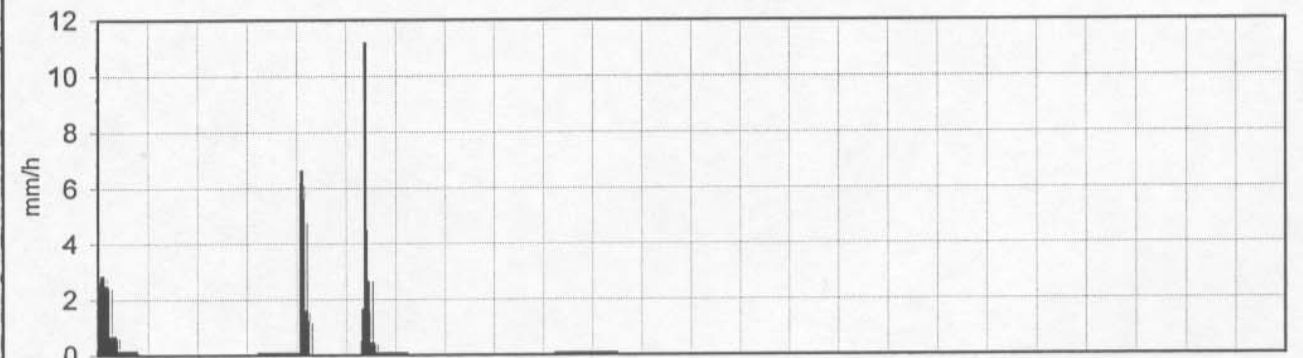
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 25-04-1956
Serie minutal de intensidades de lluvia.



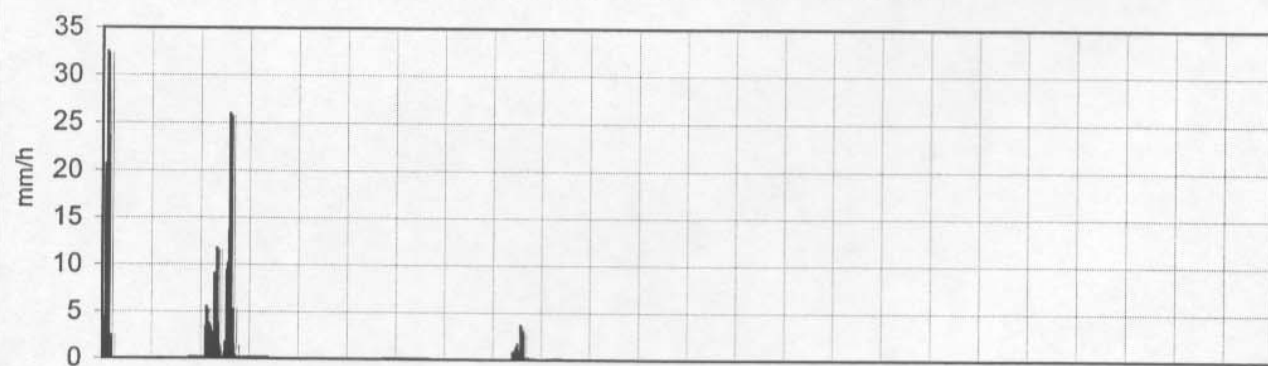
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 11-10-1956
Serie minutal de intensidades de lluvia.



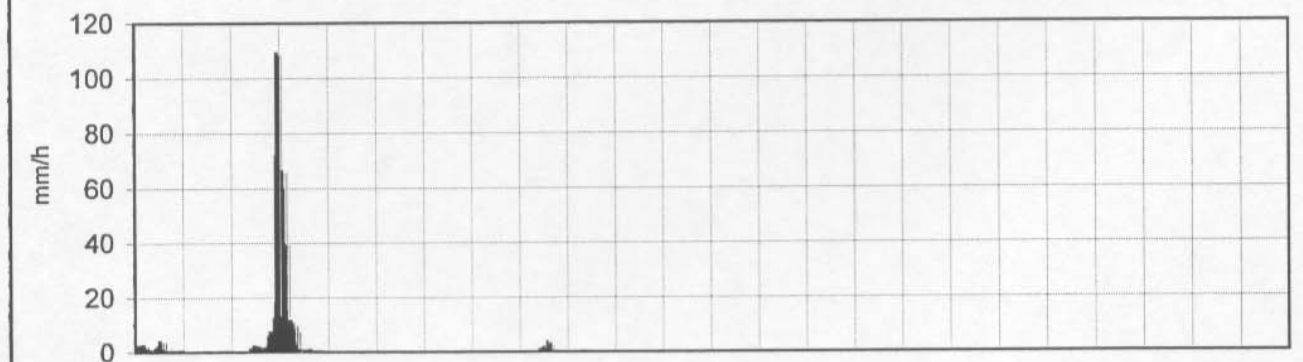
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 26-04-1956
Serie minutal de intensidades de lluvia.



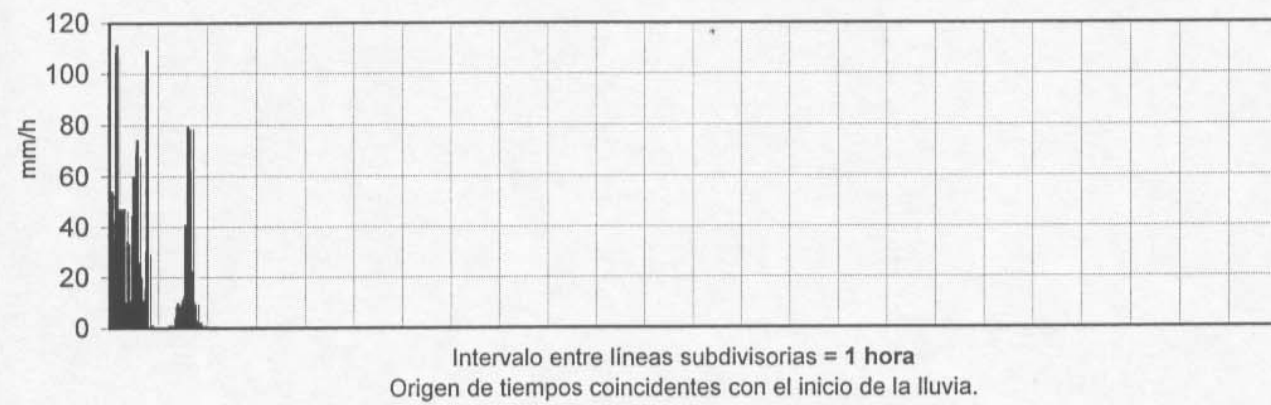
Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 26-04-1957
Serie minutal de intensidades de lluvia.

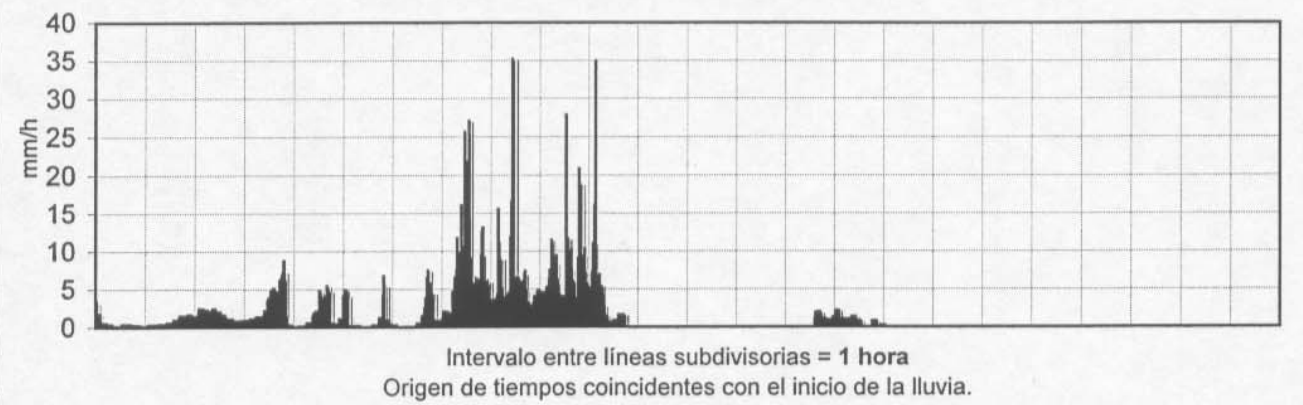


Intervalo entre líneas subdivisionarias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

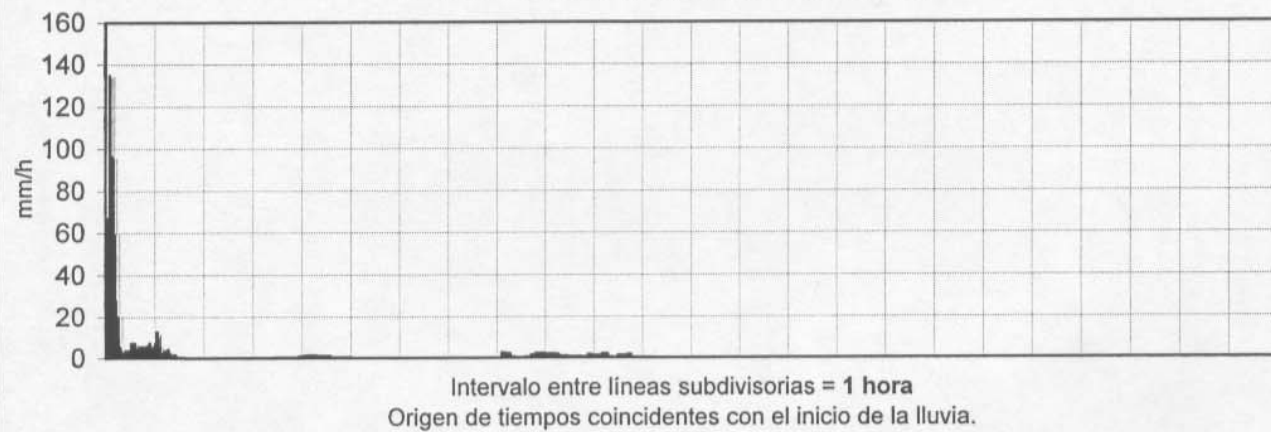
Fecha: 20-09-1957
Serie minotal de intensidades de lluvia.



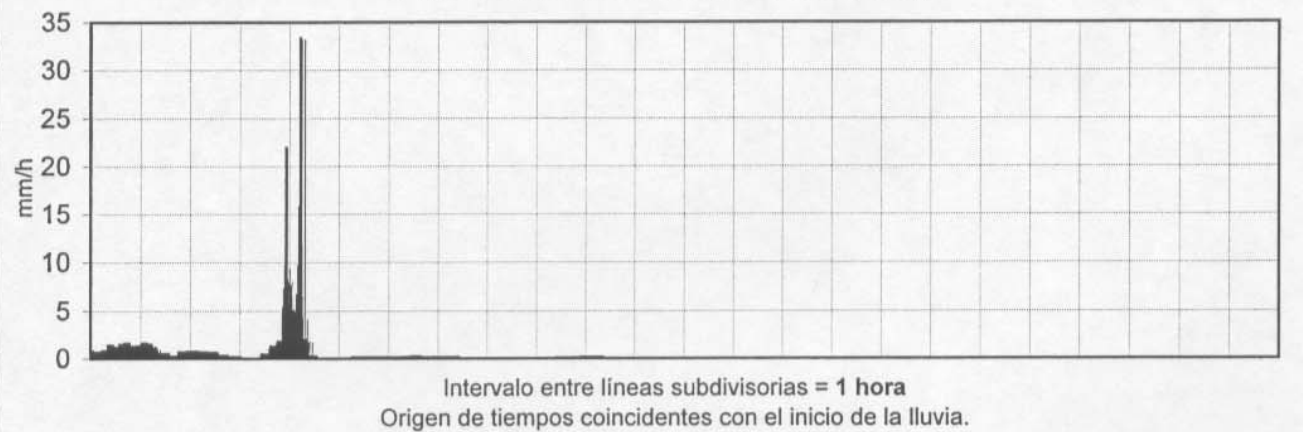
Fecha: 26-10-1958
Serie minotal de intensidades de lluvia.



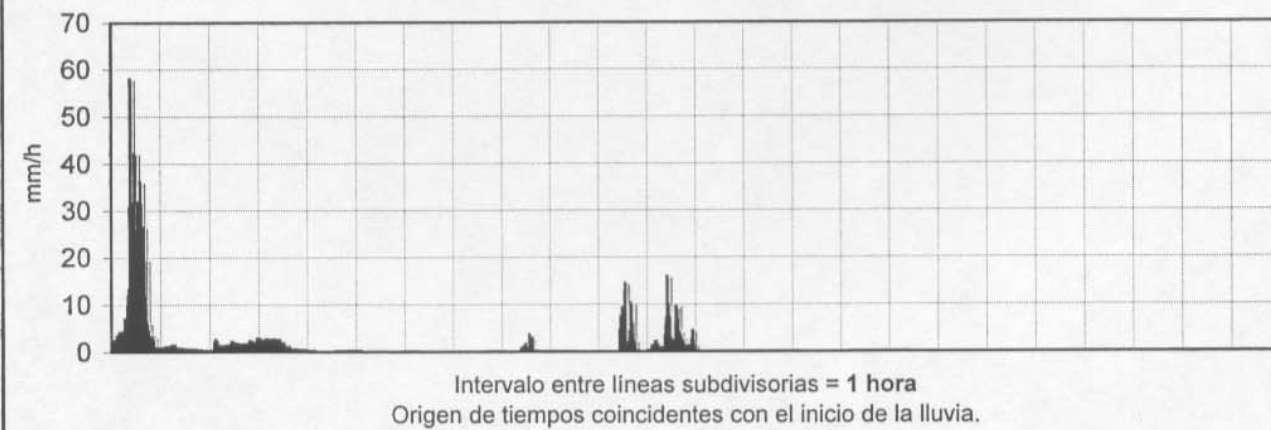
Fecha: 01-10-1957
Serie minotal de intensidades de lluvia.



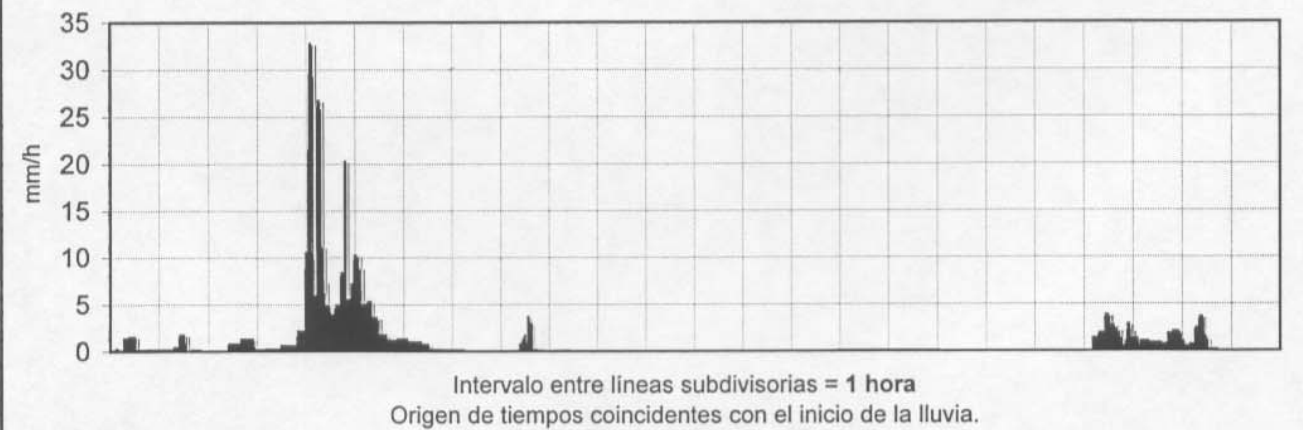
Fecha: 27-10-1958
Serie minotal de intensidades de lluvia.



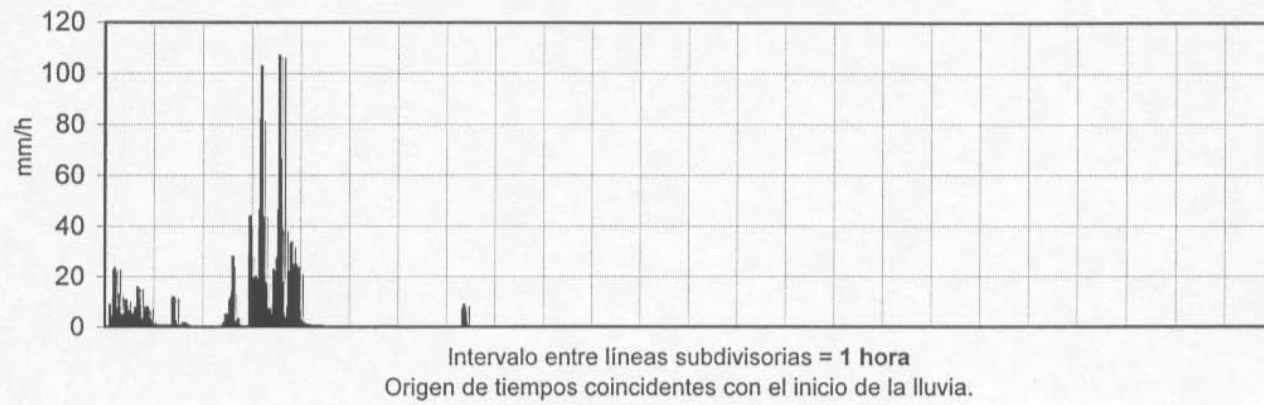
Fecha: 02-10-1957
Serie minotal de intensidades de lluvia.



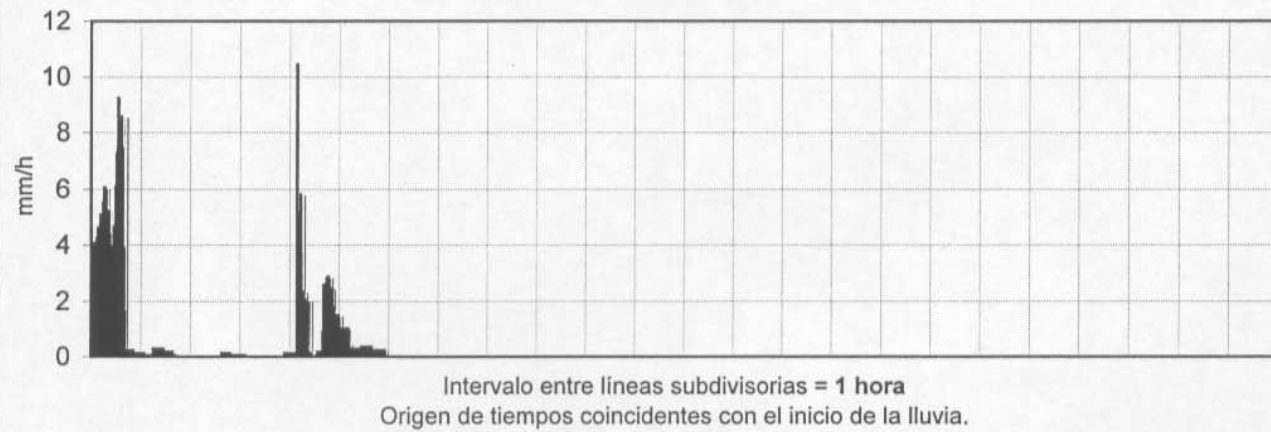
Fecha: 31-10-1958
Serie minotal de intensidades de lluvia.



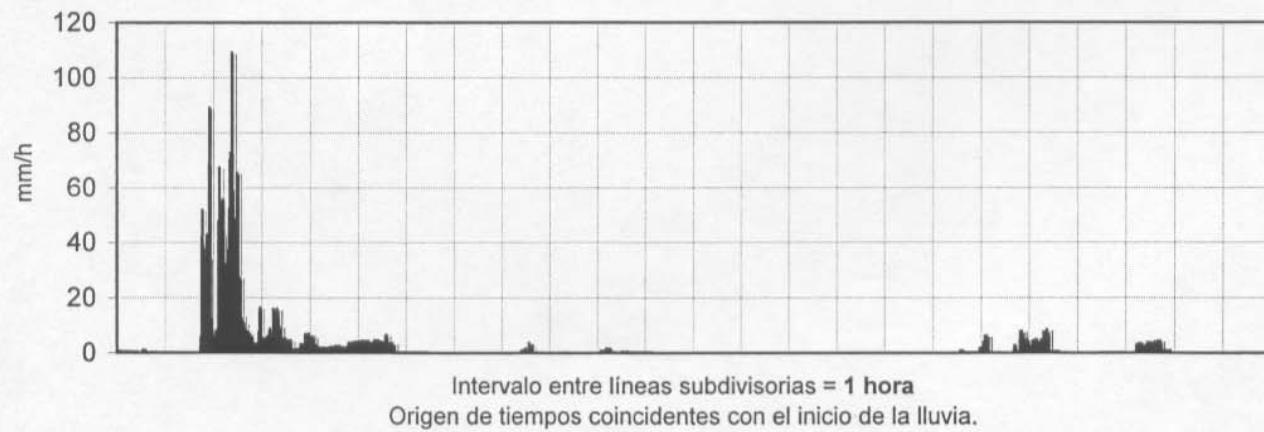
Fecha: 25-10-1959
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Fecha: 26-10-1959
Serie minutal de intensidades de lluvia.



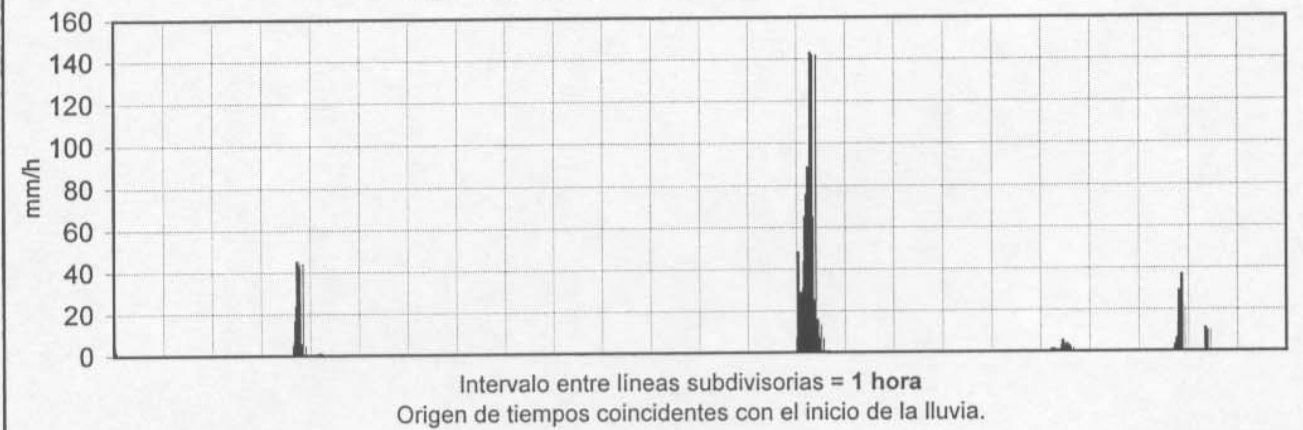
Fecha: 21-11-1959
Serie minutal de intensidades de lluvia.



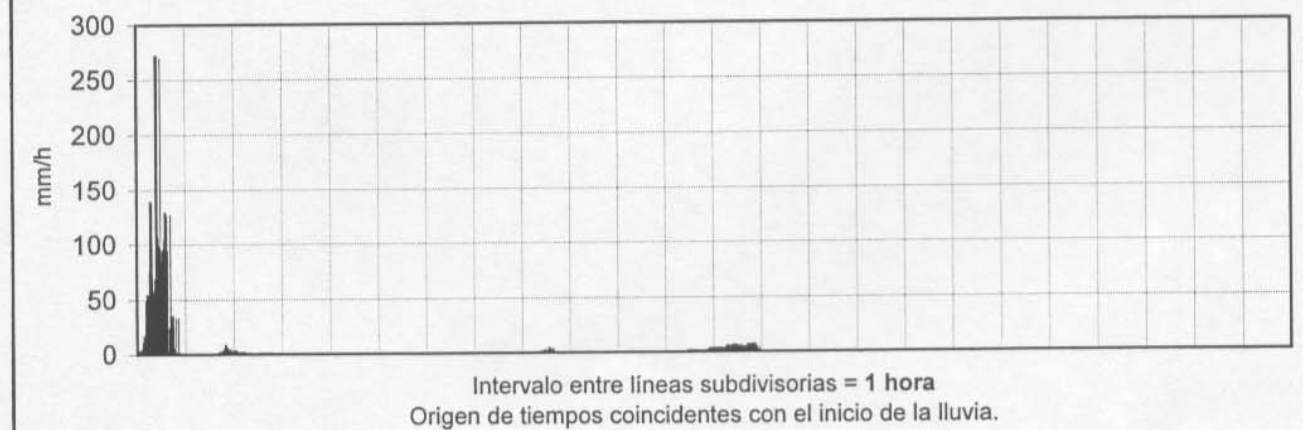
Fecha: 27-09-1959
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Fecha: 28-09-1959
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Fecha: 29-09-1959
Serie minutal de intensidades de lluvia.

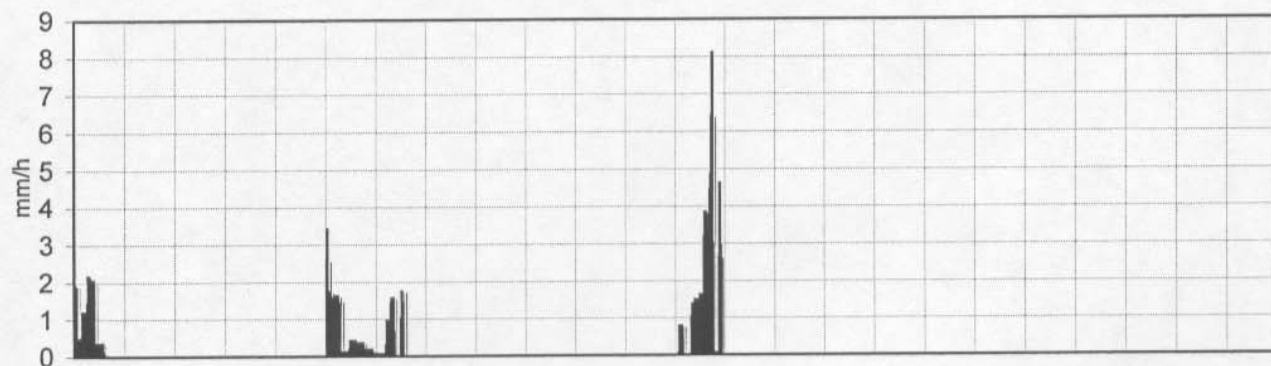


Fecha: 22-11-1959
Serie minutal de intensidades de lluvia.



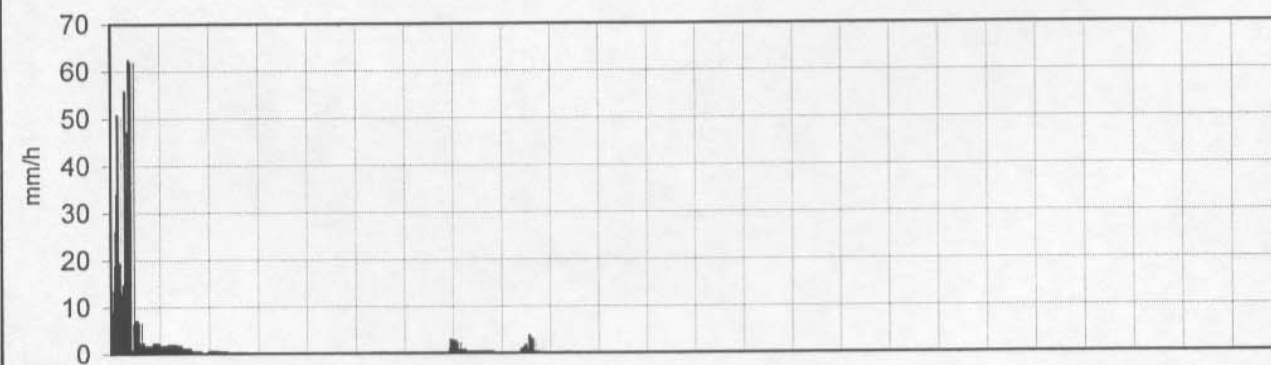
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-10-1960
Serie minutal de intensidades de lluvia.



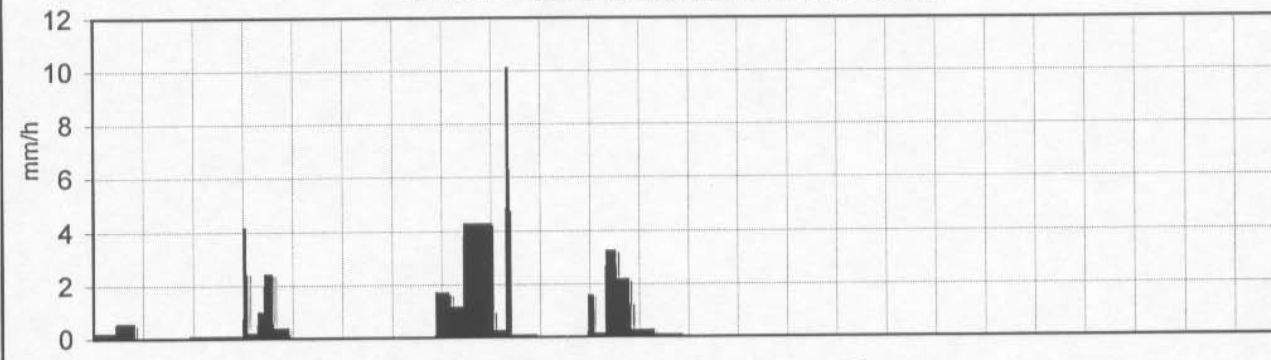
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 28-10-1960
Serie minutal de intensidades de lluvia.



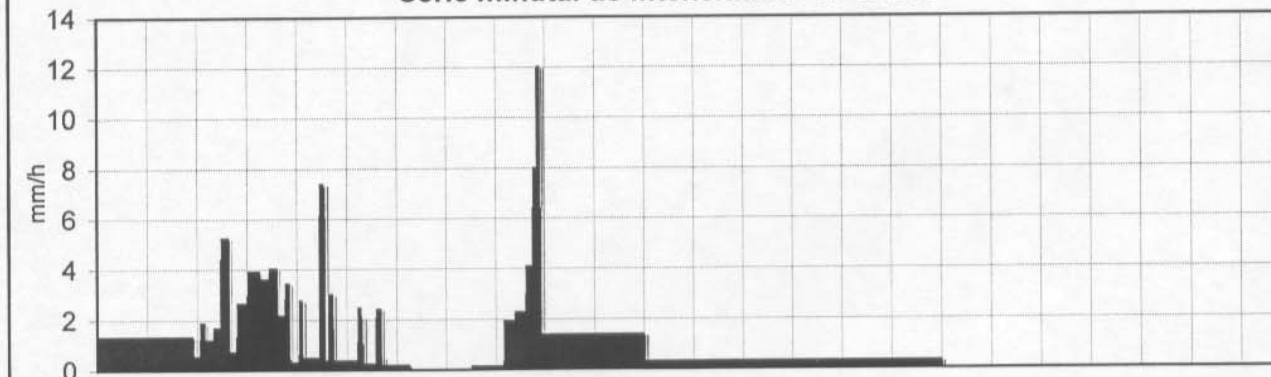
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-10-1985
Serie minutal de intensidades de lluvia.



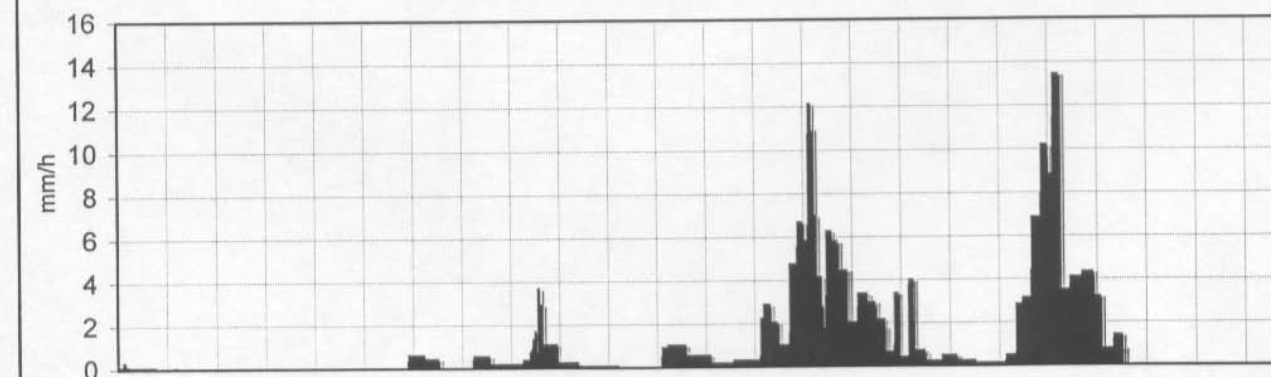
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 28-10-1985
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 14-11-1985
Serie minutal de intensidades de lluvia.



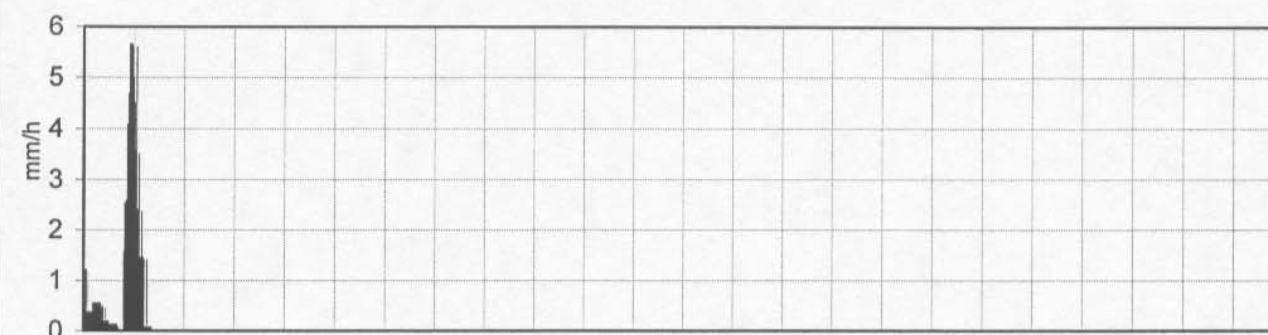
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 05-12-1960
Serie minutal de intensidades de lluvia.



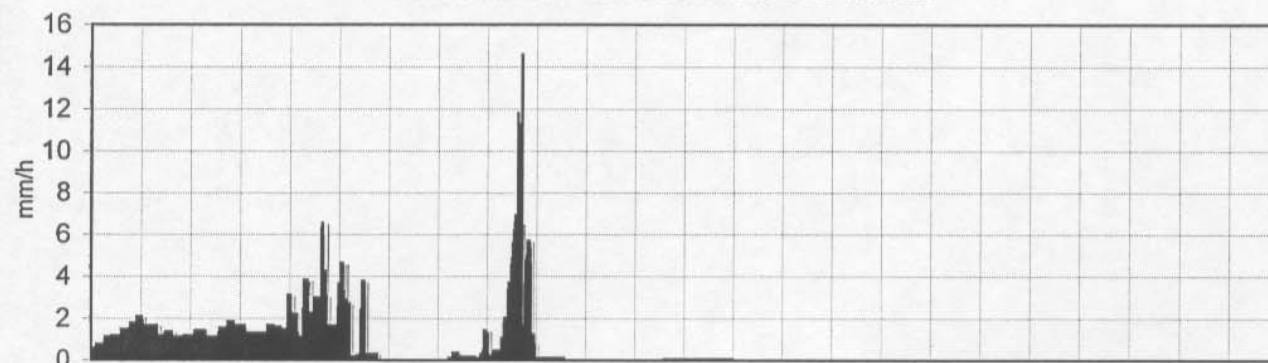
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 17-12-1960
Serie minutal de intensidades de lluvia.



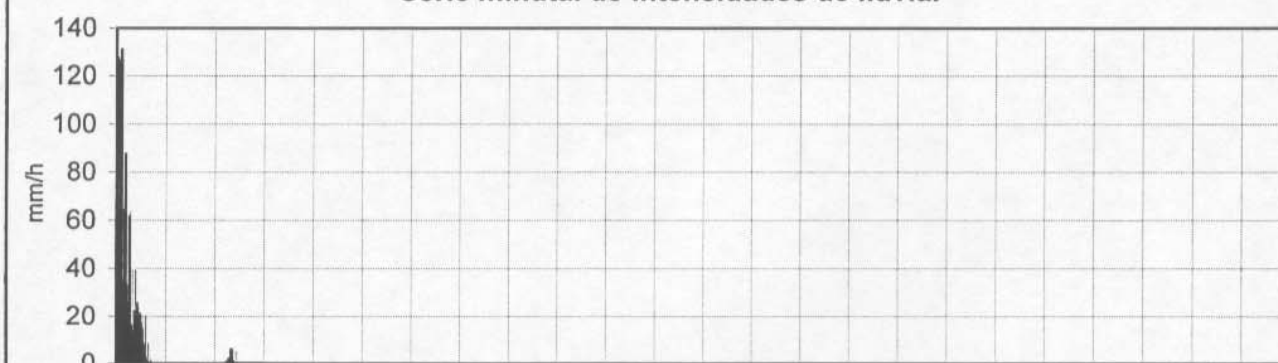
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-12-1960
Serie minutal de intensidades de lluvia.



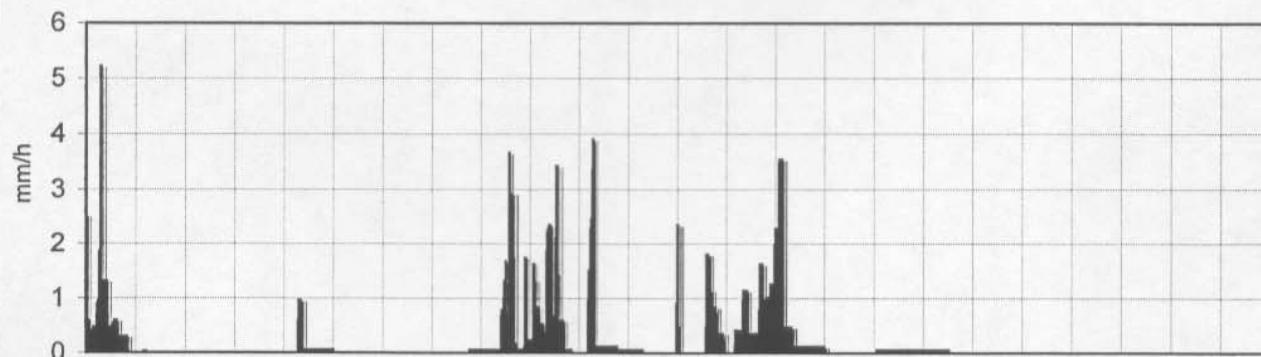
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 03-09-1961
Serie minutal de intensidades de lluvia.



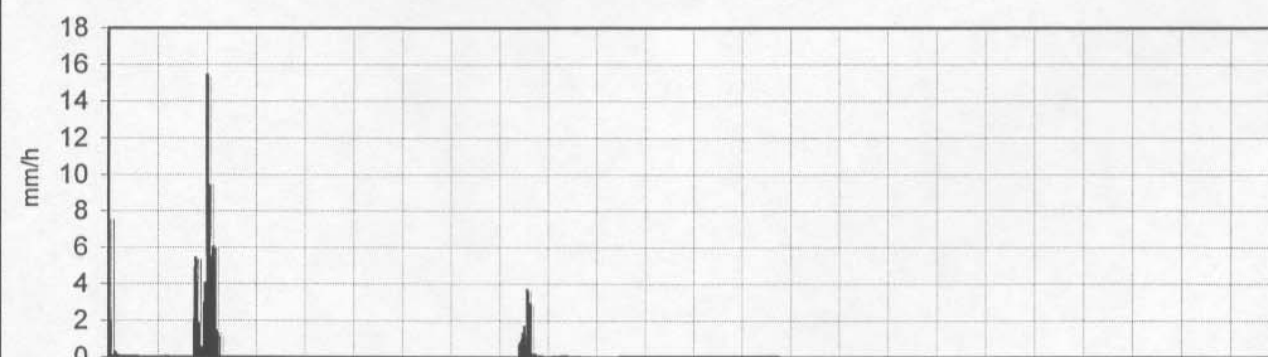
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 16-12-1960
Serie minutal de intensidades de lluvia.



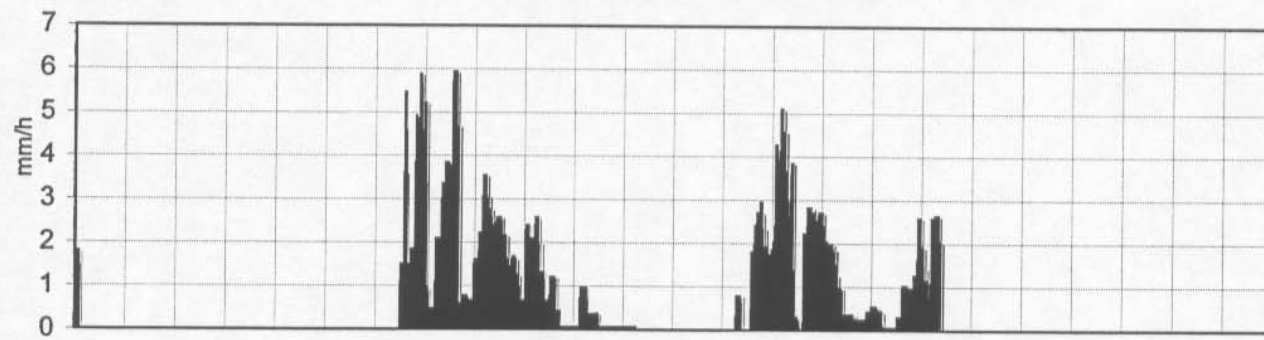
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 04-09-1961
Serie minutal de intensidades de lluvia.



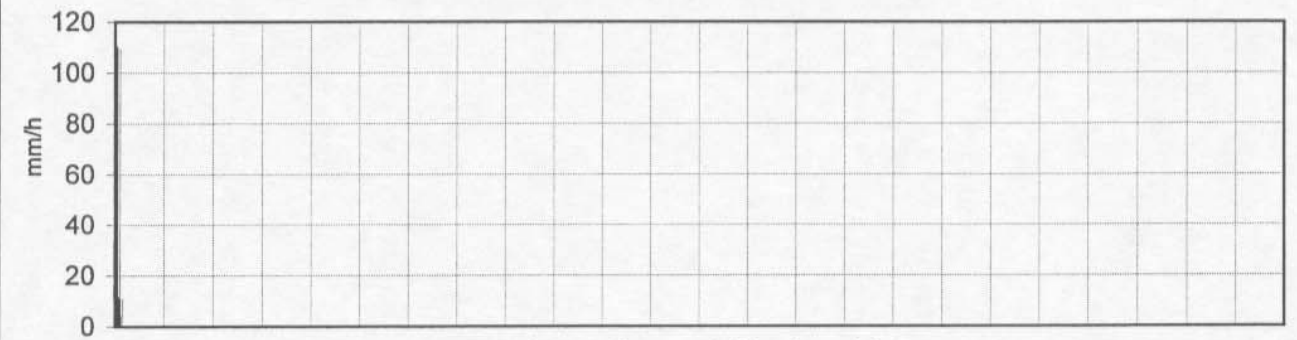
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 30-10-1961
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 28-11-1961
Serie minotal de intensidades de lluvia.



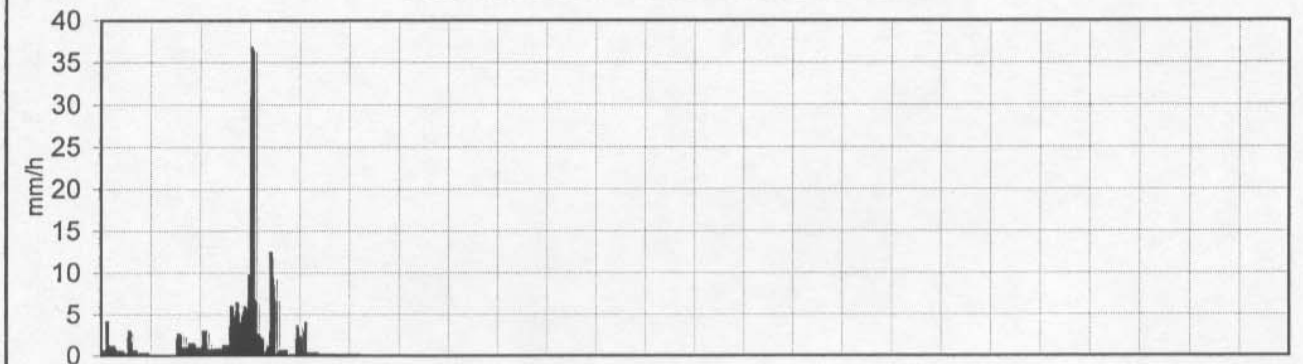
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 31-10-1961
Serie minotal de intensidades de lluvia.



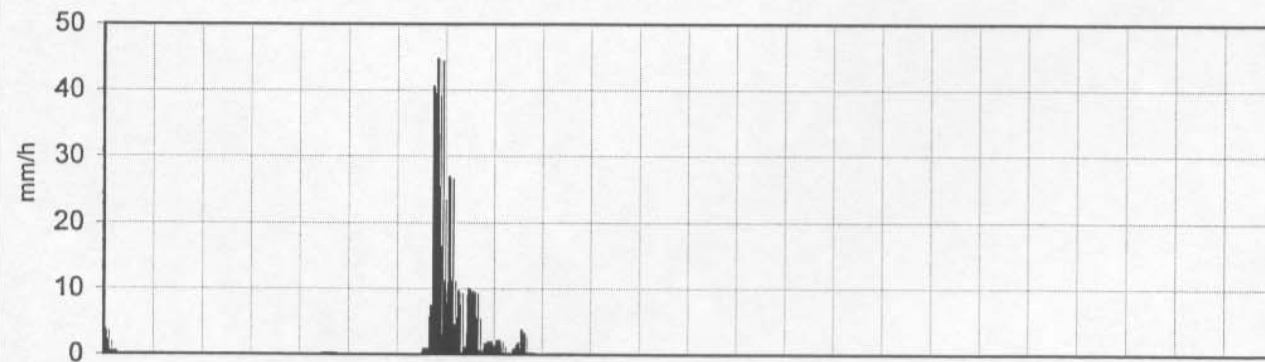
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 23-02-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



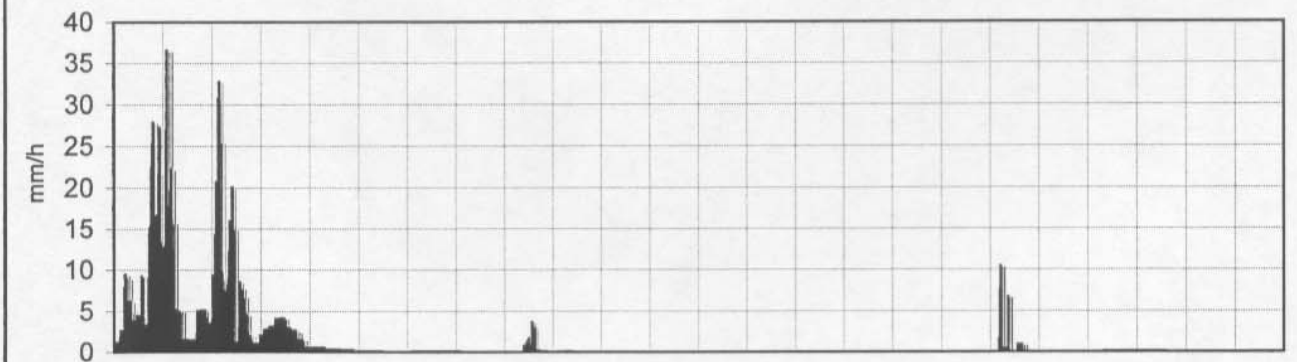
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 02-11-1961
Serie minotal de intensidades de lluvia.



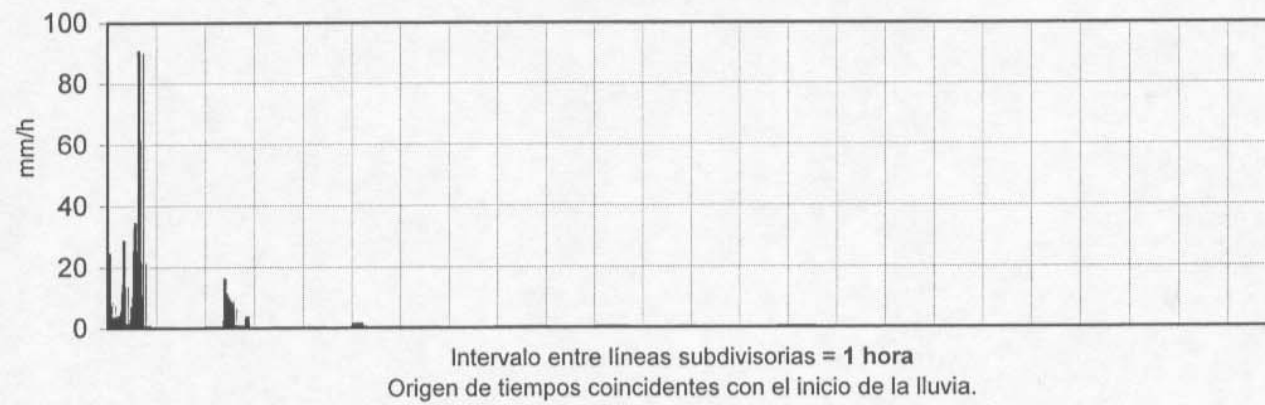
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 24-02-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.

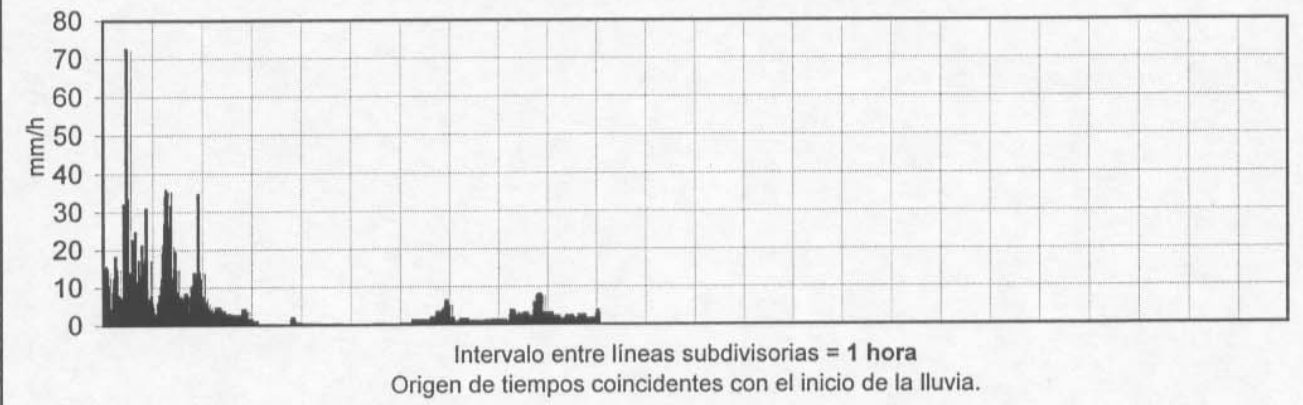


Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

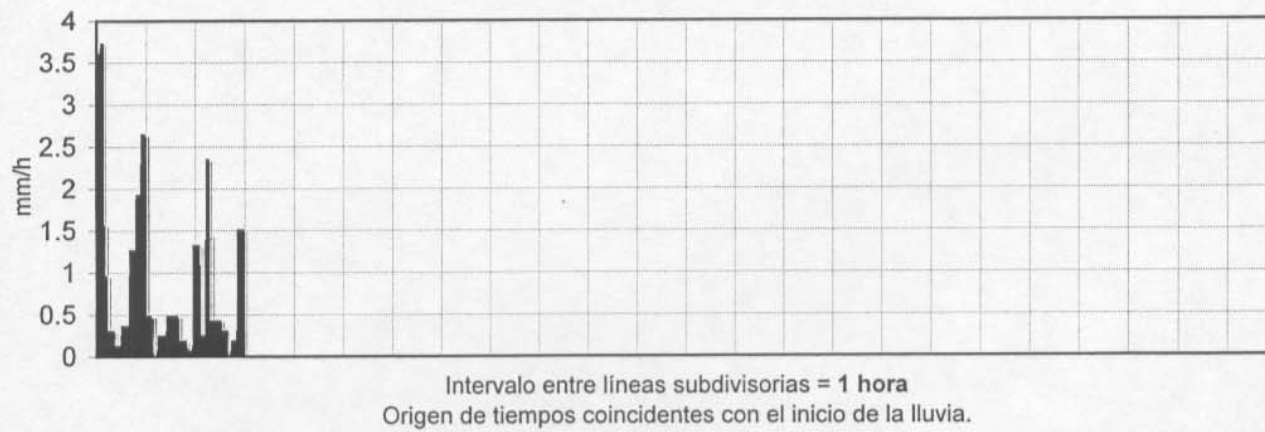
Fecha: 22-03-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



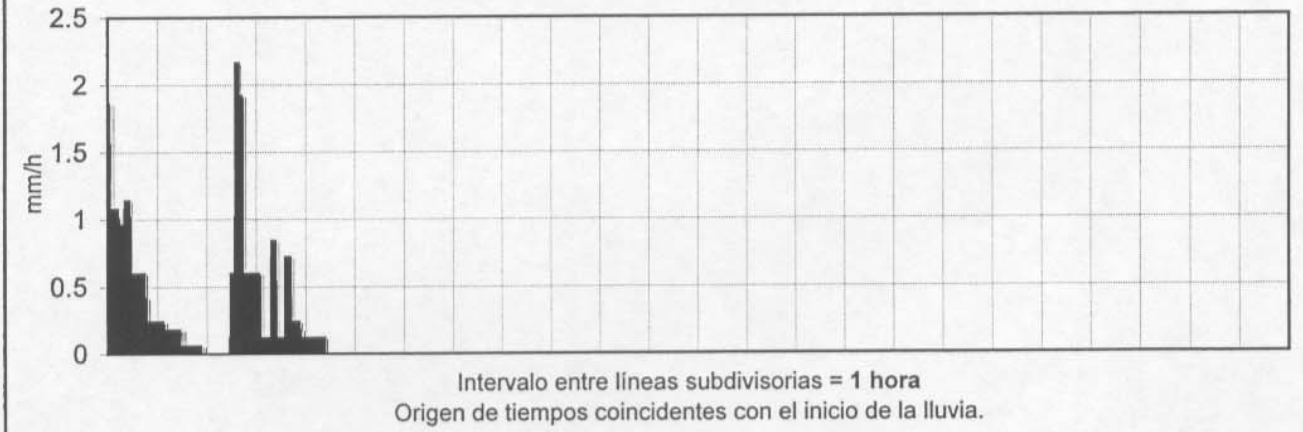
Fecha: 03-06-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



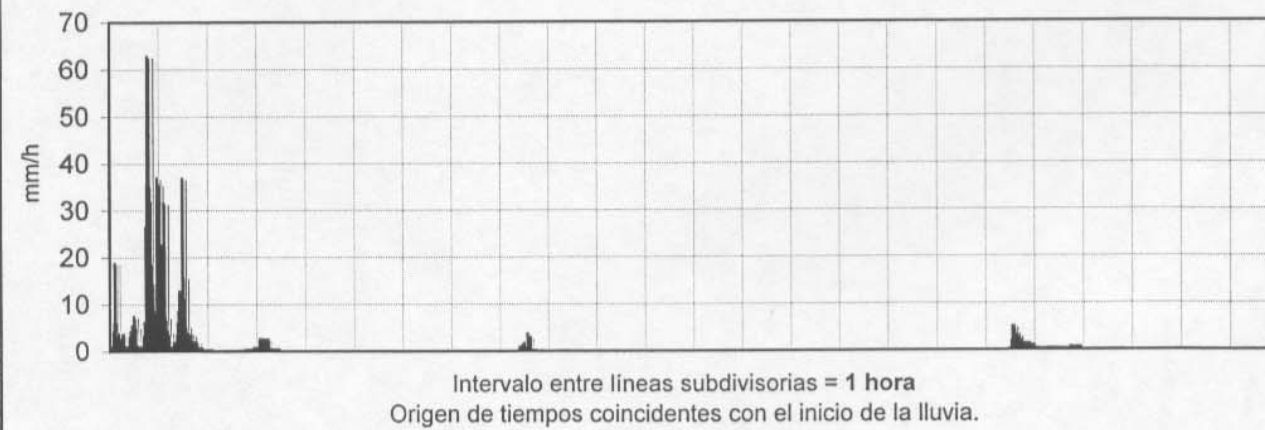
Fecha: 25-05-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



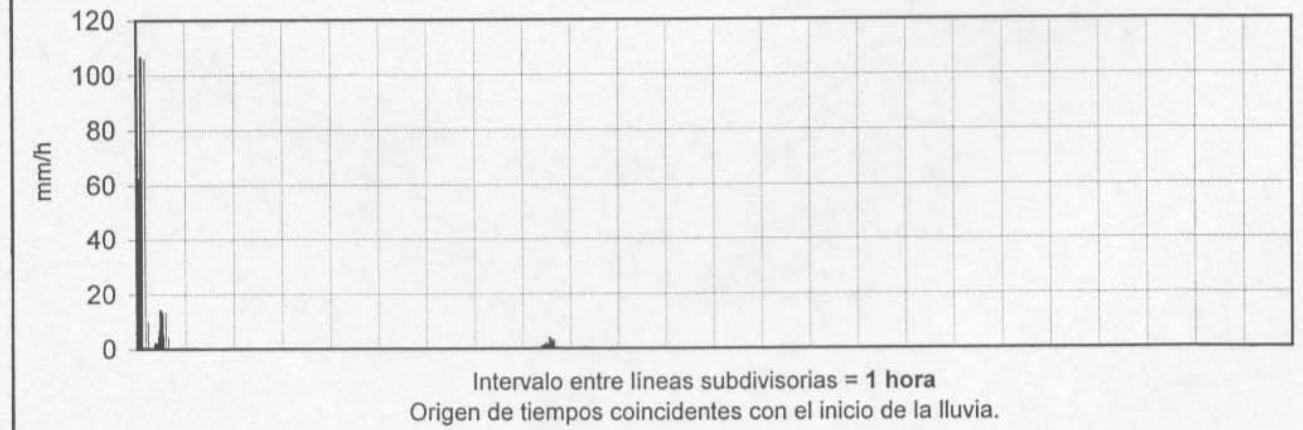
Fecha: 04-06-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



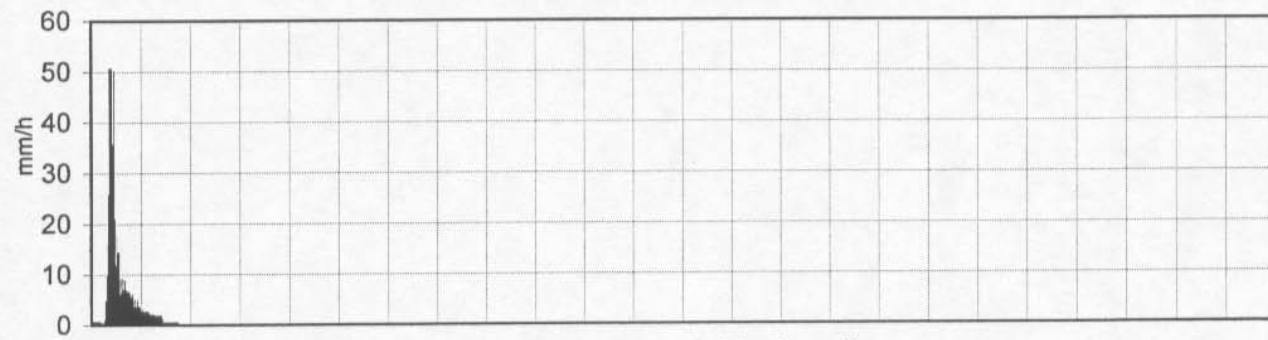
Fecha: 26-05-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Fecha: 25-09-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Fecha: 11-10-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



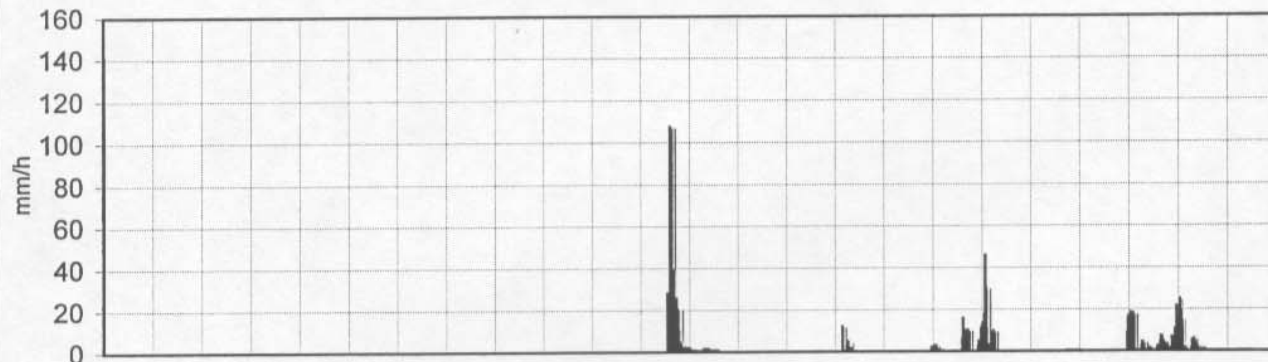
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 15-09-1963
Serie minotal de intensidades de lluvia.



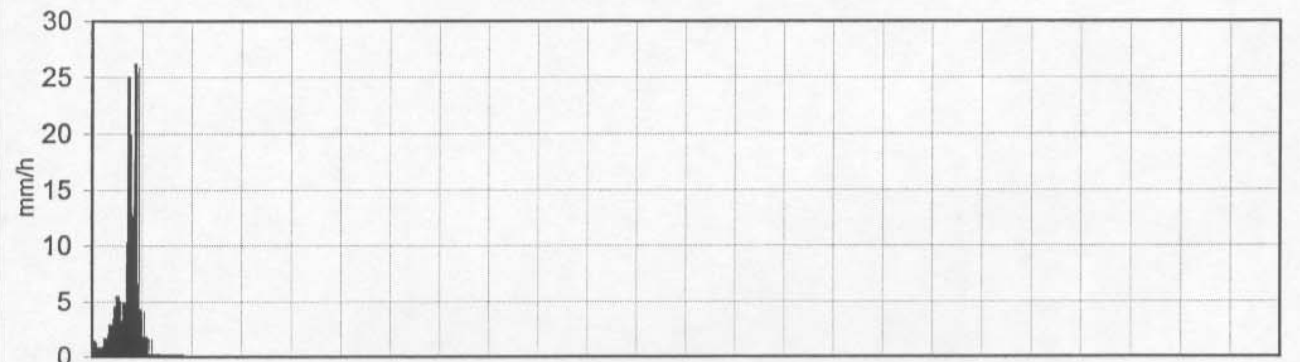
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 14-10-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



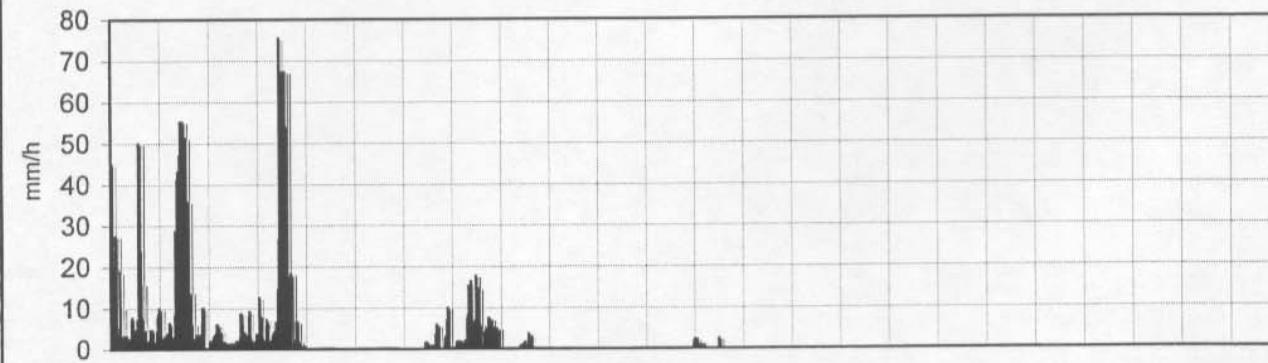
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 06-12-1963
Serie minotal de intensidades de lluvia.



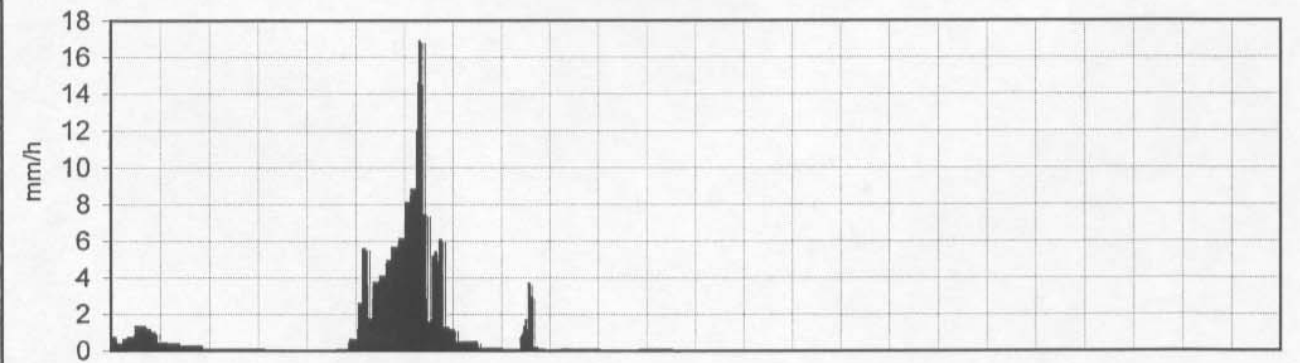
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 15-10-1962
Serie minotal de intensidades de lluvia.



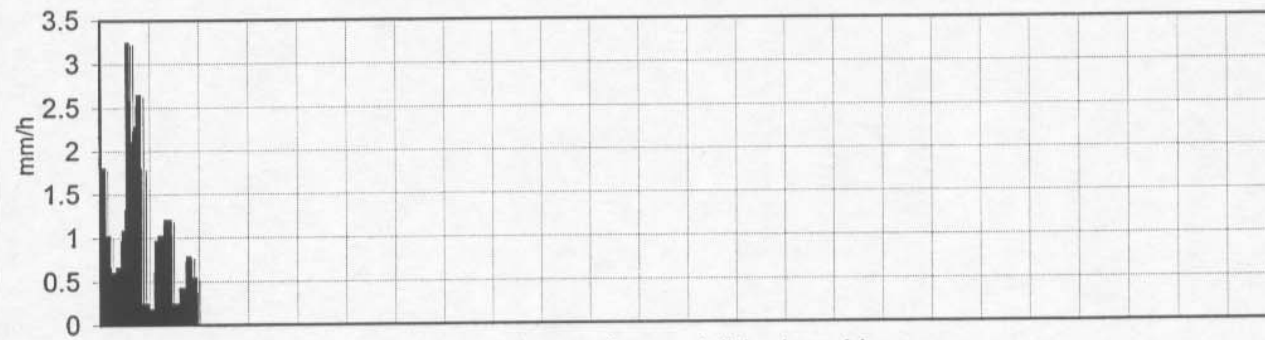
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 19-12-1963
Serie minotal de intensidades de lluvia.



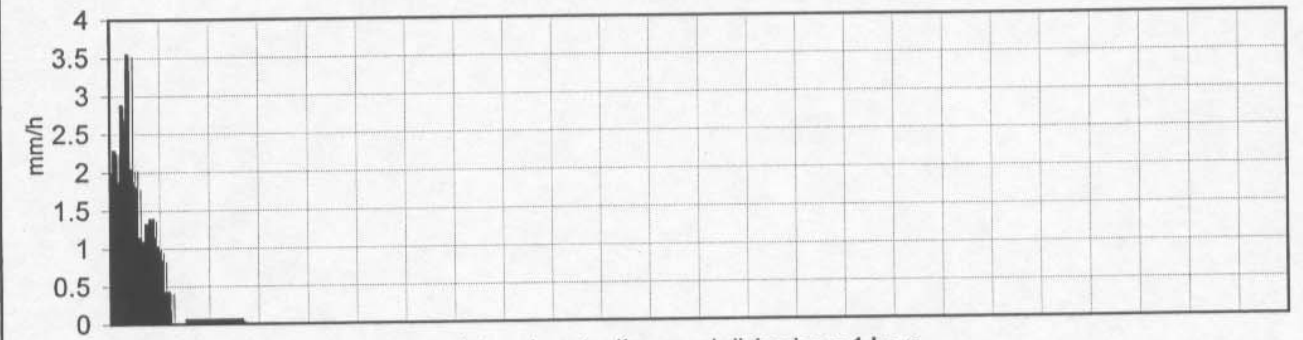
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 06-03-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



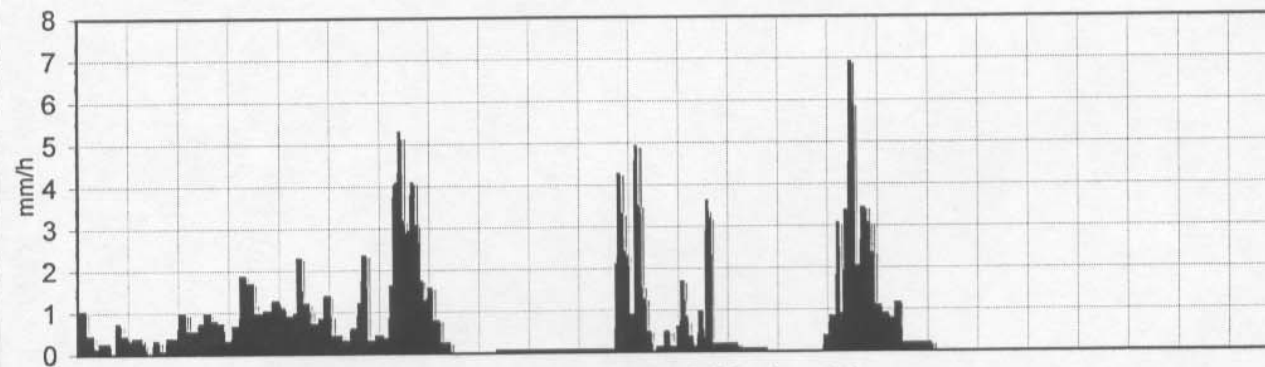
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 09-04-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



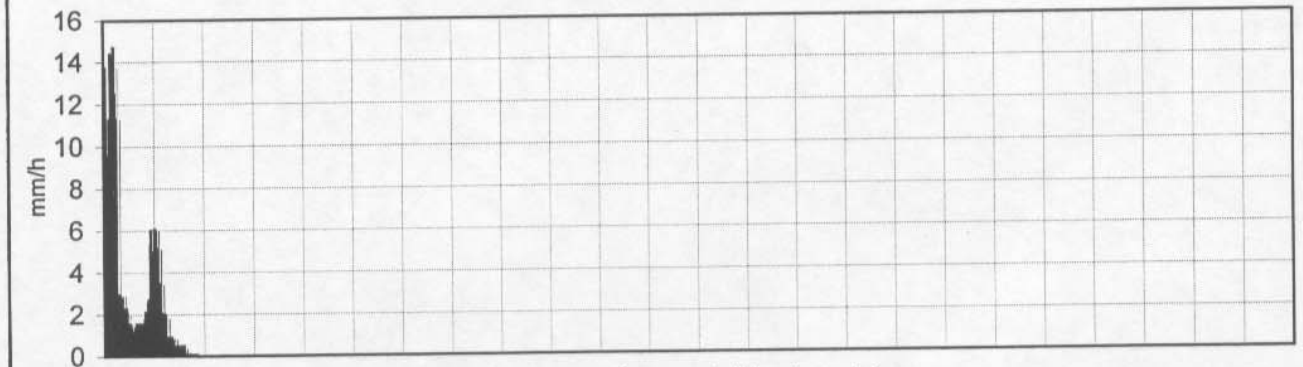
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-03-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



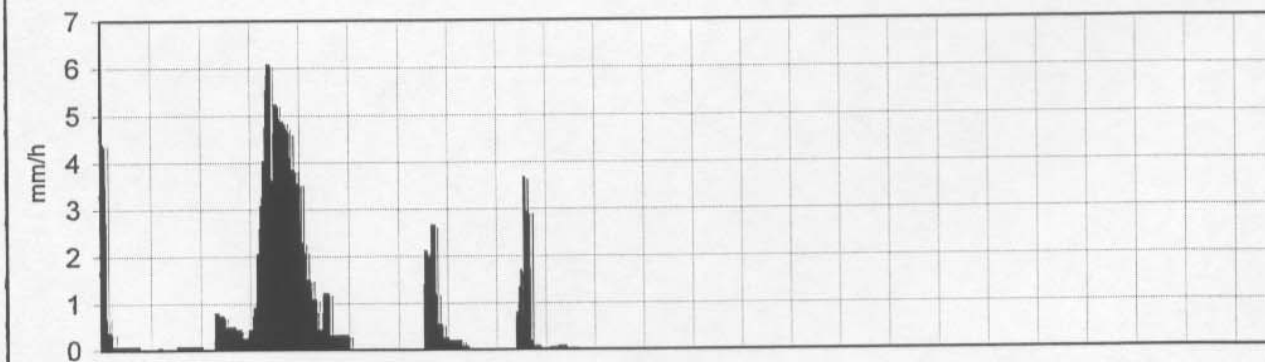
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 12-04-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



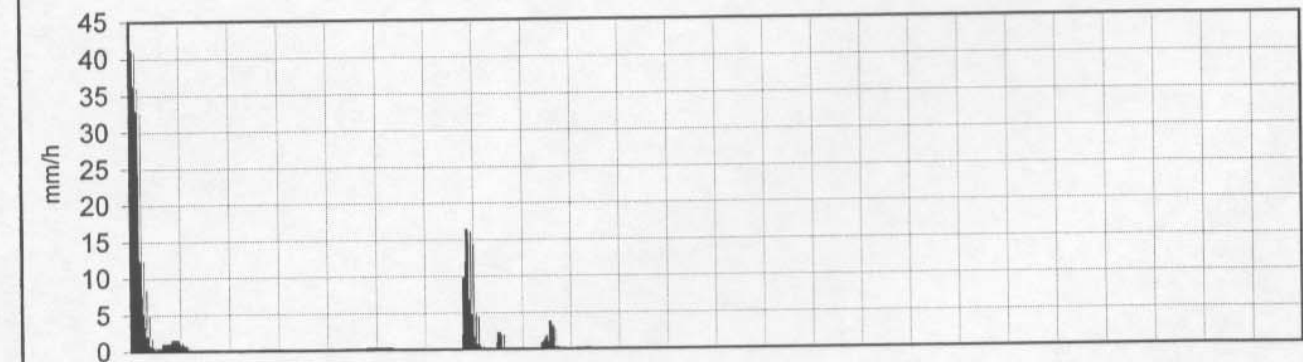
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 08-04-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



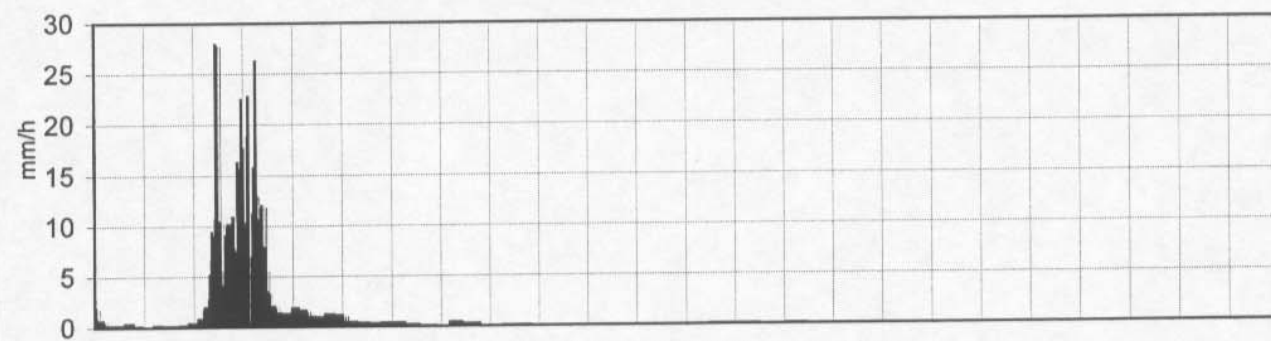
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 20-09-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



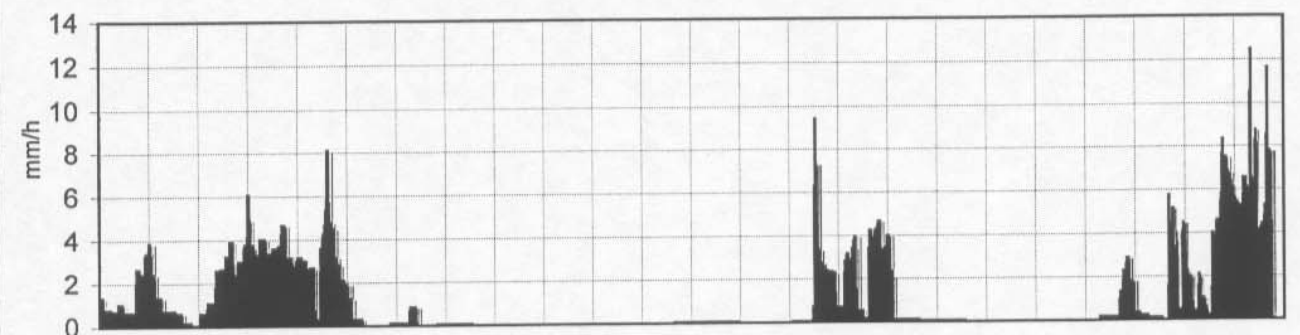
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 03-11-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



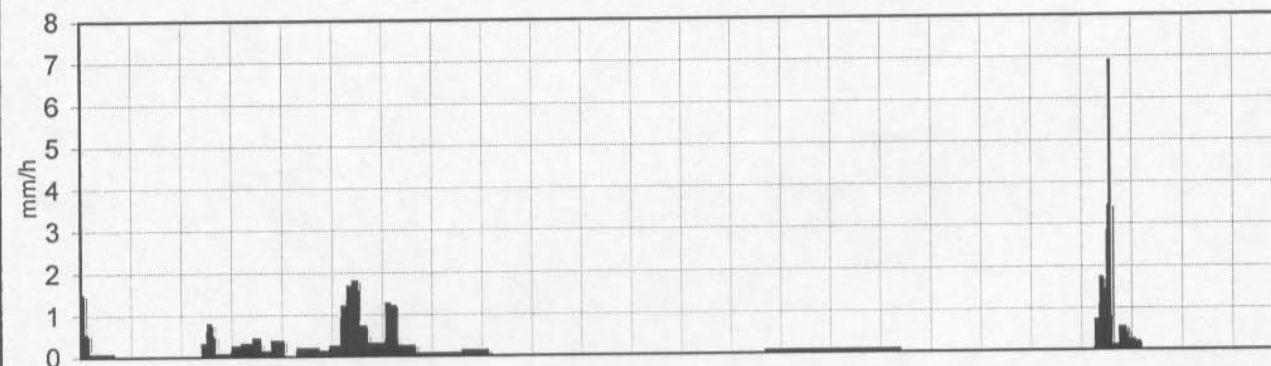
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 11-12-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



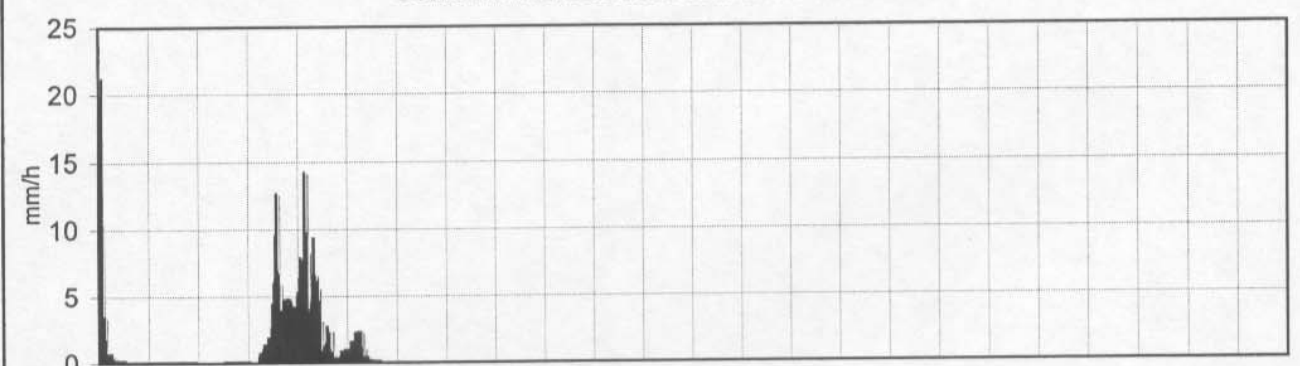
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 04-11-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



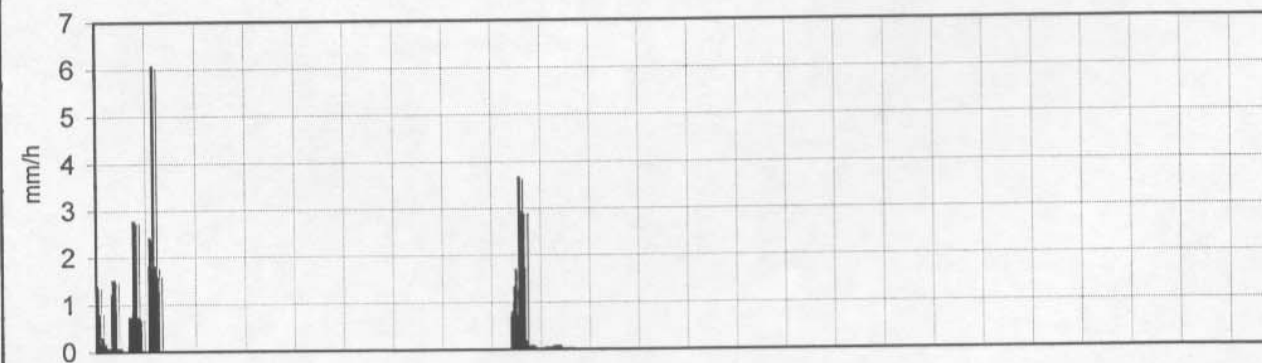
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 12-12-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



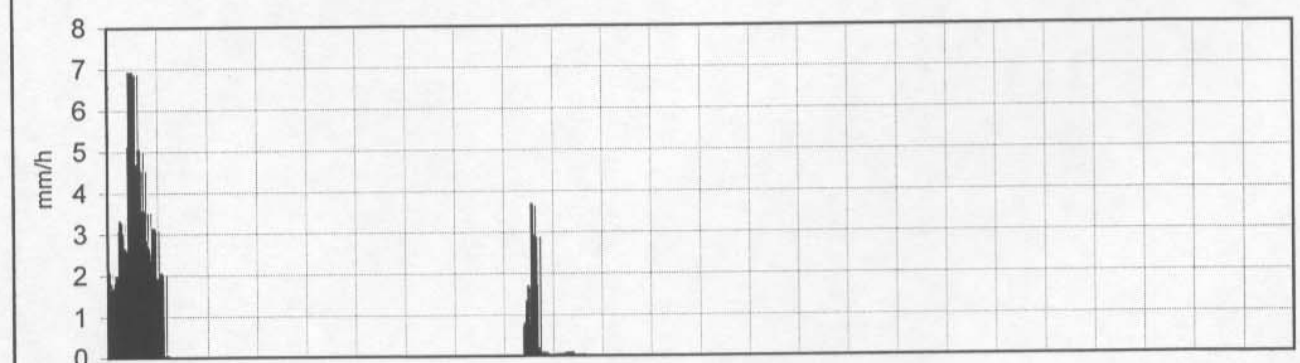
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 10-12-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



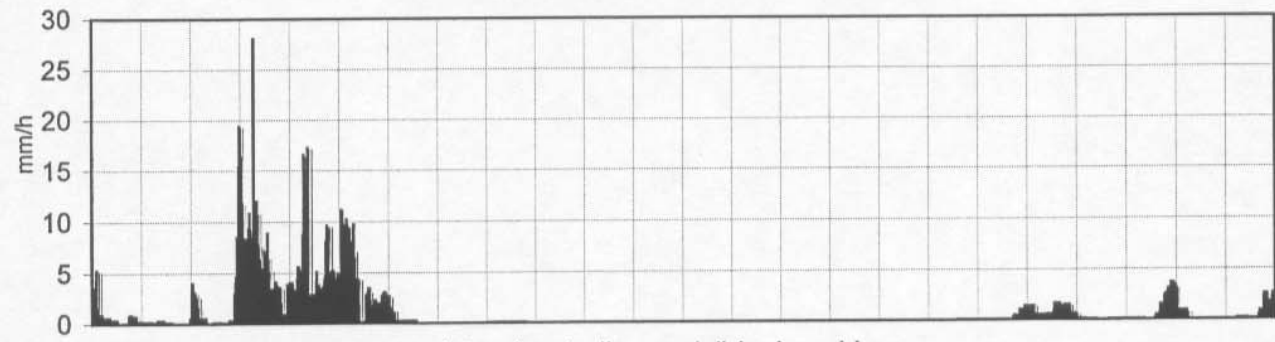
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 15-12-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



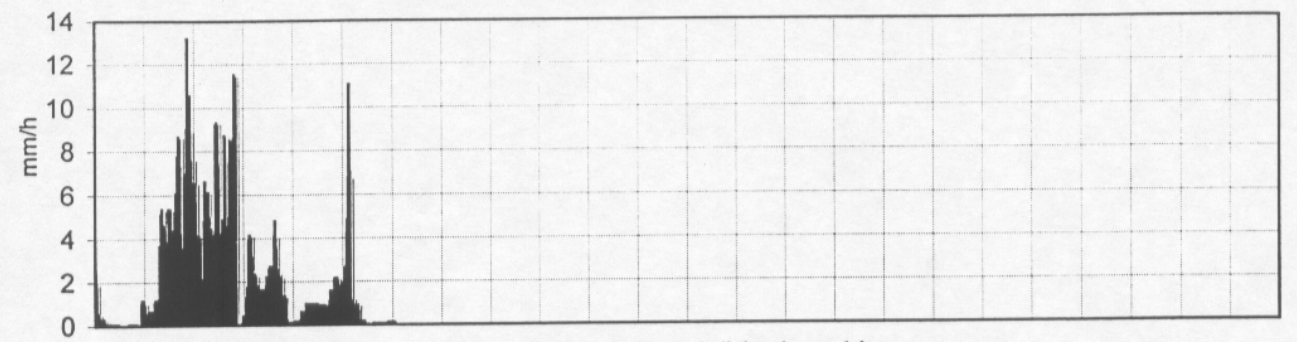
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 16-12-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



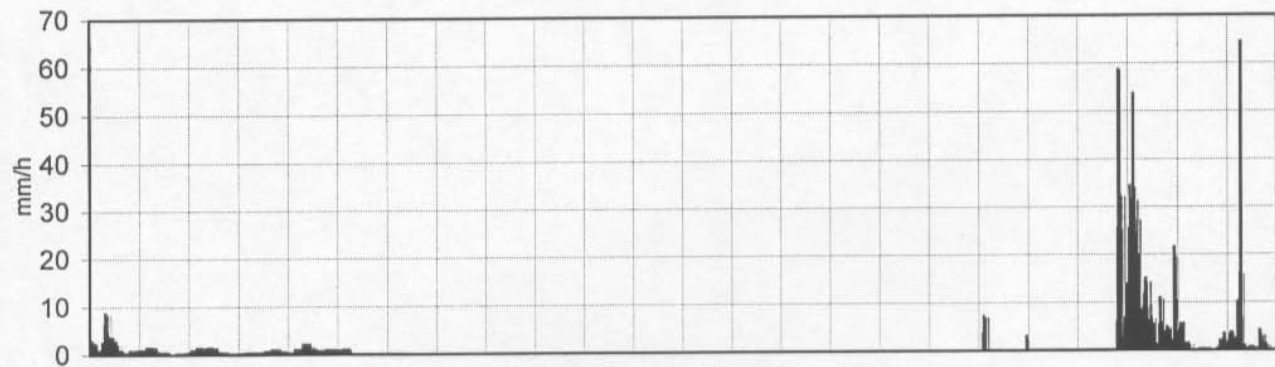
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 20-12-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 17-12-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



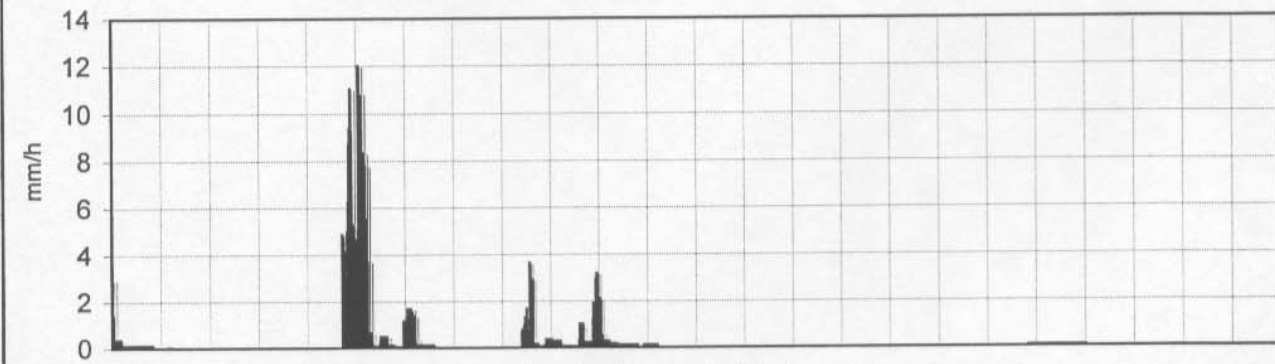
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 03-04-1965
Serie minotal de intensidades de lluvia.



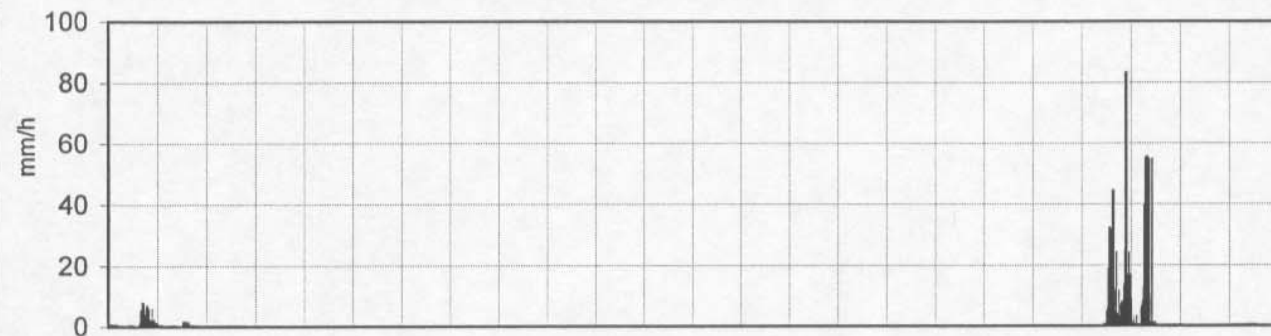
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 18-12-1964
Serie minotal de intensidades de lluvia.



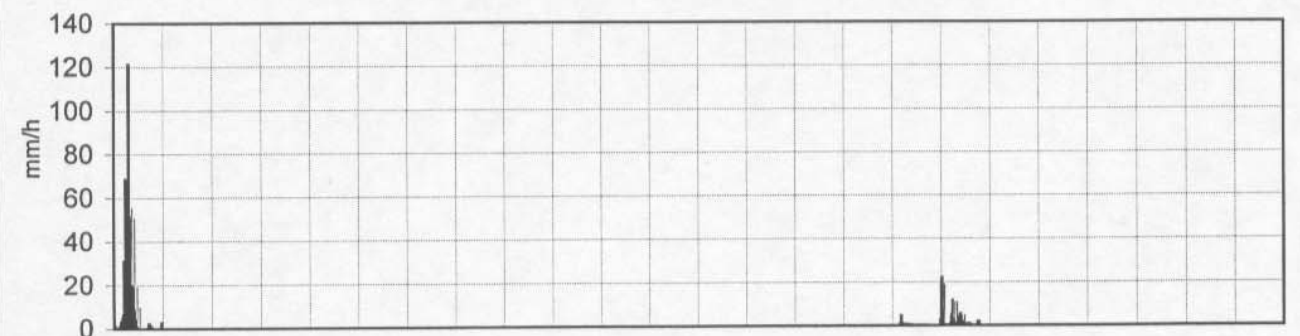
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 02-06-1965
Serie minutal de intensidades de lluvia.



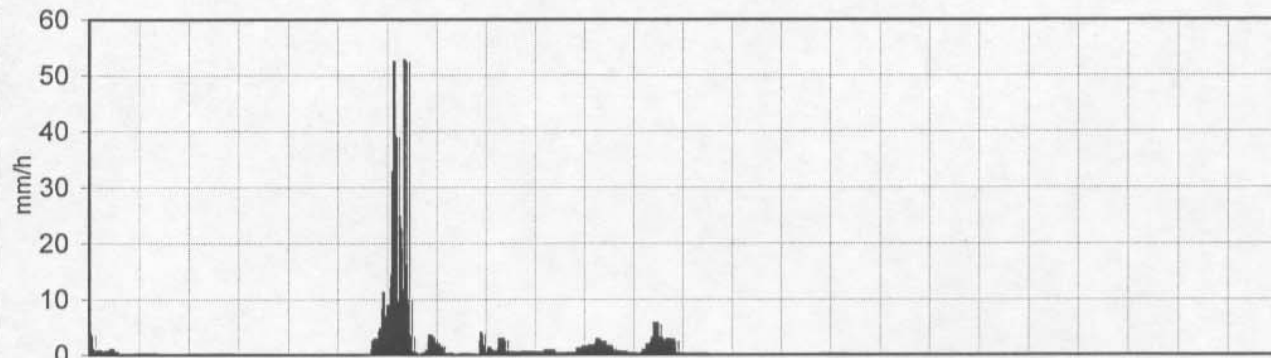
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 30-10-1965
Serie minutal de intensidades de lluvia.



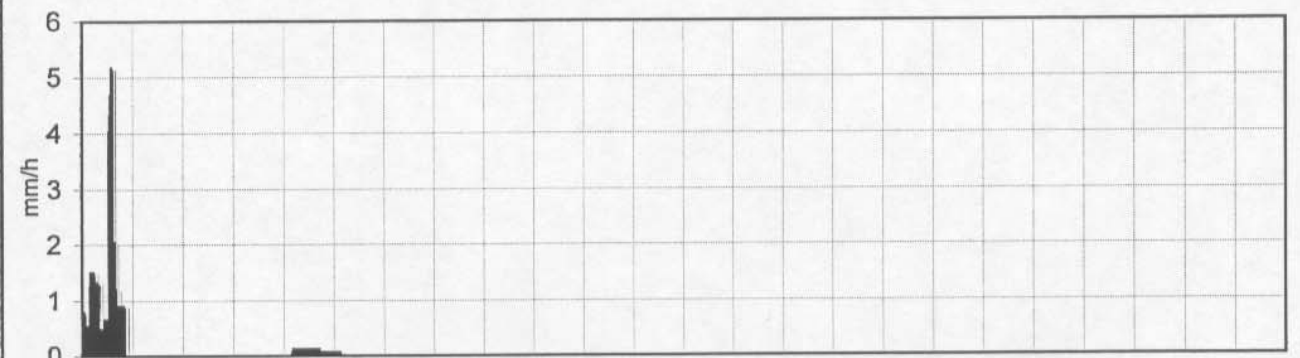
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 06-10-1965
Serie minutal de intensidades de lluvia.



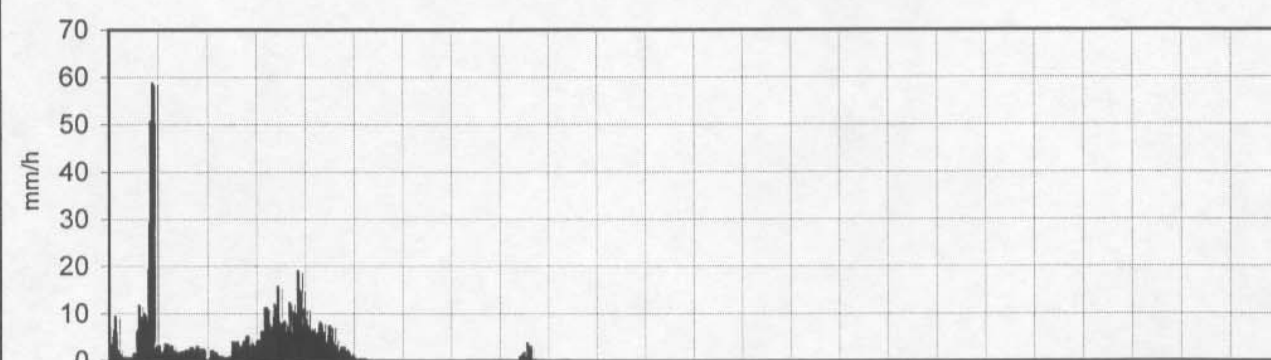
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-12-1965
Serie minutal de intensidades de lluvia.



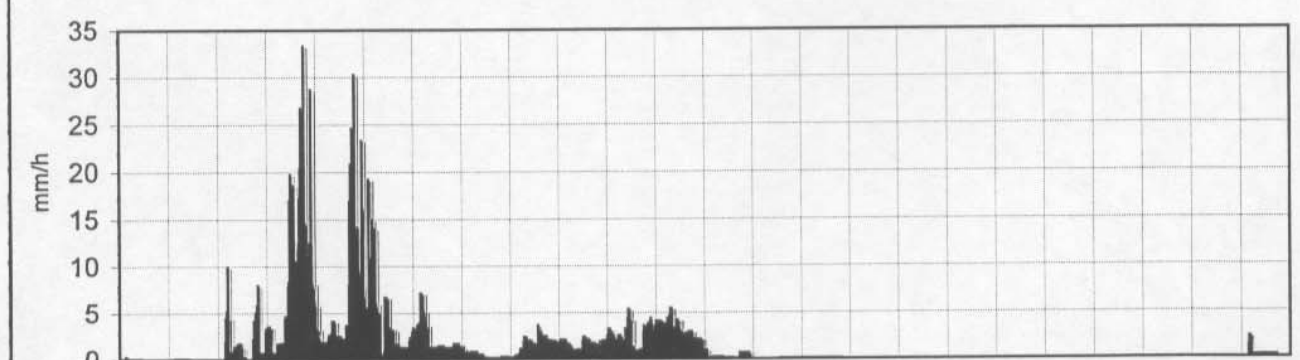
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 24-10-1965
Serie minutal de intensidades de lluvia.



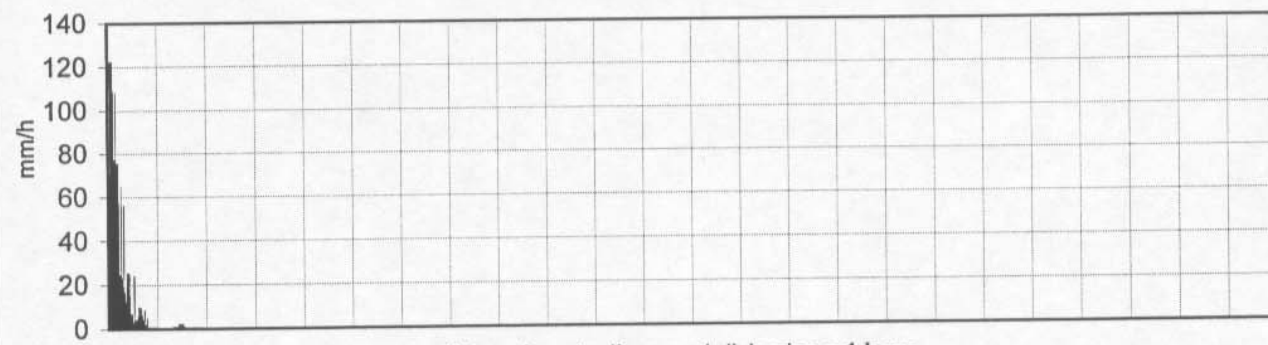
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 08-12-1965
Serie minutal de intensidades de lluvia.



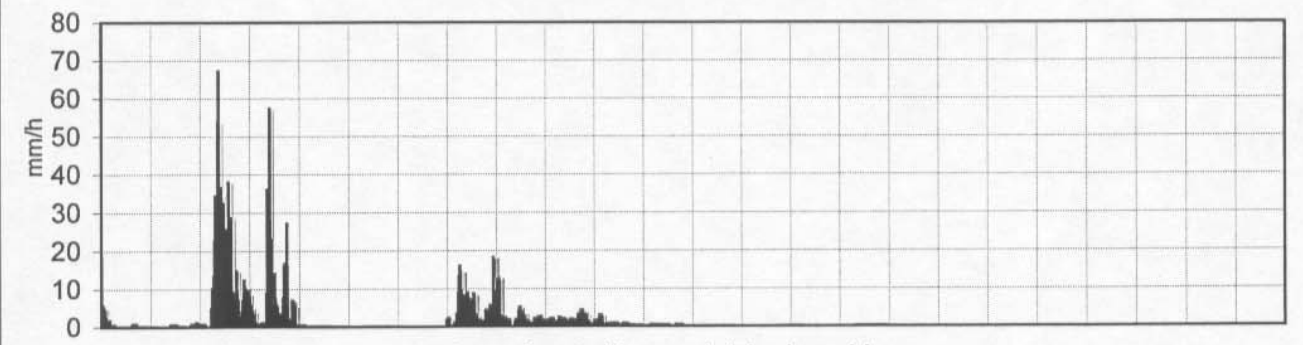
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 14-06-1966
Serie minutal de intensidades de lluvia.



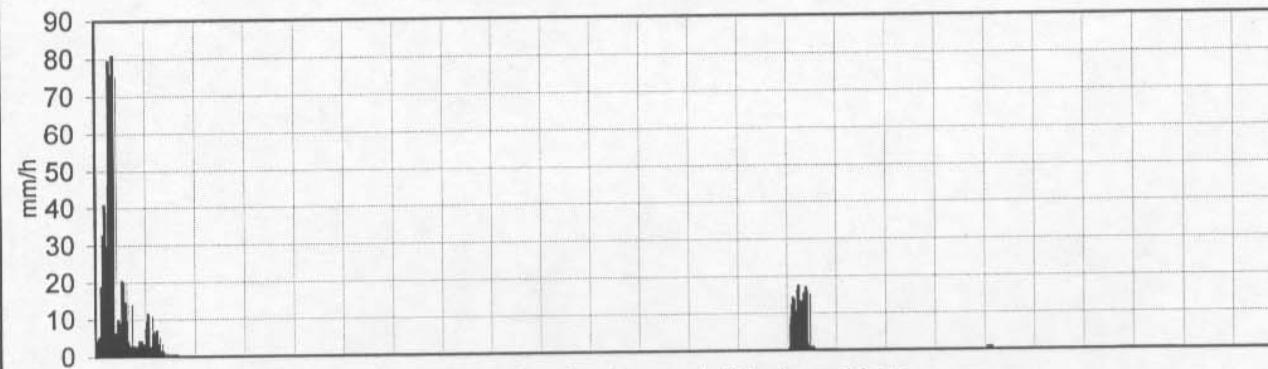
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 12-06-1968
Serie minutal de intensidades de lluvia.



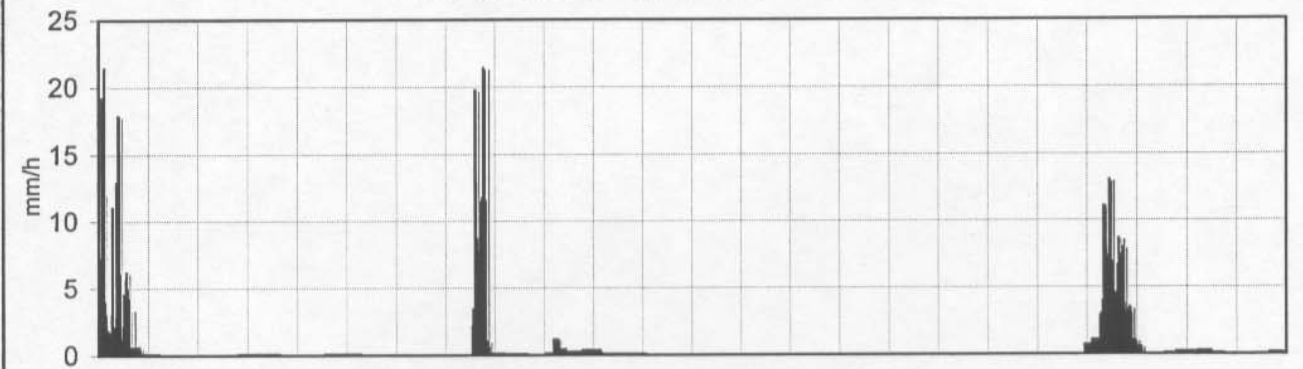
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 27-09-1966
Serie minutal de intensidades de lluvia.



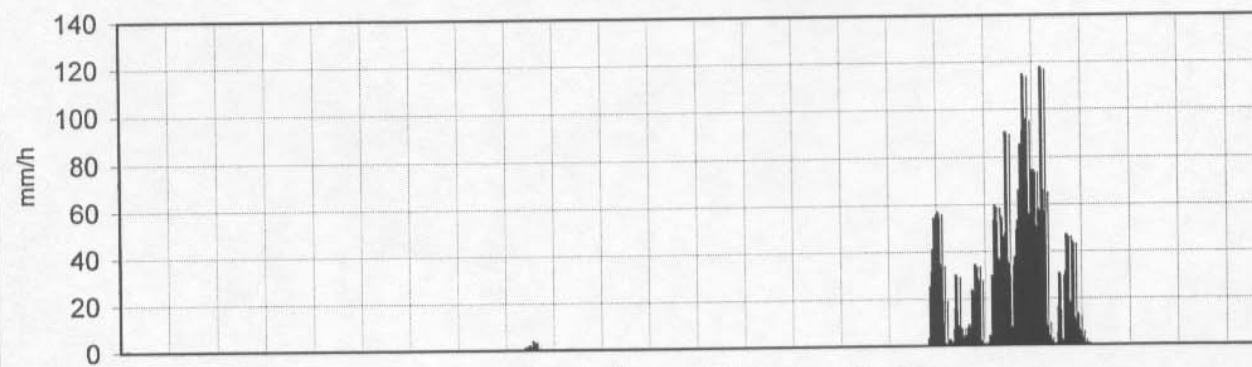
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 28-11-1968
Serie minutal de intensidades de lluvia.



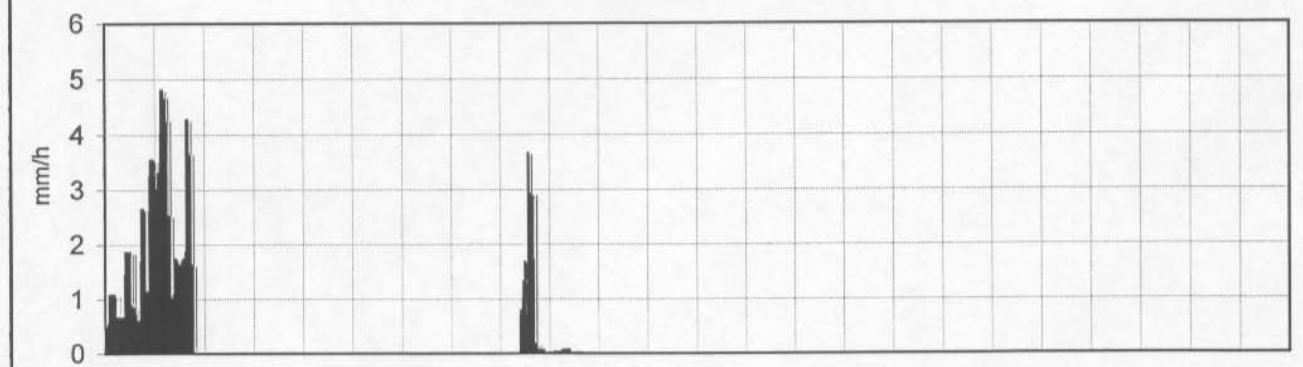
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-10-1966
Serie minutal de intensidades de lluvia.



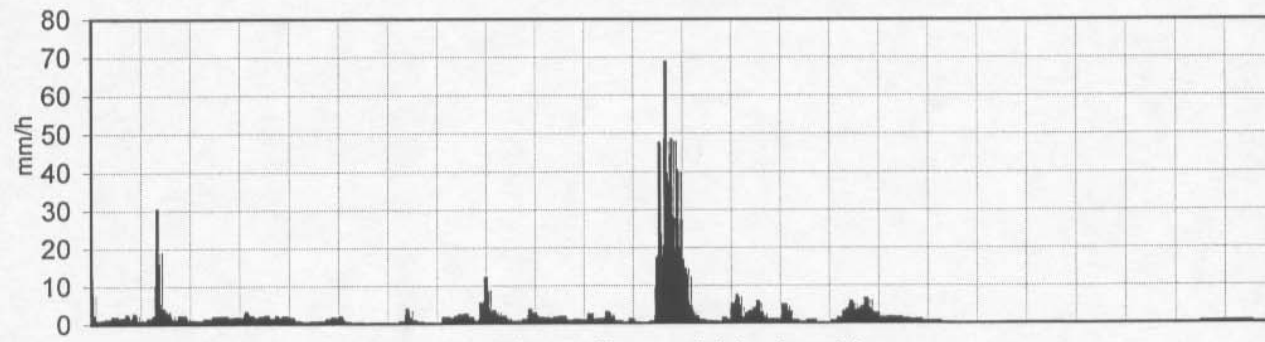
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 06-12-1968
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 07-12-1968
Serie minutal de intensidades de lluvia.



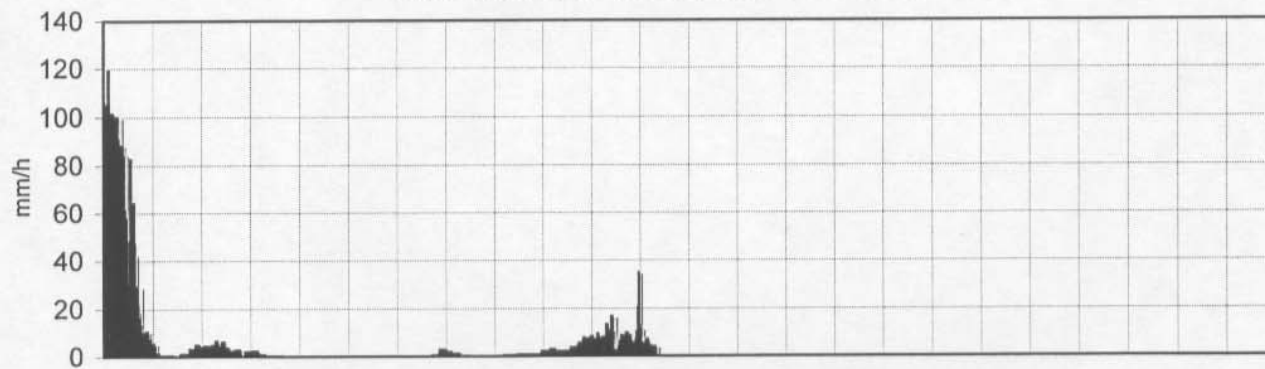
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 24-09-1971
Serie minutal de intensidades de lluvia.



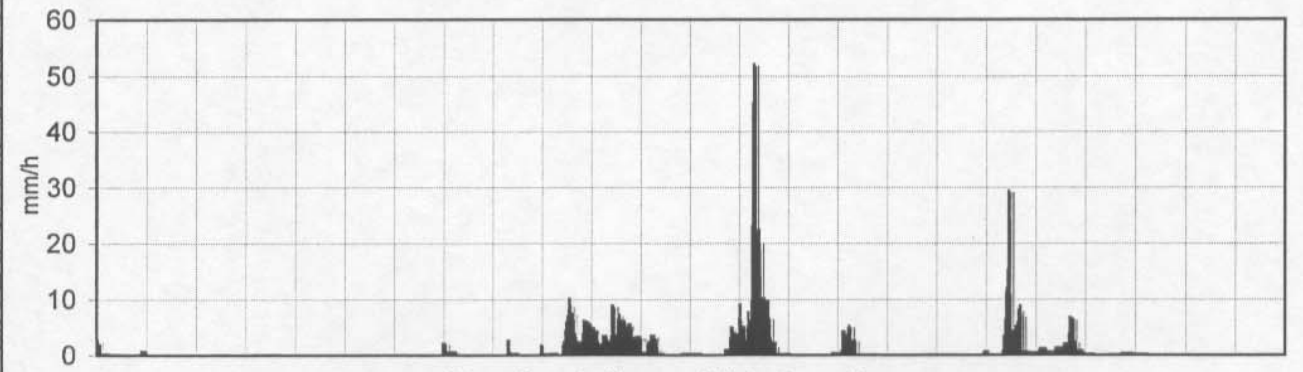
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 04-10-1969
Serie minutal de intensidades de lluvia.



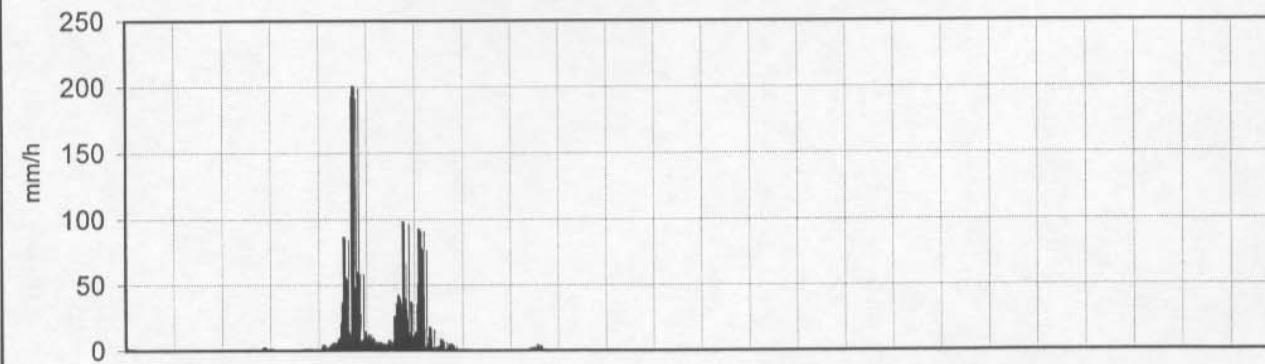
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 05-10-1971
Serie minutal de intensidades de lluvia.



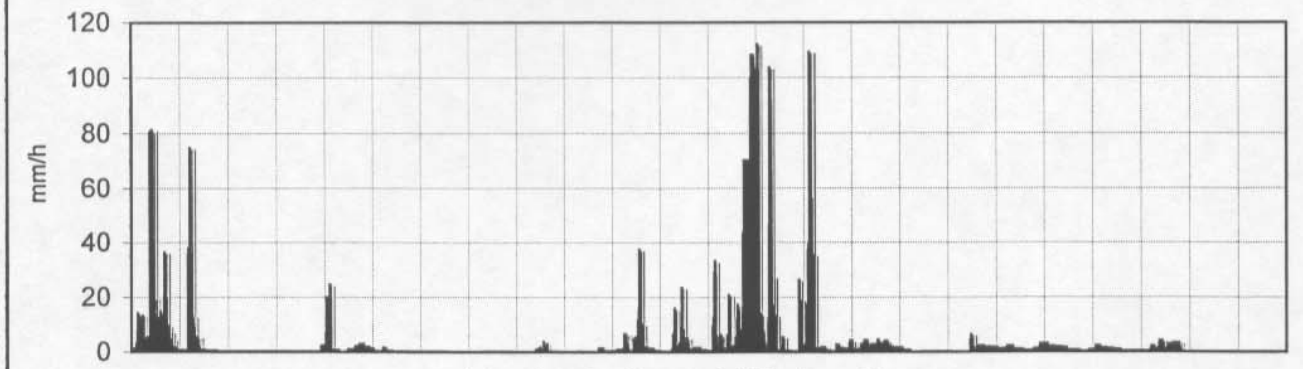
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 08-12-1970
Serie minutal de intensidades de lluvia.



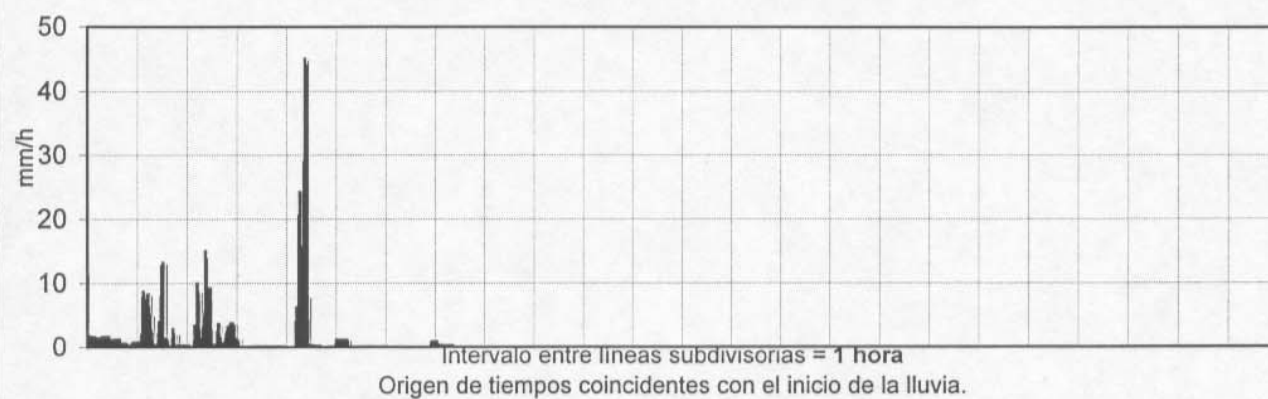
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 06-10-1971
Serie minutal de intensidades de lluvia.

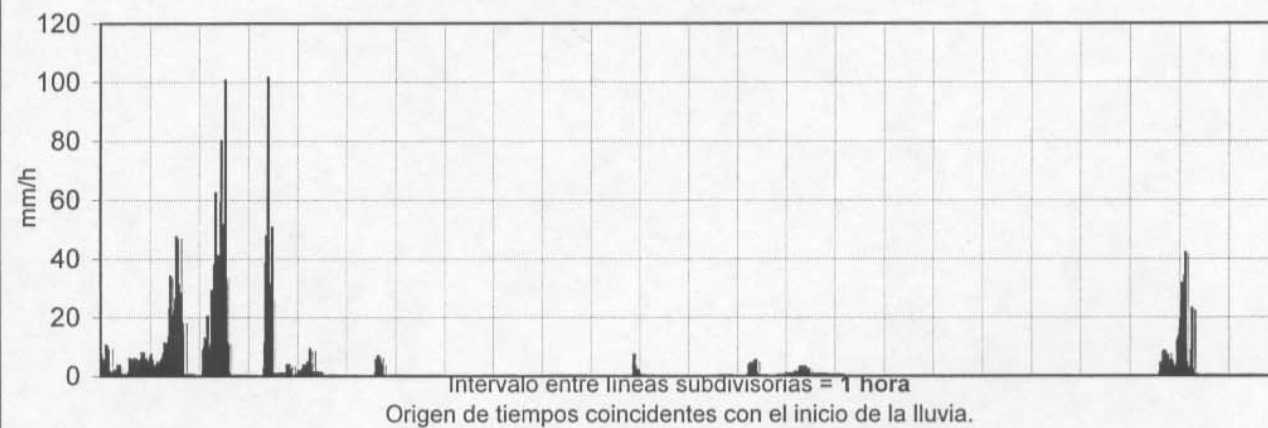


Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

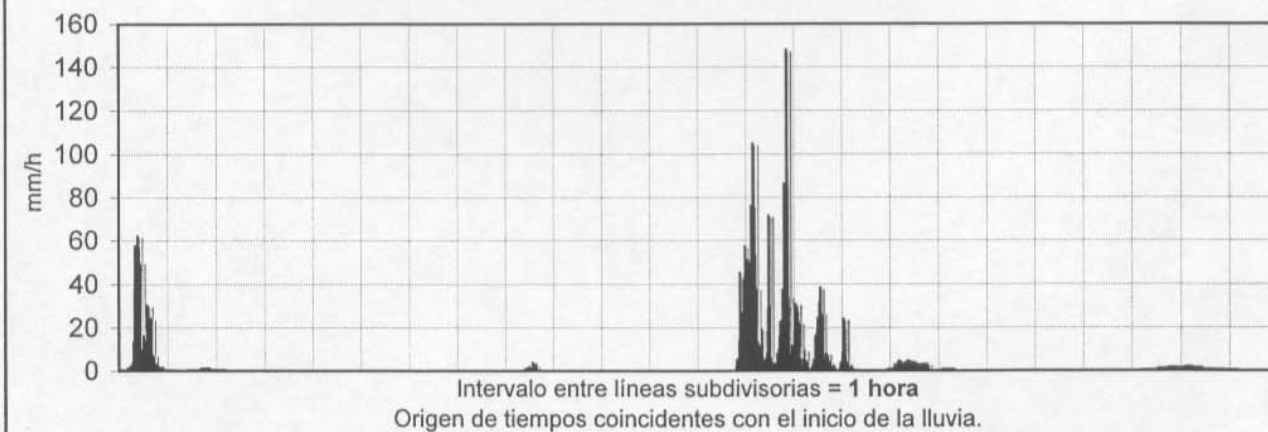
Fecha: 07-10-1971
Serie minutal de intensidades de lluvia.



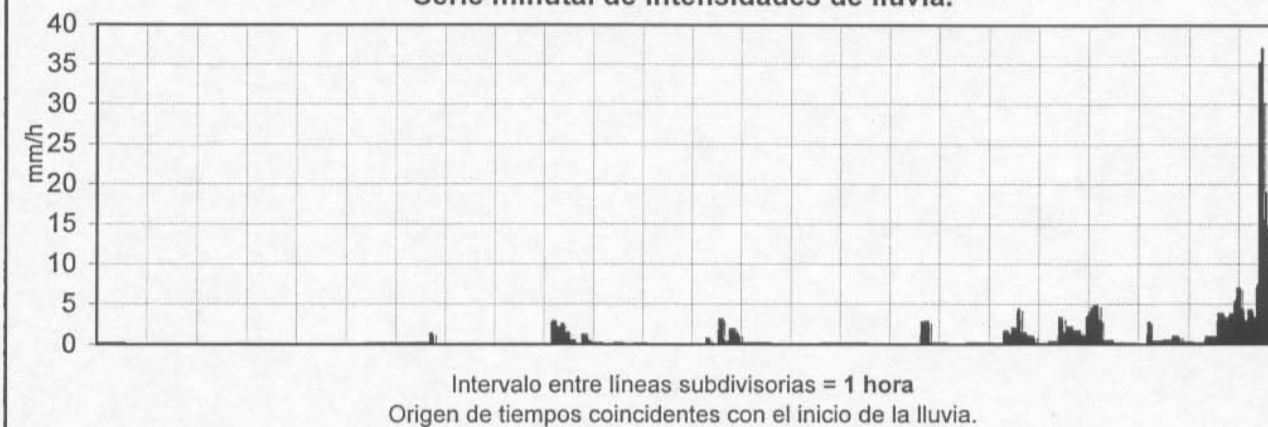
Fecha: 07-11-1971
Serie minutal de intensidades de lluvia.



Fecha: 08-11-1971
Serie minutal de intensidades de lluvia.



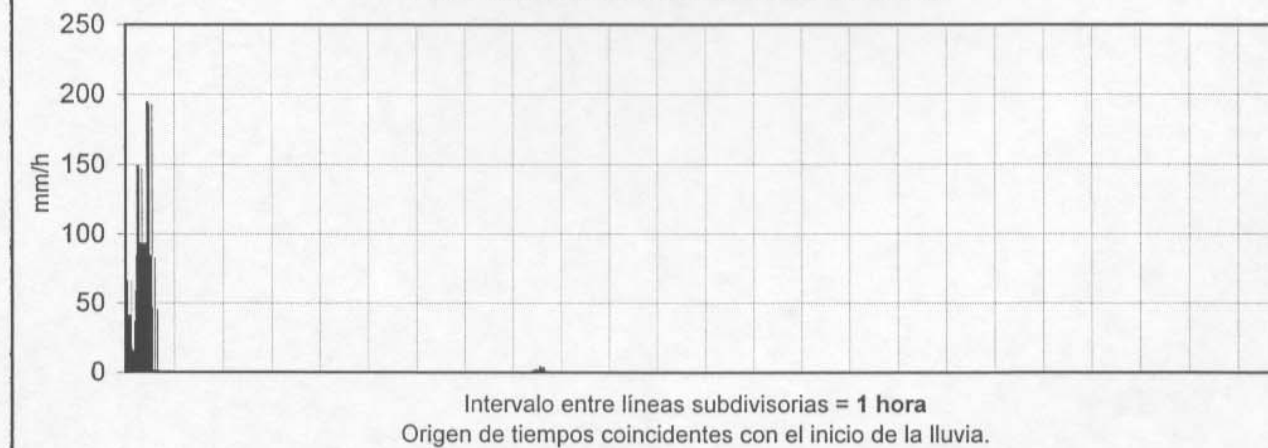
Fecha: 18-10-1972
Serie minutal de intensidades de lluvia.

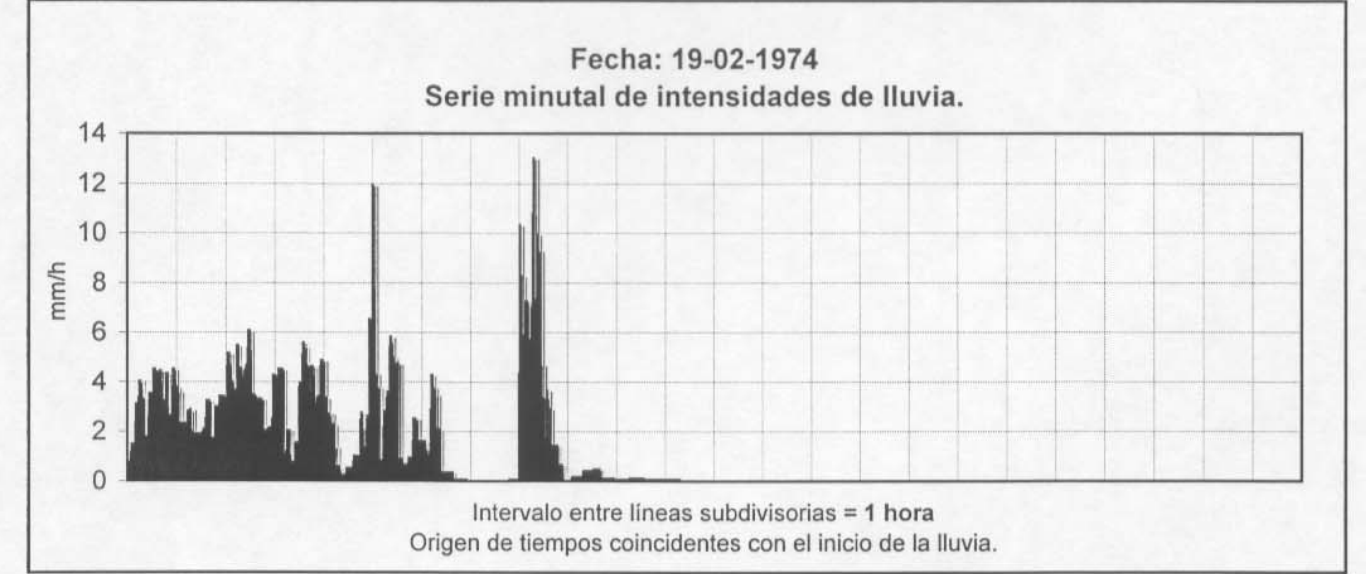
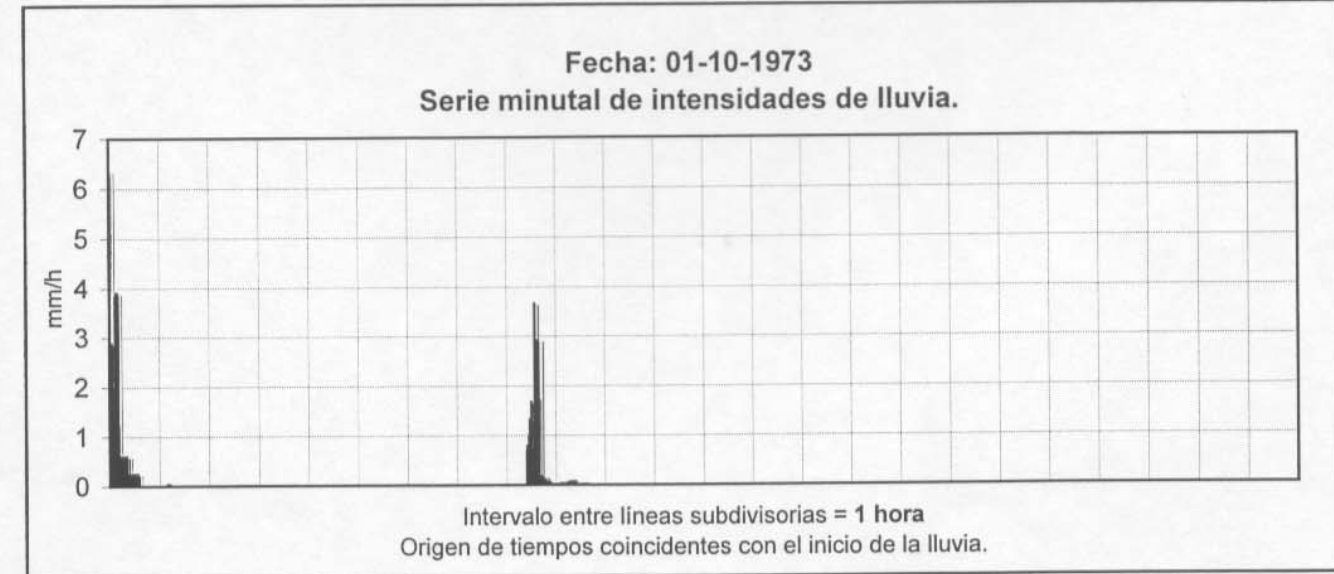
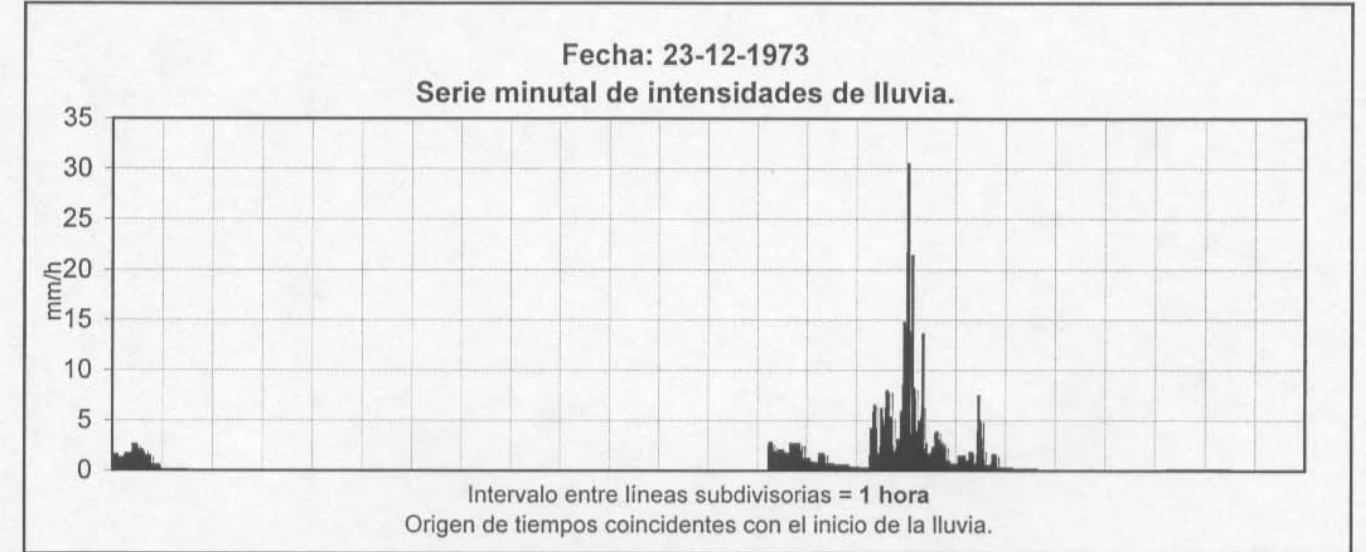
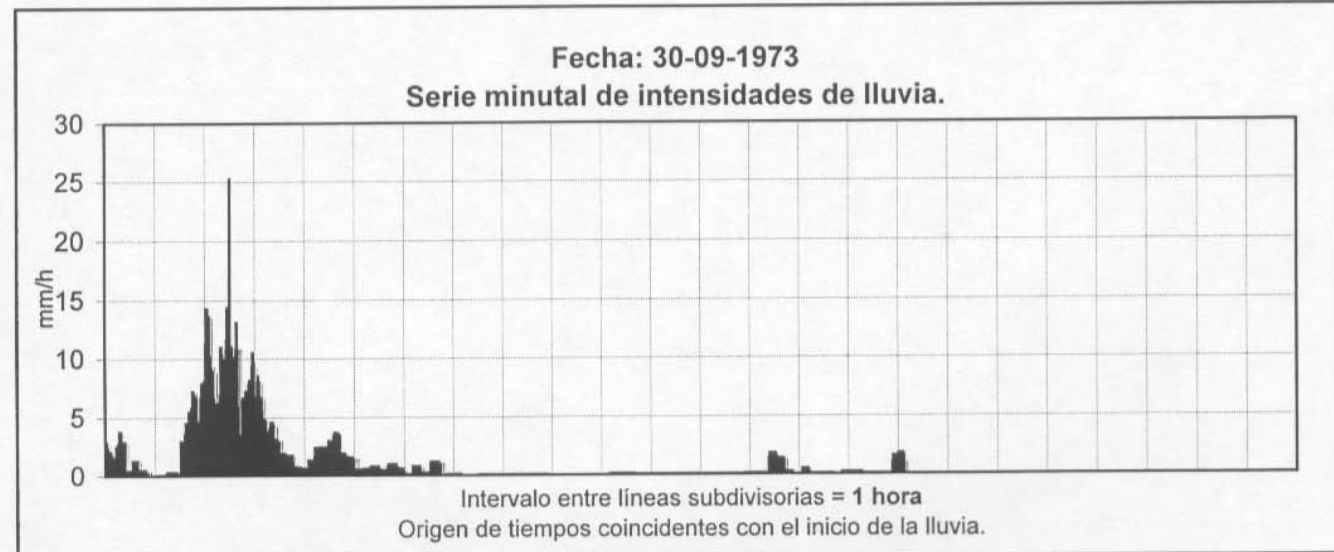
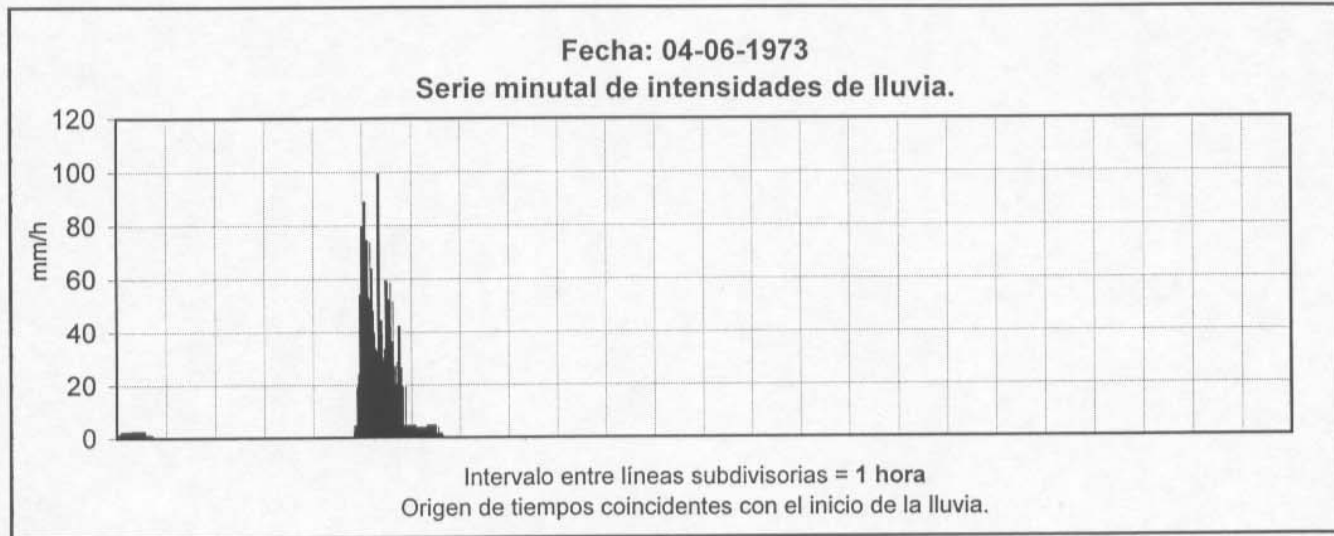


Fecha: 19-10-1972
Serie minutal de intensidades de lluvia.

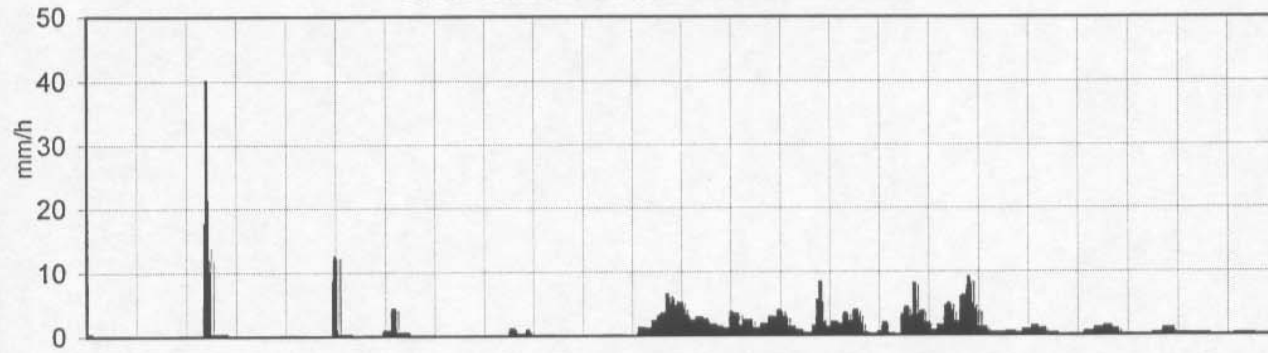


Fecha: 21-10-1972
Serie minutal de intensidades de lluvia.





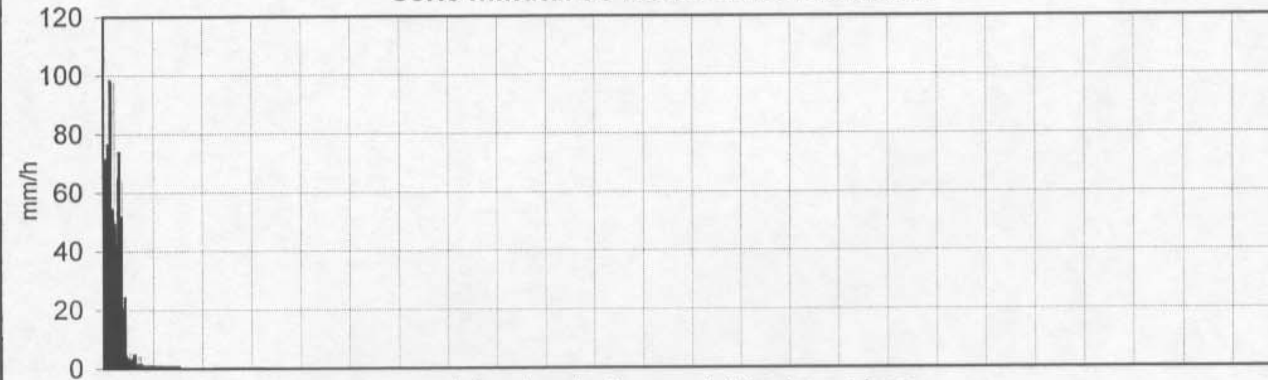
Fecha: 20-02-1974
Serie minutal de intensidades de lluvia.



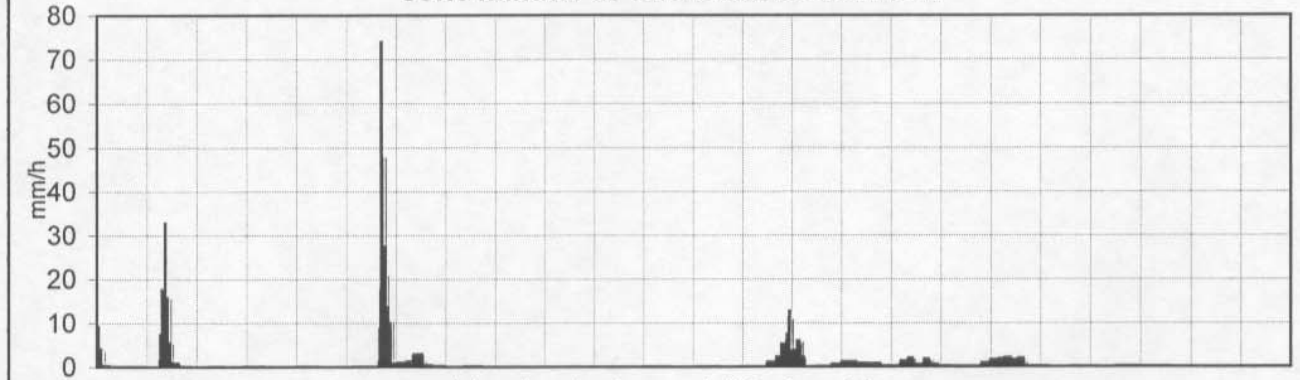
Fecha: 10-10-1974
Serie minutal de intensidades de lluvia.



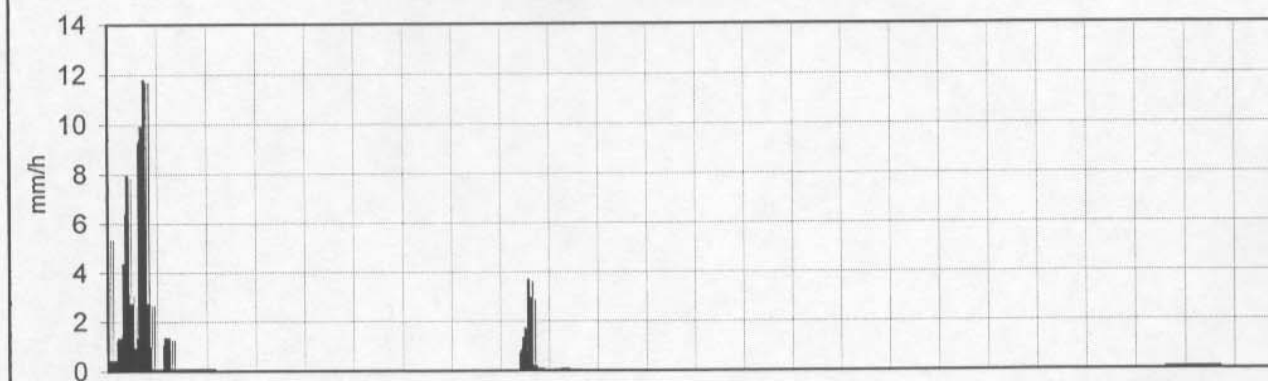
Fecha: 19-08-1974
Serie minutal de intensidades de lluvia.



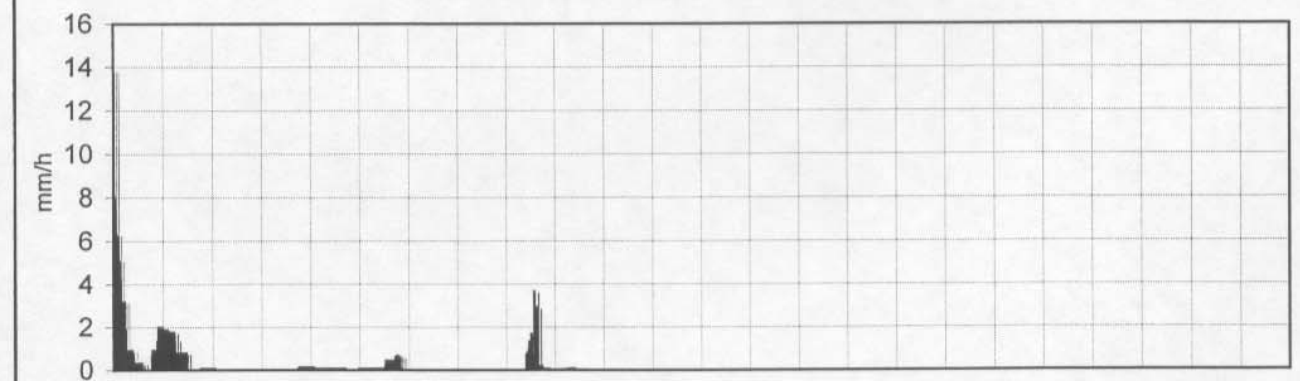
Fecha: 11-10-1974
Serie minutal de intensidades de lluvia.

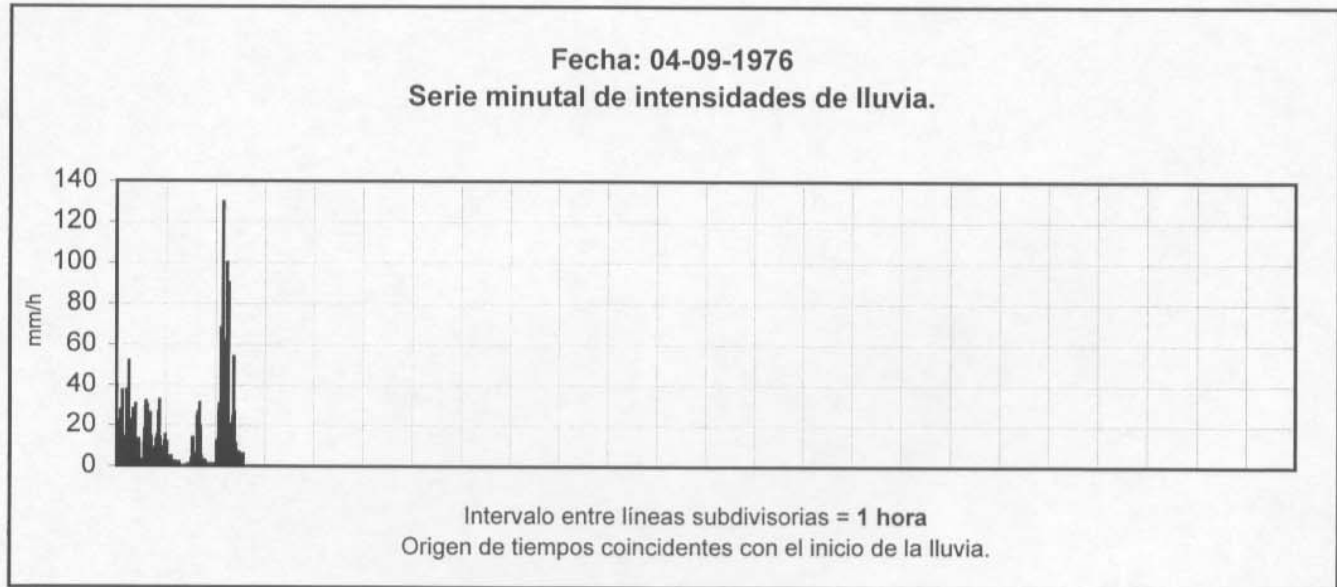
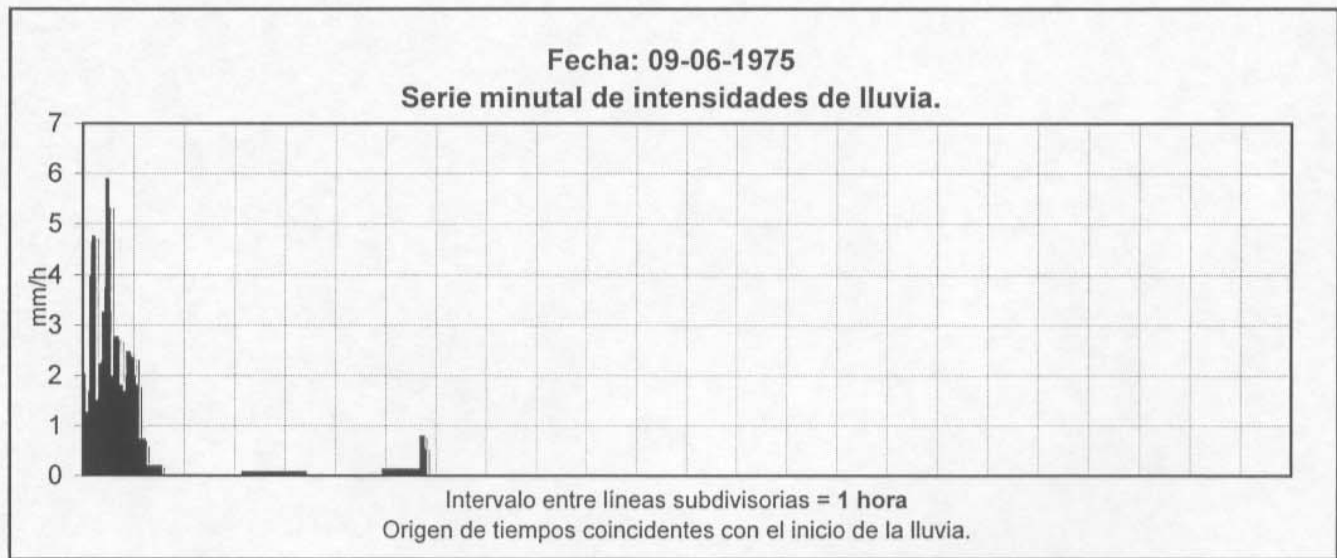
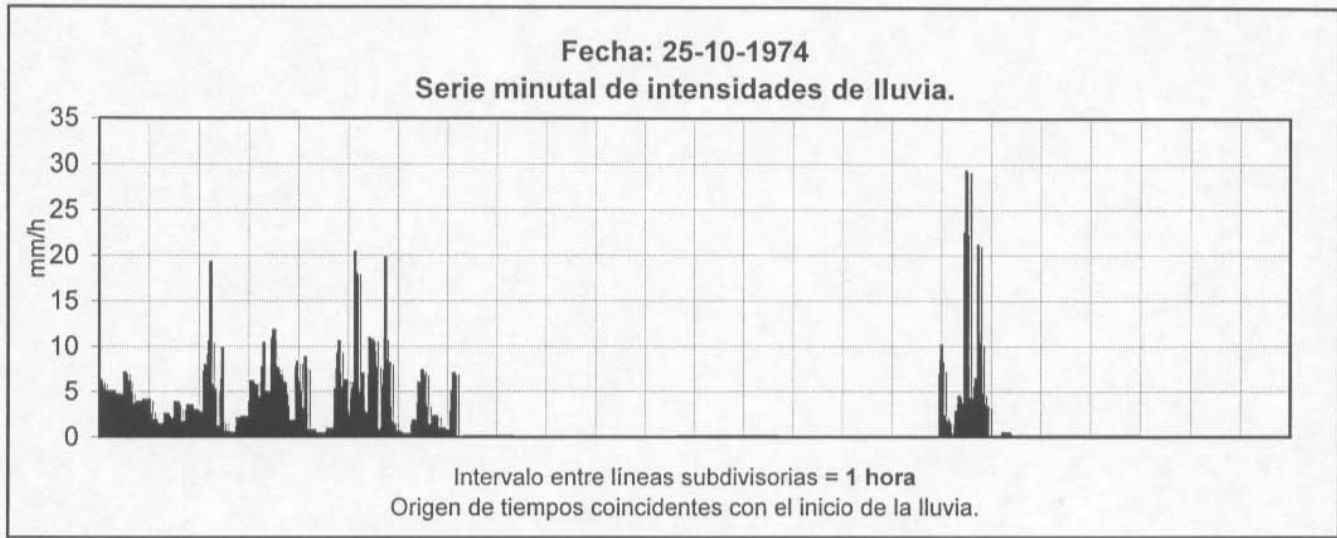


Fecha: 20-08-1974
Serie minutal de intensidades de lluvia.

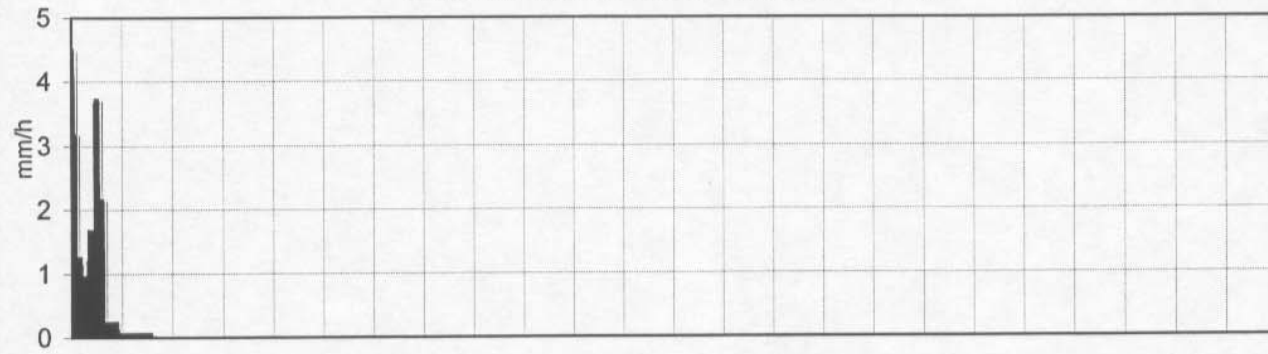


Fecha: 24-10-1974
Serie minutal de intensidades de lluvia.



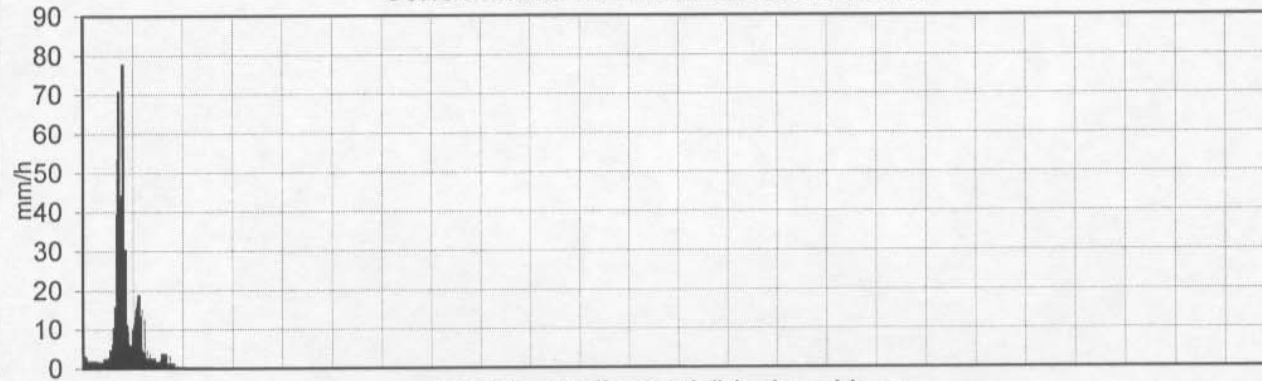


Fecha: 05-09-1976
Serie minotal de intensidades de lluvia.



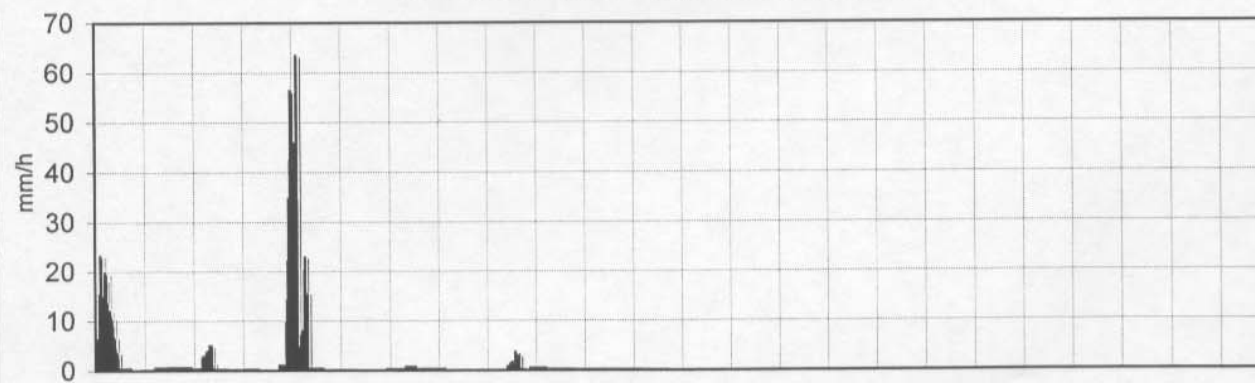
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 10-10-1976
Serie minotal de intensidades de lluvia.



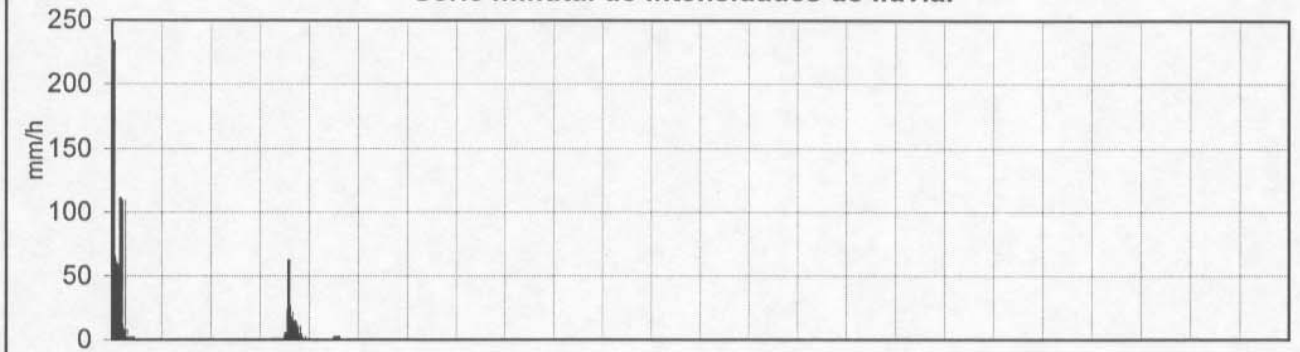
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 16-12-1976
Serie minotal de intensidades de lluvia.



Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 15-07-1977
Serie minotal de intensidades de lluvia.



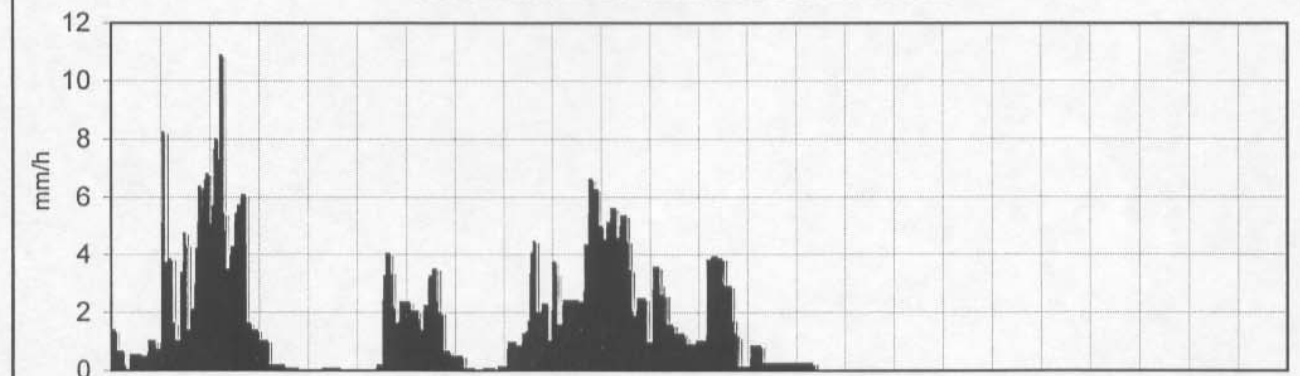
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

Fecha: 18-09-1977
Serie minotal de intensidades de lluvia.

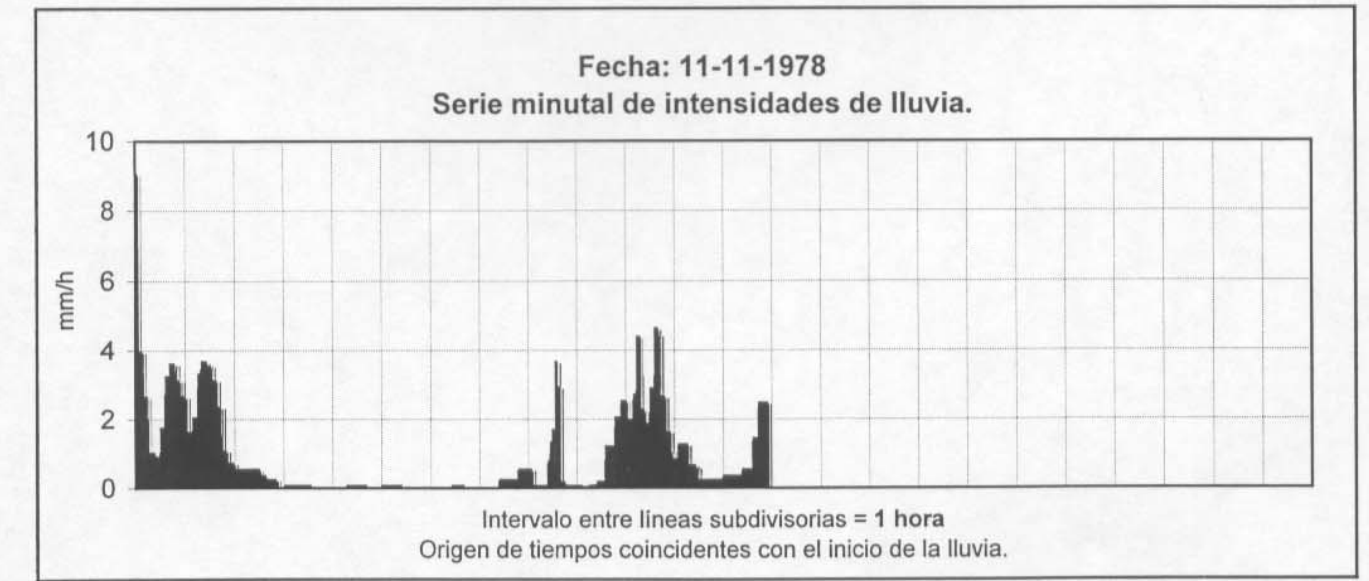
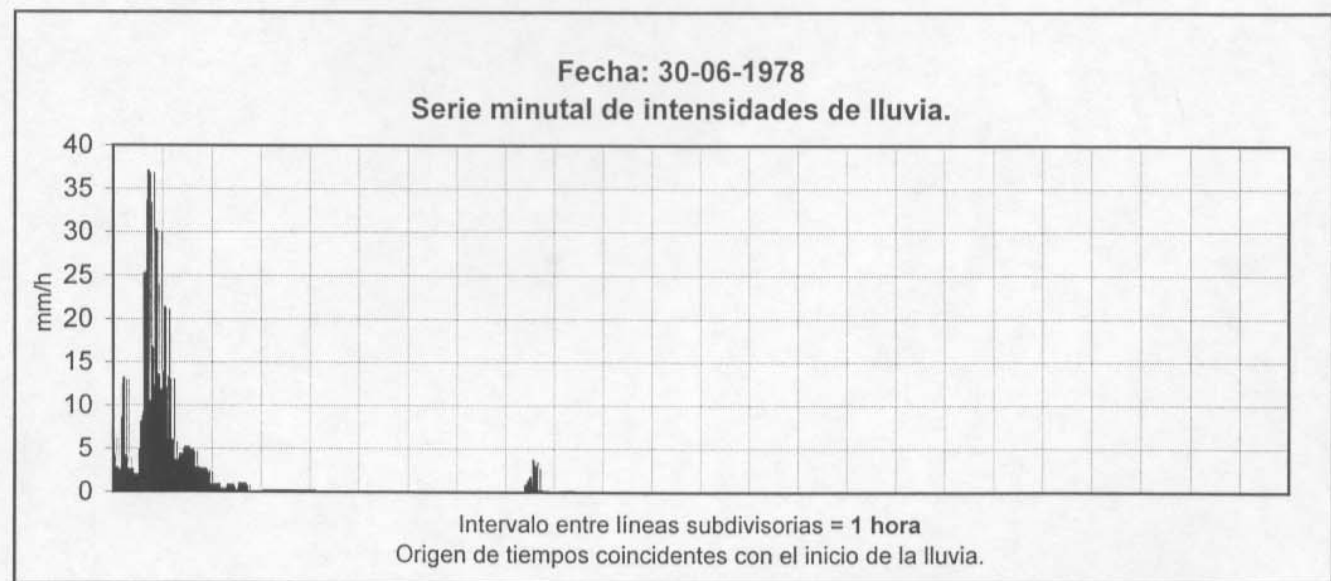
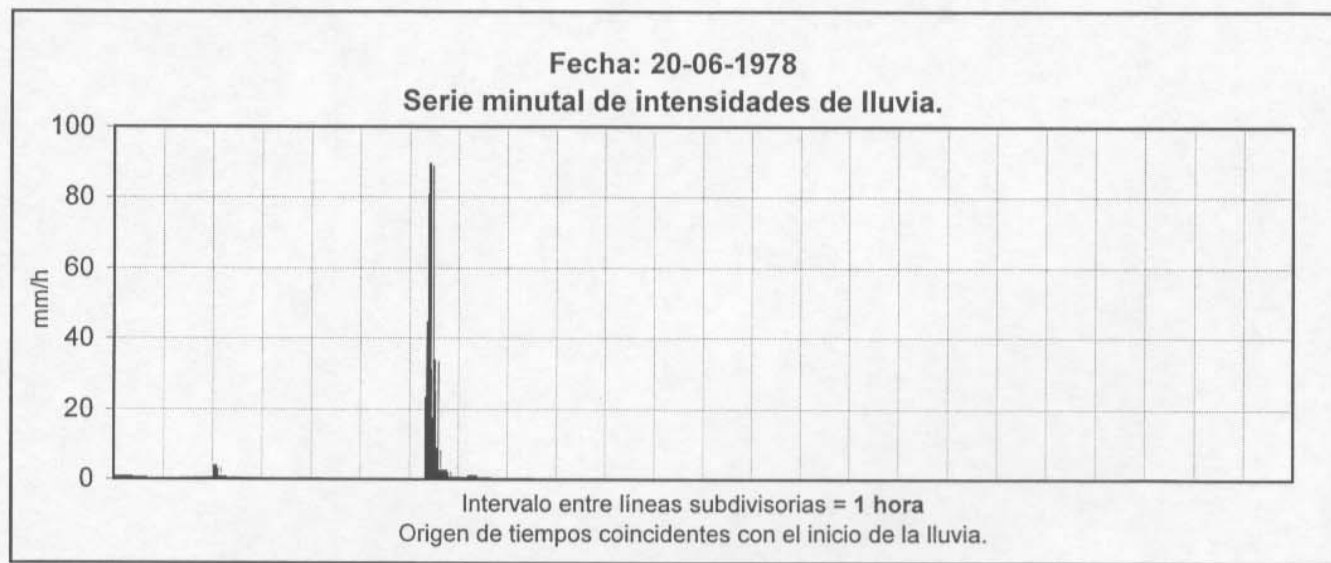
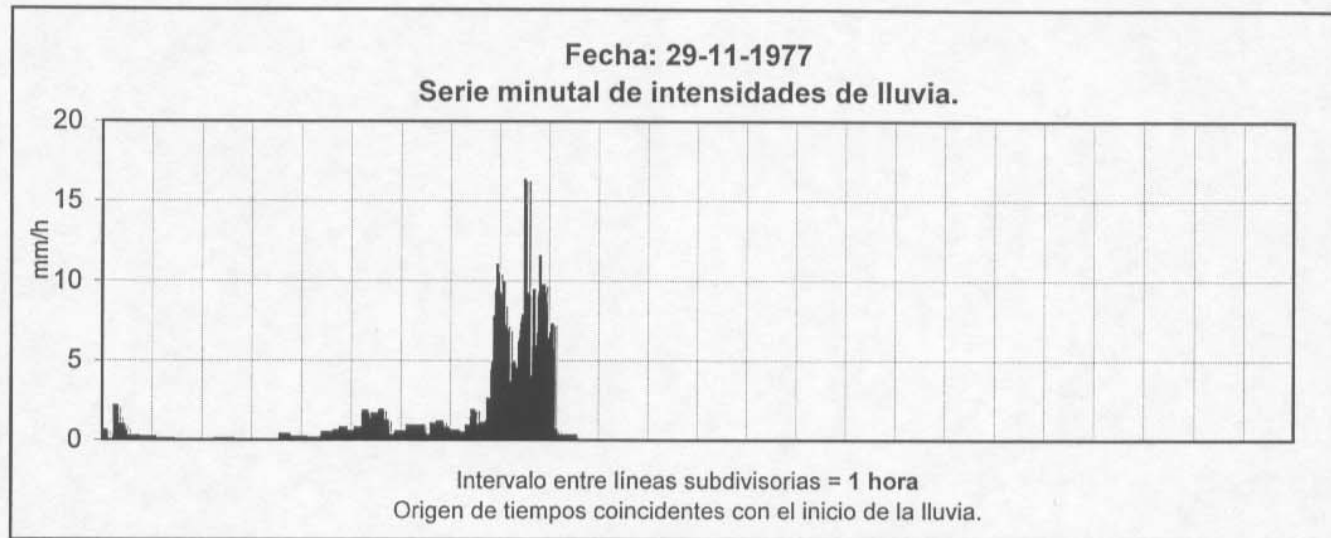


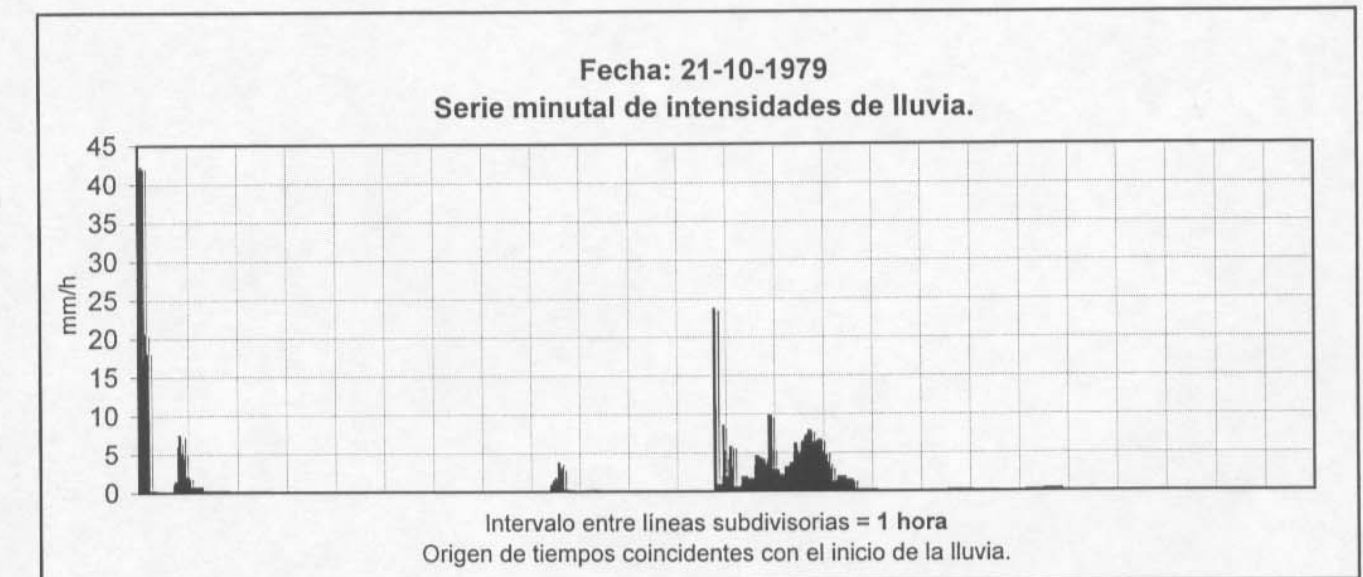
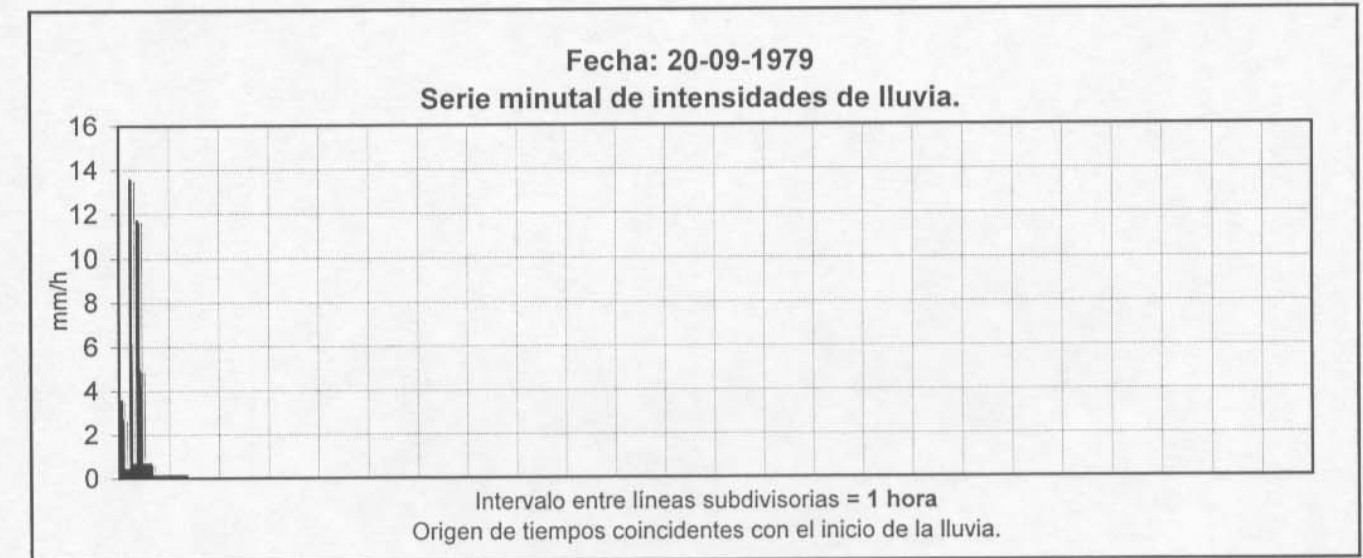
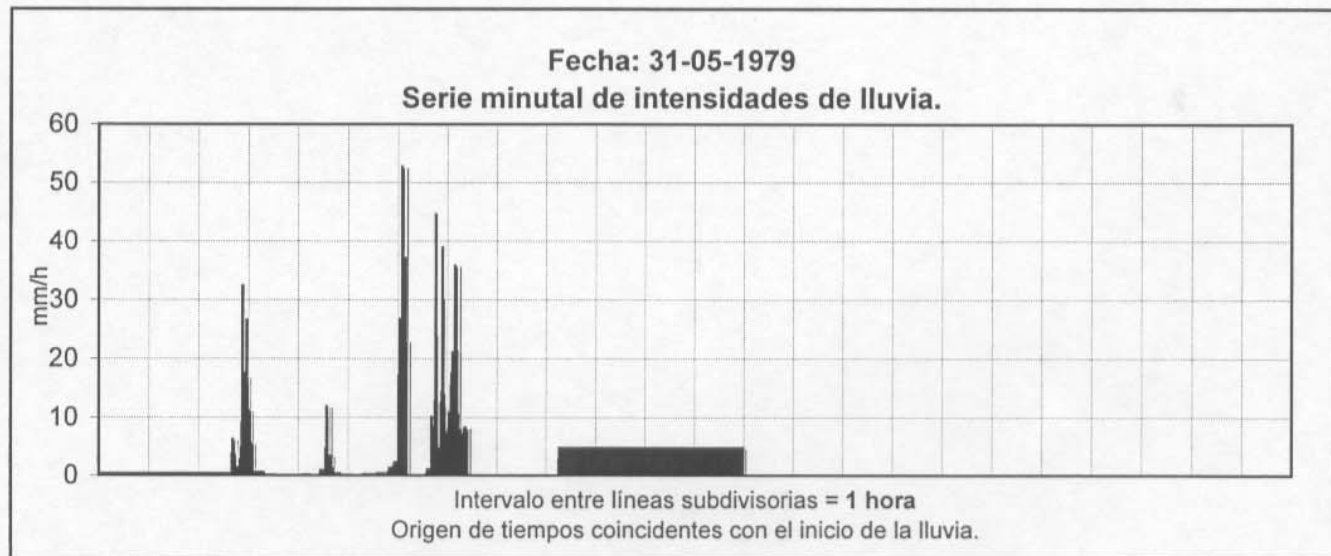
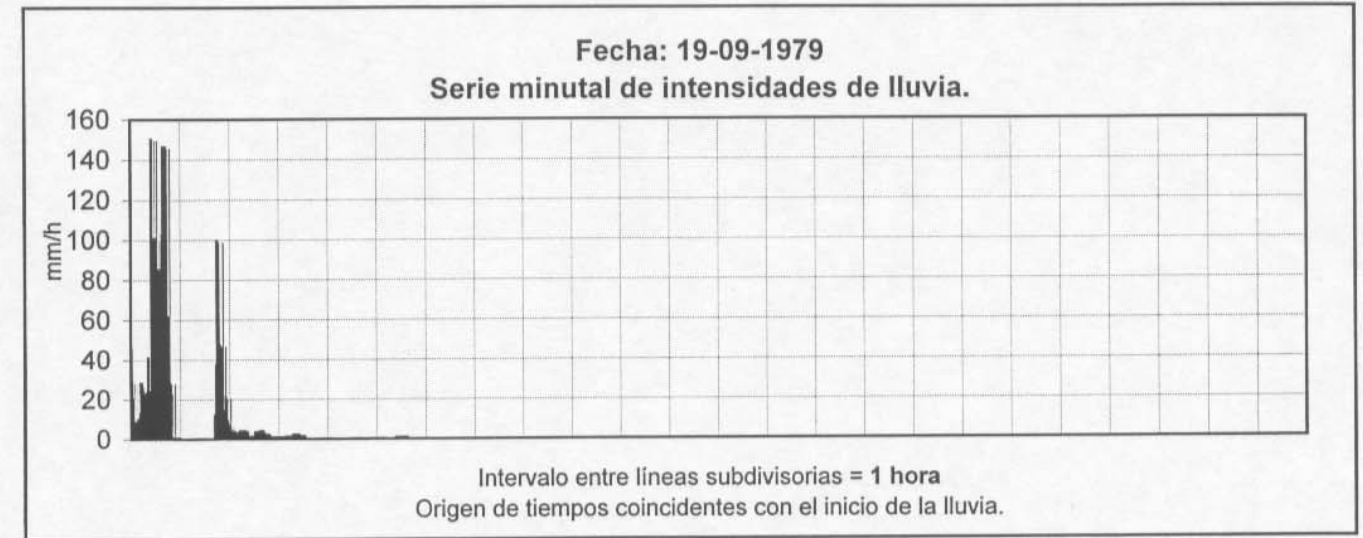
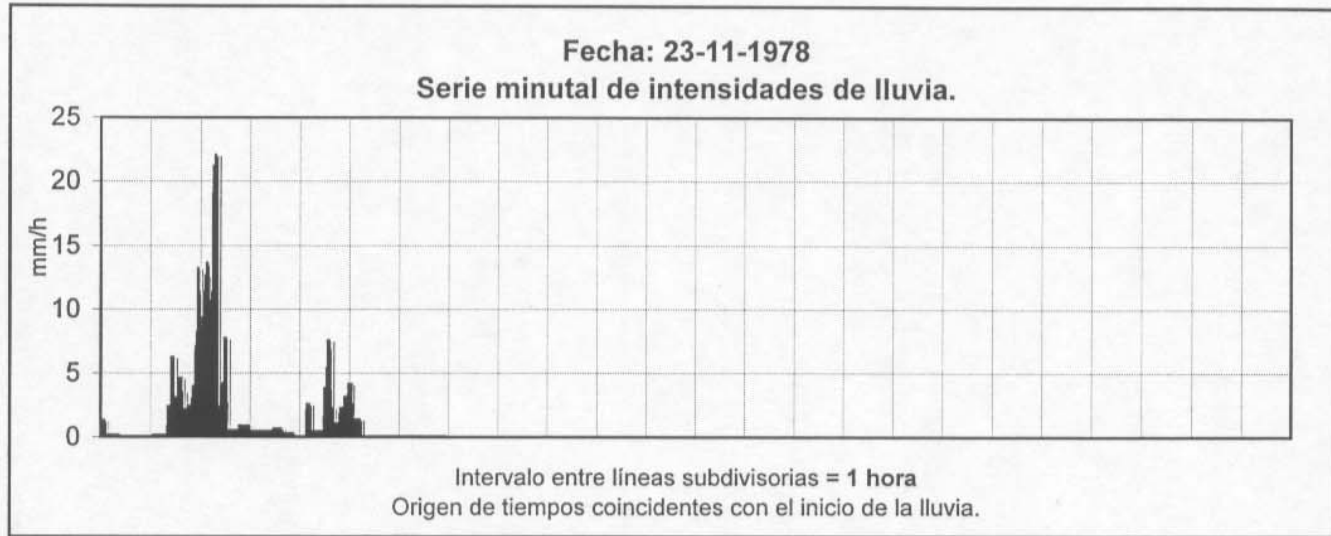
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

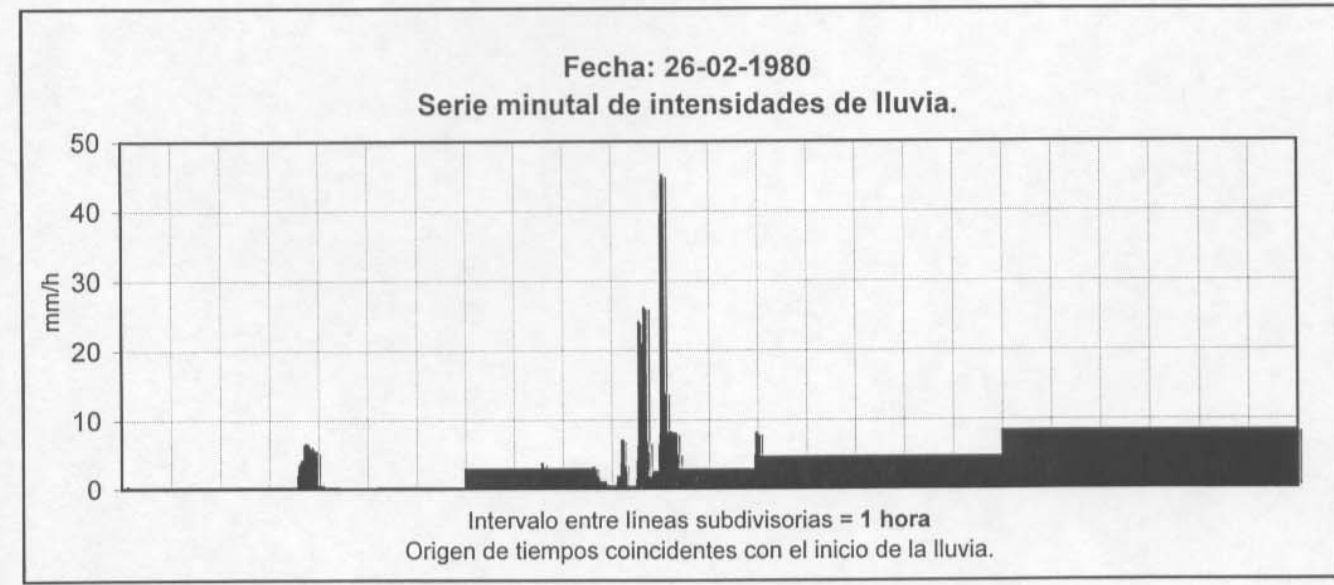
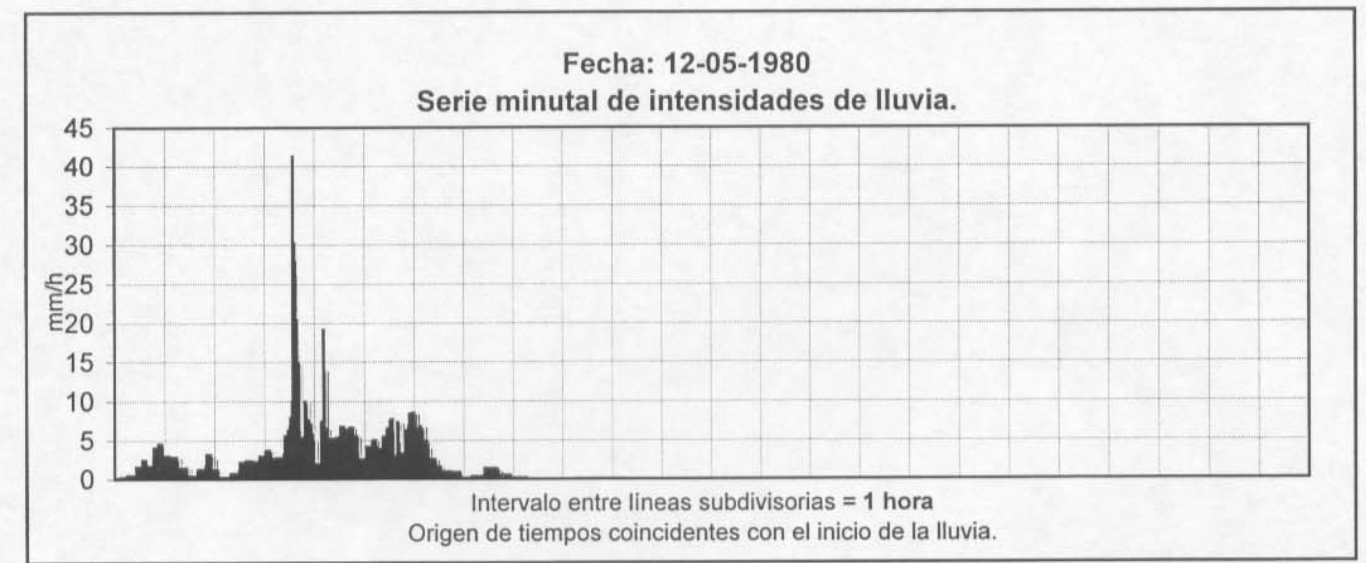
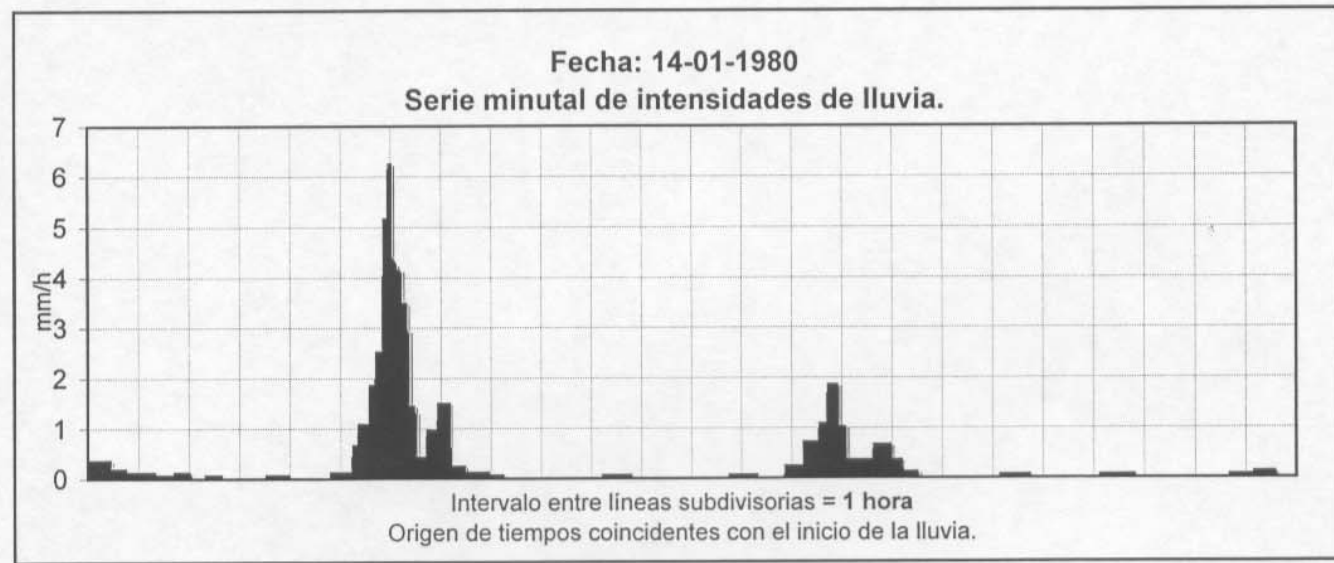
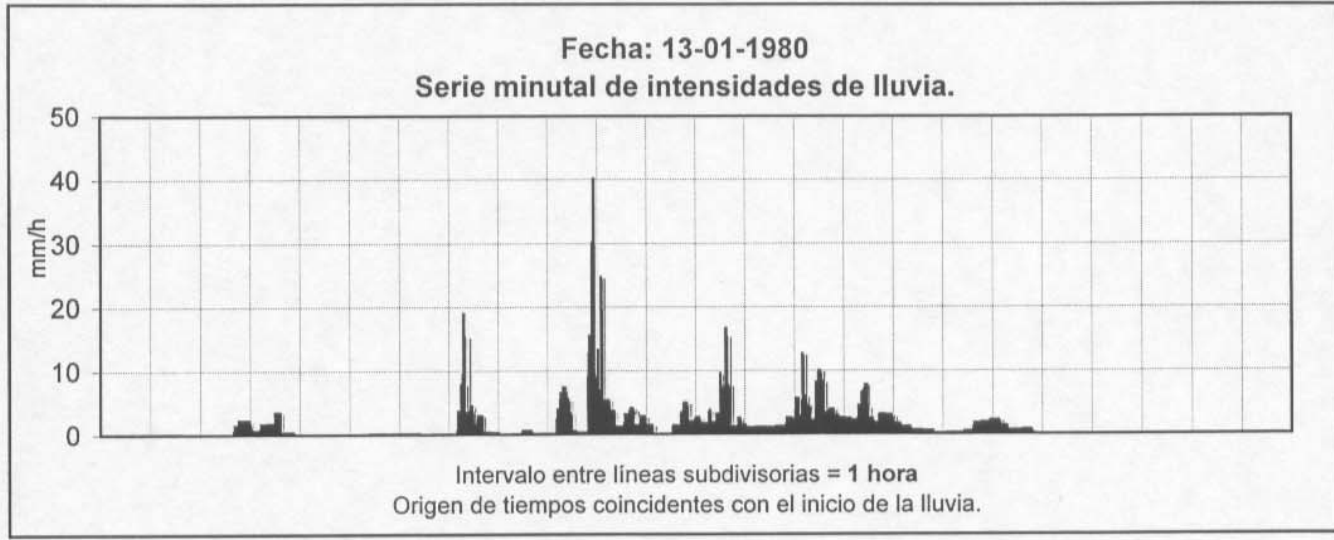
Fecha: 28-11-1977
Serie minotal de intensidades de lluvia.

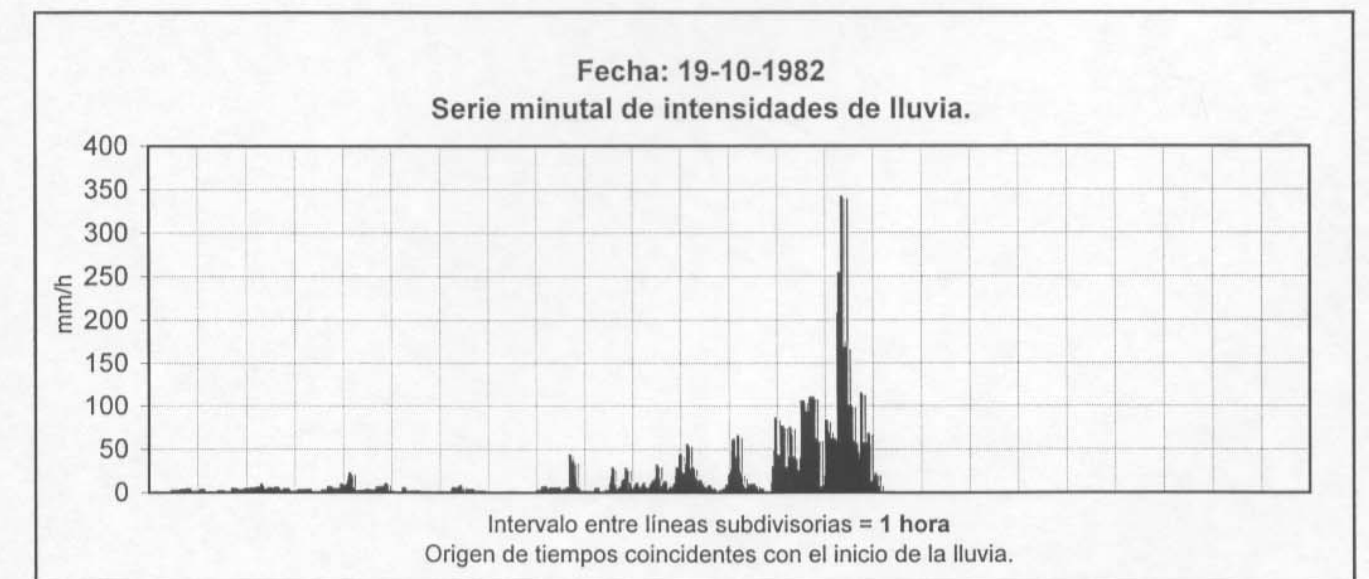
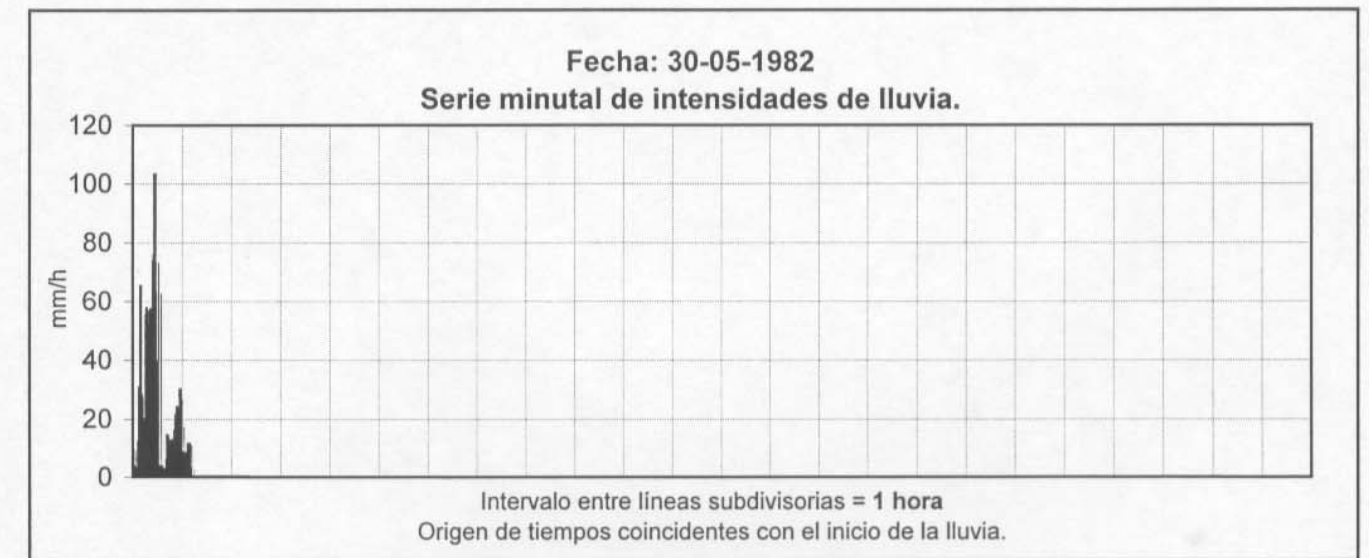
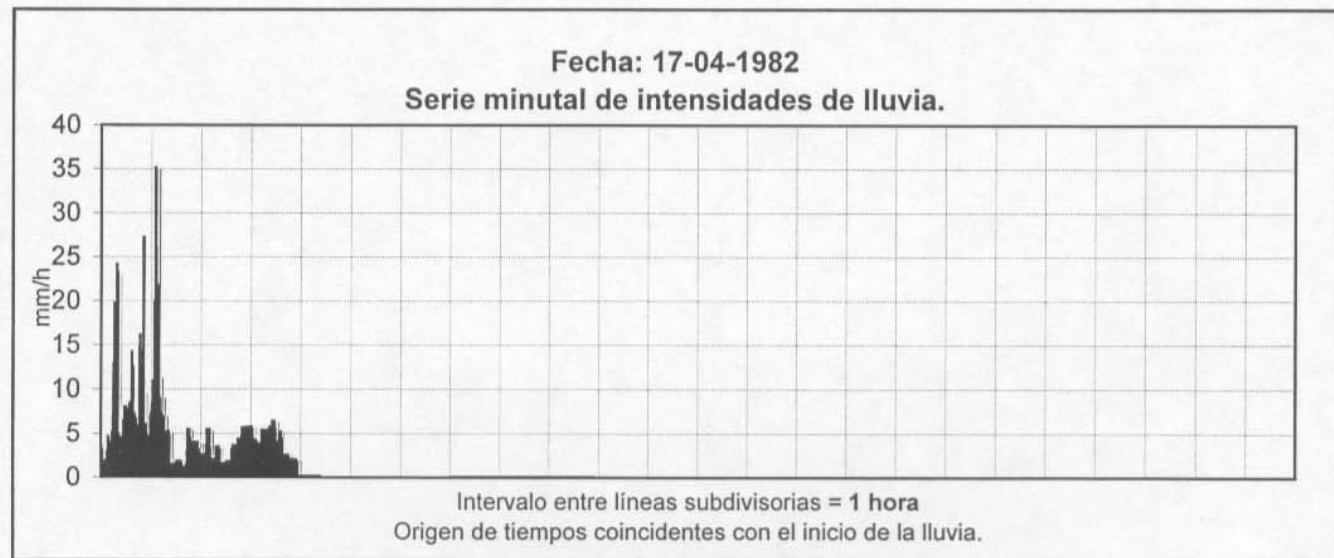
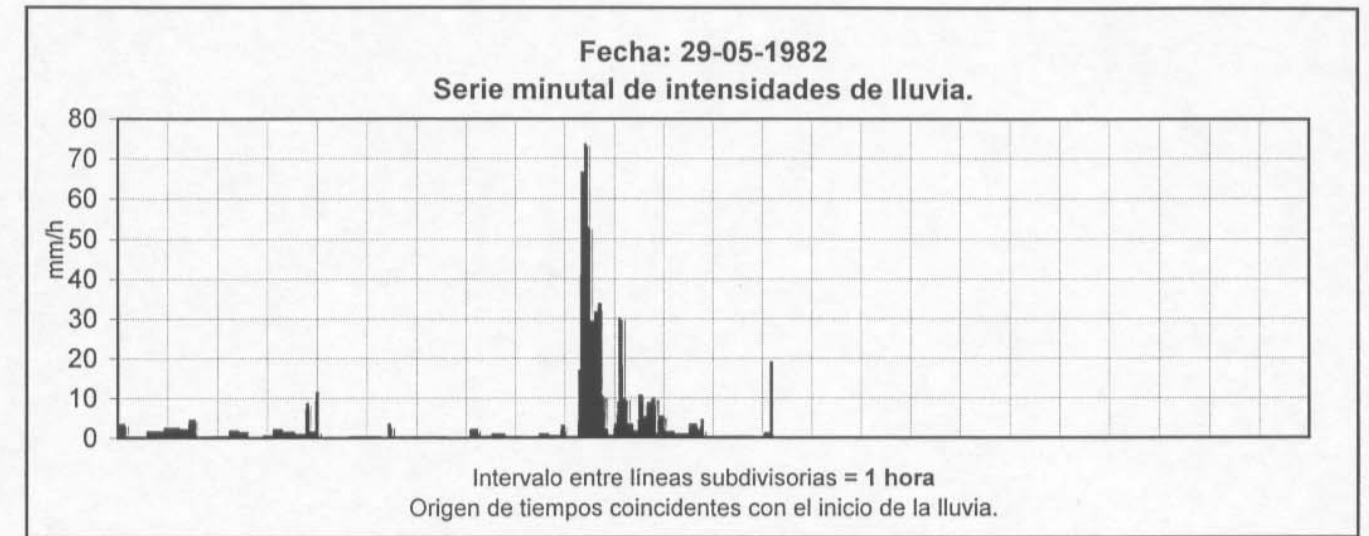
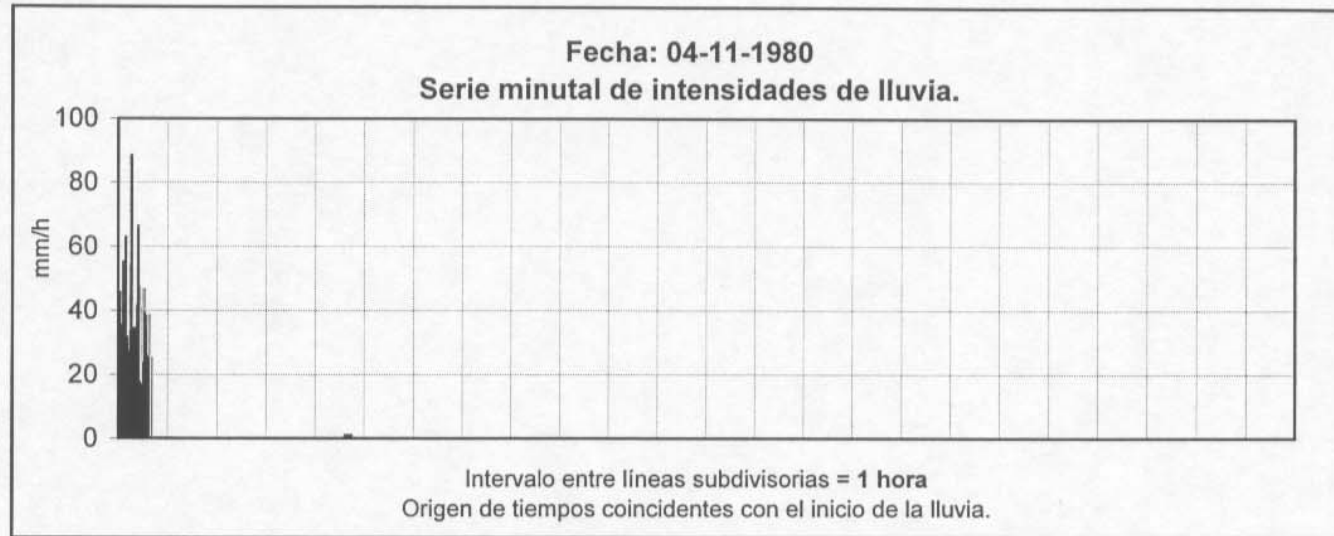


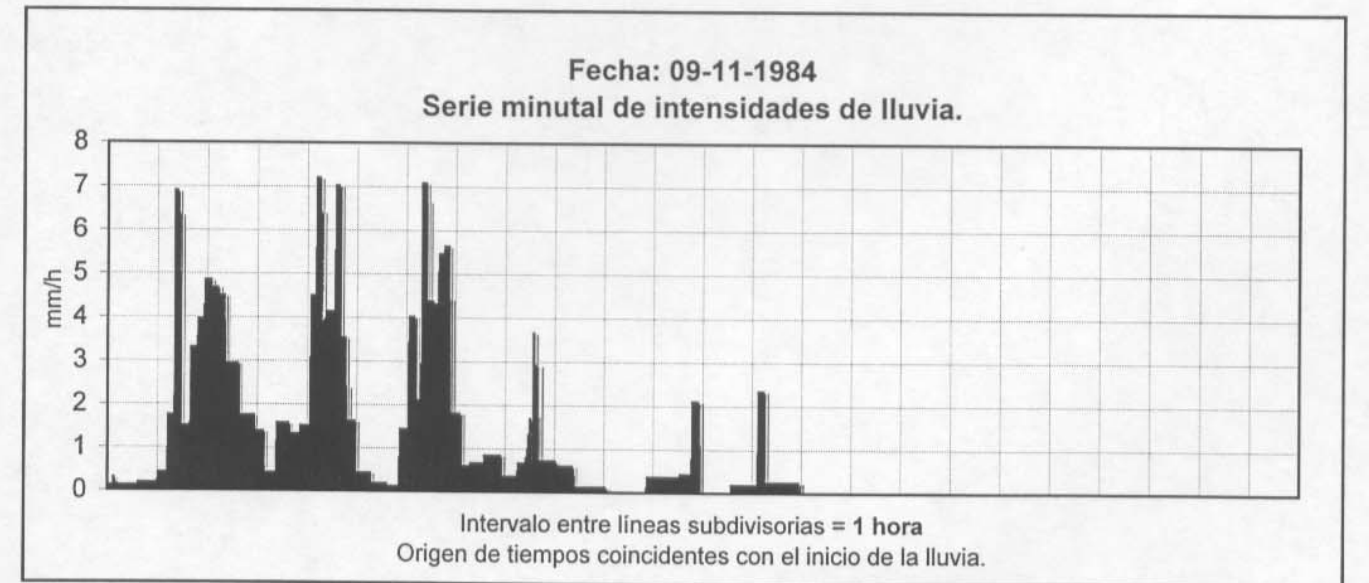
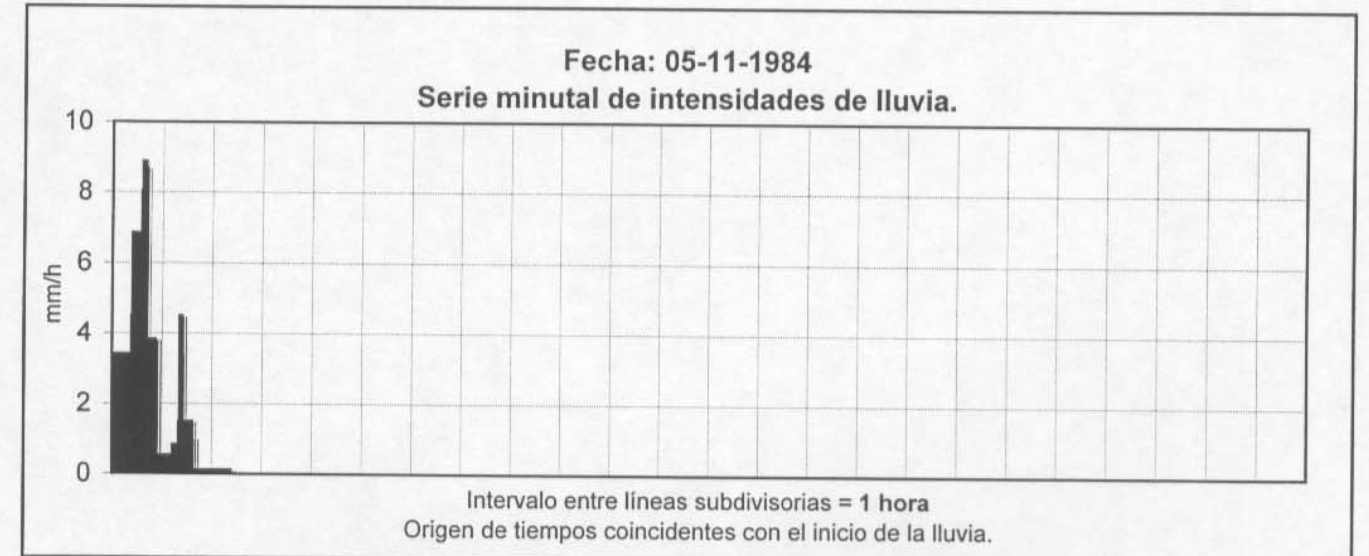
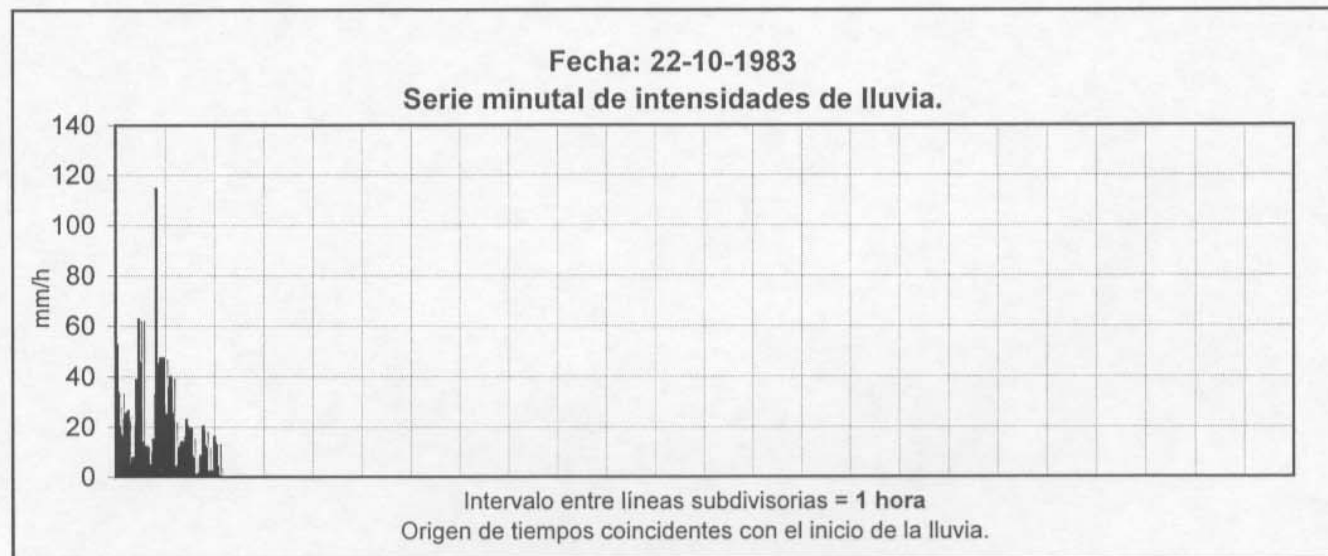
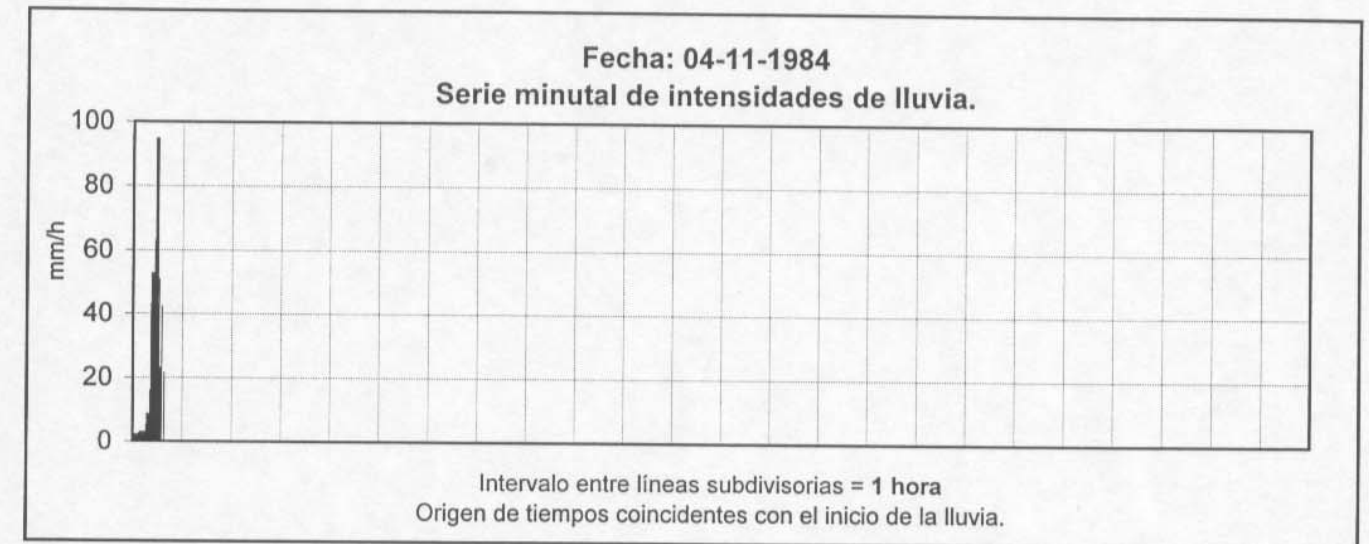
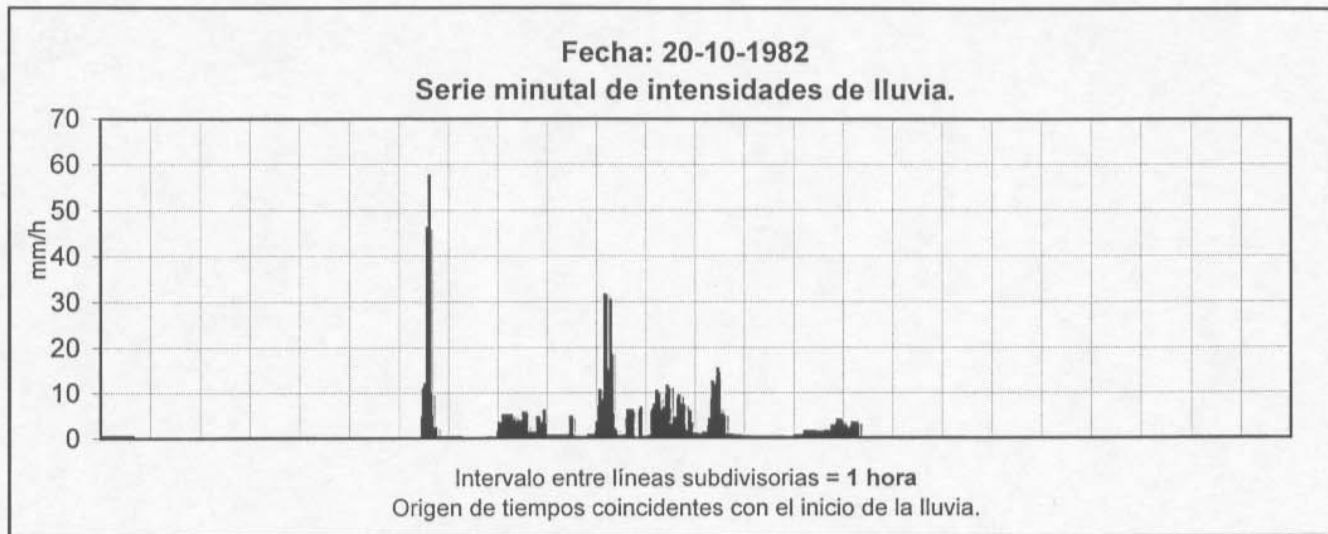
Intervalo entre líneas subdivisorias = 1 hora
Origen de tiempos coincidentes con el inicio de la lluvia.

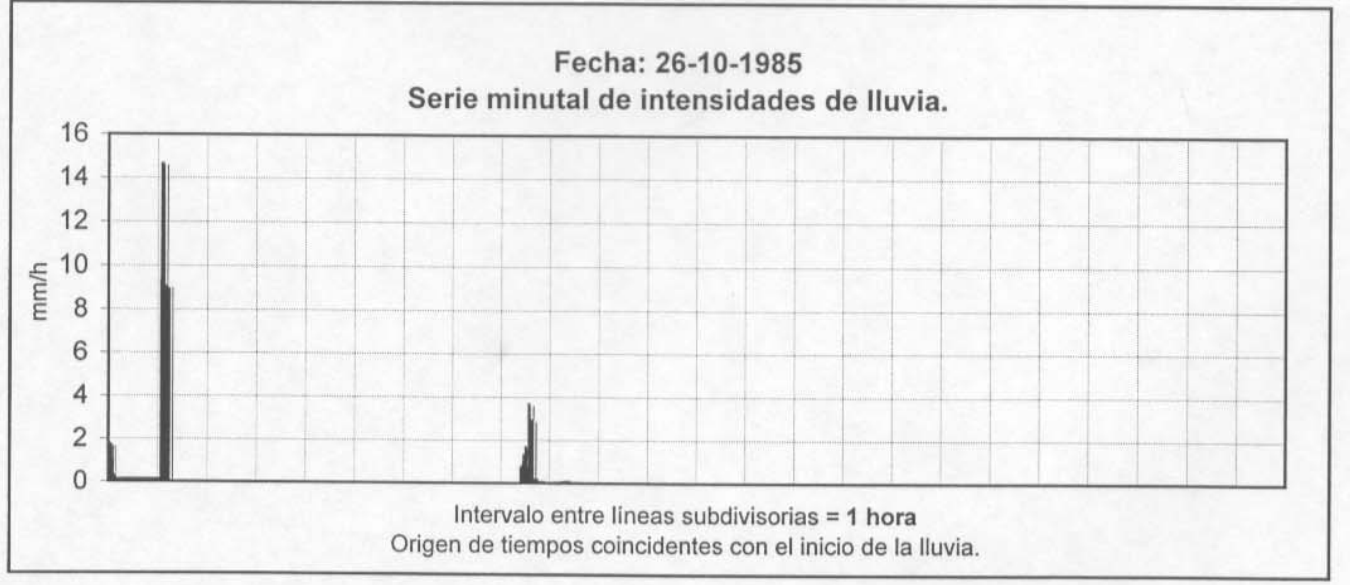
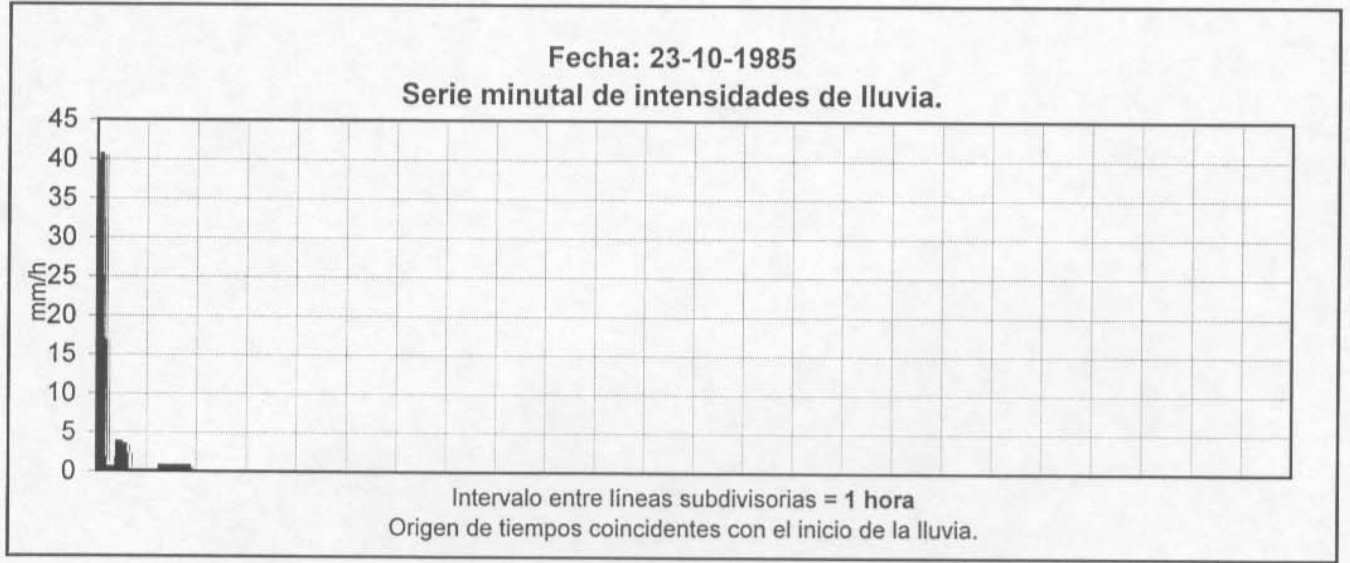
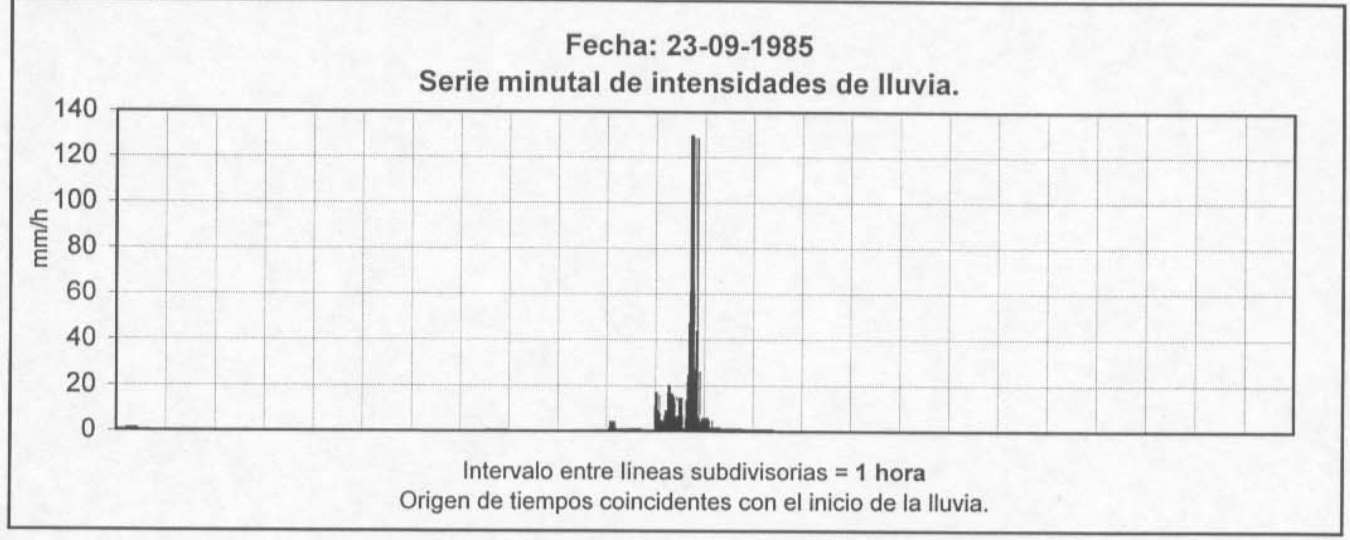
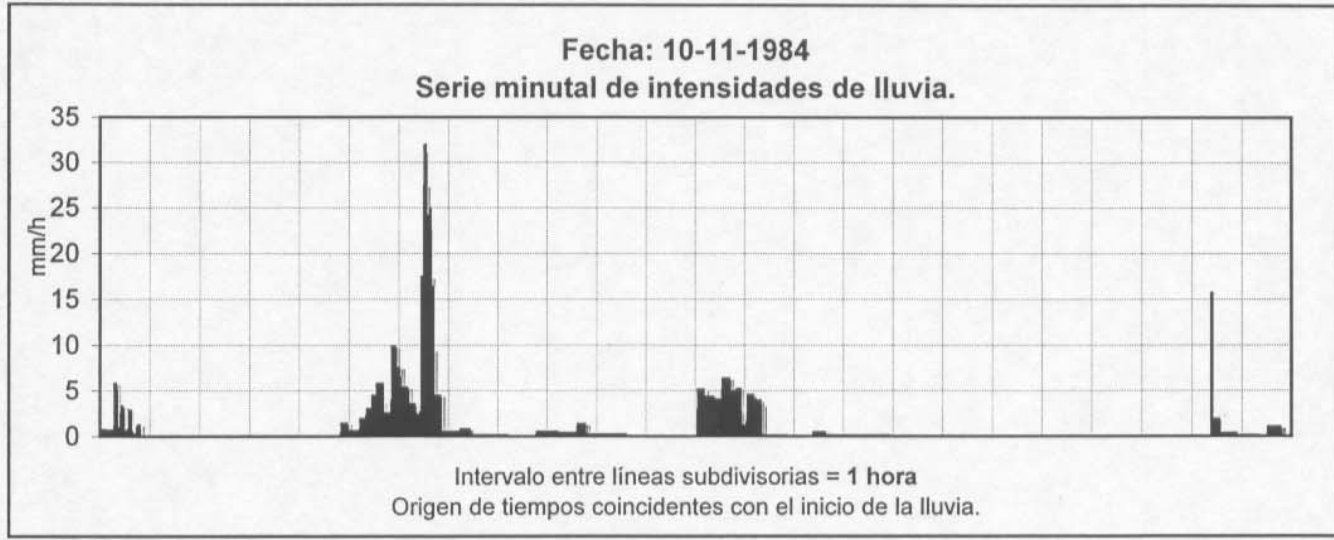


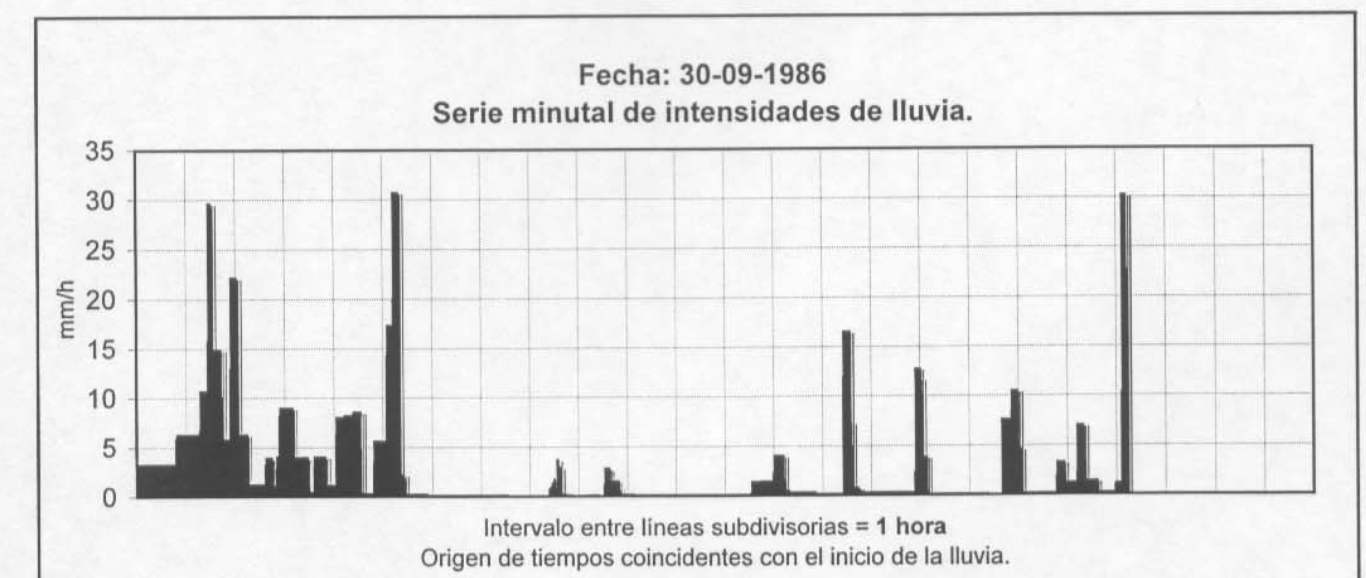
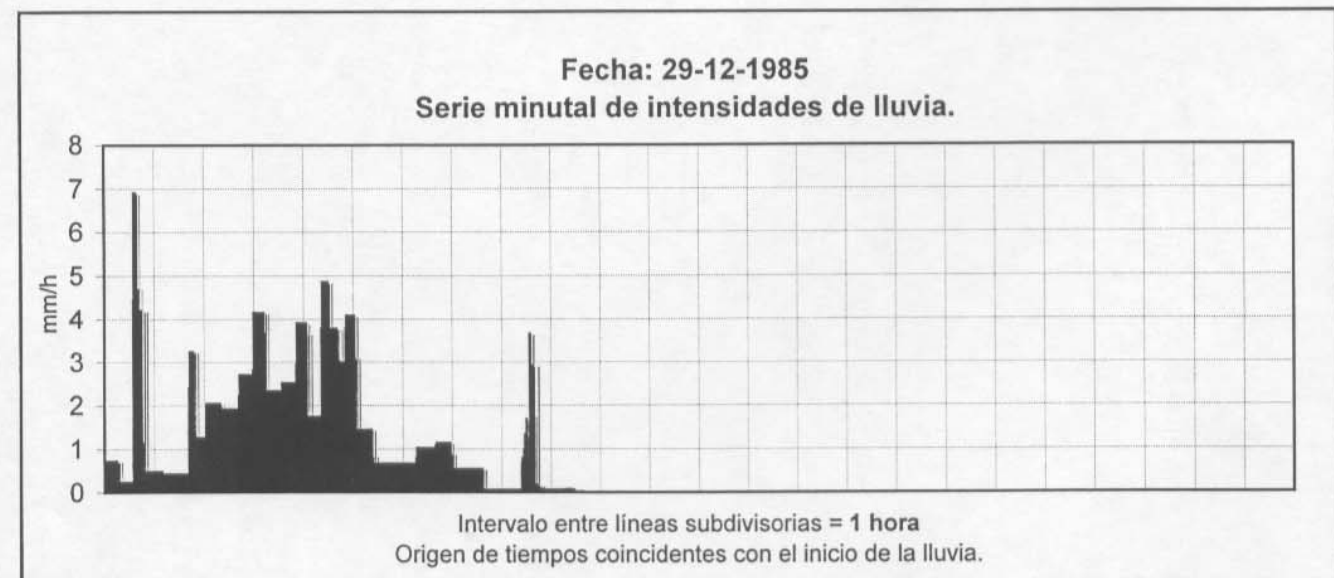
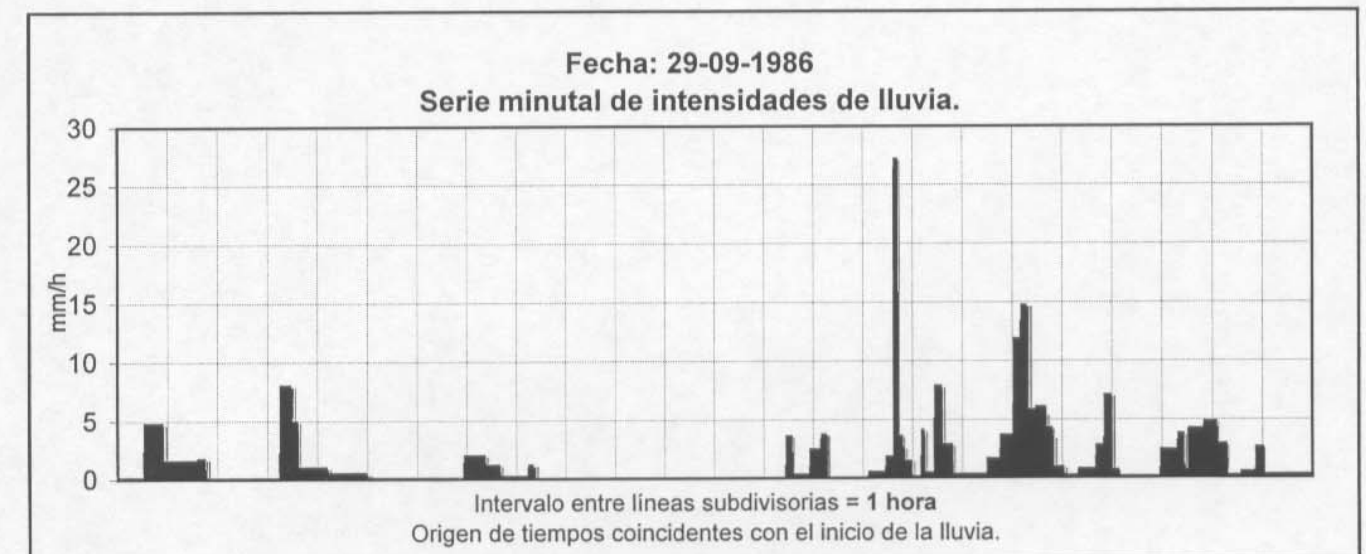
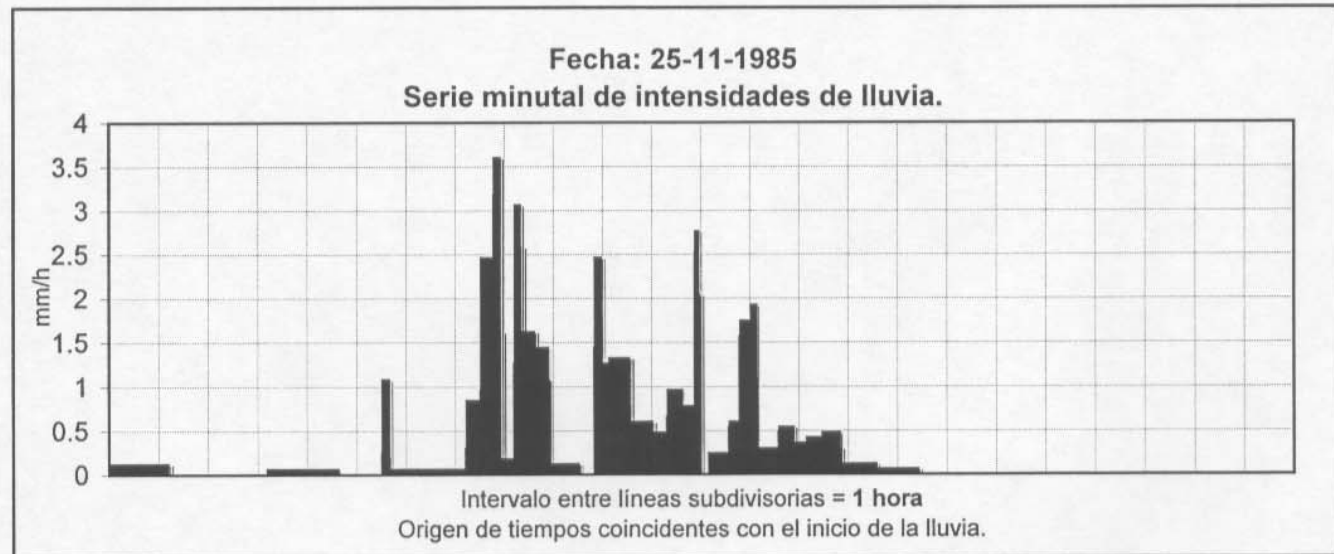
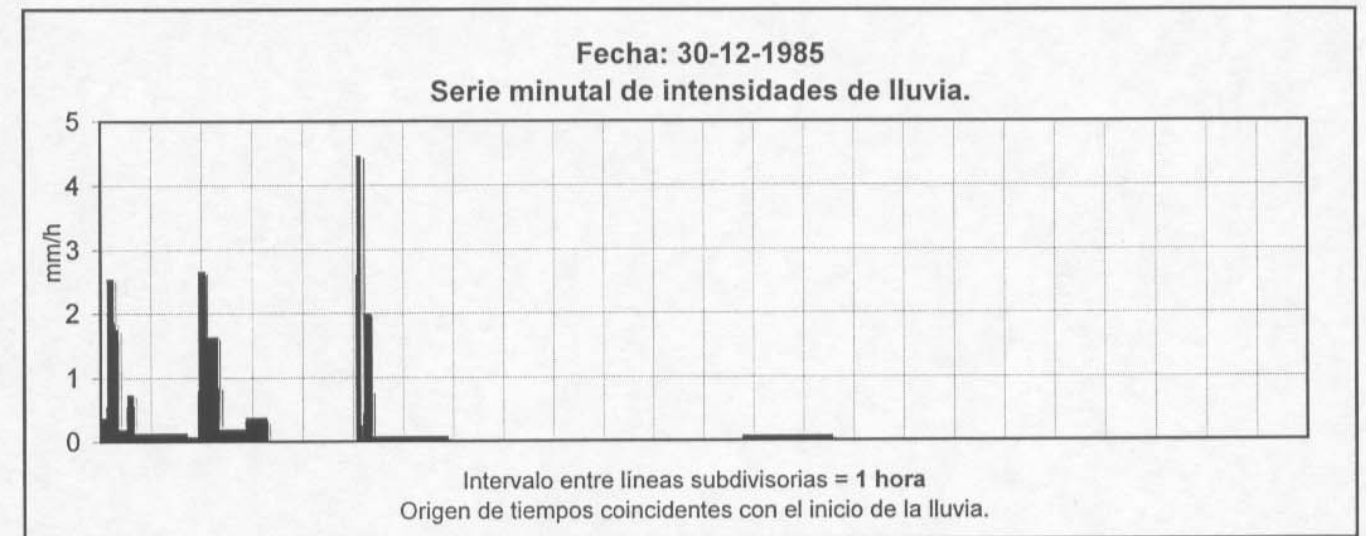
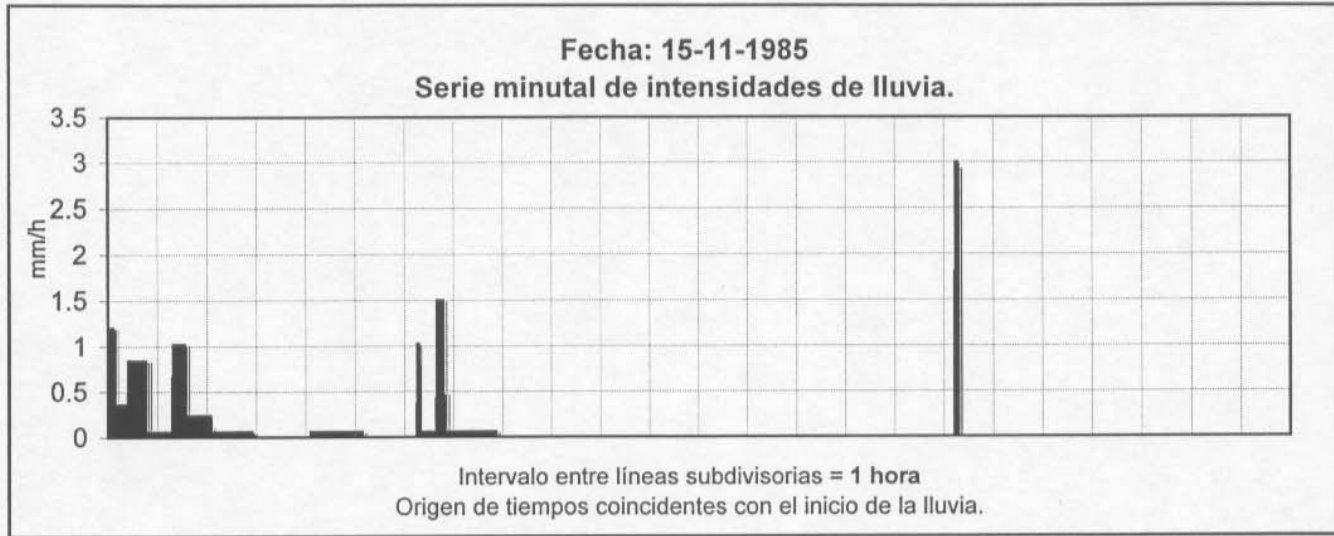


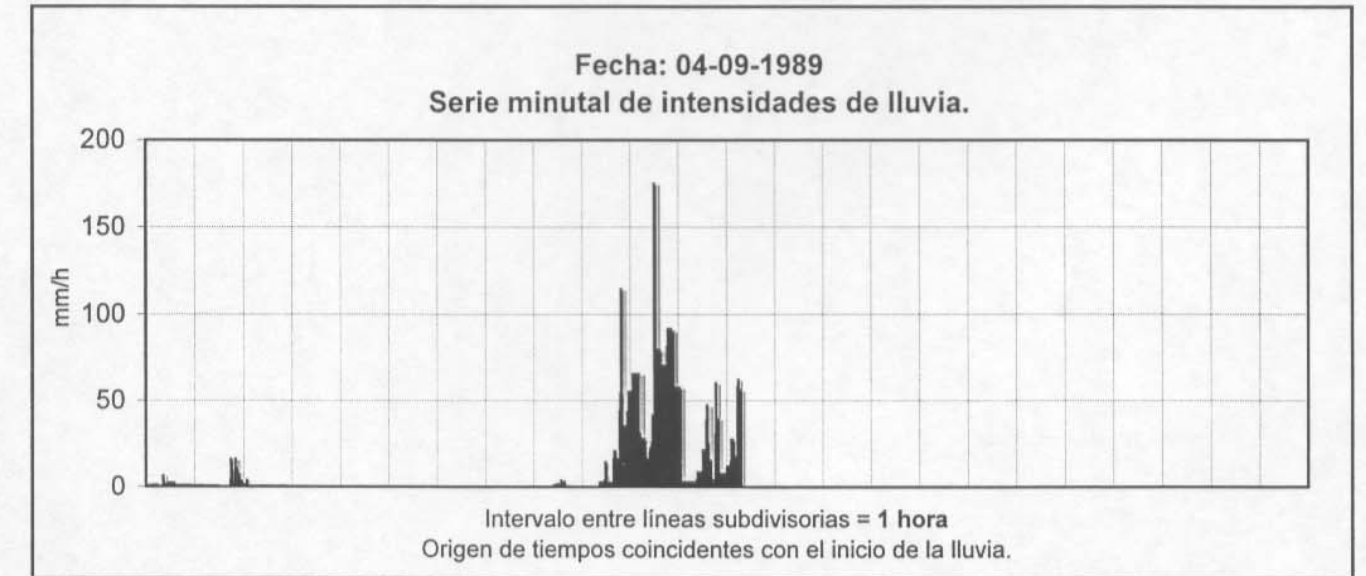
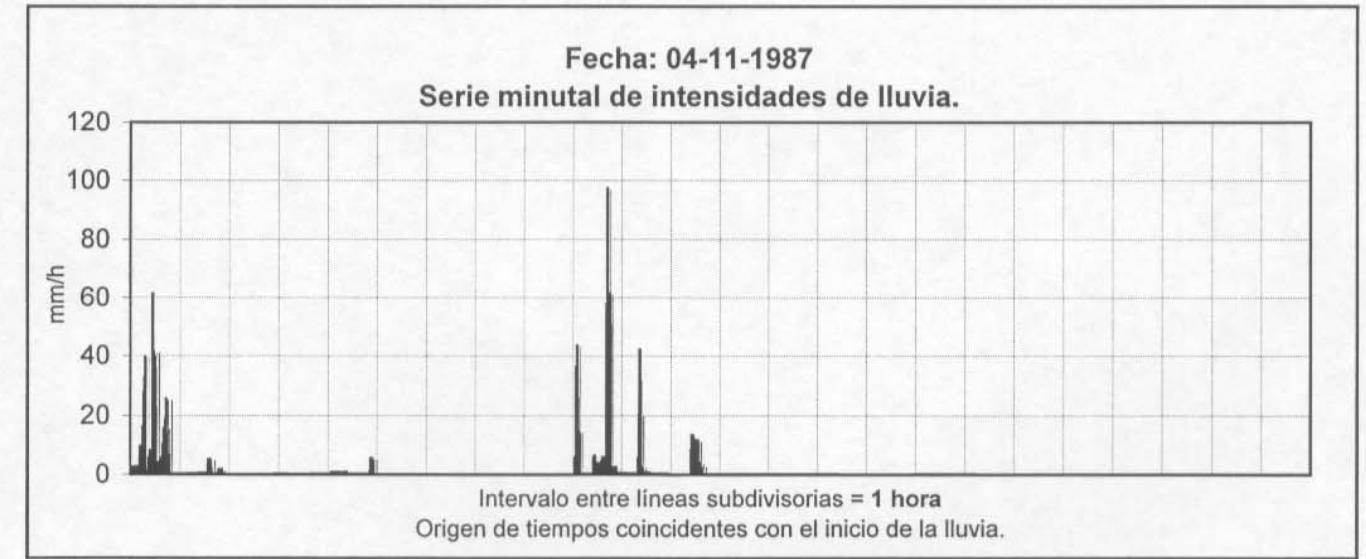
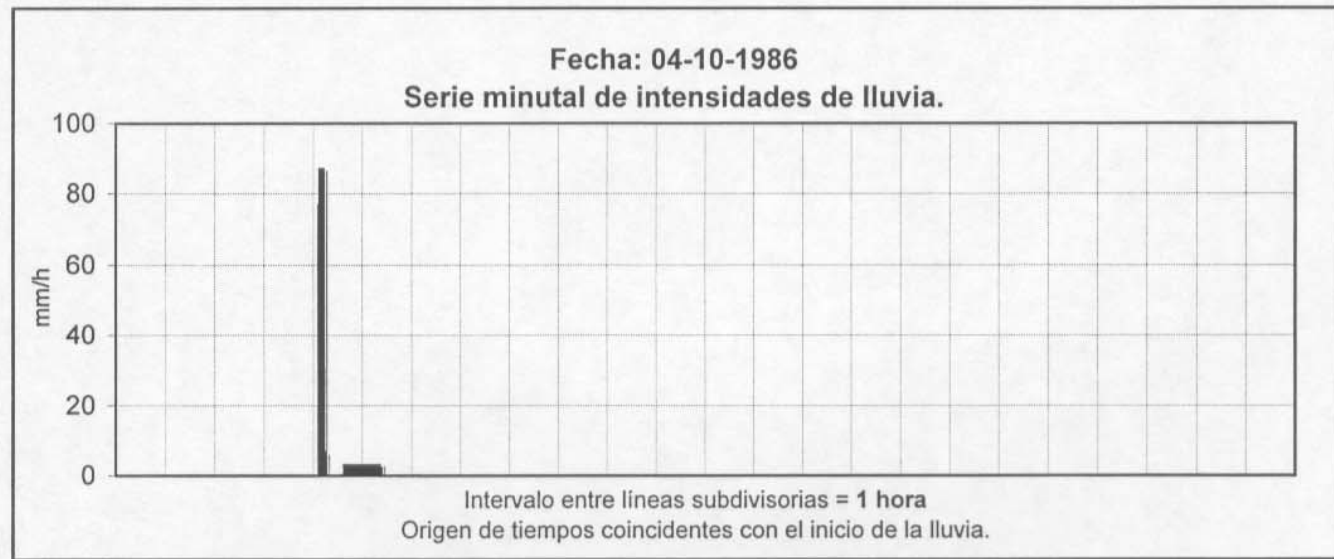
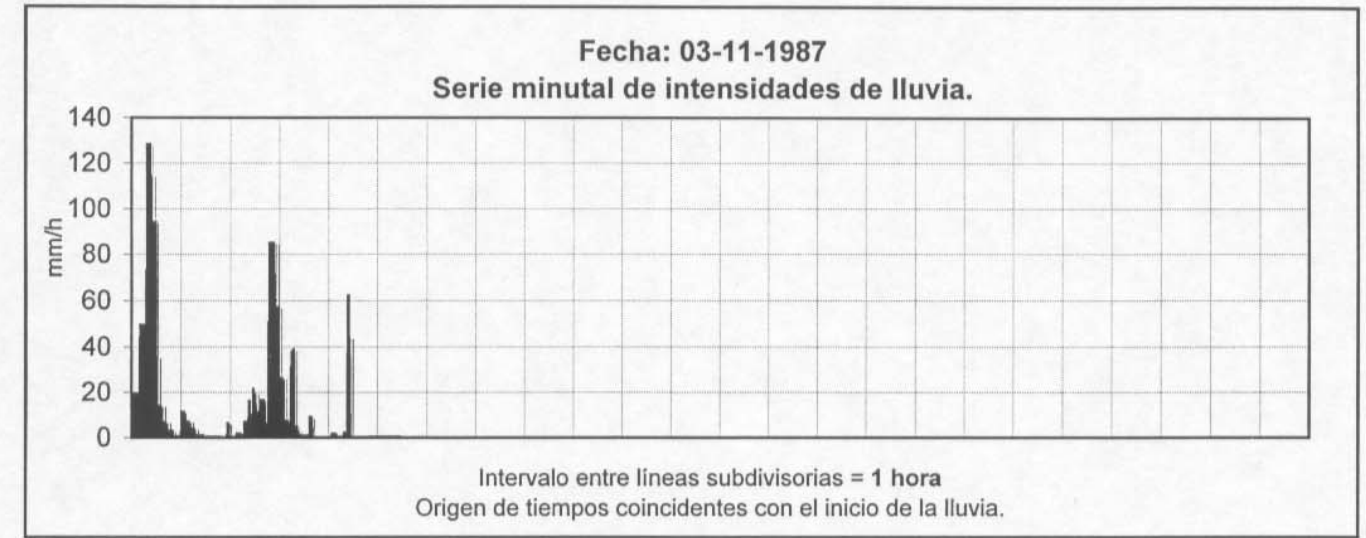
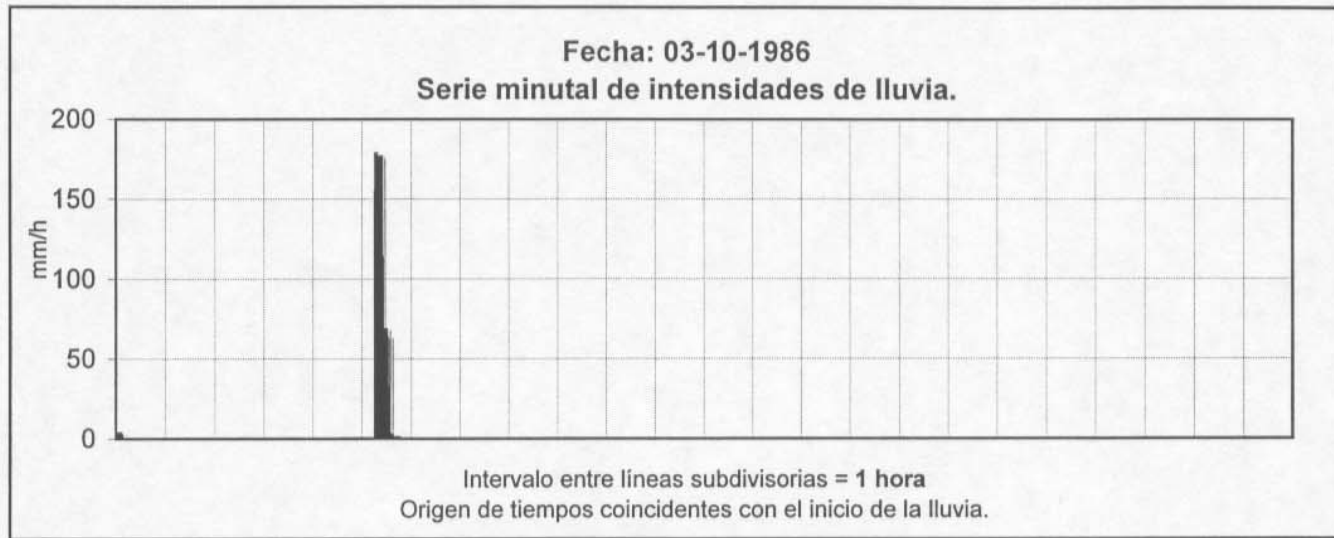


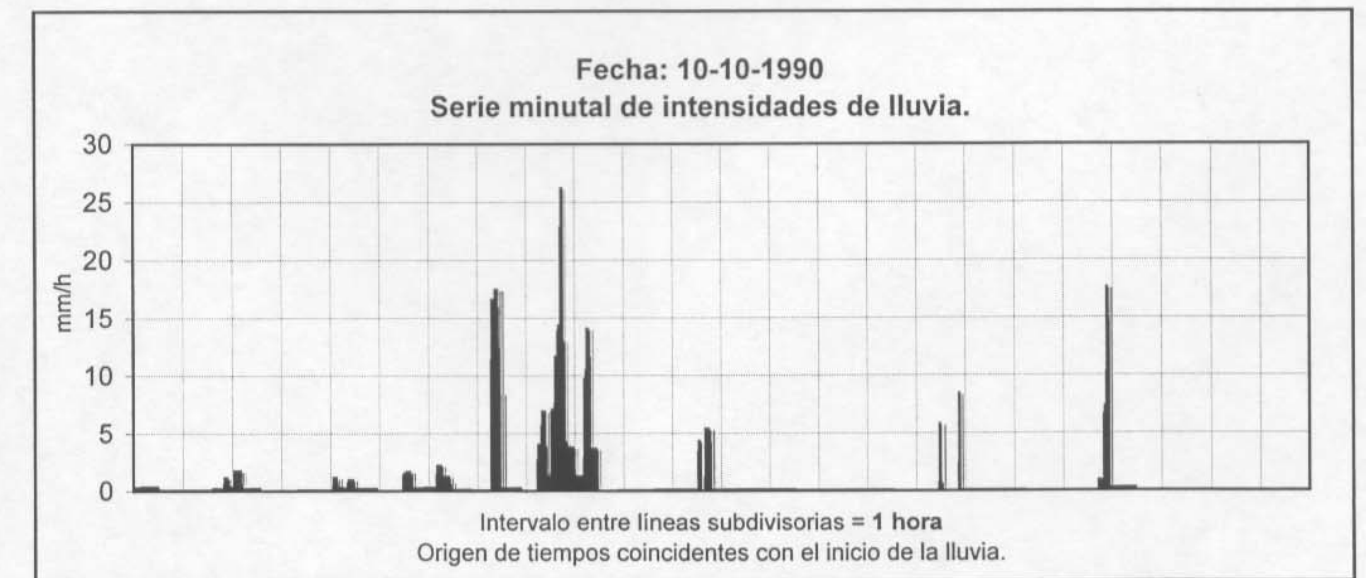
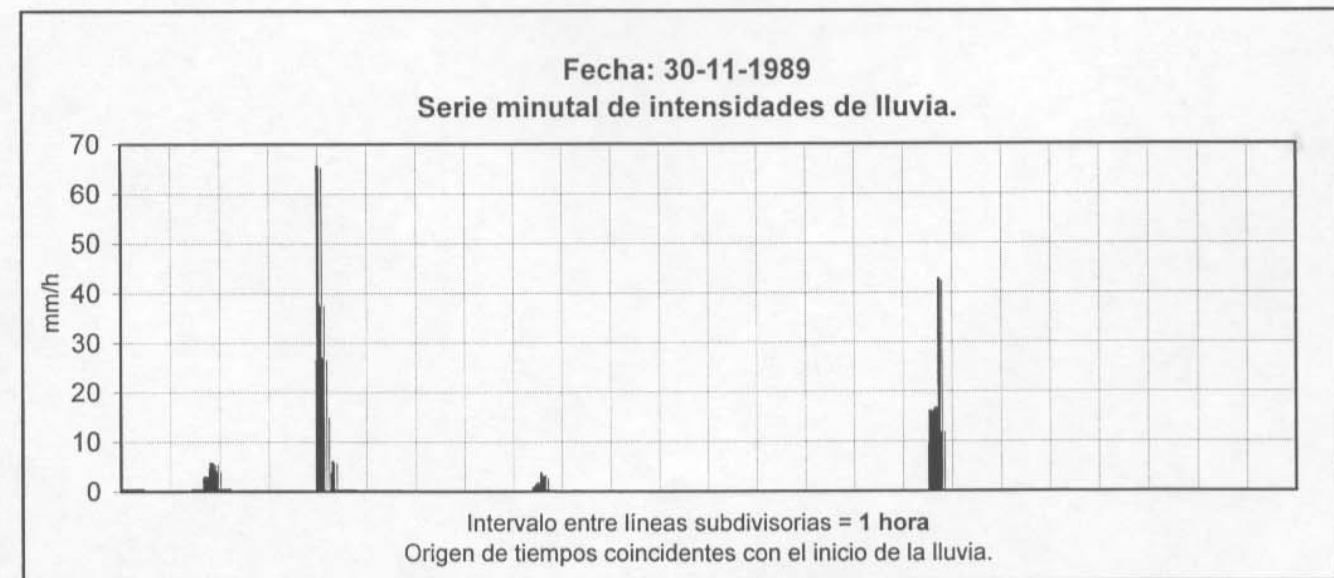
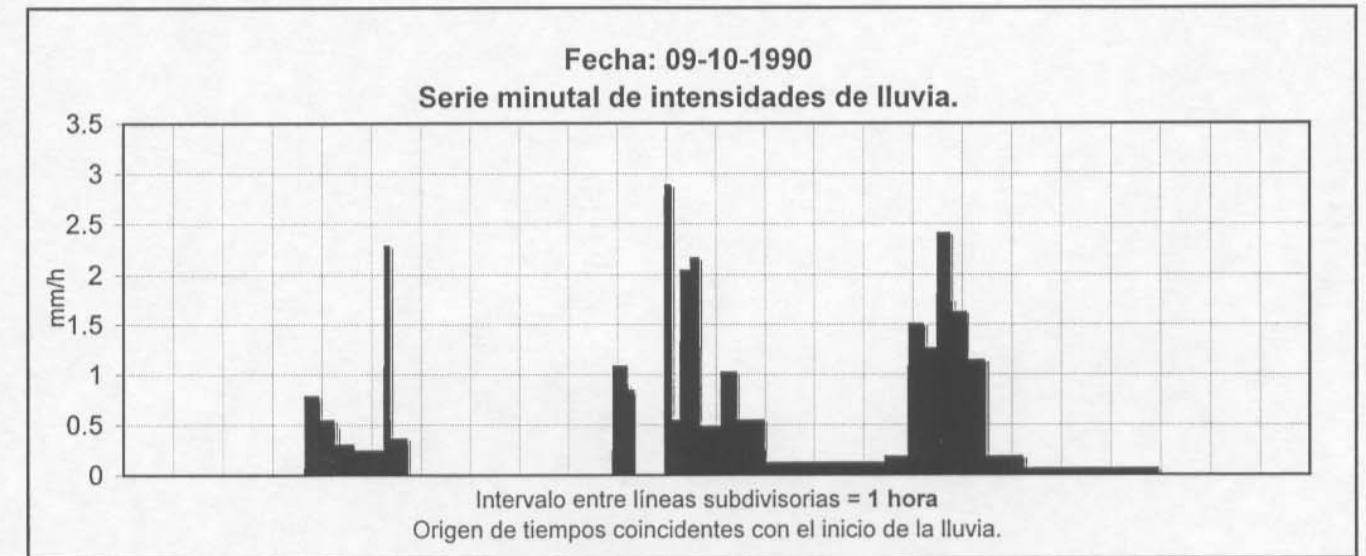
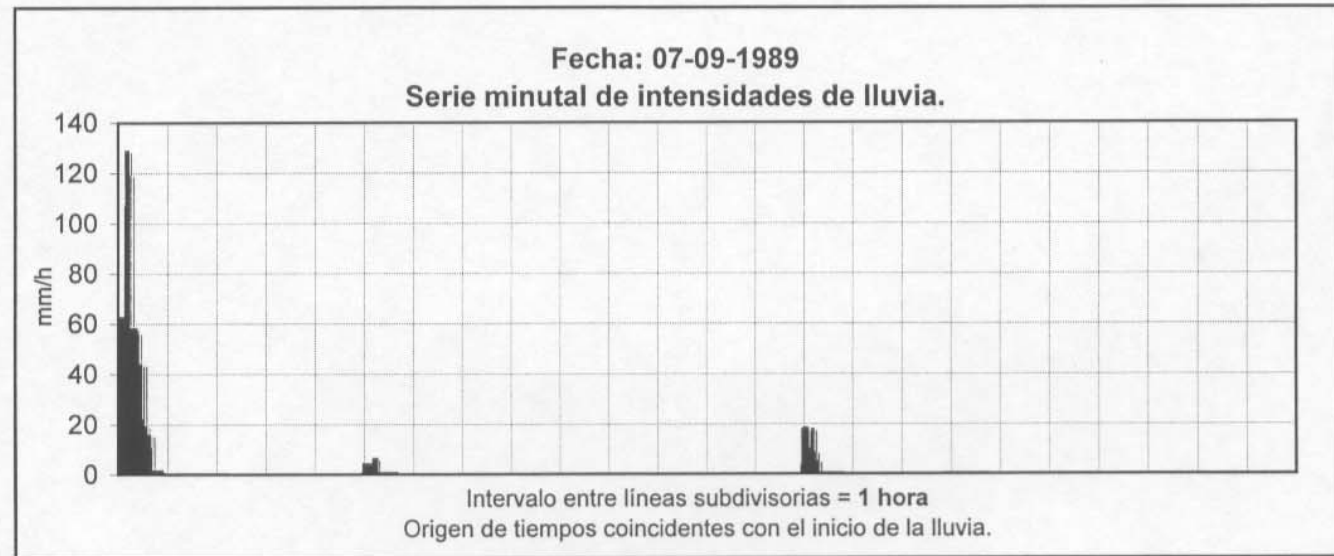
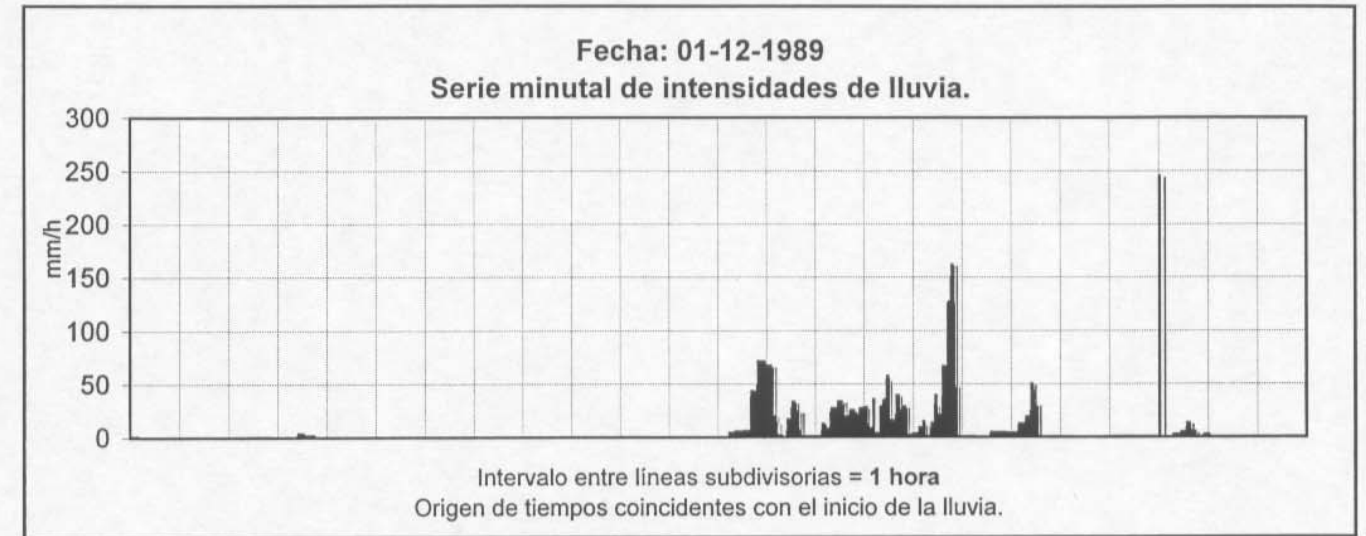


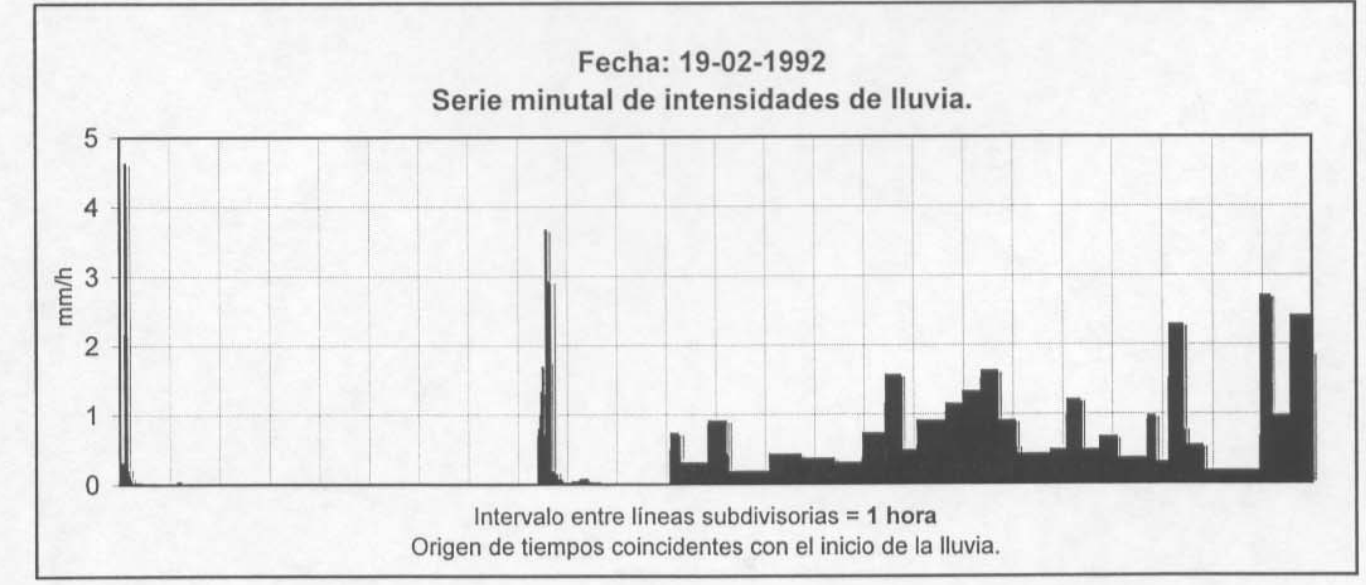
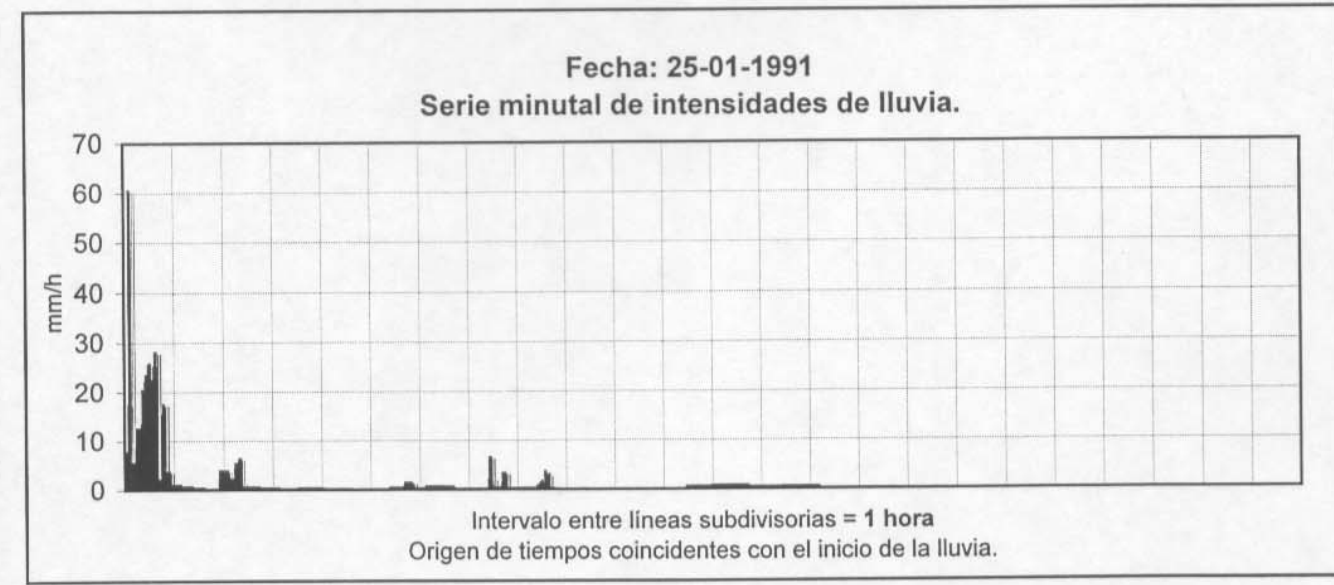
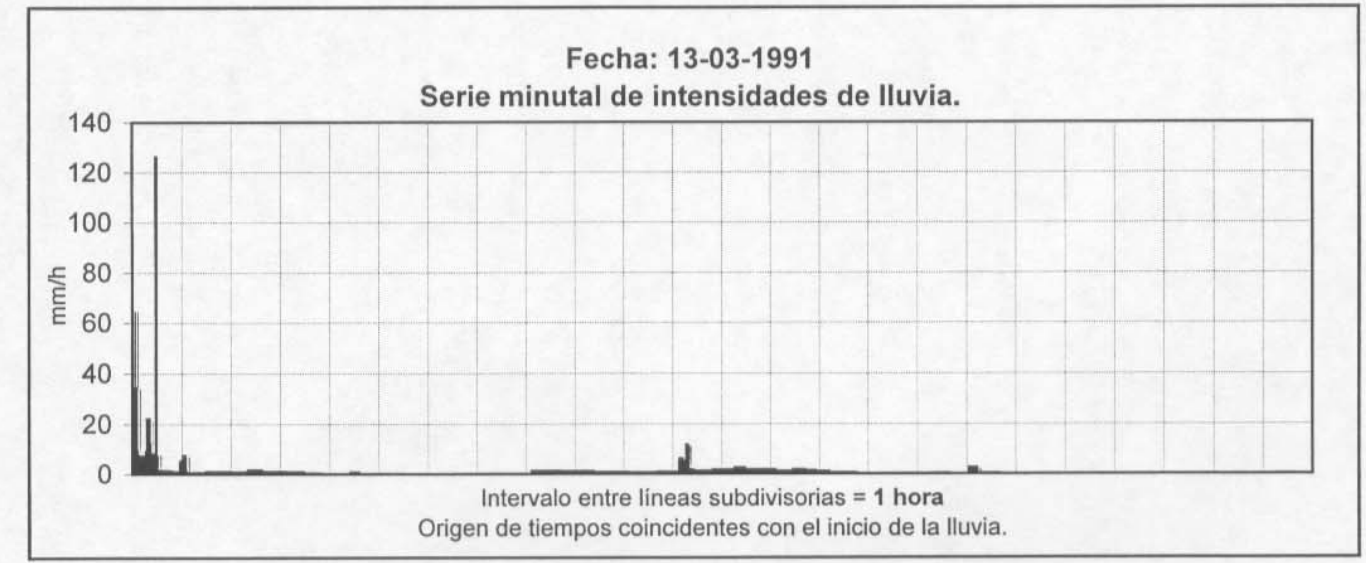
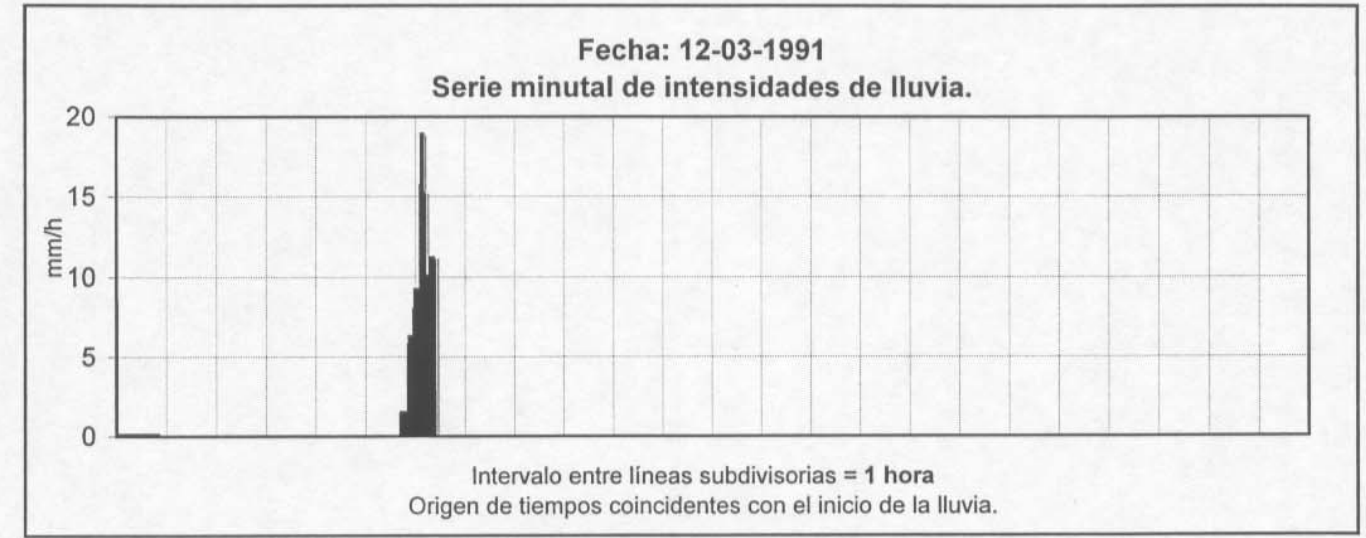
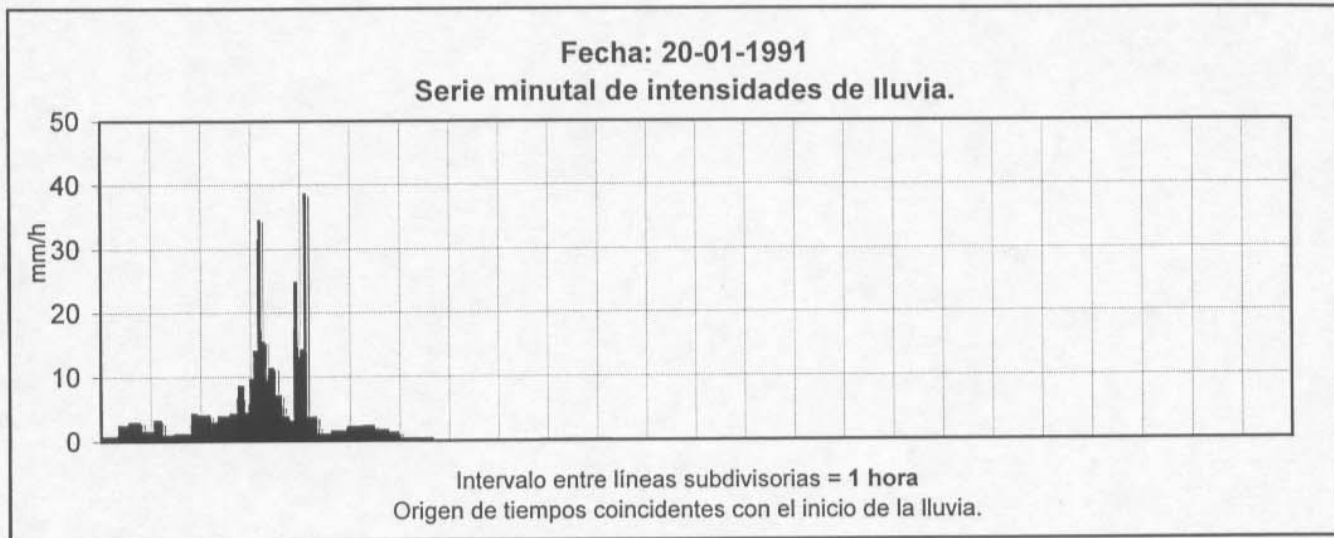


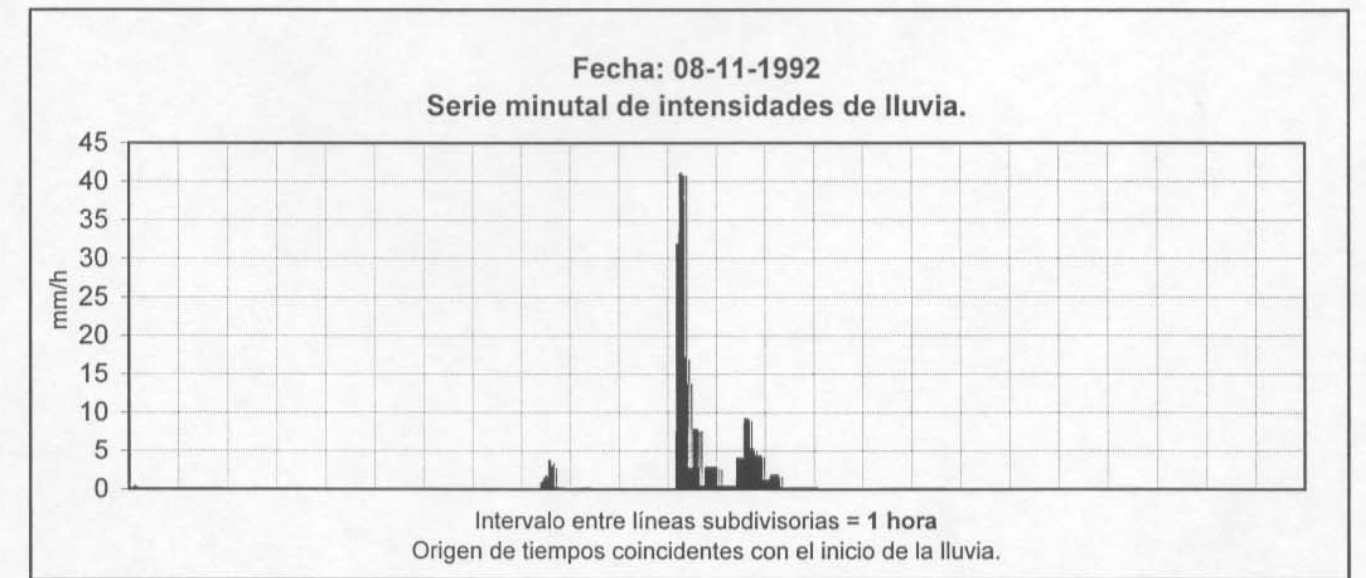
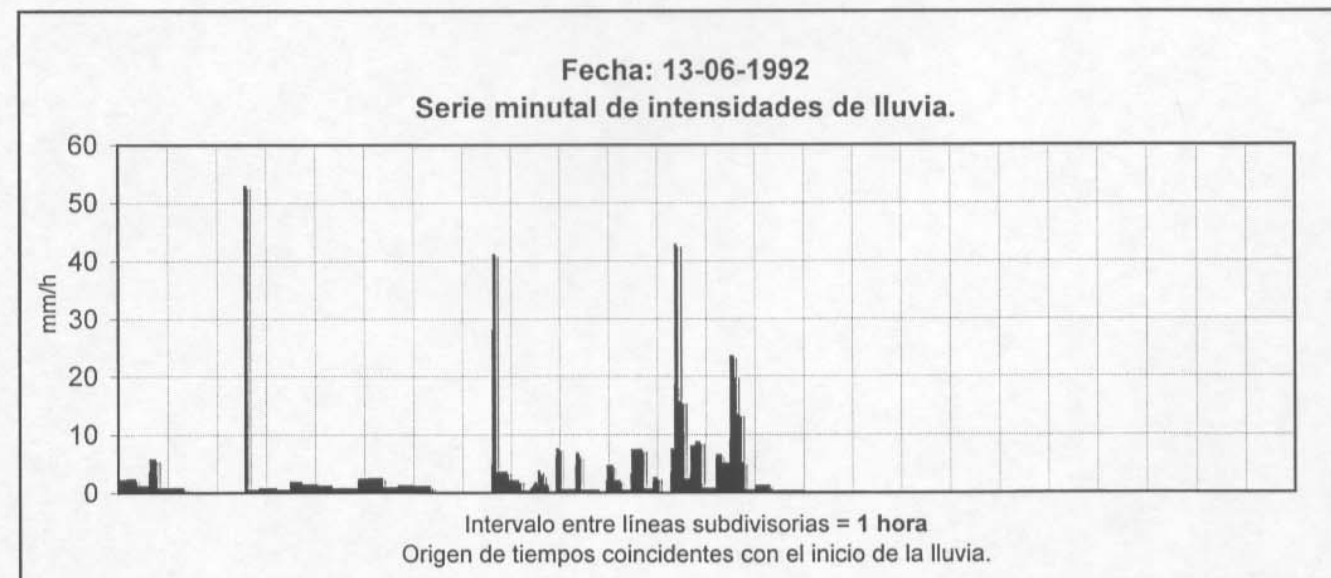
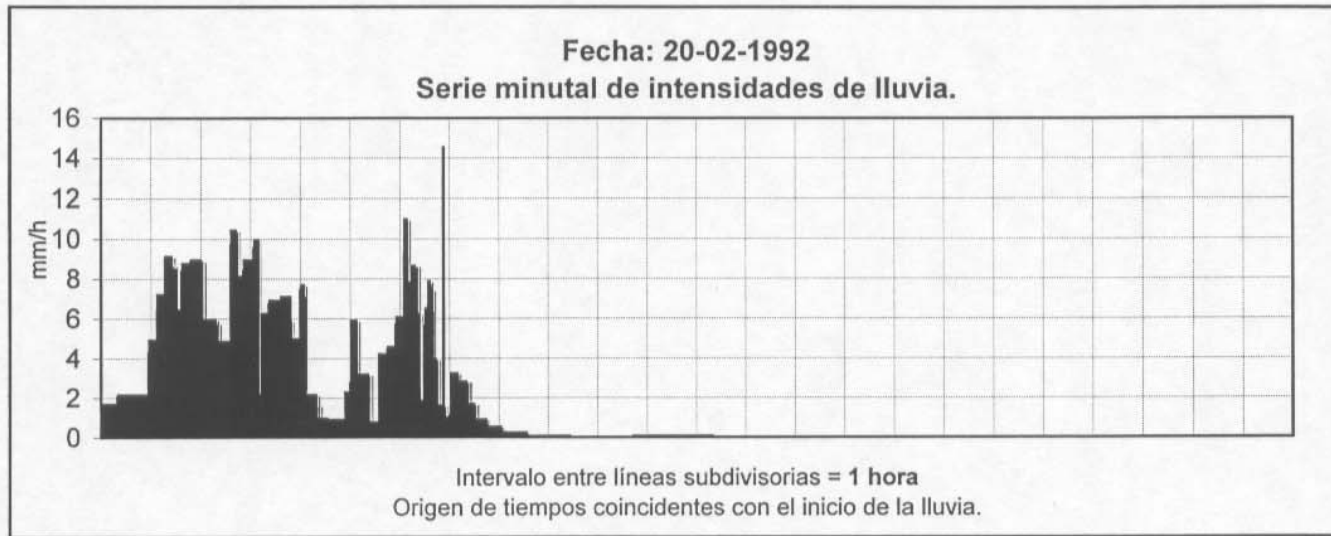


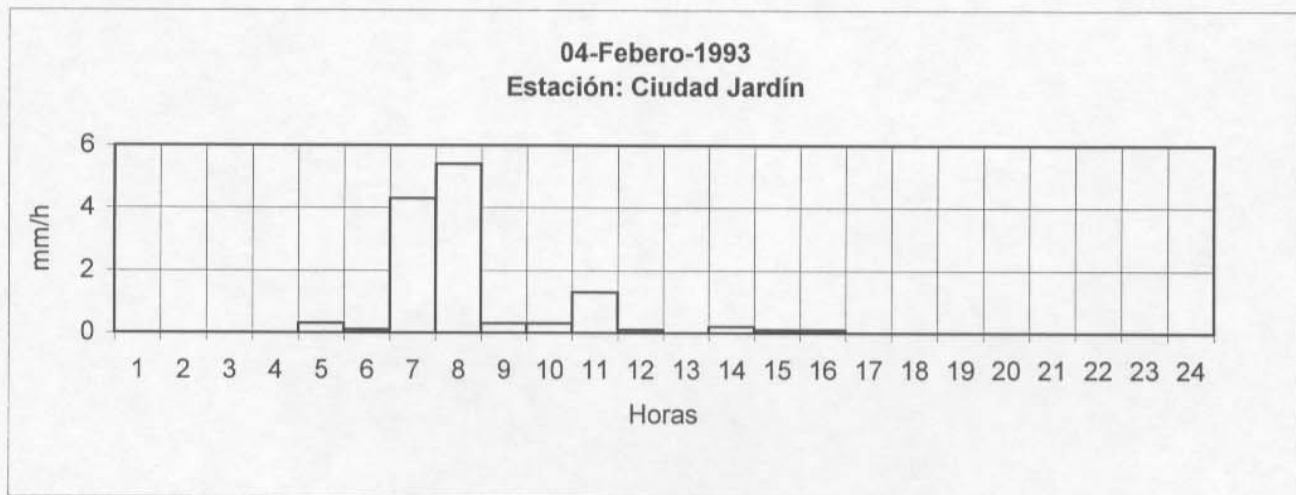
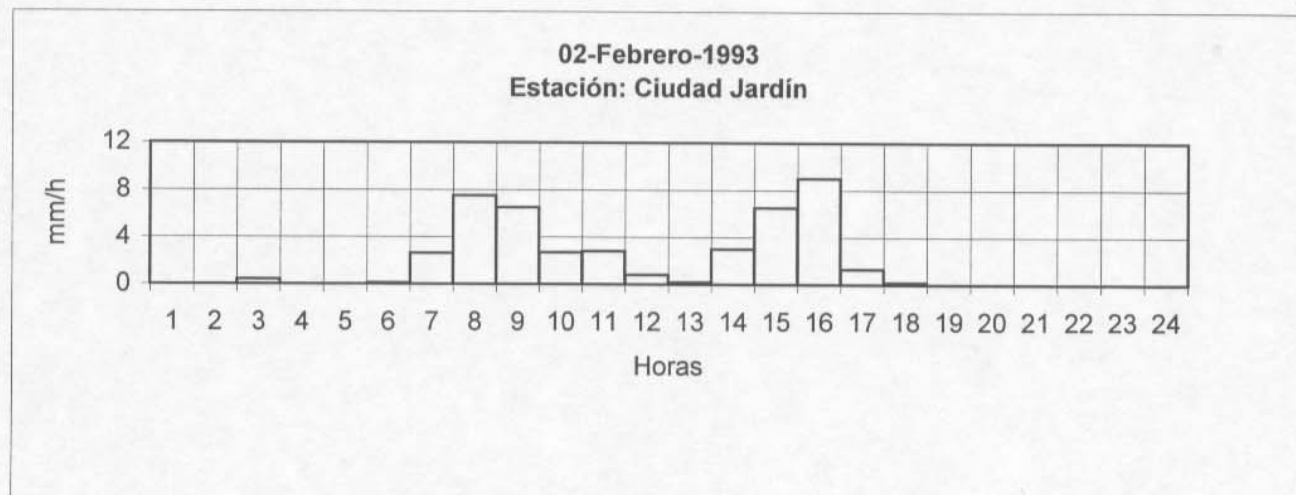




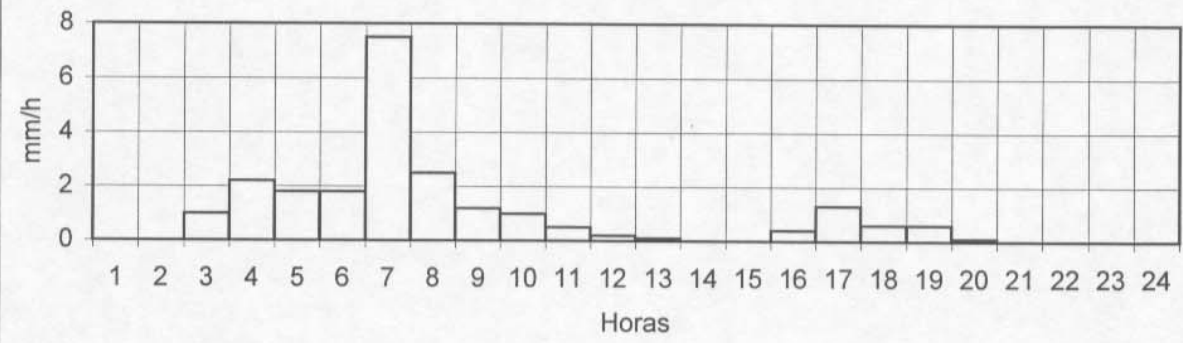




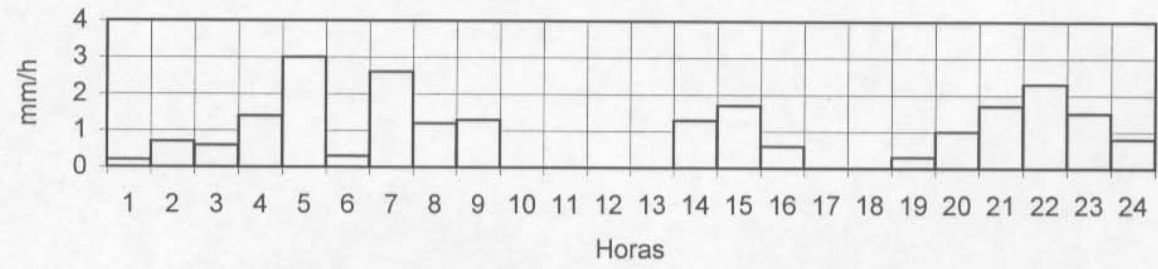




21-Octubre-1993
Estación: Ciudad Jardín



25-Noviembre-1993
Estación: Ciudad Jardín



14-Diciembre-1993
Estación: Ciudad Jardín



16-Abril-1994
Estación: Ciudad Jardín



22-Septiembre-1994
Estación: Ciudad Jardín



15-October-1994
Estación: Ciudad Jardín



07-Septiembre-1995
Estación: Ciudad Jardín



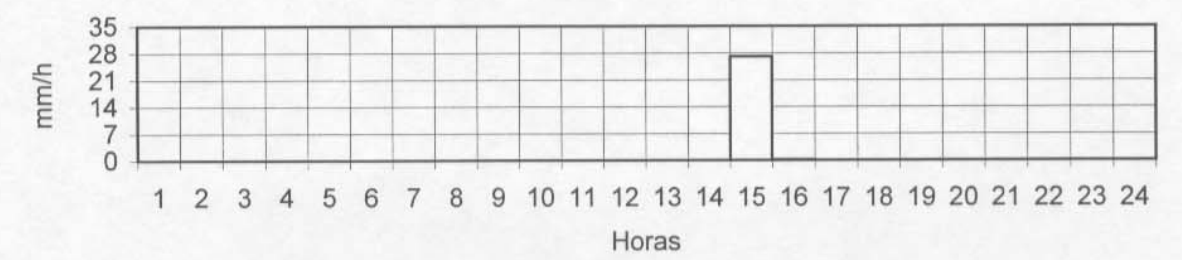
03-Julio-1996
Estación: Ciudad Jardín



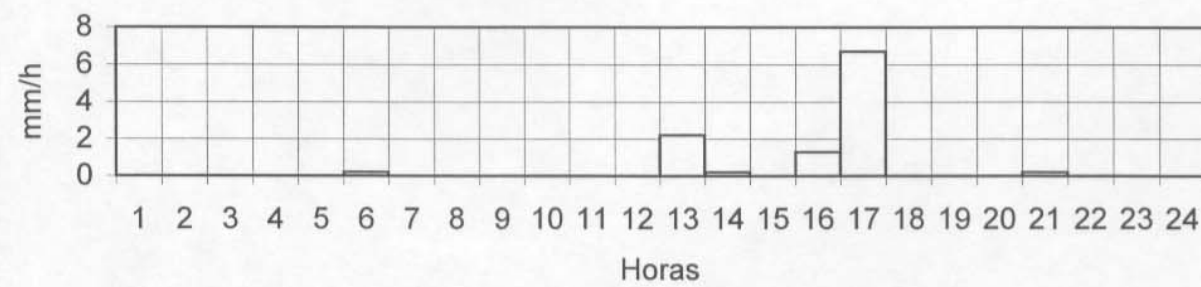
14-Febrero-1996
Estación: Ciudad Jardín



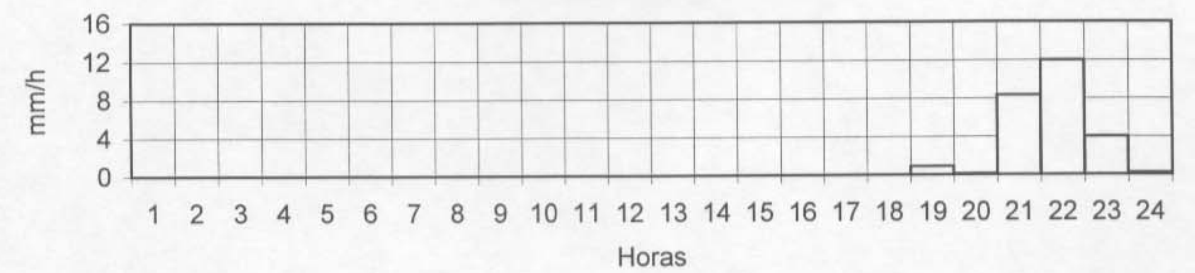
08-Septiembre-1996
Estación: Ciudad Jardín

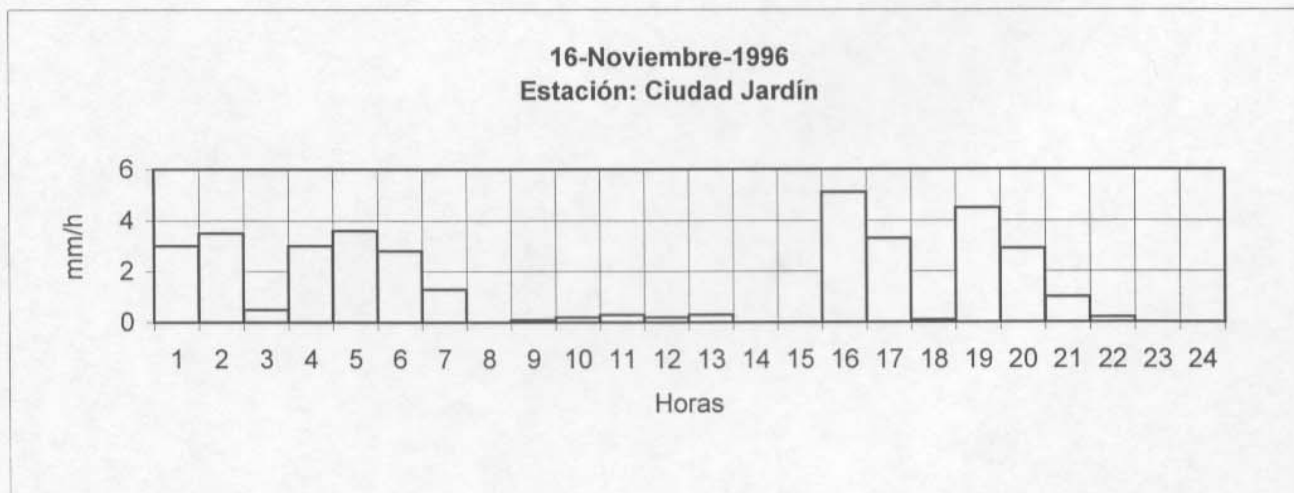
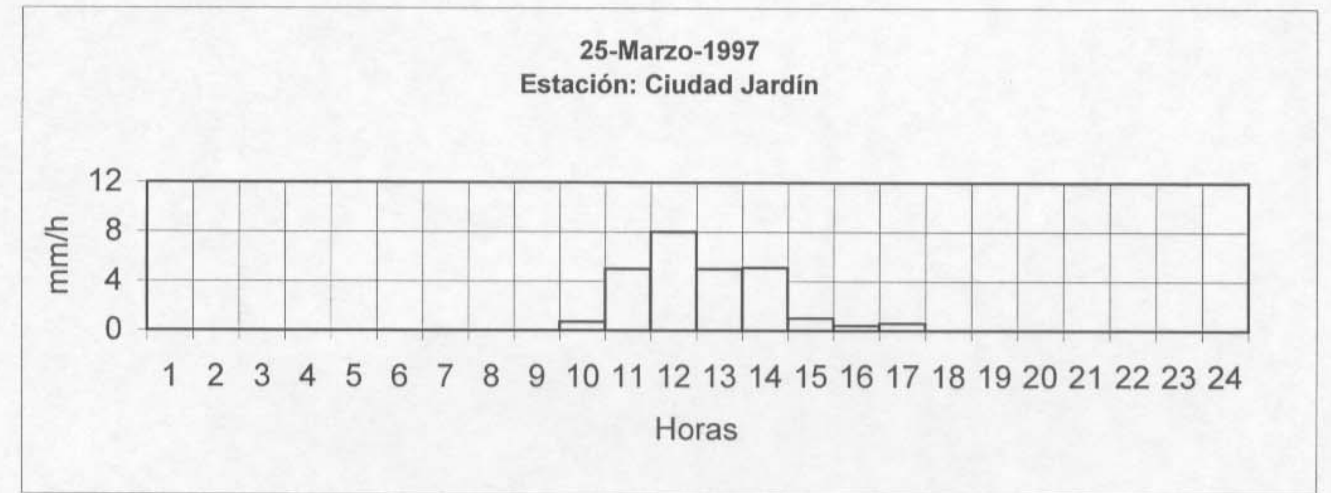


10-Mayo-1996
Estación: Ciudad Jardín

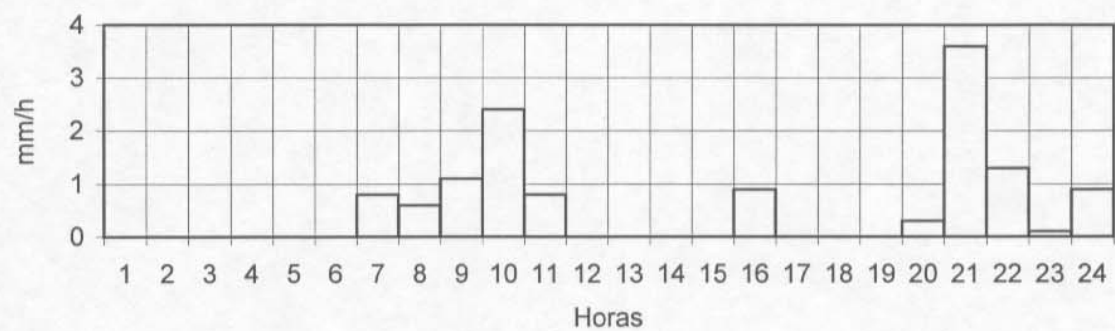


05-October-1996
Estación: Ciudad Jardín





24-Marzo-1997
Estación: Ciudad Jardín



18-Junio-1997
Estación: Ciudad Jardín



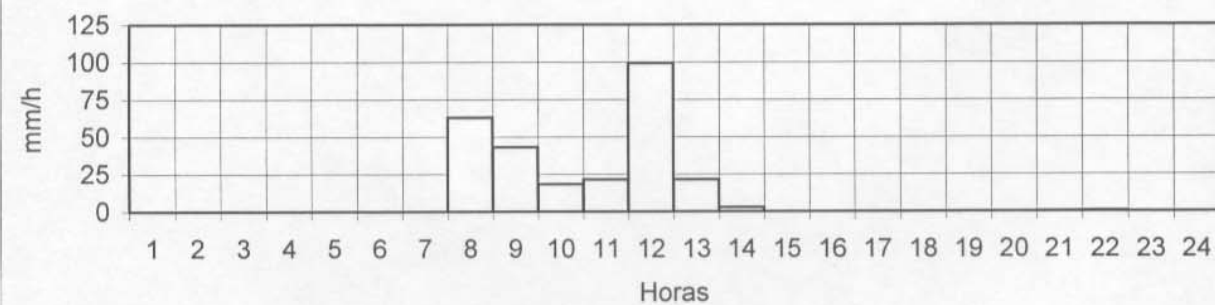
10-Julio-1997
Estación: Ciudad Jardín



25-Agosto-1997
Estación: Ciudad Jardín



30-Septiembre-1997
Estación: Ciudad Jardín



5-October-1997
Estación: Ciudad Jardín

