

RELACIONES ENTRE LOS MÁXIMOS ANUALES DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA Y DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 H EN ANDALUCÍA ORIENTAL

Patricia Ayuso

José Luis Ayuso

Amanda García

Encarnación Taguas

Dpto. Ingeniería Rural, Área Proyectos de Ingeniería. Universidad de Córdoba.

Abstract

Daily rainfall data are usually registered during a 24-hour period ranging from 7 am to 7 am. Nevertheless, the maximum rainfall value for the same time interval rarely coincides with the daily one, usually being higher. In order to compare both values their relation would be analyzed and the conversion factor would be obtained.

Commonly, only daily rainfall data are available in weather stations. Thus, knowing the conversion factor would be useful to obtain 24 hour maximum rainfall data that are needed when working with many hydrological models.

The US Weather Bureau (1962, 1965) uses an empirical conversion factor of 1.13 to transform daily rainfall data into 24 hour maximum precipitation.

In this work the conversion factor for eastern Andalusia has been obtained using hourly rainfall data series from 1981 to 2007 of four locations Jaén, Málaga, Granada and Almería. For this period, annual and monthly extreme data series of daily and 24 hour rainfall are analyzed.

Keywords: *Extreme 24 hour rainfall; Maximum daily rainfall; Time series; Conversion factor.*

Resumen

La precipitación diaria se registra normalmente en el periodo de 24 h comprendido entre las 7 de la mañana de dos días consecutivos (observación constreñida). Sin embargo, la precipitación máxima en un periodo de 24 h (observación no constreñida) rara vez coincidirá con la precipitación diaria, siendo habitualmente superior. Para hacer comparables ambos valores, se hace necesario establecer sus relaciones para determinar el factor de conversión que transforme el primero en el segundo.

Generalmente, la mayoría de los observatorios disponen de registros de precipitación diaria. Consecuentemente, el conocimiento de estas relaciones permite estimar las magnitudes de las máximas precipitaciones en 24 h, requeridas en la modelación hidrológica.

El U.S. Weather Bureau (1962, 1965) utiliza el factor empírico 1,13, para convertir los datos de precipitación diaria en precipitación máxima en 24 h.

Se determina el factor de conversión para la región de Andalucía Oriental a partir de registros horarios de precipitación del periodo 1981-2007 en los observatorios de las capitales Jaén, Málaga, Granada y Almería. Se analizan las series de máximos anuales (SMA) y de máximos mensuales (SMM) de la precipitación diaria y de la máxima precipitación en 24 h en cada uno de los años calendario del periodo registrado.

Palabras clave: *Precipitación máxima en 24 h; Precipitación máxima diaria; Series temporales; Factor de conversión.*

1. Introducción

Los datos de precipitación generalmente disponibles son los de precipitación diaria, por ser estos los que se registran en la mayoría de los observatorios que solo disponen de pluviómetro totalizador. La precipitación diaria se registra normalmente en el periodo de 24 h comprendido entre las 7 de la mañana de dos días consecutivos (observación constreñida en un intervalo de tiempo de 24 h con unas horas de inicio y finalización prefijadas). Sin embargo, la precipitación máxima en un periodo de 24 h (observación no constreñida en un intervalo de tiempo de horas prefijadas de inicio y final) rara vez coincidirá con la precipitación diaria, siendo lo más probable que la supere.

Los modelos hidrológicos lluvia-escorrentía requieren establecer la magnitud de la precipitación de proyecto para una duración y periodo de tiempo determinados, siendo habitual utilizar la precipitación de 24 h (SCS, 1986) como valor de referencia de la intensidad de lluvia que determinará los caudales de avenida. Esta precipitación de 24 h es ampliamente usada en la práctica de la ingeniería y en modelos como TR-20 (SCS, 1982), SCSHYDRO (Akan y Houghtalen, 2003), y HEC-HMS (U.S. Army Corps of Engineers, 2000). Para cuencas pequeñas en las que la precipitación de proyecto ha de ser de corta duración, también la precipitación de 24 h se toma como referente para la determinación de la magnitud de la intensidad de lluvia del aguacero de proyecto (Témez, 1978; Ferrer Polo, 1993; Instrucción 5.2-IC, 1990).

Para hacer comparables los datos de precipitación diaria con los de máxima precipitación en 24 h, se hace necesario un factor de conversión que transforme el registro de precipitación diaria (observación constreñida) en la precipitación máxima en 24 h (observación no constreñida).

El U.S. Weather Bureau (1962, 1965) utiliza el factor de 1,13, deducido empíricamente, para convertir los datos de precipitación diaria en datos de precipitación máxima en 24 h.

Se presenta en este trabajo la estimación del factor de conversión para la región de Andalucía Oriental.

2. Área de estudio y datos de precipitación

El presente estudio se circunscribe a la región de Andalucía Oriental, conformada por las provincias de Jaén, Málaga, Granada y Almería (Figura 1).

Figure 1: Situación zona de estudio



Se han dispuesto de los registros de precipitación horaria de las estaciones meteorológicas que la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) dispone en las cuatro capitales cuyas ubicaciones se especifican en la Tabla 1. Málaga, Granada y Almería poseen la serie completa del periodo 1981 a 2007 y Jaén la serie 1989 a 2007 sin el año 1993.

Tabla 1. Localización de las estaciones seleccionadas y datos utilizados

Estación meteorológica	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Altitud (m)	Registros de Precipitación horaria
Jaén (Cerro de los Lirios)	37° 46' 40"	03° 48' 27"	580	1989-2007
Málaga (Aeropuerto)	36° 40' 00"	04° 29' 17"	7	1981-2007
Granada (Aeropuerto)	37° 11' 24"	03° 46' 35"	570	1981-2007
Almería (Aeropuerto)	36° 50' 35"	02° 23' 17"	20	1981-2007

3. Series de Máximos Anuales y Mensuales de precipitación diaria y de 24 h

De los registros de precipitación horaria se han extraído las series de máximos anuales (SMA) de la precipitación diaria y de la precipitación máxima en 24 h, denominada en adelante precipitación de 24 h.

Para la determinación de la precipitación diaria se ha procedido a cuantificar la precipitación horaria acumulada entre las 7 de la mañana de dos días consecutivos, asignando dicha magnitud a la precipitación del primer día. Determinadas las magnitudes de las precipitaciones diarias en cada uno de los años de registros horarios disponibles se procedió a seleccionar en cada uno de los años de registro el máximo valor de precipitación diaria, dando lugar de este modo a las SMA de precipitación diaria. Para establecer las SMA de la precipitación de 24 h, se procedió a cuantificar la máxima precipitación horaria acumulada en un periodo de 24 h continuas, sin hora prefijada de inicio y finalización de tal intervalo de

tiempo. Con los valores de estas precipitaciones se seleccionó para cada año de registro el máximo valor de la precipitación de 24 h., originado las SMA de precipitación en 24 h. En la Figura 2 se muestran las SMA extraídas en cada una de las estaciones.

De manera análoga se procedió a establecer las series de máximos mensuales (SMM), tanto de la precipitación diaria como de la precipitación de 24 h, seleccionando en cada mes los máximos eventos registrados pero con el requisito adicional de considerar solo aquellos eventos que igualaran o superaran los 10 mm de precipitación total. En la Tabla 2 se indican los eventos considerados en cada una de las series de valores máximos.

Figura 2 Máximos anuales de las series de precipitación diaria y de 24 h

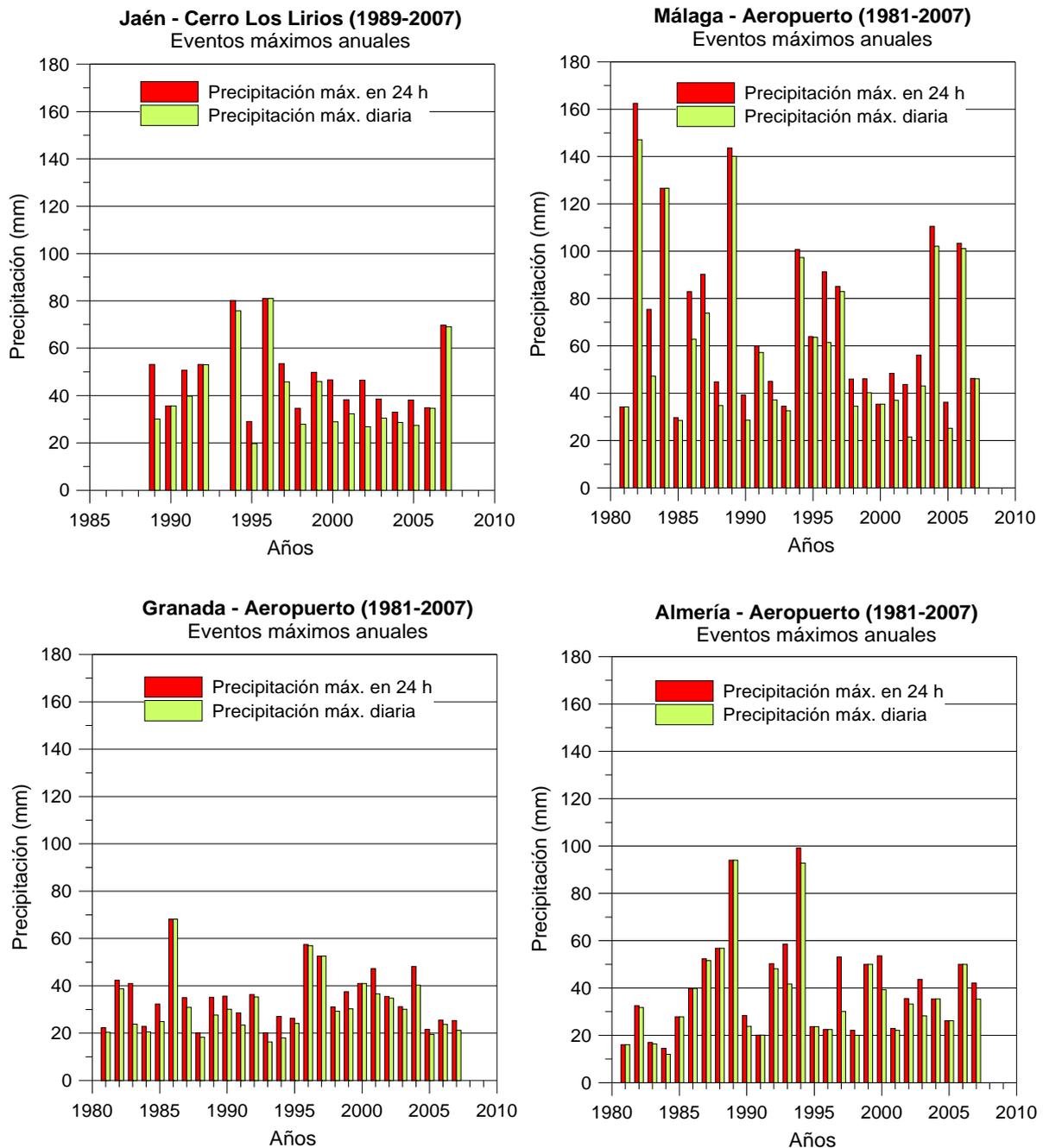


Tabla 2 Eventos considerados en cada una de las Series de Valores Máximos

Estación meteorológica	Nº de Eventos considerados	
	SMA	SMM
Jaén (Cerro de los Lirios)	18	113
Málaga (Aeropuerto)	27	122
Granada (Aeropuerto)	27	131
Almería (Aeropuerto)	27	72

4. Cálculo del factor de conversión de la precipitación diaria en precipitación de 24 h.

Para calcular el factor de conversión se usarán dos métodos:

1. Los cocientes entre los cuantiles de 2 años de periodo de retorno, obtenidos de las SMA de la precipitación diaria y de 24 h, así como los cocientes entre los mismos cuantiles de las SMM.
2. Las pendientes de la regresión entre los valores máximos anuales de la precipitación diaria y de 24 h, y de la regresión entre los máximos mensuales de la precipitación diaria y de 24 h, e independientemente las pendientes de las regresiones entre los valores medios de las series registradas en cada estación

4.1 Cocientes de los cuantiles de 2 años de las SMA y SMM

Se obtendrán los cuantiles de 2 años de periodo de retorno de las SMA y SMM de la región agrupando los correspondientes máximos anuales, por un lado, y los máximos mensuales por otro, de los cuatro observatorios en cada una de las duraciones de precipitación consideradas, diaria y de 24 h. conformando de esta manera cuatro series temporales en la región: dos SMA, correspondientes a los datos diarios y a los datos de 24 h respectivamente, y de manera análoga otras dos series con los máximos mensuales de precipitación diaria y de 24 h, respectivamente.

Tabla 3 Valores de los cuantiles y parámetros de las Funciones de Distribución consideradas

Duración de la Precipitación	Concepto	Series Máximos Anuales		Series Máximos Mensuales	
		Función de Distribución		Función de Distribución	
		Gumbel	SQRT-ETmax	Gumbel	SQRT-ETmax
Diaria	Parámetros de la FD	$\alpha = 0,06448$ $\beta = 32,057$	$k = 17,632$ $\alpha = 0,70398$	$\alpha = 0,14547$ $\beta = 15,167$	$k = 24,307$ $\alpha = 1,7279$
	Cuantil de 2 Años	37,74 mm	35,99 mm	17,69 mm	16,98 mm
24 h	Parámetros de la FD	$\alpha = 0,05799$ $\beta = 37,265$	$k = 26,236$ $\alpha = 0,72500$	$\alpha = 0,12709$ $\beta = 17,793$	$k = 27,910$ $\alpha = 1,5612$
	Cuantil de 2 Años	43,59 mm	41,82 mm	20,68 mm	19,94 mm

La determinación de los respectivos cuantiles de 2 años se realiza mediante el análisis de frecuencias, ajustando los datos a las funciones de distribución de Gumbel y SQRT-ETmax. En la Tabla 3 y en las Figuras 3 y 4 se muestran los resultados de los ajustes.

Los valores de los factores de conversión, o relaciones entre las magnitudes de los cuantiles de la precipitación de 24 h y diaria, resultantes con este método se indican en la Tabla 4.

Tabla 4 Valores de los factores de conversión de la P_{diaria} en la P_{24h}

Ley de Distribución	Serie Máximos Anuales	Serie Máximos Mensuales
Gumbel	1,1550	1,1690
SQRT-ETmax	1,1620	1,1743

Figura 3. Ajuste de las SMA y SMM a la función de distribución Gumbel

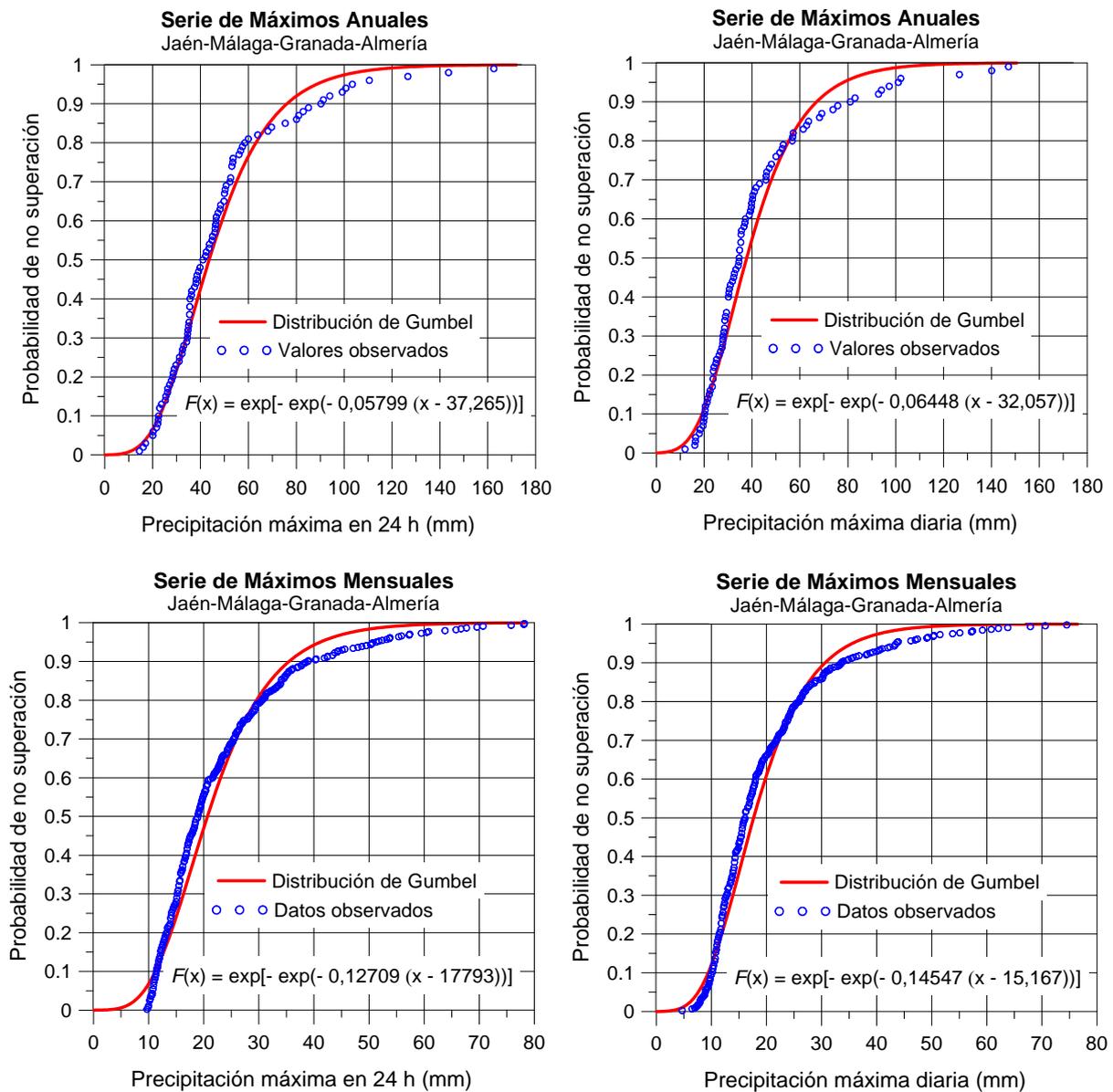
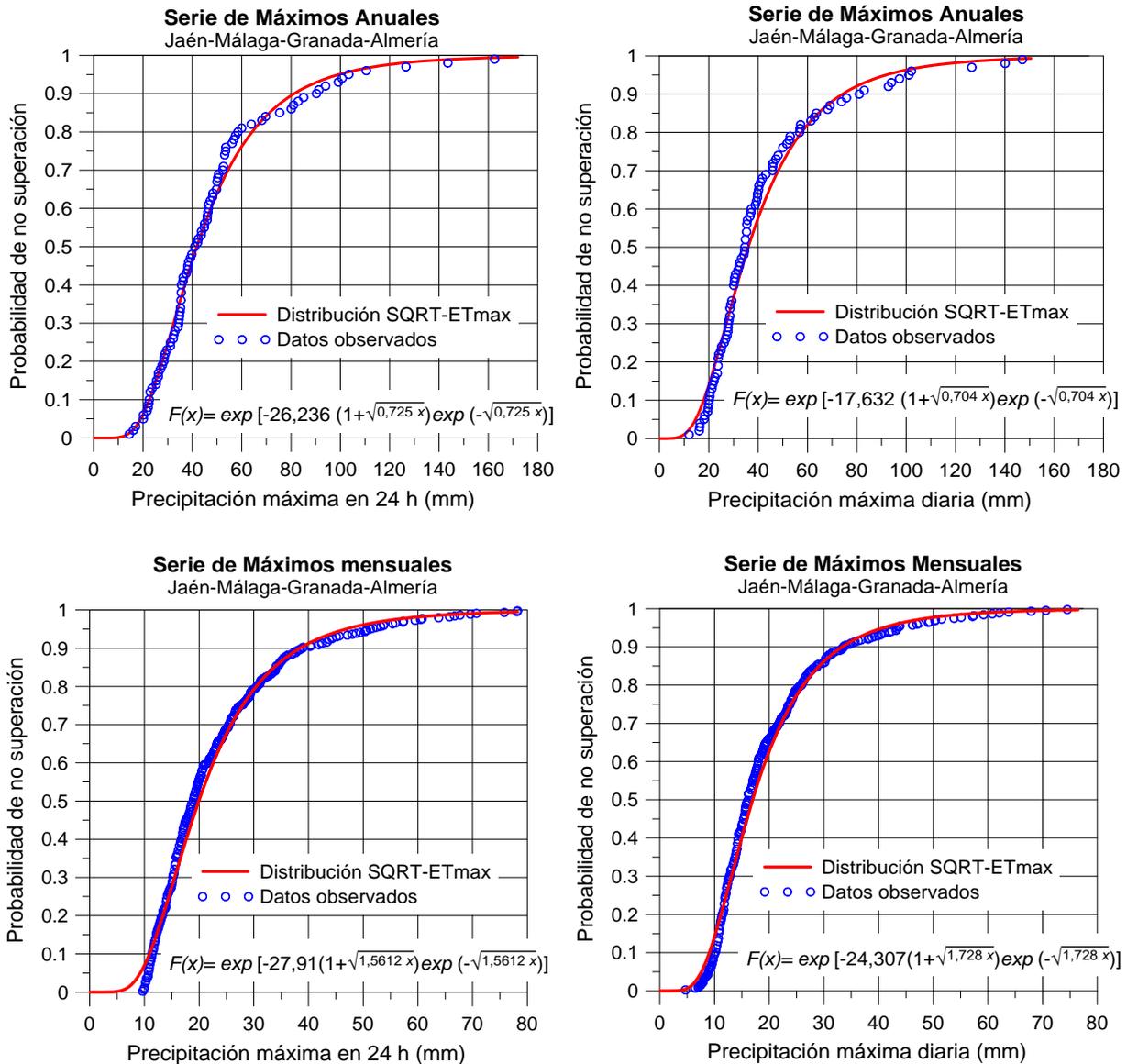


Figura 4. Ajuste de las SMA y SMM a la función de distribución SQRT-ETmax



4.1 Pendientes de las regresiones entre los valores de las SMA y SMM

Se aplicó una regresión lineal a los máximos anuales diarios y de 24 h y separadamente a los máximos mensuales. La regresión lineal de máximos anuales estuvo basada en 99 pares de valores anuales y la de máximos mensuales en 538 pares de valores mensuales. Las Figuras 5 y 6 muestran ambas regresiones en las que se obtienen unos excelentes coeficientes de determinación

Figura 5 Relación entre las precipitaciones máximas anuales diarias y de 24 h en Andalucía Oriental

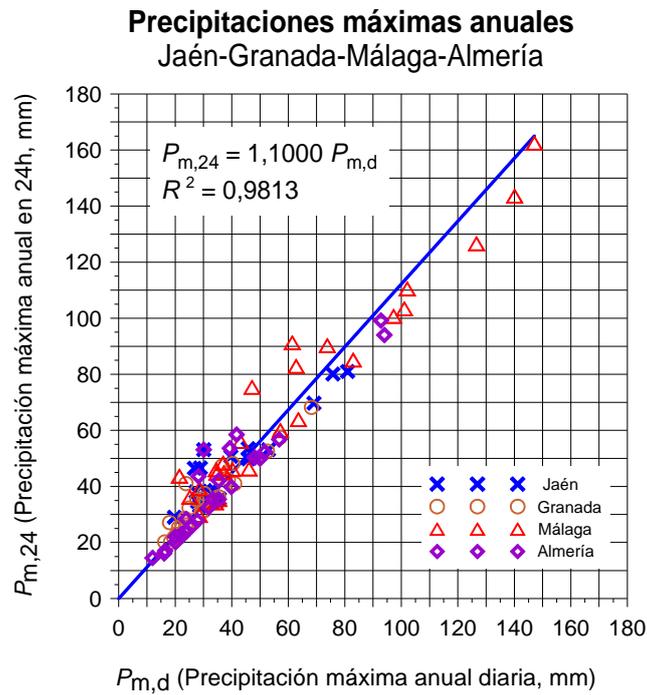
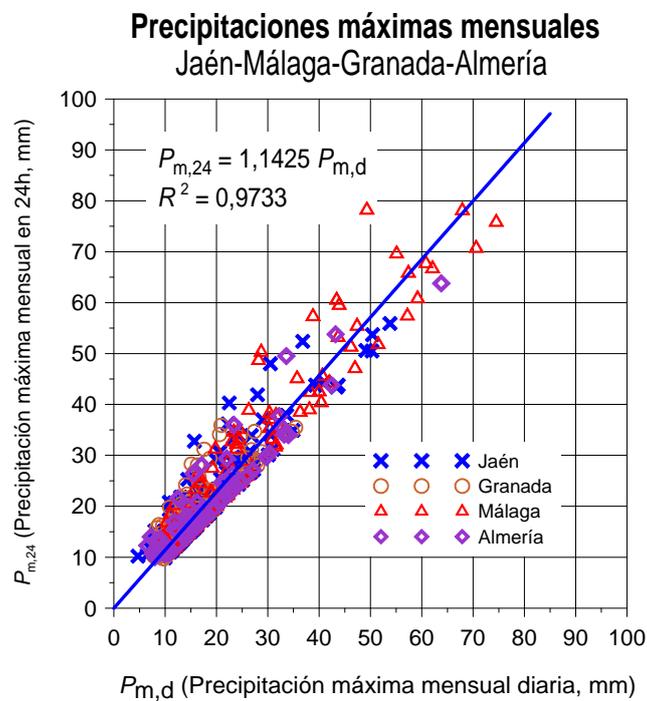
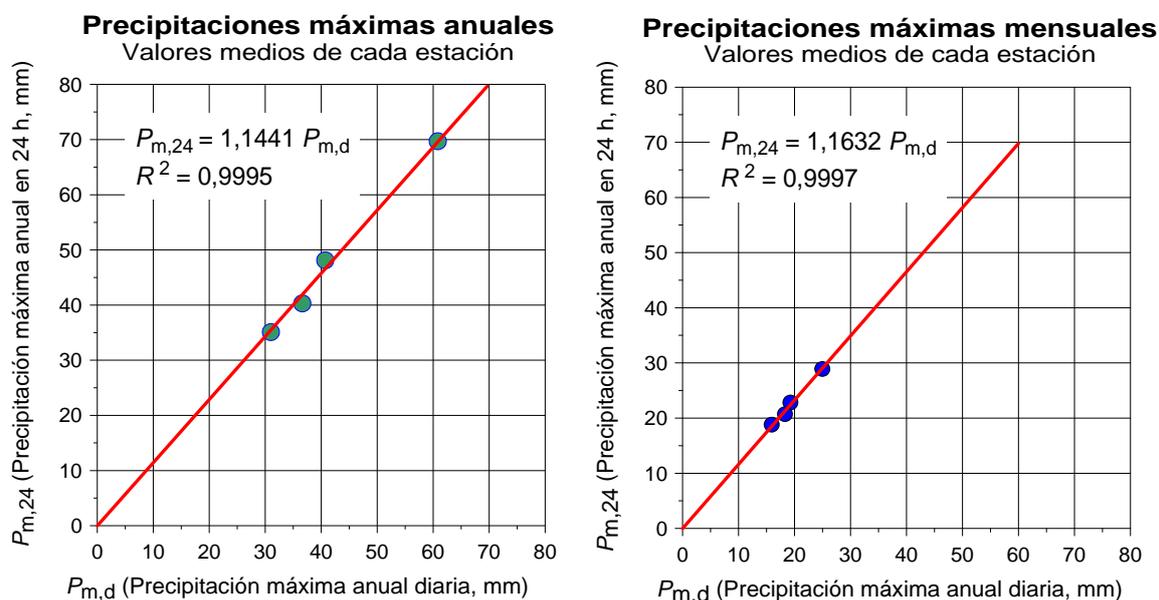


Figura 6 Relación entre las precipitaciones máximas mensuales diarias y de 24 h en Andalucía Oriental



Posteriormente se aplicó otra regresión entre los promedios de los valores máximos anuales en cada estación y separadamente entre los promedios de los valores máximos mensuales de las cuatro estaciones. La Figura 7 muestra los resultados de ambas regresiones.

Figura 7 Relaciones entre los promedios de las SMA y SMM



4.3 Determinación del Factor de Conversión para la región

Se resumen en la Tabla 5 los diversos valores de los factores de conversión obtenidos mediante los métodos expuestos anteriormente. Estos factores varían entre 1,10 y 1,1743. Dado que ningún método puede asegurarse que sea mejor que otro para predecir el valor del factor de conversión de la precipitación diaria en la precipitación de 24 h, se adopta como valor final el promedio de los factores calculados por los diversos métodos. En consecuencia, se propone el valor de 1,151 como factor de conversión para la región de Andalucía oriental.

Tabla 5 Valores de los factores de conversión obtenidos por los diferentes métodos utilizados

Duración de la Precipitación	Tipos de Datos	Cocientes de Cuantiles		Pendientes de las regresiones	
		Gumbel	SQRT-ETmax	Datos de series	Promedios de series
1 día – 24 h	Anuales	1,1550	1,1620	1,1000	1,1441
	Mensuales	1,1690	1,1743	1,1425	1,1632

5. Conclusiones

Los cuantiles de la precipitación máxima en 24 h para diversos periodos de retorno son magnitudes requeridas por los modelos hidrológicos lluvia-escorrentía. Puesto que la mayoría de las estaciones meteorológicas solo disponen de registros de precipitación diaria (precipitación registrada entre las 7 de la mañana de dos días consecutivos), hay que deducir los cuantiles de la precipitación máxima en un periodo de 24 h a partir de las series de máximos anuales de la precipitación diaria. En consecuencia se hace necesario disponer del factor de conversión que transforme el cuantil de la precipitación diaria en el cuantil de la precipitación de 24 h.

Se han propuesto diversos métodos de obtener este factor de conversión para la zona de Andalucía oriental. De los resultados de las diversas metodologías se propone como valor final de dicho factor para la región el promedio de los diversos valores obtenidos, siendo 1,151 el valor resultante.

Referencias

- Akan, A.O. y R.J. Houghtalen, 2003. *Urban Hydrology, Hydraulics and Stormwater Quality. Engineering Applications and Computer Modeling*. John Wiley & Sons, New Jersey
- Ferrer Polo, J., 1993. Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas. CEDEX. Madrid
- Instrucción de Carreteras 5.2-IC *Drenaje superficial*. BOE nº 123 de 23 de mayo de 1990
- Soil Conservation Service (1982). "TR-20 Project Formulation Hydrology." *Technical Release 20*. United States Department of Agriculture. Washington, DC.
- Soil Conservation Service (1986). "Urban Hydrology for Small Watersheds," *Technical Release 55*. U.S. Department of Agriculture, Washington. DC.
- Témez, J.R., 1987. *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General de Carreteras. Madrid
- U.S. Army Corps of Engineers (2000). "Hydrologic Modeling System HEC-HMS." *Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center. Davis. CA.
- U.S. Weather Bureau, 1962. *Rainfall-Frequency Atlas of the Hawaiian Islands*. Technical Paper 43. Washington D.C.
- U.S. Weather Bureau, 1965. *Two to Ten-Day Rainfall for Return Periods of 2 to 100 Years in the Hawaiian Islands*. Technical Paper 51. Washington D.C.

Correspondencia (Para más información contacte con):

José Luis Ayuso
Phone: +34957218532
Fax: + 34957218550
E-mail : ir1aymuj@uco.es