

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS MÁXIMOS DE PRECIPITACIÓN: CASO OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES.

Ferreira, Lorena; Flores, Karina

Servicio Meteorológico Nacional - Departamento de Hidrometeorología

25 de Mayo 658, Buenos Aires, Argentina

(011) 5167-6767 kflores@smn.gov.ar

RESUMEN

En el último tiempo han ocurrido en Argentina eventos meteorológicos de gran envergadura en los cuales se han registrado precipitaciones cuyos valores han superado las mediciones existentes de los últimos años. Estos registros fueron relevantes no sólo en los valores diarios sino también en la intensidad en la que estos ocurrieron. La gran variabilidad de la frecuencia e intensidad de la precipitación registrada ha generado una gran necesidad de un mayor conocimiento de la misma. Un conocimiento que abarca no sólo entender los patrones meteorológicos que la generaron sino también su impacto en la superficie terrestre.

En este trabajo se determinan los máximos de precipitación para el cálculo de curvas de intensidad, duración y frecuencia, y se efectúa un análisis preliminar de la tendencia de los máximos de precipitación de distinta duración. Por último, y tratando de buscar herramientas alternativa ante la falta de información, se emplean datos no convencionales (estimaciones de precipitación satelitales) para el análisis de los máximos de precipitación. Si bien se está trabajando con toda la información disponible tanto de la red pluviométrica como de la pluviográfica del Servicio Meteorológico Nacional en este estudio se muestran los resultados de la estación Observatorio Central Buenos Aires.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista hidrológico, la caracterización de una determinada región de acuerdo al comportamiento de las lluvias extremas es fundamental para el correcto manejo y gestión de los recursos hídricos disponibles.

Variadas son las investigaciones que muestran el comportamiento (variabilidad y tendencias tanto de la componente media como de los extremos) de la precipitación en escalas que van desde la diaria hasta escalas mayores como la decádica, mensual, intra-estacional, estacional, etc. Pocos son los trabajos que muestran como es la precipitación en escalas menores a la diaria. Por un lado, por la falta de información de calidad de precipitación en alta resolución temporal y espacial, y por el otro por desconocimiento de la precipitación en sí. Desde el punto de vista meteorológico conocer como es la variabilidad de la precipitación en alta resolución es un tema de interés que ha cobrado gran interés en los últimos años. Sobretudo dado a la ocurrencia de eventos extremos.

Profundizar temas sobre los máximos de precipitación, el ciclo diurno, la existencia de tendencias o no de extremos de precipitación permitirá conocer mejor el clima de nuestra región, mejorar los modelos de predicción. Avanzar en el plano de la meteorología.

Por otro lado, desde el punto de vista hidráulico resulta imprescindible cuantificar el tipo de tormenta que la obra de infraestructura deberá soportar y el correspondiente riesgo asociado. La información necesaria (los parámetros) incluye nivel de agua caída, la distribución temporal del evento hidrometeorológico y, la intensidad, duración y frecuencia de la tormenta (curvas IDF). Contar con series temporales de precipitación de longitud adecuada, representativas de la región y de calidad es uno de los aspectos cruciales a la hora de obtener los parámetros mencionados previamente. Esta información no es sencilla de obtener y pocos son los organismos que la poseen. Entre ellos podemos mencionar al Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Actualmente el SMN cuenta con una red de aproximadamente 36 pluviógrafos activos y, si bien cuentan con extensos registros dado que son estaciones de muchos años de antigüedad, es una limitante la distribución espacial de las mismas, quedando importantes regiones del país sin cobertura de datos pluviográficos. Una posible alternativa para subsanar esta falta de información, es la utilización de datos satelitales para la estimación de la precipitación en un punto determinado. Los satélites de órbita polar han incorporado la presencia de sensores de microondas que han mejorado la calidad de las distintas estimaciones de precipitación respecto de la información que utilizan los satélites geoestacionarios. Los productos de precipitación que resultan ser los de mejor rendimiento son los que derivan de una combinación de observaciones infrarrojas (mayor frecuencia temporal) y observaciones de microondas (alta calidad) (Ebert y otros 2007).

En este trabajo se determinan los máximos de precipitación para el cálculo de curvas de intensidad, duración y frecuencia, y se efectúa un análisis preliminar de la tendencia de los máximos de precipitación de distinta duración. Por último, y tratando de buscar herramientas alternativas ante la falta de información, se emplean datos no convencionales (estimaciones de precipitación por satélite) para el análisis de los máximos de precipitación. Si bien se está trabajando con toda la información disponible tanto de la red pluviométrica como de la pluviográfica del Servicio Meteorológico Nacional, en este estudio se muestran los resultados de la estación Observatorio Central Buenos Aires.

DATOS

Información pluviográfica

Para la elaboración de este trabajo se utilizaron datos provenientes del pluviógrafo tipo Casella con fajas PG-99 de la estación meteorológica Observatorio Central de Buenos Aires (OCBA). Las fajas se colocan a las 12 UTC (9 Horas Local, según indicación de la Organización Meteorológica Mundial) y se retiran a las 12 UTC del siguiente día. El registro analizado comprende los años 1961 a 2013.

Al iniciar el trabajo se contaba con gran parte del registro de fajas digitalizado hasta el año 1998. Sin embargo, la digitalización estaba hecha con distintos métodos, había datos faltantes y no había certeza de la magnitud de los errores en la digitalización. Por lo tanto fue necesario, previo al análisis, hacer una consistencia y control de calidad de la base de datos pluviográficos. Se tomó cada faja del registro y se comparó su acumulado con el dato pluviométrico registrado en la misma estación. Si la faja ya estaba digitalizada, se constató que los máximos calculados en la base de datos sean consistentes con el trazo del registro de la faja.

Se volvieron a digitalizar los datos erróneos, y se completó el registro hasta el año 2013. Se eliminaron aquellas fajas cuyos registros presentaban deficiencias en el trazo o la digitalización no lograba representar adecuadamente al evento de lluvia.

Desde el inicio del registro hasta el año 1998 la metodología de digitalización de los datos era por faja pluviográfica, sin discriminar la cantidad de eventos ocurridos en cada fecha pluviométrica. Mediante este método se obtienen los máximos de precipitación en todas las duraciones desde 5 min hasta 24 hs, sin importar la duración del evento.

A partir del año 1999 se modificó la metodología, la digitalización se realizó mediante un software desarrollado en el Servicio Meteorológico Nacional, que permite la obtención de los máximos de intensidad diarios en 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min, 60 minutos, 90 min, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 6 horas, 12 horas y 24 horas por eventos de lluvia. La separación entre eventos se define como un período superior a 1 hora en el que la cantidad de precipitación es inferior a 1 mm. Es decir, aquellos períodos en los que la intensidad de la precipitación es inferior a 1 mm/h se toman como límite de dos eventos de lluvia diferentes. Mediante este método los máximos que se obtienen van desde 5 min hasta la duración del evento.

Para unificar ambas metodologías dos opciones fueron consideradas. La primera opción consiste en truncar los máximos de la primera metodología hasta la duración del evento, es decir si el evento duró 3 horas, no se computan los máximos superiores. La segunda opción es extender los máximos de la primera metodología hasta la duración de 24 horas, es decir si el evento duró 3 horas y su máximo en 3 horas fue de 50 mm, los máximos siguientes hasta 24 horas se llenaron con el valor de 50 mm.

Las diferencias que aparecen entre ambas opciones al calcular los máximos anuales son despreciables, y se observan mayormente en las duraciones superiores a 6 horas.

En este trabajo se realizaron todos los cálculos aplicando la primera opción, truncando los máximos a la duración del evento. Por este motivo la duración de 12 horas tiene años sin datos, lo que significa que ese año no se registró ningún evento de 12 horas. En todo el registro no hubo ningún evento de 24 horas de duración, esta duración corresponde al acumulado del evento.

Una vez consistida la base de datos pluviográficos de máximos de precipitación, se computaron los máximos anuales, eliminándose los años incompletos, estos son 1965/1966, 1966/1967, 1967/1968, 1981/1982 y 1982/1983 los cuales no registraron eventos extremos importantes.

Por otro lado, también se emplea los máximos anuales de precipitación en 24 horas provenientes del pluviómetro de la estación OCBA. El error porcentual estimado entre la serie completa de pluviografía y la de pluviometría es de aproximadamente un 10%.

Información de Estimaciones de precipitación por satélite.

En este análisis preliminar se emplean el producto de estimación de precipitación por satélite Tropical Rainfall Monitoring Mission Multi-satellite Precipitation Analysis (conocido como 3B42; Huffman y otros 2013) en su versión 7. Estos datos, poseen una resolución espacial de 0.25° de latitud-longitud y una resolución temporal de 3 horas. La serie empleada corresponde del 1 marzo de 1998 a 1 marzo de 2014. Se consideró este intervalo temporal, ya que es el momento en que se inicia la disponibilidad de datos. El algoritmo de 3B42 realiza una comparación entre los campos de IR y los campos de microondas modificando el campo de precipitación acumulado. Considera datos mensuales de precipitación observados a fin de obtener curvas de calibración, y a través de la técnica de “histrogram matching” recalcula los datos acumulados cada 3 horas de las estaciones en superficie obteniendo tasas de precipitación instantánea. Sobre la verificación y performance de este producto en nuestra región puede encontrarse en Houbouchian y otros (2012).

Dado que los datos de 3B42V7 están en un reticulado regular se emplea el conjunto de datos más cercano a la estación OCBA.

Una consideración importante a tener en cuenta es que el producto de precipitación es obtenido en horas fijas: 0-3hs, 3-6hs, 6-9hs, 9-12hs, 12-15hs, 15-18hs, 18-21hs y 21-24hs. Por lo tanto, esto puede afectar la selección de los máximos del evento.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Análisis descriptivo y tendencia de Máximos de precipitaciones.

Se muestra en la tabla 1 un análisis descriptivo de la serie de máximos diarios de intensidad de precipitación de la estación OCBA que incluye los valores medios de la serie de datos en su registro completo 1961-2012, su desvío estándar y el máximo absoluto para cada duración, así como la cantidad de datos contemplada. También se efectuó el análisis descriptivo para la primera década del registro y para la última.

Tabla 1. Descripción estadística de la serie de datos. Media, Desvío estándar (Desv.) y Máximo absoluto (Máx.) en mm. N es la cantidad de datos.

	Primer Década (1961-1970)				Última Década (2003-2012)				Registro Completo (1961-2012)			
	Media	Desv.	N	Máx.	Media	Desv.	N	Máx.	Media	Desv.	N	Máx.
10 min	3,05	3,88	552	28,9	3,17	3,99	797	30	2,89	3,68	3899	30
15 min	3,61	4,46	546	39	3,97	5,00	788	34,2	3,58	4,50	3847	39
20 min	4,12	5,10	536	46,5	4,69	5,96	771	44,2	4,17	5,26	3775	46,5
30 min	4,94	6,02	527	56,1	5,82	7,18	726	53,7	5,14	6,39	3637	56,9

40 min	5,74	6,89	509	67,2	6,86	8,15	682	61,9	6,02	7,34	3467	73,3
50 min	6,37	7,59	484	71,4	7,82	9,04	620	65,2	6,80	8,13	3258	88
60 min	6,88	8,13	476	73,6	9,00	10,14	559	75,4	7,48	8,84	3112	98,3
90 min	7,96	9,21	466	80,1	11,68	12,25	458	91,3	8,98	10,28	2854	125,1
120 min	8,96	9,72	429	61,2	13,74	13,39	385	100	10,34	11,46	2550	131,8
180 min	10,39	11,37	406	80,8	17,72	14,26	265	105,4	12,31	13,14	2191	141,3
240 min	11,76	12,66	355	83,7	20,85	15,39	177	109,9	13,85	14,78	1785	143,4
360 min	13,89	14,81	308	93,3	30,04	19,90	91	120,4	15,90	16,66	1415	133,3

De la tabla se desprende que en la primera década los valores máximos son mayores para las duraciones menores a 50 minutos. Esta situación se invierte para las duraciones mayores a 50 minutos. En la segunda década la dispersión de los datos es mayor. Cabe señalar que por la metodología empleada encontramos menor cantidad de eventos para las duraciones mayores a 90 minutos.

El análisis estacional de la serie indica que el año hidrológico para Buenos Aires comienza en julio y finaliza en junio, es decir el mínimo de precipitación anual se registra en julio, mientras que el máximo se da en octubre-marzo. Por este motivo se realizó el análisis considerando los años hidrológicos. O sea, cuando se menciona el año 1961/1962, se refiere al período comprendido entre julio 1961 hasta junio de 1962. No se tienen en cuenta los años hidrológicos 1965/1966, 1966/1967, 1967/1968, 1981/1982, 1982/1983 ya que no se dispone del registro completo. Esos años no registraron eventos extremos importantes, por lo que la información perdida no afectaría al cálculo de los máximos anuales. De esta manera se obtienen 46 datos (uno por cada año) para cada una de las 15 duraciones, además se calcularon los máximos anuales de la serie pluviométrica.

En una primera instancia se efectuó un análisis de tendencia de la serie de máximos anuales de distinta duración. Se consideró separadamente la serie total (registro completo, desde 1961 hasta 2012), los primeros 30 años (1961-1990), los últimos 30 años (1983-2012) y todas las décadas incluidas en el período completo. Las décadas fueron consideradas móviles, por ejemplo, la primera década es 1961-1970, la segunda es 1962-1971, la tercera es 1963-1972, y así hasta llegar a la última década 2003-2012. Estos rangos espaciales ya fueron empleados en otros trabajo como Penalba y Vargas (2004), Skansi y otros (2012), entre otros.

Se analizó la tendencia de cada serie de duración desde 5 minutos hasta 24 hs, utilizando el test no paramétrico de Mann-Kendal (Mann, 1945). También se compararon los resultados testeando el coeficiente R^2 , y para aquellos períodos con pocos años, por ejemplo para el análisis decádico, se utilizó un test de t-student para evaluar la significancia de la tendencia (Wilks, 1995). Se tomó 95% como nivel de significancia de todos los tests.

Los resultados muestran que para la serie total (1961-2012) las duraciones de entre 10 y 120 minutos, se observa una tendencia positiva. El resto de las duraciones (5, 10 minutos y las mayores 180 minutos), incluyendo la serie pluviométrica, no mostraron una tendencia significativa.

Con respecto a los primeros 30 años del registro (1961-1990) así como los últimos 30 años (1983-2012), no presentan una tendencia lineal significativa en ninguna de las duraciones analizadas.

Con respecto al análisis decádico, la tabla 2 muestra los resultados para el análisis de cada década de las series en las duraciones indicadas.

Tabla 2. Resultados del análisis de la tendencia de los máximos pluviográficos en las duraciones indicadas y para los datos pluviométricos para todas las décadas comprendidas entre 1961-2012.

Duraciones analizadas	Análisis de tendencia decádica
30 min	Tendencia significa positiva: década 1993/2002. Tendencia significativa negativa: década 1999/2008
60 min	Tendencia significativa negativa: década 1999-2008
90 min	Tendencia significativa negativa: década 1999-2008
120 min	Ninguna década presenta tendencia significativa
360 min	Series con tendencia positiva significativa: 1990-1999, 1991-2000, 1994-2003. Tendencia significativa negativa: década 1999-2008
24 hs	Tendencia positiva significativa: 1991-2000, 1992-2001, 1993-2002, 1994-2003. Tendencia negativa significativa: 1998-2007, 1999-2008, 2000-2009, 2001-2010, 2002-2011.
Serie pluviométrica	Tendencia positiva significativa: 1964-1973*, 1965-1974*, 1992-2001, 1993-2002, 1994-2003. Tendencia negativa significativa: 1986-1995, 1987-1996, 1988-1997, 1998-2007, 1999-2008, 2000-2009, 2001-2010.

*décadas no analizadas en la serie pluviográfica porque tienen años faltantes

Se observa que la década 1999/2008 presenta para casi todas las duraciones analizadas tendencia significativa negativa, es decir que se puede inferir que el valor de precipitación máxima ha disminuido en el transcurso de esta década.

Para la década que empieza en el año 1994 se encontró tendencia significativa positiva para las duraciones de 360 minutos, 24 horas y para la serie pluviométrica, en estas dos últimas también se encontró que las décadas que empiezan en 1992 y 1993 con la misma tendencia. Estos resultados están de acuerdo con los encontrados por Re y otros (2009).

La comparación del dato pluviográfico de 24 horas con la pluviometría arroja resultados similares. Puede observarse que las tendencias de máximos de precipitación en las décadas que inician en los años 90 son positivas y significativas, mientras que las décadas que inician del 2000 en adelante las tendencias son significativas pero negativas.

Motivados por el trabajo de Re y otros (2009), se realizó un análisis de tendencia en dos períodos de 20 años cada uno, que son 1961-1981 y 1983-2002, y para la duración de 24 horas, 360 minutos y 60 minutos. A partir de la serie empleada en este trabajo no se encontraron tendencias significativas en la intensidad de los máximos.

Estimación de curvas IDF

Para predecir la magnitud de eventos extremos a futuro, se utilizan comúnmente las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Estas curvas se construyen asumiendo que la serie de datos utilizada es estacionaria, es decir que sus valores medidos a lo largo del tiempo no presentan aumentos o disminuciones significativas.

En la sección anterior se estudió la variabilidad de la serie analizando su tendencia en todas las duraciones. Se concluyó que, excepto en la duración de 60 minutos, la serie empleada 1961-2012 no presenta tendencia significativa, es decir se puede asumir con un 95% de confianza que la serie es estacionaria. Con respecto a la serie de máximos del período 1961-2012 con tendencia positiva en las duraciones indicadas en la sección anterior se les aplicó una transformación para volverlas estacionarias.

Ajuste Gumbel

La serie de datos muestra un ajuste aceptable a la distribución Gumbel (95% de confianza). Se computaron las curvas IDF mediante esta distribución y se muestran los resultados en la tabla 3 para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

Tabla 3. Valores de intensidades máximas en mm/h para cada tiempo de retorno y cada duración indicada en minutos.

	10 min	15 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min	90 min	120 min	180 min	240 min	360 min	720 min	1440 min
2 años	96,58	79,66	70,39	54,54	48,99	42,75	37,40	27,55	21,90	17,61	14,25	10,01	5,48	3,28
5 años	128,30	106,40	94,78	74,62	66,32	57,90	51,31	39,24	31,32	24,83	19,89	13,57	7,79	4,40
10 años	149,31	124,11	110,92	87,92	77,79	67,92	60,52	46,98	37,55	29,61	23,61	15,92	9,33	5,15
20 años	169,45	141,09	126,41	100,67	88,80	77,54	69,36	54,41	43,54	34,20	27,19	18,18	10,79	5,87
50 años	195,53	163,08	146,46	117,18	103,04	89,99	80,79	64,02	51,28	40,14	31,82	21,10	12,70	6,79
100 años	215,07	179,55	161,49	129,55	113,71	99,32	89,37	71,22	57,08	44,58	35,29	23,29	14,12	7,49

Se obtienen así las curvas IDF para la estación OCBA aplicando el ajuste de Gumbel mostradas en la figura 1.

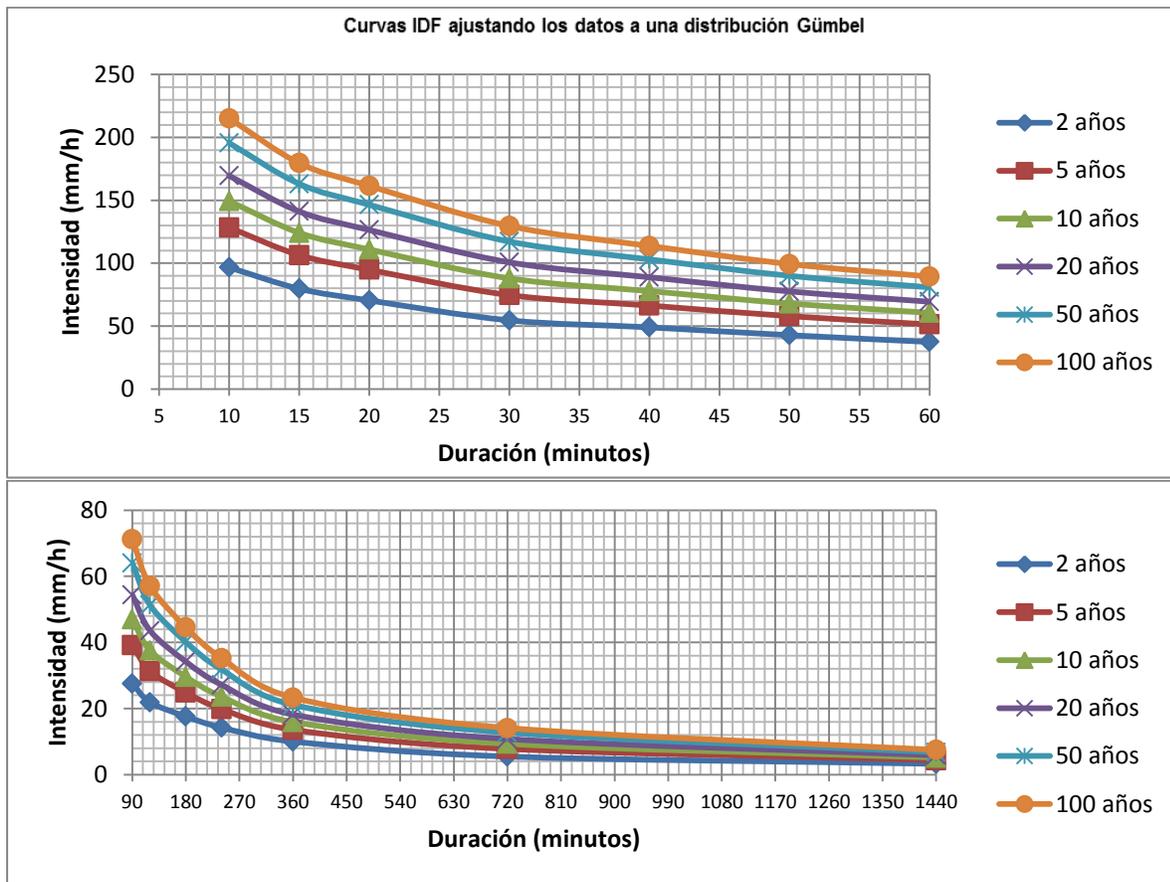


Figura 1. Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia para OCBA usando el ajuste de Gumbel.

Ajuste Log-Normal

En esta sección se computaron las curvas IDF con otro método. La metodología empleada es la aplicada por Caamaño Nelli y García (1999), con un modelo simplificado de 3 parámetros ajustando los datos a una distribución log-normal. La calibración del modelo a los datos utilizados arroja los siguientes parámetros óptimos: $A=0.39$, $B=0.14$ y $C=5.11$. Estos valores se hallan dentro del rango encontrado en la bibliografía citada para la estación OCBA, aunque son levemente superiores. En la figura 2 se muestran las curvas IDF obtenidas mediante este modelo para algunas duraciones y tiempos de retorno.

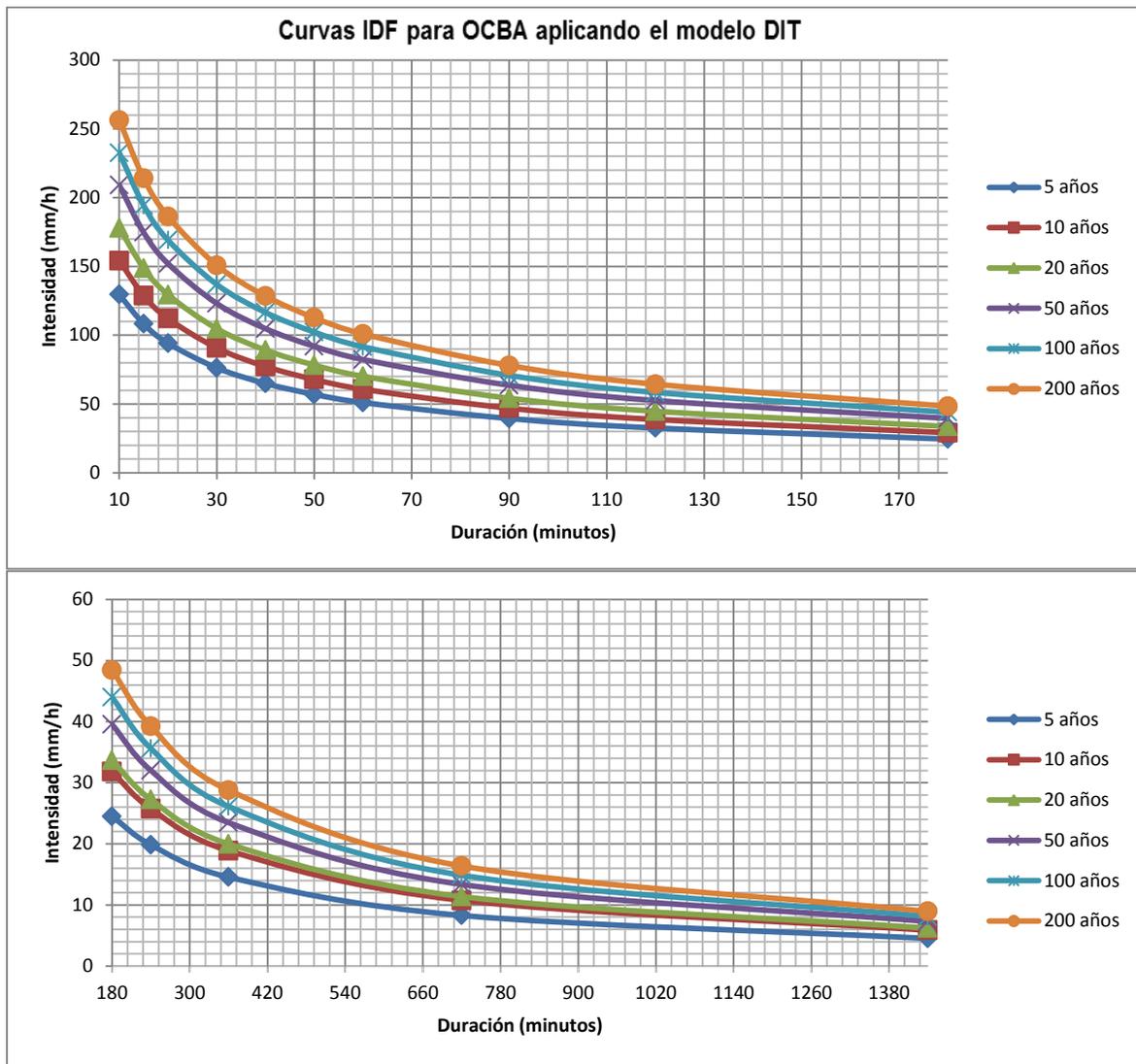


Figura 2. Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia para OCBA usando el modelo DIT.

Se observan diferencias en comparación con la aplicación del modelo Gumbel. En primer lugar los valores obtenidos usando este modelo son en su mayoría inferiores a los de la figura 1. Las diferencias porcentuales no superan el 10% en algunos casos.

Se encuentran diferencias con los valores obtenidos por Caamaño y otros (2011). En líneas generales los valores encontrados en este trabajo son mayores. Esto podría estar explicado con la mayor extensión de la serie empleada. En este trabajo la serie es de 47 años en tanto que la de los autores emplearon 38 años.

Ajuste Gumbel con Datos Satelitales

En esta sección se muestran los resultados de las curvas IDF usando los máximos anuales de las estimaciones de precipitación satelital TRMM-3B42V7 en los puntos de retículo más cercanos a la estación OCBA. El análisis de la tendencia arrojó que la serie es estacionaria para los 4 puntos de retícula utilizados y para todas las duraciones. Los datos ajustan a una función Gumbel con un 95% de confianza.

La tabla 4 muestra las intensidades de precipitación en mm por hora para eventos de duración de 3, 6 y 12 horas, y períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Entre paréntesis se detalla las diferencias porcentuales entre la metodología con datos satelitales y con datos pluviográficos.

Tabla 4. Resultados del cálculo de las intensidades máximas usando datos de estimación satelital TRMM-3B42V7, los valores están en mm/h. Entre paréntesis se indican la diferencia entre estos valores y los encontrados usando los datos pluviográficos.

TRMM (mm/h)	180min	360 min	720min
2 años	21,31 (21%)	13,47 (34,6%)	12,15 (121%)
5 años	26,35 (6,1%)	16,89 (24,5%)	14,89 (91%)
10 años	29,70 (0,3%)	19,16 (20,3%)	16,70 (79,1%)
20 años	32,90 (-3,8%)	21,33 (17,4%)	18,44 (70,8%)
50 años	37,05 (-7,7%)	24,14 (14,4%)	20,69 (62,9%)
100 años	40,15 (-9,9%)	26,25 (12,7%)	22,38 (58,4%)

En el análisis se observó que las fechas de los máximos obtenidas por las estimaciones satelitales rara vez coinciden con las fechas máximas obtenidas de los datos pluviográficos. Se observa que los datos satelitales sobreestiman los valores de precipitación medidos convencionalmente, esto ya fue analizado por Hobouchian y otros (2012) para precipitaciones acumuladas en 24hs.

Puede observarse que al calcular las curvas IDF utilizando los datos satelitales para las duraciones de 6 y 12 horas se obtienen intensidades siempre mayores a las obtenidas con el uso de datos pluviográficos. En cambio para la duración de 3 horas las diferencias dependen del período de retorno. Siendo que para períodos de retornos menores a 10 años las intensidades son sobreestimadas y en períodos de retorno mayores a 20 años se subestiman las intensidades máximas.

También se observa que para la duración de 12 horas los errores obtenidos son importantes, superando el 50% de error porcentual y llegando a superar el 100% para la recurrencia de 2 años.

Cabe mencionar que los registros utilizados para las estimaciones satelitales abarcan el período 1998-2013 mientras que los datos pluviográficos tienen un registro de 1961-2013. Además, como ya se mencionó antes, los datos satelitales registran la precipitación cada bloques trihorarios (de 0 hs a 3 hs, de 3 hs a 6 hs, etc) de esta forma para un evento que abarque varios bloques pueden quedar acotados sus máximos.

Se repitió el análisis para otros puntos de grilla también cercanos a la estación OCBA. Los resultados fueron similares. En líneas generales, las diferencias con los datos pluviográficos son mayores y positivas para la duración de 12 horas, y menores y negativas para las duraciones de 3 horas y períodos de retorno entre 5 y 100 años (resultados no mostrados).

CONCLUSIONES

Obtener una base de datos pluviográficos en alta resolución que sea confiable y fidedigna es un desafío ambicioso para todos aquellos que de alguna u otra manera requieren este tipo de información. Desde la toma de datos, su consistencia, el proceso de la información y la obtención de resultados es un proceso que requiere constantes cuestionamientos de la información obtenida y la metodología aplicada para su procesamiento. Aquí se realizó un análisis exhaustivo de la serie,

minimizando los errores que cada dato pudiera tener, ya sea por defectos en las fajas o errores introducidos en la digitalización. Obteniéndose los máximos anuales de intensidades de precipitación para 15 duraciones, desde 5 minutos hasta 24 horas, para el período 1961-2012 de la estación OCBA.

Del análisis de las tendencias, podemos concluir que una disminución o aumento de los máximos anuales (es decir una tendencia significativa en cualquier duración) no necesariamente está acompañado de un aumento o disminución de la precipitación anual acumulada. Como ejemplo, la precipitación media a nivel anual presenta un aumento en casi todo el país en el período 1961-2010 (año calendario, datos web SMN) lo que puede estar relacionado con un aumento de los días con precipitación. Con respecto a la frecuencia de eventos extremos, Re y otros (2009) empleando una serie entre 1959-2002 del centro-este de Argentina encuentran que en las últimas décadas se registra un aumento en la frecuencia de este tipo de eventos.

Por otro lado es llamativa la década 1998-2007 y 1999-2008, que presenta en casi todas las duraciones hasta 3 horas tendencia significativa negativa. Al respecto podemos observar que en el año 2001 se registró un evento extremo que ocupa el 6to lugar en el ranking de precipitación acumulada en 24 horas para todo el registro de la estación OCBA en el período 1906-2013. Este mismo evento ocupa el 1er lugar en el ranking de todas las duraciones hasta 3 horas de la serie de datos analizada en este trabajo, con un máximo de 141 mm en 3 horas. La presencia de este evento, que fue superado recién en el año 2013, de cierta manera sesga la tendencia de la serie hacia valores negativos. Si eliminamos dicho evento de la serie obtenemos que las tendencias de estas décadas no son significativas.

El cálculo de las curvas IDF realizado en este trabajo muestra los resultados preliminares de la aplicación de las metodologías convencionales en este campo. Los valores encontrados son mayores a los obtenidos por otros autores particularmente en las duraciones mayores a 2 horas.

Se requieren estudios posteriores para poder calibrar correctamente los modelos utilizados y determinar para el resto de las estaciones operativas del SMN cuál es la metodología que mejor se ajusta a la serie de datos de cada lugar partiendo de los análisis efectuados por otros autores.

Los datos de estimaciones satelitales son un aporte valioso al estudio de la precipitación en alta resolución, aquí se muestran resultados preliminares que requieren un análisis más exhaustivo de la metodología aplicada.

Este trabajo es un puntapié para el desarrollo y la aplicación operativa de este tipo de estudio en todas las estaciones pluviográficas pertenecientes al SMN.

REFERENCIAS

Caamaño Nelli, G. y C. M. Dasso (2003) Lluvias de Diseño: Conceptos, Técnicas y Experiencias, ISBN 987-9406-43-5, pp. 125-136. Editorial Universitas. Córdoba, RA.

Caamaño Nelli, G. y C. M. García (1999) "Relación Intensidad-Duración-Recurrencia de Lluvias Máximas: Enfoque a través del Factor de Frecuencia, Caso Lognormal". Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XIV, N° 3, septiembre-diciembre, pp. 37-44. D.F., México.

Catalini, C. G., Caamaño Nelli, G., Dasso, C. M; Desarrollo y Aplicaciones sobre Lluvias de Diseño en Argentina; Editorial Académica Española (December, 2011), ISBN-10: 384549722X, ISBN-13: 978-3845497228, 284 pp.

Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. - "Hidrología Aplicada". McGraw – Hill Interamericana, S.A. Bogotá. Colombia, 1994.

Houbouchian, P, P. Salio, D. Vila y Y. Garcia Skabar, 2012: Comparación de productos de precipitación de alta resolución sobre Sudamérica utilizando una red de observaciones de alta resolución espacial. Congremet XI, Mendoza, Argentina. 28 de mayo al 1 de junio de 2012.

Huffman, G., and Bolvin, D. , 2013: TRMM and Other Data Precipitation Data Set Documentation; en ftp://precip.gsfc.nasa.gov/pub/trmmdocs/3B42_3B43_doc.pdf

Mann, H. B., Non-parametric tests against trend, *Econometrica*, 13, 245-259, 1945.

Re, M., Barros, V.; Extreme Rainfalls in SE South America; *Climate Change* (2009) 96, 119-136.

Penalba, O and Vargas, W., 2004: Interdecadal and interannual variations of annual and extreme precipitation over central-northeastern Argentina. *International Journal of Climatology* 24:1565–1580.

Skansi, M.; Vera, C. y Podestá, G., 2012: Descripción de la Variabilidad Observada de la Precipitación en la Zona Húmeda y Semi húmeda Argentina durante 1911-2010. Congremet XI, Mendoza, Argentina. 28 de mayo al 1 de junio de 2012.

Wilks D. (1995) *Statistical methods in atmospheric science – An Introduction*, Academic Press, International Geophysics Series, Vol 59.