

XXV CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
SAN JOSÉ, COSTA RICA, 9 AL 12 DE SETIEMBRE DE 2012

UN MODELO ESTADÍSTICO-DEDUCTIVO DE TRES PARÁMETROS
PARA LA RELACIÓN INTENSIDAD-DURACIÓN-RECURRENCIA

Gabriel Caamaño Nelli (*), *Andrea F. Rico*, *Clarita M. Dasso* (*)

Instituto Nacional del Agua (INA) - Centro de la Región Semiárida (CIRSA)

() Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas,*

Universidad Nacional de Córdoba y Universidad Católica de Córdoba.

Medrano 235, (5152) Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina. Tel.: 03541-422347. E-mail: cdasso@ina.gov.ar

RESUMEN

La relación entre intensidad, **i**, duración, **d**, y recurrencia, **T**, en lluvias máximas anuales, es la base para diseñar medidas de atenuación de riesgo de inundación, si no se tienen datos de caudal. Entre los algoritmos planteados para la relación **i-d-T**, el DIT se impone por varias razones. Hoy hay motivos para asumir que uno de sus 4 parámetros originales es invariable. Si fijar dicho valor no desvirtúa la representatividad del modelo, éste gana en parsimonia y se simplifica. Al aplicarlo en áreas muy amplias, no es habitual disponer de la información pluviográfica (sólo de relaciones **i-d-T** ajustadas con otros esquemas) ni de las series pluviométricas (necesarias para transponer la función), obligando a regionalizar los parámetros para predecir lluvias en zonas sin mediciones. Las hipótesis a verificar son: que el DIT con 3 parámetros es una versión superadora de la original y que mejora la distribución regional de esos parámetros. El estudio abarca buena parte de Argentina y emplea funciones **i-d-T** de casi treinta estaciones. Consiste en efectuar regresiones **i-d-T** con ambas versiones del modelo, elaborar mapas de isóneas de los respectivos parámetros y contrastar los resultados. Pese a la diversidad de la información de partida, las pruebas convalidan las hipótesis. La principal conclusión es que, aún con tres parámetros, el DIT se muestra muy apto para describir la relación **i-d-T**, aunque sería necesario contar con mayor cantidad de datos básicos.

ABSTRACT

The relationship between intensity, **i**, duration, **d**, and recurrence, **T**, in the annual maximum rainfall, is the basis for designing actions to mitigate flood risk, if do not have data flow. Among the algorithms proposed for the **i-d-T** relationship, the DIT prevails for several reasons. Now there are grounds to assume that one of its 4 original parameters is invariant. If set this value does not affect the representativity of the model, it gains in parsimony. To apply it on very large areas, is not usual accessing to the pluviographic information (only to **i-d-T** relationships based on other schemes) or to rain gauge series (needed to transpose the function), wich forces to regionalize the parameters for predicting rainfall in areas without measures. The assumptions to check are: the DIT with 3 parameters is a version that overcomes the original and that improves the regional distribution of these parameters. The study covers a large part of Argentina and employs **i-d-T** functions of almost thirty stations. Consists of carry out **i-d-T** regressions with both versions of the DIT, develop isoline maps of the respective parameters and compare the results. Despite the diversity of initial data, the tests validate the hypothesis. The main conclusion is that, even with 3 parameters, the DIT is very suitable to describe the **i-d-T** relationship, although it would be needed to have a bigger amount of basic data.

PALABRAS CLAVE: lluvia de diseño, modelo DIT, regionalización.

INTRODUCCIÓN

La *lluvia de diseño* es un acontecimiento ficticio futuro, cuya intensidad media i es la máxima esperable para una duración d y una recurrencia o período de retorno, T preestablecidas. El principal uso de esta abstracción es evaluar el *caudal de proyecto* de una obra (o una acción) asociada a riesgo hídrico, cuando esto no es posible a partir de registros de descarga. Para arribar a esa intensidad crítica es necesario, entonces, conocer la relación de dependencia que ella tiene con la duración y el período de retorno de la lluvia. Dicha relación i - d - T puede responder a fundamentos teóricos o empíricos y se han planteado algoritmos diversos para describirla. Uno de éstos es el DIT (Caamaño Nelli y García, 1999), conveniente por sustento conceptual, expresión analítica continua y lo sencillo que es adaptarlo a condiciones locales cuando se lo transpone.

El DIT exhibe una flexibilidad equivalente a la de las mejores alternativas empíricas, debido a que, al igual que éstas, fue planteado como un modelo de cuatro parámetros. Sin embargo, existen motivos para pensar que uno de ellos podría encubrir un valor invariable, con lo cual perdería su función de elemento de ajuste del modelo. Si, en efecto, uno de los parámetros es redundante, y si asignarle una cuantía fija no va en desmedro de su representatividad, se simplificaría no sólo la calibración sino el propio algoritmo. Y la distribución espacial de los restantes parámetros, que interesa para evaluar lluvias de diseño en zonas sin mediciones, probablemente mejore.

Con base en este planteo, los objetivos de este estudio son analizar la aptitud del DIT con un parámetro menos y mejorar la distribución regional de los restantes.

ANTECEDENTES E HIPÓTESIS

DIT es un modelo cuasi conceptual de relación i - d - T , que plantea el logaritmo de la intensidad como una función lineal del *factor de frecuencia* Φ (Chow, 1951) y de un *factor de persistencia* δ (Caamaño Nelli y García, 1998), vinculados mediante dos parámetros locales, propios de la estación de medición, A y C , y uno zonal, B

$$\ln i = A \cdot \Phi - B \cdot \delta + C \quad [1]$$

Con base en la hipótesis de distribución probabilística lognormal de los máximos de lluvia anual, el factor de frecuencia tiene una relación biunívoca con el período de retorno, T ,

$$\Phi = 2,584458 \cdot (\ln T)^{3/8} - 2,252573 \quad [2]$$

El factor δ , en tanto, depende de la duración de la lluvia, mediante un cuarto parámetro q , zonal

$$\delta = (\ln d)^q \quad [3]$$

Al definir el DIT, sus autores dejaron abierta la posibilidad de que el parámetro q se considere constante, dado lo reducido de su rango de valores. Sin embargo, admitieron que la evidencia al respecto no era suficiente. Ello se debió a que emplearon un conjunto de solamente siete estaciones pluviográficas y a que la región representada, que corresponde a la Provincia de Córdoba, fue limitada: 165.321 km².

Recientemente, Rico (2010) y Rico *et al.* (2010) estudiaron la distribución espacial de los parámetros del DIT, sobre un área diez veces superior, empleando información de 27 estaciones. Si bien no llegaron a una configuración regional satisfactoria para B y q , los parámetros vinculados con la duración, detectaron tendencias de variación espacial contrarias entre ambos, de modo tal que, cuando el valor de B aumenta, el de q disminuye y viceversa.

Tales antecedentes llevan a plantear las siguientes hipótesis para este ensayo. Si B crece cuando q se reduce, fijar el valor de q estrecharía la gama de valores de B y suavizaría su distribución espacial, tornándola más conveniente para interpolar. Aunque el q fijado no sea el óptimo local, la correlación entre intensidad, duración y recurrencia que plantea el DIT será alta, pues B compensa en parte la rigidez impuesta a q .

REGIÓN E INFORMACIÓN DE ENSAYO

El área de estudio abarca el centro y el norte de Argentina. La ubicación de las 28 estaciones con función intensidad-duración-recurrencia utilizadas como base se exhibe en la Figura 1. La multiplicidad de necesidades y criterios considerados por los respectivos autores, al elaborar dichas relaciones, condujeron a una diversidad de productos, en cuanto al tipo de función adoptada y a los rangos e intervalos de las variables independientes. Así, las mayores recurrencias alcanzan entre 50 y 500 años, mientras que las duraciones llegan a toques tan dispares como 2 horas y 1 día (Tabla 1).

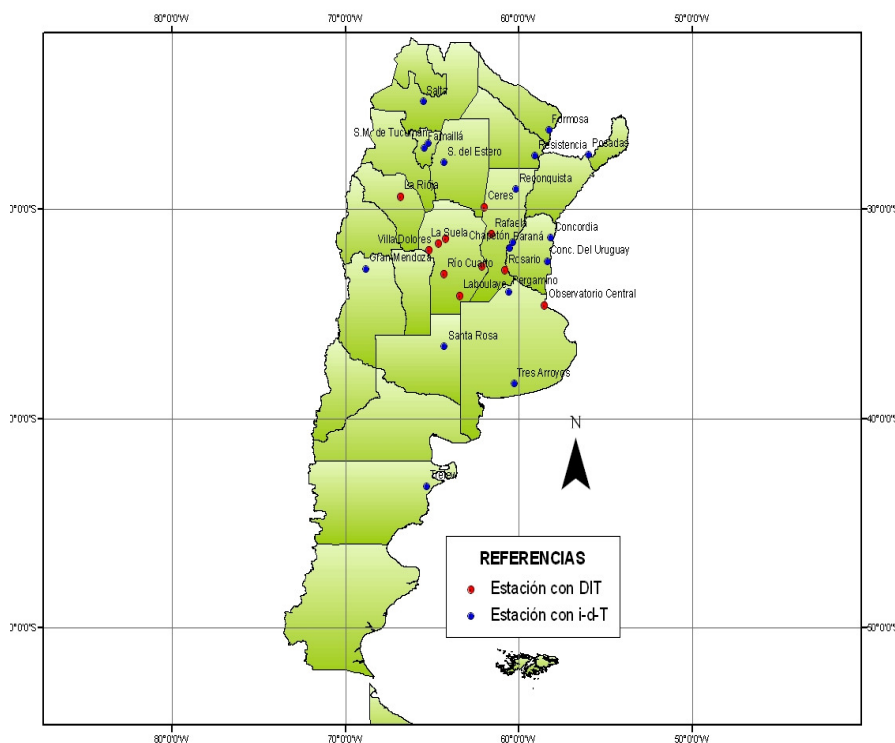


Figura 1.- Región de ensayo y estaciones con función intensidad-duración-recurrencia

Tabla 1.- Fuente y tipo de función i-d-T con máximas recurrencia y duración para cada estación.

Nº	ESTACIÓN	FUENTE	TIPO DE FUNCIÓN	MÁXIMOS	
				T (años)	d (min)
1	Villa Dolores	Caamaño Nelli y García (1999)	DIT	200	1440
2	La Suela			200	1440
3	Ceres			200	1440
4	Córdoba Obs.			200	1440
5	Río Cuarto			200	1440
6	Marcos Juárez			200	1440
7	Laboulaye			200	1440
8	La Rioja		DIT	200	720
9	Villa Ortuzar SMN			200	1440
10	Rafaela			200	1440
11	Rosario			200	1440
12	Santa Rosa	Farias, Olmos e Ibáñez (2009)	Sherman	500	180
13	Pergamino			500	180
14	Tres Arroyos			500	180
15	Posadas			500	180
16	Chapetón			500	180
17	Famillá	Farias y Olmos (2007)	Sherman	500	180
18	Resistencia			500	180
19	Salta			500	180
20	Formosa			500	180
21	S. del Estero	López y Maza (2009)	Sherman	500	180
22	S.M. Tucumán			500	180
23	Gran Mendoza			200	120
24	Concordia	Zamanillo y otros (2008)	Sherman	50	1440
25	C. del Uruguay			50	1440
26	Paraná			50	1440
27	Trelew	Serra y Chachero (2009)	Bernard	500	1440
28	Reconquista	Verano (2008)	2 parám.	50	360

METODOLOGÍA

Debido a la diversidad de la información de base, se seleccionaron tres conjuntos de estaciones: **1)** las empleadas para el desarrollo del DIT en la Provincia de Córdoba (siete primeras de la Tabla 1); **2)** aquellas otras donde fue posible calibrar directamente el DIT (8 a 11 de la Tabla) y **3)** las 17 restantes, de las que se tuvo únicamente un modelo diferente de i-d-T.

Para las estaciones del conjunto **3** se extrajeron valores de intensidad, usando el modelo y la retícula duración-recurrencia planteados en la literatura para cada caso. Con las ternas resultantes se calibraron los parámetros del DIT por regresión lineal múltiple. Los efectos de esta estrategia fueron evaluados por Caamaño *et al.* (2010).

Luego, en todos los puestos, se calcularon con el DIT intensidades para 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 360, 720 y 1440 minutos de duración y recurrencias de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, siempre que las combinaciones cayeran en los rangos de ajuste primigenios.

Con las ternas **i**, **d**, **T** de los puestos del conjunto 1 como pertenecientes a una sola estación, se recalibró el DIT. Esto condujo a establecer cuál sería el valor óptimo para el parámetro **q**, asumiendo que fuese constante en la provincia de Córdoba, como intuyeron los autores del modelo. Permitted también definir una relación biunívoca entre el factor de persistencia **δ** y la duración de la lluvia, a través de la ecuación (3), con lo cual el DIT se convirtió en un modelo de 3 parámetros, explícitos en la ecuación (1): **A**, **B** y **C**. Un ensayo similar se realizó para el conjunto 2.

Para cada estación se efectuó una regresión lineal múltiple con el **q** fijado y se examinó si, a pesar de esta restricción, la correlación resulta aceptable, teniendo como requisito para ello que el coeficiente de determinación **r**² superase 0,9.

Se verificó si el rango del parámetro **B** se redujo, como conjetura la hipótesis, y se analizaron las eventuales variaciones en **A** y **C**, con respecto a la versión primitiva del DIT.

El trazado de isolíneas de los tres parámetros se valió de un sistema de información geográfica (Arc GIS 9.2), asumiendo el axioma de mínima curvatura (*spline*), inspirado por el comportamiento de las reglas flexibles. Este método fue el elegido por Rico (2010 a) para reflejar la variante original de cuatro parámetros. Dicha elección surgió tras numerosas pruebas, que permitieron descartar la interpolación geoestadística (*kriging*) por diferencias notorias entre la estimación y el dato en los puntos de control, así como la ponderación inversa a la distancia (IDW), que aportó campos demasiado abruptos para el objetivo.

Los mapas homólogos de las opciones de 3 y 4 parámetros del DIT se compararon entre sí para identificar las disidencias e interpretar posibles anomalías de las distribuciones.

RESULTADOS

La Tabla 2 resume los resultados de aplicar el DIT en su versión original de 4 parámetros, **DIT 4p**. Presenta los valores de éstos ajustados con datos medidos por los pluviógrafos, para los conjuntos 1 y 2, y con ternas extraídas de los modelos de i-d-T disponibles, para el conjunto 3, así como los coeficientes de determinación, **r**², obtenidos en cada caso.

La regresión sobre las ternas de los siete puestos del conjunto **1**, agrupados en una muestra única, arrojó para **q** el valor óptimo de 5/3, con coeficiente **r**² = 0,97946. Suponiendo que esa constante fuese válida para todo el territorio estudiado, la ecuación [3] resultaría generalizable en la forma (Caamaño *et al.*, 2010)

$$\delta = (\ln d)^{\frac{5}{3}} \quad [4]$$

Esta hipótesis fue evaluada con un ensayo equivalente, sobre los datos del conjunto 2. En esta prueba el valor de **q** fue 1,66.

La aplicación del modelo reducido de 3 parámetros, **DIT 3p**, en las 28 estaciones produjo los juegos de parámetros y los **r**² que expone la Tabla 3.

La Tabla 4 muestra los estadísticos de los parámetros y los coeficientes de determinación para ambas versiones. Por su parte, las figuras 2 y 3 representan la evolución espacial de los parámetros **A** y **C**, para DIT 3p, en tanto que las figuras 4 y 5 exhiben el comportamiento de **B** para DIT 3p y DIT 4p.

Tabla 2.- Ajuste del DIT,
versión de 4 parámetros

Nº	ESTACIÓN	PARÁMETROS DEL DIT				r ²
		A	B	C	q	
1	Villa Dolores	0,318	0,291	5,361	1,42	0,99922
2	La Suela	0,365	0,051	4,655	2,14	0,99697
3	Ceres	0,291	0,170	5,282	1,59	0,99869
4	Córdoba Obs.	0,337	0,158	5,190	1,67	0,99727
5	Río Cuarto	0,356	0,089	4,814	1,91	0,99825
6	Marcos Juárez	0,410	0,156	5,132	1,64	0,99702
7	Laboulaye	0,394	0,241	5,426	1,48	0,99873
8	La Rioja	0,363	0,207	4,701	1,500	0,98082
9	Villa Ortuzar SMN	0,297	0,124	4,917	1,695	0,99808
10	Rafaela	0,309	0,114	5,012	1,710	0,99682
11	Rosario	0,270	0,109	5,021	1,750	0,99581
12	Santa Rosa	0,604	0,315	5,290	1,34	0,99161
13	Pergamino	0,352	0,580	5,779	1,00	0,99582
14	Tres Arroyos	0,352	0,570	5,561	1,00	0,99569
15	Posadas	0,269	0,073	5,137	1,99	0,99455
16	Chapetón	0,269	0,436	6,163	1,22	0,99809
17	Famaillá	0,352	0,039	5,144	2,39	0,99495
18	Resistencia	0,252	0,066	5,109	2,01	0,99633
19	Salta	0,336	0,054	4,593	2,16	0,99475
20	Formosa	0,269	0,040	4,909	2,29	0,99586
21	Sgo.del Estero	0,369	0,019	4,643	2,78	0,99432
22	S.M. Tucumán	0,336	0,189	5,087	1,42	0,99399
23	Gran Mendoza	0,439	0,060	4,700	2,18	0,99961
24	Concordia	0,402	0,213	5,421	1,50	0,99690
25	C. del Uruguay	0,294	0,129	5,338	1,76	0,99808
26	Paraná	0,355	0,173	5,235	1,58	0,99720
27	Trelew	0,624	0,379	4,559	1,23	0,98925
28	Reconquista	0,352	0,633	6,075	1,00	0,99210

Tabla 3.- Ajuste del DIT,
versión de 3 parámetros

Nº	ESTACIÓN	PARÁMETROS DEL DIT			r ²
		A	B	C	
1	Villa Dolores	0,318	0,171	5,059	0,99814
2	La Suela	0,365	0,136	4,955	0,99428
3	Ceres	0,291	0,144	5,211	0,99983
4	Córdoba Obs.	0,337	0,159	5,193	1,00000
5	Río Cuarto	0,356	0,148	5,003	0,99839
6	Marcos Juárez	0,410	0,147	5,108	0,99998
7	Laboulaye	0,394	0,161	5,219	0,99897
8	La Rioja	0,363	0,146	4,543	0,98015
9	Villa Ortuzar SMN	0,297	0,131	4,943	0,99806
10	Rafaela	0,309	0,125	5,044	0,99675
11	Rosario	0,270	0,131	5,085	0,99560
12	Santa Rosa	0,604	0,169	5,002	0,99000
13	Pergamino	0,352	0,153	5,057	0,98719
14	Tres Arroyos	0,352	0,150	4,852	0,98711
15	Posadas	0,269	0,131	5,284	0,99452
16	Chapetón	0,269	0,184	5,690	0,99396
17	Famaillá	0,352	0,140	5,433	0,98675
18	Resistencia	0,252	0,123	5,253	0,99425
19	Salta	0,336	0,130	4,797	0,99077
20	Formosa	0,269	0,121	5,134	0,98940
21	Sgo.del Estero	0,369	0,133	5,007	0,97662
22	S.M. Tucumán	0,336	0,118	4,943	0,99298
23	Gran Mendoza	0,439	0,147	4,926	0,99610
24	Concordia	0,404	0,133	4,976	0,97217
25	C. del Uruguay	0,295	0,138	5,120	0,98107
26	Paraná	0,358	0,127	4,883	0,97486
27	Trelew	0,624	0,140	3,934	0,98595
28	Reconquista	0,352	0,159	5,247	0,98042

Tabla 4.- Estadísticos de los parámetros y de los coeficientes de determinación para las versiones del DIT, de 3 y 4 parámetros

	VERSIÓN DIT DE 4 PARÁMETROS					VERSIÓN DIT DE 3 PARÁMETROS			
	A	B	C	q	r ²	A	B	C	r ²
Rango	0,373	0,614	1,604	1,78	0,01879	0,373	0,065	1,756	0,02783
Mínimo	0,252	0,019	4,559	1,00	0,98082	0,252	0,118	3,934	0,97217
Máximo	0,624	0,633	6,163	2,78	0,99961	0,624	0,184	5,690	1,00000
Media	0,355	0,203	5,152	1,69		0,355	0,143	5,032	
Desvío Est.	0,087	0,173	0,411	0,44		0,087	0,016	0,302	
Cv	0,246	0,852	0,080	0,26		0,245	0,114	0,060	

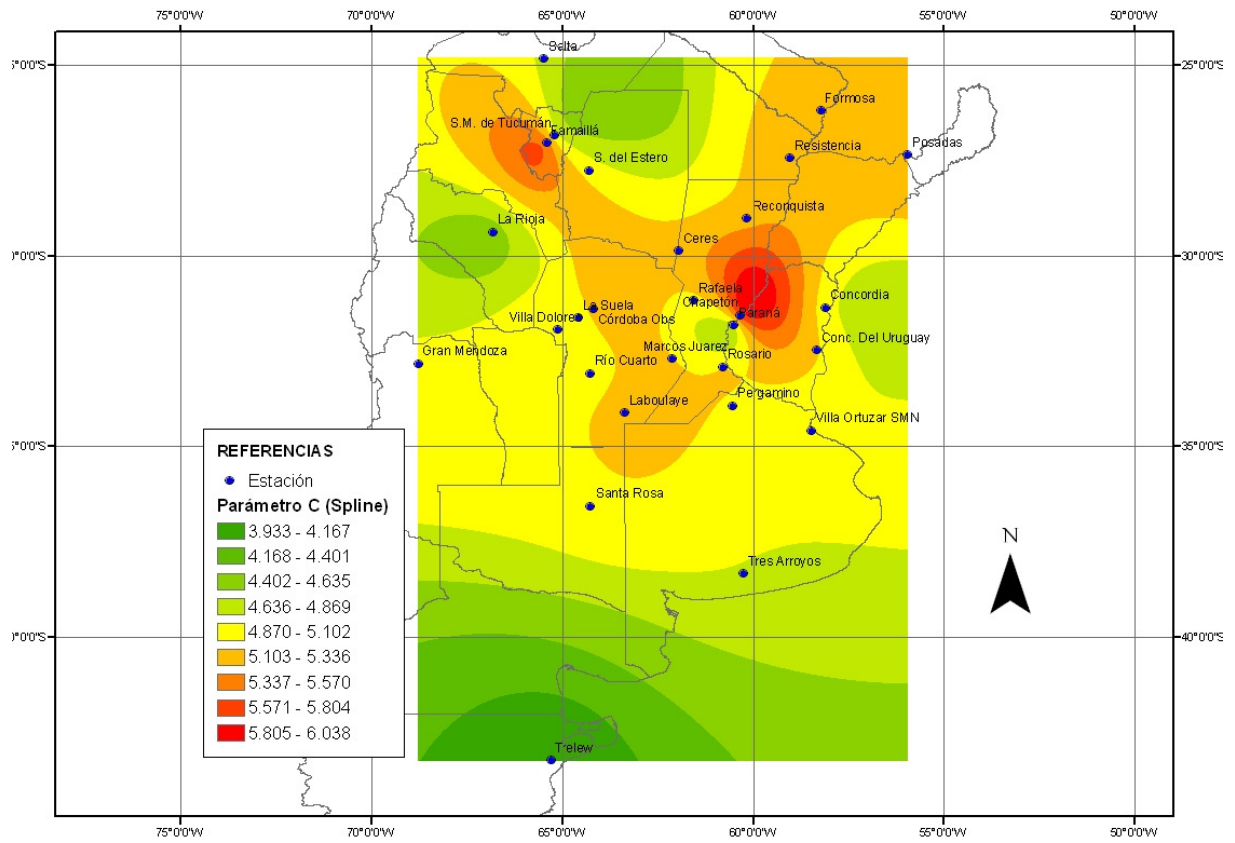


Figura 2.- Regionalización del parámetro A del DIT 3p

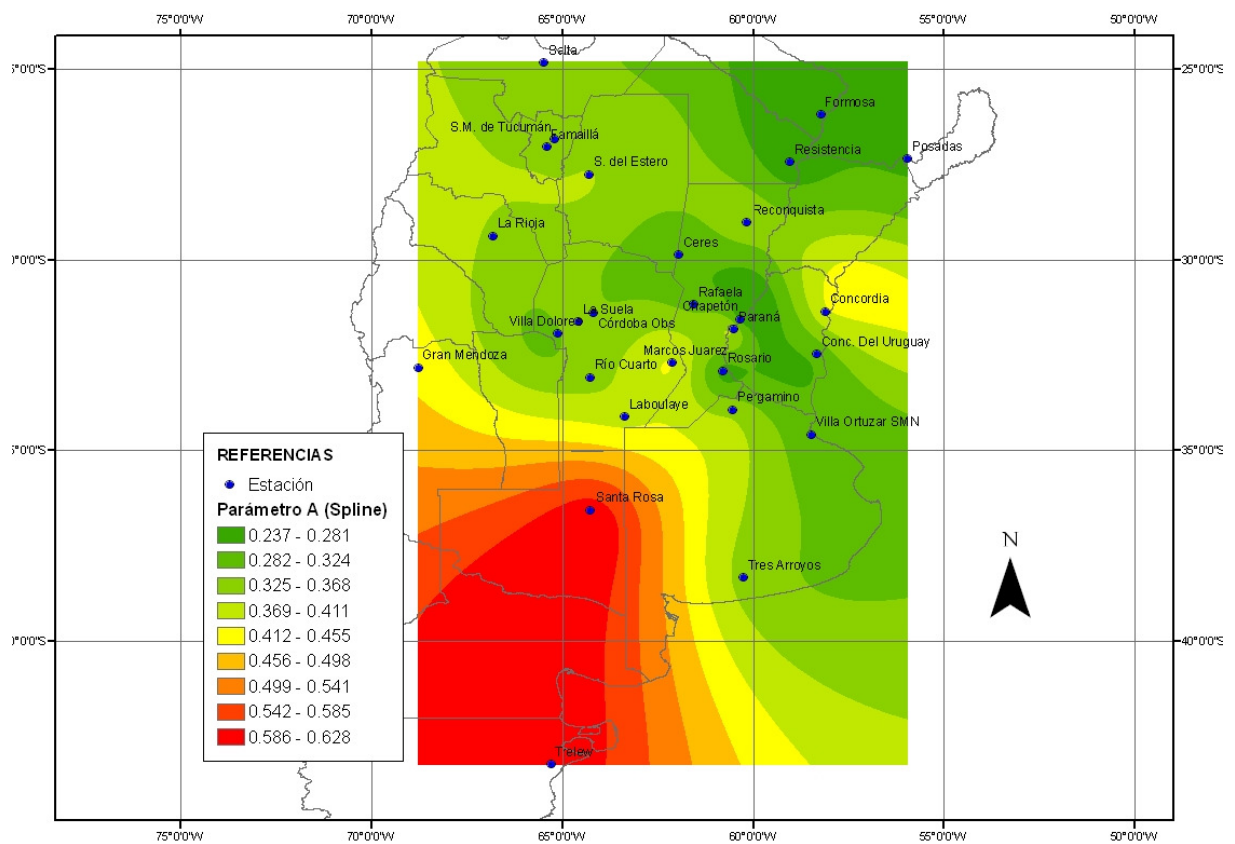


Figura 3.- Regionalización del parámetro C del DIT 3p

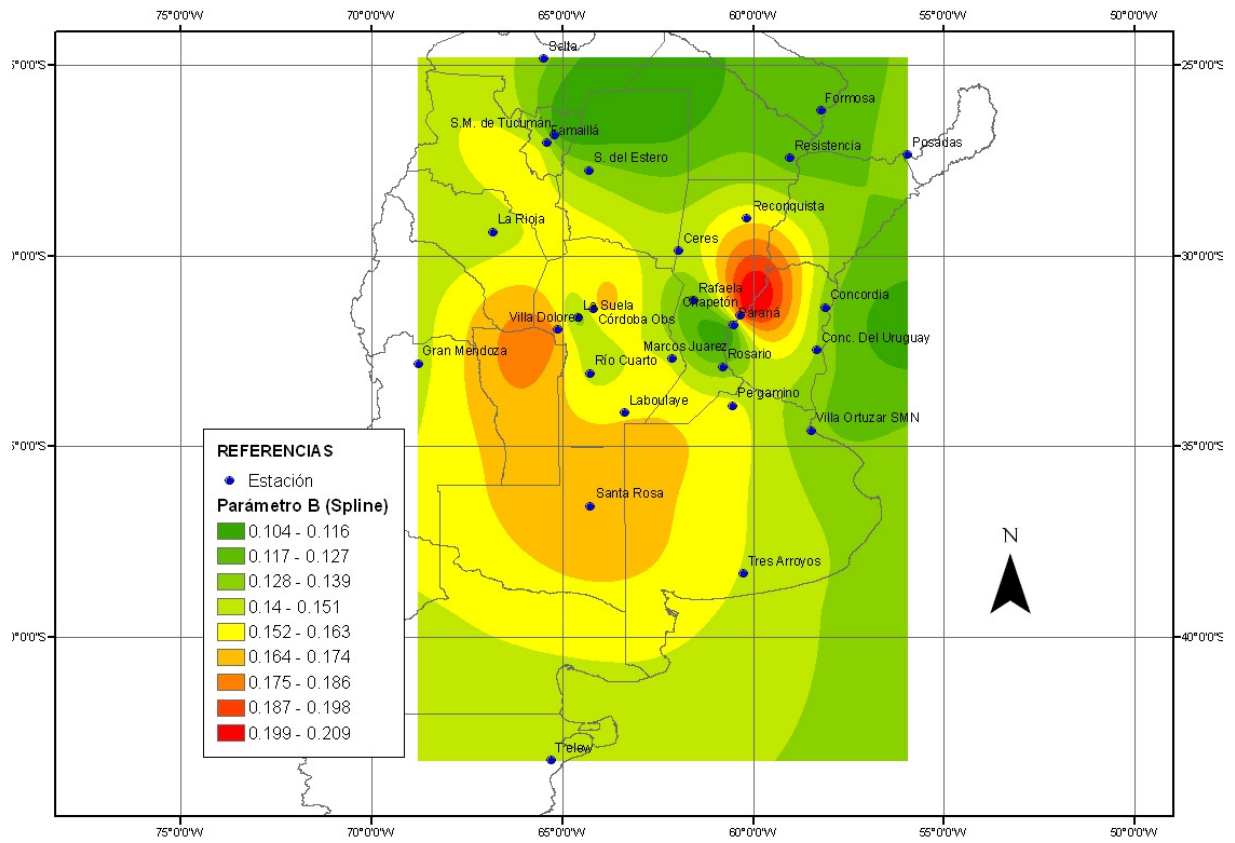


Figura 4.- Regionalización del parámetro B del DIT 3p

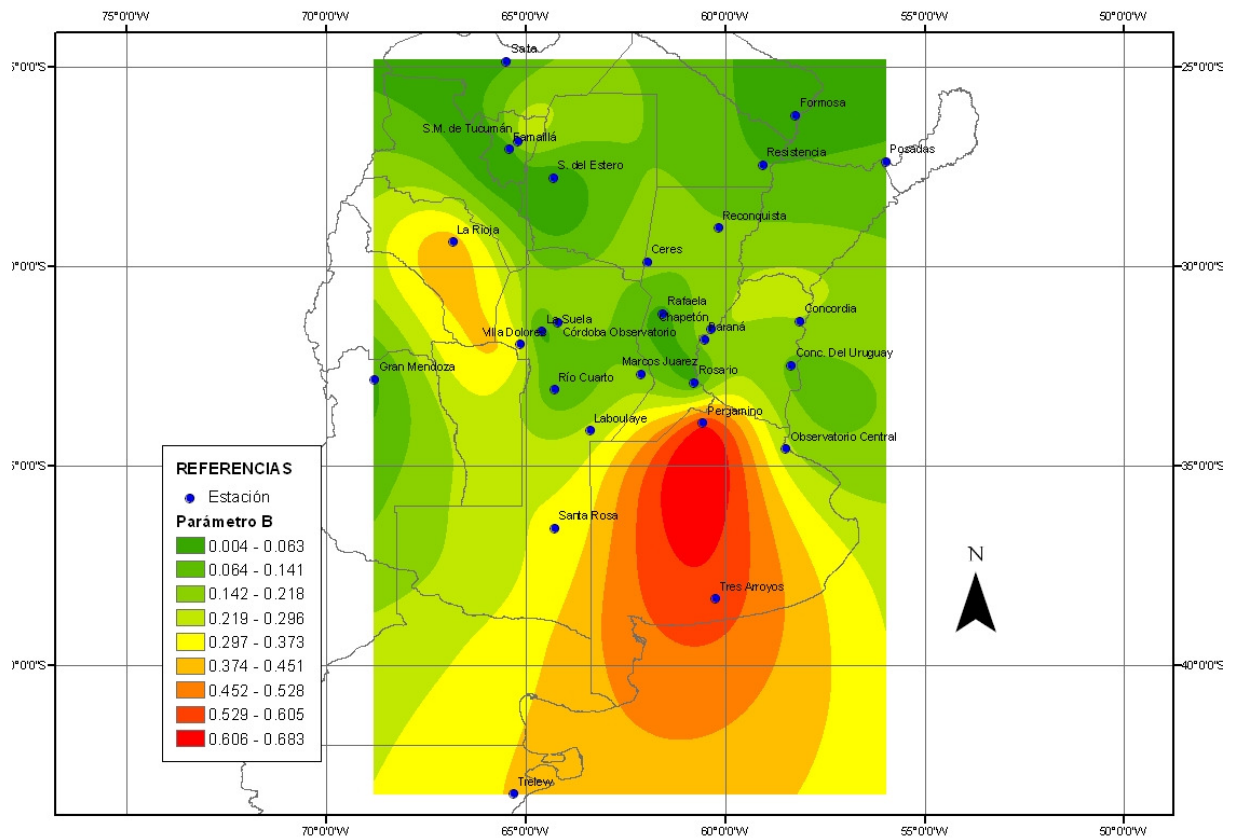


Figura 5.- Regionalización del parámetro B del DIT 4p

ANÁLISIS

La primera observación que surge de los resultados presentados es el excelente ajuste del modelo en su versión original, bajo las condiciones experimentales adoptadas. Según expone la Tabla 2, el coeficiente de determinación supera 0,9 en la totalidad de los casos. Es más, r^2 está por encima de 0,98.

Otro hecho asociado a la calibración del DIT 4p es la variabilidad de los parámetros obtenidos. El más estable es el término independiente **C**, que tiene coeficiente de variación $C_v = 0,080$, y en el extremo opuesto se encuentra el coeficiente **B**, con $C_v = 0,852$ (Tabla 4).

Cuando se pasa a la versión DIT 3p, es decir, al definir δ usando la ecuación (4) en vez de la (3), cabe esperar un decaimiento de la calidad de ajuste en todas partes, a causa de la pérdida de flexibilidad por emplear un parámetro menos. La Tabla 3 evidencia que eso sucede en la mayoría de los casos, comprendiendo todos los de los conjuntos **2** y **3**.

En las estaciones del conjunto **1**, el algoritmo calibrado en primera instancia fue precisamente el DIT. En consecuencia, las ternas de valores i-d-T, con las que se reguló el DIT 3p, provinieron del mismo modelo. Por eso, los valores usados en el segundo ajuste tuvieron menores desvíos que los datos medidos. Este efecto de filtrado, debido a la primera calibración, es el que eleva r^2 , creando una sensación de mejora engañosa.

Para la mayoría de las estaciones del conjunto **1**, el coeficiente de determinación ascendió y, donde el valor impuesto al parámetro **q** coincide con el óptimo dado por la regresión del DIT 4p (Córdoba Observatorio), el valor de r^2 es 1. Sin embargo, si el valor de **q** se aleja mucho de 5/3 (por exceso o por defecto), como en las dos primeras estaciones de la Tabla 3, el filtrado no alcanza a compensar ese desfase y r^2 desciende, igual que sucede en las estaciones del conjunto **2**.

En el análisis global, la bondad de ajuste efectivamente disminuye al emplear tres parámetros, ya que en estas circunstancias el coeficiente de determinación no llega a 0,98 en tres de los lugares considerados. No obstante ello, en todas las estaciones se cumple que r^2 es mayor que 0,9, que fue la condición exigida para considerar que DIT 3p representa de manera verosímil la correlación entre la recurrencia, la duración y la intensidad de las lluvias máximas anuales.

Esto ratifica una de las hipótesis planteada, ya que dicha correlación es alta, aun si el valor de **q** fijado no es el óptimo local, pues **B** compensa en parte la rigidez impuesta a **q**.

Con respecto a la otra hipótesis, si **B** crece cuando **q** se reduce, fijar **q** concentra los valores de **B**. De hecho, esto acontece, puesto que su coeficiente de variación pasa de 0,852 para DIT 4p a 0,114 para el DIT 3p (Tabla 4).

En cuanto a los otros parámetros, la variabilidad de **A** casi no se altera (el C_v pasa de 0,246 a 0,245), lo cual es razonable, ya que este factor da peso a la recurrencia y, siendo esta variable independiente de la duración, su participación en la ecuación (1) no se ve afectada por lo que ocurra en el segundo término, donde **B** y **q** han sido modificados.

La variación de **C** es aún menor que en DIT 4p ($C_v = 0,060$), ya que el término independiente absorbe el residuo de la mutación, que **B** no compensó plenamente.

Queda por ver si la concentración de valores de **B** suaviza su distribución espacial, tornándola más conveniente para interpolar. Esto se aprecia al comparar las figuras 4 y 5. Podría parecer que la irregularidad no es mucho menor en la Figura 4, pero se debe considerar que en ella el rango de valores representado es un orden de magnitud menor que en la última. Si se hubiera empleado en la Figura 4 la partición de la 5, todos los valores quedarían comprendidos en tan sólo dos intervalos, lo cual no es lo ideal para los fines prácticos.

Habida cuenta de ello, lo que en realidad muestra la Figura 4 es una fluctuación más leve, que permite identificar las variaciones con mucho mayor detalle. Esto, en definitiva, facilita la estimación en lugares sin mediciones, que es lo que se buscaba probar.

Se puede ver también que el promontorio más destacado de la Figura 5, cuyo ápice se encuentra en Pergamino, ha desaparecido en la Figura 4, lo cual contribuye a la mejora de la distribución espacial antes mencionada. Los datos de los que disponen los autores, no permiten explicar las variaciones residuales en la tendencia general del campo.

Una cuestión que se planteó sobre el final de este ensayo fue cuál hubiera sido el valor a fijar para q , si en vez de estimarlo con las siete primeras estaciones de la lista se hubieran empleado los datos disponibles de todas.

Esto condujo a una última prueba: calibrar el DIT 4p haciendo de cuenta que los datos de los veintiocho puestos provinieran de uno solo. Se obtuvo así el valor “óptimo” de q para la región completa. La valoración del parámetro fue 1,63 muy similar también a la obtenida para la Provincia de Córdoba (5/3) con buen ajuste: $r^2 = 0,93$.

Más allá de que tan ceñida semejanza pueda ser meramente casual, la coincidencia de resultados, a partir de datos provenientes de muy diversas fuentes y sujetos a tan dispares tratamientos, no puede menos que reforzar el aval que los ensayos anteriores dieron a la versión de 3 parámetros del modelo DIT.

CONCLUSIONES

El modelo DIT, en su versión original, ha logrado expresar el vínculo esencial entre las variables que importan para predecir láminas máximas de lluvia anual. El colofón de este ensayo es que, gracias a ello, se puede apelar a una versión reducida del algoritmo, con 3 parámetros, sin que su representatividad se vea invalidada.

La estimación del parámetro presuntamente redundante, $q = 5/3$, obtenida con datos de una parte del área de estudio (Córdoba), se ve respaldada al aplicarla a cuatro estaciones distantes entre sí. La regresión sobre todas las estaciones también convalida el valor propuesto.

Lógicamente, la bondad de ajuste decae por perder flexibilidad, pero, como sigue siendo muy buena, la mejora en la parsimonia del modelo justifica suprimir un parámetro. Tal simplificación atenúa la irregularidad del parámetro de conducta más compleja, B , lo cual mejora su distribución espacial a los fines de interpolar para lugares sin registros.

El condicionamiento de este epílogo se debe a la naturaleza de los valores con los que se realizaron las regresiones, ya que para la mayoría de las estaciones provinieron de otros modelos de función i-d-T, no de series de máximos anuales observados. Esto, que puede encubrir errores serios, da pie a la recomendación final, que es insistir en la búsqueda de series de máximos medidos, para ratificar o rectificar las deducciones primarias de este ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bertoni, J. C.; F. Ganancias; J. P. Brarda; O. Tibaldo; C. Rudolf y L. Verga** (2009). “Actualización de Curvas idF de la Ciudad de Rafaela (Pcia de Santa Fe, Argentina)”. *II Taller sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas*. UCC, UNC, UTN, INA. Córdoba, Argentina.
- Caamaño Nelli, G.; C. M. Dasso; A. Rico y L. Colladon** (2010). “Una aproximación de tres parámetros a la relación intensidad-duración-recurrencia de lluvias máximas”. *III Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua*. Fundación ProDTI (Sevilla, España) y Politécnico Jaime Isaza Cadavid (Medellín, Colombia). Córdoba, Argentina.
- Caamaño Nelli, G. y C. M. García** (1998). “Estimación de la Función i-d-T a Escala Regional mediante el Factor de Frecuencia Normal”. *II Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur*. CPCNA. Vol. 2, pp. 157-167. Santa Fe, Argentina.
- 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.
- Caamaño Nelli, G.; A. Rico; C. M. Dasso y C. M. García** (2011). “Relación intensidad-duración-recurrencia de lluvias máximas: una versión simplificada del modelo DIT”. *XXIII Congreso Nacional del Agua*. CPCNA. Resistencia, Argentina.
- Chow, V. T.** (1951). “A General Formula for Hydrologic Frequency Analysis”. *Transactions American Geophysical Union*. Vol. 32, N° 2, pp. 231-237. USA.
- Farias, H. D. y L. A. Olmos** (2007). “Validación de Relaciones IDF Generalizadas a Nivel Regional en el Norte Argentino”. *XXI Congreso Nacional del Agua*. CPCNA. Tucumán, Argentina.

- Farias, H. D.; L. A. Olmos y J. Ibáñez** (2009) “Análisis de Fórmulas Generalizadas para Lluvias Intensas con aplicaciones en Regiones de Sudamérica”. *II Taller sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas*. UCC, UNC, UTN, INA. Córdoba, Argentina.
- López, P. y J. Maza** (2009). “Tormenta de Proyecto para el Gran Mendoza”. *II Taller sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas*. UCC, UNC, UTN, INA. Córdoba, Argentina.
- Mauriño, M. F.** (2004). “Generalized Rainfall-Duration-Frecuency Relationships: Aplicability in Different Climatic Regions of Argentina”. *Journal of Hydraulic Engineering*. ASCE, 1084-0699 (2004) 9:4 (269). USA.
- Rico, A. F.** (2010). *Distribución Espacial de los Parámetros del Modelo de Predicción DIT*. Práctica Supervisada de Ingeniería Civil. Fac. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC. Córdoba, Argentina.
- Rico, A.; C. Dasso; G. Caamaño Nelli y M. García** (2010). “Regionalización de parámetros de un Modelo para Predicción de Lluvias Máximas”. *I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*. IHLLA. Azul, Argentina.
- Serra, J. y M. J. Chachero** (2009). “El Análisis estadístico de Precipitaciones y Tormenta de Diseño aplicados a la región del Valle Inferior del Río Chubut”. *II Taller sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas*. UCC, UNC, UTN, INA. Córdoba, Argentina.
- Verano, A. M.** (2008). *Plan Director de Drenaje Urbano de Avellaneda*. Informe 90 días Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires, Argentina.
- Weber, J. F.** (2009). “Determinación de la relación intensidad–duración–recurrencia para la ciudad de La Rioja”. *II Taller sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas*. UCC, UNC, UTN, INA. Córdoba, Argentina.
- Zamanillo, E.; G. Larenze; M. J. Tito; M. Pérez; M. E. Garat y P.. Gómez** (2008). “Regionalización de Precipitaciones Máximas para la Prov. de Entre Ríos”. *Memorias II Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua*. ISBN 978 987 1253 44 9. Córdoba, Argentina.