SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

XXI CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

ESTIMACIÓN DE CRECIDAS PLUVIALES EN CUENCAS NO CONTROLADAS APLICACIÓN A LAS REGIONES X (LOS LAGOS) Y XI (AYSÉN)

RICARDO GONZÁLEZ V.[1]
HUMBERTO GUTIÉRREZ M.[2]
HARRY KING F.[3]
RODRIGO ZAMORANO M.[4]

RESUMEN

El objetivo del trabajo es encontrar relaciones aplicables a las regiones X (Los Lagos) y XI (Aysén), para estimar crecidas pluviales en cuencas sin control fluviométrico, a partir de información que normalmente es posible obtener en los lugares requeridos.

Para lograr lo señalado, se ha utilizado una metodología análoga a la empleada en el trabajo "Estimación de crecidas en cuencas no controladas" (Verni y King, 1977), que se basó en el Análisis Dimensional de los parámetros que más inciden en el valor del caudal peak. El análisis se ha efectuado a partir de estadísticas de precipitaciones máximas diarias anuales y caudales máximos instantáneos del período pluvial, para períodos de retorno de 10, 100 y 1.000 años, además de las áreas de las cuencas pluviales aportantes.

Los resultados obtenidos permiten recomendar una relación, independiente del período de retorno, para estimar crecidas hasta períodos de retorno de 100 años en la zona estudiada. Para el caso específico de 1.000 años se recomienda utilizar una relación particular que difiere levemente de la relación general.

1 Jefe Grupo Estudios Hidrológicos, ENDESA – rjgv@endesa.cl
2 Ingeniero Analista, ENDESA – hegm@endesa.cl
3 Consultor Sénior Especialidad Hidráulica, ENDESA – hkf@endesa.cl
4 Ingeniero Civil, Estudiante Ingeniería Civil, Universidad de Chile, rzamorano13@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo es desarrollar una metodología para estimar caudales máximos en crecidas de origen pluvial, en cuencas sin control fluviométrico. La zona de aplicación corresponde a las regiones X (Los Lagos) y XI (Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo).

Para lo anterior, se han recopilado datos de precipitaciones máximas diarias anuales y caudales máximos instantáneos de eventos registrados en el "período de crecidas de origen pluvial sin componentes de deshielo" (abril-septiembre aproximadamente), en las cuencas de los ríos Chamiza, Futaleufú, Cisnes, Aysén y Baker, los cuales han sido sometidos a un proceso de revisión y relleno de la información faltante .Dichos antecedentes fueron utilizados para ajustar relaciones empíricas, análogas a las obtenidas por Verni-King (1977), que permitan estimar crecidas pluviales en cuencas sin control fluviométrico.

2. INFORMACIÓN UTILIZADA

2.1. Antecedentes de estaciones pluviométricas

Con el fin de caracterizar las precipitaciones máximas diarias en la zona de interés, se recopilaron estadísticas de las estaciones pluviométricas controladas por la Dirección General de Aguas (DGA) y por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). Las principales características de las estaciones consideradas en el análisis se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de estaciones pluviométricas utilizadas

Estación	Instit.	Altitud (msnm)	Lat (°)	Long. (°)	Ini. (*)	Fin. (*)
Coihayque Tnte. Vidal	DMC	310	45° 35'	72° 7'	1980	2011
Balmaceda	DMC	520	45° 56'	71° 41'	1980	2012
Chile Chico	DMC	329	46° 30'	71° 42'	1980	2011
Puerto Puyuhuapi	DMC	219	44° 19'	72° 28'	1980	2012
Cochrane	DGA	200	47° 15'	72° 35'	1980	2012
Puerto Aysén	DMC	10	45° 24'	72° 42'	1980	2011
Futaleufú	DMC	350	43° 12'	71° 58'	1980	2011
Villa Mañihuales	DGA	150	45° 10'	72° 8'	1986	2012
Valle río Frío	DGA	215	43° 28'	72° 21'	2000	2012
Palena	DGA	275	43° 37'	71° 47'	2000	2010
Bordalit	DGA	90	44° 02'	72° 19´	1980	2012
Alto Palena	DMC	281	43° 39'	71° 54'	1980	2008
Bahia Murta	DGA	240	46° 27'	72° 40'	1993	2012
Cisnes Medio	DGA	180	44° 40'	72° 16'	1996	2012
Chaitén	DGA	10	42° 55'	72° 43'	1997	2008
Puerto Cisnes	DGA	10	44° 43'	72° 40'	1980	2012
Puerto Ibáñez	DGA	215	46° 17'	71° 56'	1985	2009
Río Cisnes	DGA	740	44° 29'	71° 18'	1981	2012
La Junta	DGA	45	43° 58'	72° 24'	1981	2011
La Tapera	DGA	550	44° 39'	71° 40'	1996	2003
Lago Espolón	DGA	350	43° 13'	71° 56'	2000	2012
Lago Verde	DGA	350	44° 14'	71° 51'	1993	2012
Ñireguao	DGA	535	45° 16'	71° 43'	1993	2012
Pto. Chacabuco	DGA	20	45° 28'	72° 49'	1985	2012
Pto. Aysén	DGA	200	47° 15'	72° 35'	1993	2009

(*) Período estadístico considerado

2.2. Antecedentes de estaciones fluviométricas

Para caracterizar las crecidas en la zona de interés se recopiló la información de caudales máximos instantáneos disponibles en los registros de la DGA y la ENDESA. Las principales características de las estaciones consideradas en el análisis se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de estaciones fluviométricas utilizadas

Estación	Institución	Latitud (°)	Long. (°)	Altitud (msnm)	A (Km²)	Ini. (*)	Fin. (*)
Blanco antes junta Chamiza	ENDESA	41° 26'	72°36'	242	38	1961	1990
Espolón en desagüe Lago Espolón	ENDESA/DGA	43° 12'	71° 56'	380	486	1984	2010
Cisnes en estancia Río cisnes	DGA	44° 35'	71° 32'	480	1160	1984	2010
Cisnes antes junta río Moro	DGA	44° 40'	71° 48'	500	2460	1988	2011
Ñireguao en Villa Mañihuales	DGA	45° 09'	72° 06'	188	1900	1984	2010
Simpson bajo junta Coyhaique	ENDESA/DGA	45° 33'	72° 04'	210	2930	1985	2012
Blanco bajo junta Riesco	ENDESA/DGA	45° 28'	72° 37'	15	3030	1964	2011
Ibáñez en desembocadura	ENDESA/DGA	46° 16'	71° 59'	220	2400	1964	2011
Murta en desembocadura	ENDESA/DGA	46° 26'	72° 42'	219	853	1981	2011

(*) Período estadístico considerado

3. METODOLOGÍA

La metodología seguida para encontrar relaciones que permitan estimar los caudales de crecidas pluviales en la zona en estudio es la misma que se utilizó en el trabajo "Estimación de crecidas en cuencas no controladas" (Verni y King, 1977). Según los análisis y conclusiones de dicho trabajo, el procedimiento más adecuado para estimar crecidas en cuencas sin control fluviométrico es aquel que se basa en el Análisis Dimensional (Teorema de Buckingham (o Teorema π).

Para lo anterior, se supuso que las variables que fundamentalmente determinan el valor del caudal máximo generado en una crecida de origen pluvial son: la precipitación que genera la crecida (P), el tiempo de duración de la precipitación (t), la superficie de la cuenca pluvial aportante (S) y la longitud característica del curso del escurrimiento (L).

Aplicando el Teorema π se obtuvo la relación:

$$\frac{Q.t}{S^{3/2}} = f\left(\frac{P}{S^{1/2}}, \frac{L}{S^{1/2}}\right) \qquad (1)$$

Donde:

Q: caudal peak de la crecida (m³/s)
t : tiempo de duración de la precipitación (días)
S: área de la cuenca pluvial aportante (km²)
P: precipitación máxima diaria (mm)
L : largo del cauce principal (km)

Respecto a la variable relacionada con el largo del cauce: (L / (S^(1/2)), cabe señalar que en el trabajo de Verni y King se concluyó que la dispersión de la misma es despreciable en relación a los otros términos en análisis, por lo tanto, no se consideró. Además, como valor de P se utilizó la precipitación máxima diaria, es decir, t vale 1 (días).

En cuanto a las precipitaciones máximas diarias y caudales máximos instantáneos, se obtuvieron a partir de la información de las estaciones indicadas en las Tablas 1 y 2 respectivamente. Las estadísticas obtenidas fueron revisadas, completadas y se efectuaron análisis de frecuencia utilizando la distribución de Gumbel. De este análisis se determinaron los respectivos valores de P y Q para períodos de retorno de 10, 100 y 1.000 años.

4. APLICACIÓN DEL MÉTODO

4.1 Precipitaciones máximas diarias y Caudales máximos instantáneos

A partir de las series de precipitaciones diarias máximas de cada una de las estaciones seleccionadas, se obtuvieron los valores asociados a los distintos períodos de retorno, mediante la aplicación del método de Gumbel. Se hace presente que las precipitaciones máximas utilizadas corresponden a las máximas anuales y no se han restringido al período pluvial (abril-septiembre). Respecto a lo anterior, se debe tener en cuenta que las precipitaciones máximas anuales, en general, coinciden con las del período pluvial.

En relación a la elección de la citada distribución probabilística, cabe señalar que como parte del presente trabajo se probaron también las distribuciones Normal, Log. Normal, Pearson y Log – Pearson y se ejecutó el test de bondad chi-cuadrado para cada estación analizada. Los resultados obtenidos ,en general, indican a la distribución Gumbel como de mejor ajuste. No obstante lo anterior, las distribuciones Pearson y Log-Pearson se ajustan bien a los datos de algunas estaciones. Finalmente, basándose en lo recién señalado, adoptando un criterio de homogeneidad y actuando en forma conservadora, se adoptó el uso de la distribución Gumbel, el cual se estima adecuado para fines de caracterizar probabilísticamente eventos extremos.

Los resultados obtenidos para períodos de retorno de T = 10, 100 y 1000 años se presentan en forma resumida en la Tabla 3.

Tabla 3. Precipitaciones máximas diarias (mm)

Estación	T = 10 años	T = 100 años	T = 1000 años
Coyhaique Tnte. Vidal	77	112	146
Balmaceda	61	90	118
Chile Chico	45	67	89
Puerto Puyuhuapi	114	153	192
Puerto Aysén	95	127	159
Futaleufú	137	190	242
Villa Mañihuales	107	152	197
Bordalit	98	142	185
Alto Palena	111	152	191
Bahía Murta	62	82	101
Cisnes Medio	92	130	168
Puerto Cisnes	112	166	220

Estación	T = 10 años	T = 100 años	T = 1000 años
Puerto Ibáñez	65	99	132
Río Cisnes	43	67	90
La Junta	95	142	188
Lago Espolón	102	141	180
Lago Verde	93	135	176
Ñireguao	56	87	118
Pto. Chacabuco	88	117	145

Sobre la base de la información de precipitaciones máximas que se presentan en la Tabla 3, las isolíneas de precipitaciones máximas en 24 horas para período de retorno de 10 años (DGA, 1991) y la información disponible en el estudio "Pluviometría de la zona austral, Estimación de los recursos hídricos de una cuenca" (ENDESA, 1988), fue posible asociar a cada punto analizado una precipitación máxima diaria para cada período de retorno. Dicha información se presenta en forma resumida en la Tabla 4.

Tabla 4. Precipitaciones máximas diarias asociadas a cuencas analizadas

	Precipitaciones máximas diarias (mm)		
Estación	T = 10 años	T = 100 años	T = 1000 años
Blanco antes junta Chamiza	113	153	198
Espolón en desagüe Lago Espolón	160	225	285
Cisnes en estancia Río cisnes	45	70	90
Cisnes antes junta río Moro	60	93	126
Ñireguao en Villa Mañihuales	65	92	170
Simpson bajo junta Coyhaique	70	102	133
Blanco bajo junta Riesco	140	190	240
Ibáñez en desembocadura	90	119	147
Murta en desembocadura	112	148	182

Por otra parte, los caudales máximos instantáneos también fueron sometidos a un análisis de frecuencia considerando la distribución de Gumbel, en forma análoga y por homogeneidad con el caso de las precipitaciones máximas. Los resultados obtenidos se presentan en forma resumida en la Tabla 5. Adicionalmente, en dicha Tabla se incluyen las producciones específicas por área pluvial (Q/S) para cada una de las estaciones fluviométricas analizadas.

Tabla 5. Caudales máximos instantáneos (m³/s) y producciones especificas ($m^3/s/km^2$)

	Caudales máximos instantáneos para distintos T (m³/s)			Producciones especificas para distintos T (m³/s/km²)		
Estación	10 años	100 años	1000 años	10 años	100 años	1000 años
Blanco antes junta Chamiza	90	130	170	2,57	3,71	4,86
Espolón en desagüe Lago Espolón	770	1200	1610	2,66	4,14	5,55
Cisnes en estancia Río cisnes	170	260	340	0,21	0,33	0,43
Cisnes antes junta río Moro	630	1020	1400	0,32	0,52	0,72
Ñireguao en Villa Mañihuales	500	950	1450	0,35	0,66	1,01
Simpson bajo junta Coyhaique	530	865	1195	0,23	0,38	0,52
Blanco bajo junta Riesco	1700	2430	3140	0,76	1,08	1,40
Ibáñez en desembocadura	1050	1540	2020	0,93	1,37	1,80
Murta en desembocadura	635	840	1040	1,13	1,50	1,86

4.2. Determinación de áreas pluviales aportantes

Para la determinación de las áreas pluviales de cada una de las cuencas aportantes a las estaciones fluviométricas consideradas en el estudio (Tabla 2), se trazaron las áreas totales, esto es, la suma de la porción pluvial y nival, y posteriormente, se trazaron las áreas pluviales respectivas.

La información base para el trazado de las cuencas totales fue la siguiente: topografía obtenida de los modelos de elevación digital (DEM), descargados de la página Web del Advanced Spaceborne Thermal Emissionand Reflection Radiometer (Aster); y ubicación de las estaciones fluviométricas de acuerdo a la información pública de la DGA.

Una vez trazada el área total, se estableció como criterio para la determinación del área pluvial que toda aquella área sobre la cota 1.100 msnm y 1.200 msnm, X región y XI región respectivamente, es considerada como área nival o glacial. Lo anterior se sustenta en los antecedentes de la DGA ("Análisis de las rutas de Nieve del País", 1991, y "Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica", 1995) y la experiencia de ENDESA en la zona.

4.3 Aplicación del Análisis Dimensional

Según lo expuesto en el Capítulo 3 (Metodología) y tomando como base los resultados obtenidos para caracterizar las precipitaciones máximas diarias (Tabla 4), caudales máximos instantáneos (Tabla 5) y las áreas pluviales aportantes a cada estación fluviométrica, se determinaron los valores de los términos obtenidos al aplicar el Análisis Dimensional para períodos de retorno de 10, 100 y 1.000 años, los cuales se presentan en la Tabla 6. Cabe señalar que en esta última Tabla también se ha incluido el área pluvial (S) asociada a cada punto analizado.

Tabla 6. Variables del Análisis Dimensional. T = 10, 100 y 1000 años

		T = 10 años		T = 100 años		T = 1000 años	
Estación	S [km²]	Q* t / $S^{(3/2)}$	P / $S^{(1/2)}$	Q* t / $S^{(3/2)}$	P / $S^{(1/2)}$	Q* t / $S^{(3/2)}$	P / $S^{(1/2)}$
Blanco antes junta Chamiza	35	0,435	19,02	0,628	25,86	0,821	33,47
Espolón en Desagüe Lago Espolón	290	0,156	9,40	0,243	13,21	0,326	16,74
Cisnes en estancia Río cisnes	800	0,008	1,59	0,011	2,47	0,015	3,18
Cisnes antes junta río Moro	1944	0,007	1,36	0,012	2,12	0,016	2,85
Ñireguao en Villa Mañihuales	1440	0,009	1,71	0,017	2,43	0,027	4,48
Simpson bajo junta Coyhaique	2300	0,005	1,46	0,008	2,12	0,011	2,77
Blanco bajo junta Riesco	2240	0,016	2,96	0,023	4,01	0,030	5,07
Ibáñez en desembocadura	1400	0,020	2,41	0,029	3,18	0,039	3,92
Murta en desembocadura	560	0,048	4,72	0,063	6,24	0,078	7,68

Por otra parte, en las Figuras 1, 2 y 3 se presentan los gráficos en papel log-log obtenidos para cada período de retorno considerado, indicándose las respectivas ecuaciones de regresión obtenidas con el método de mínimos cuadrados.

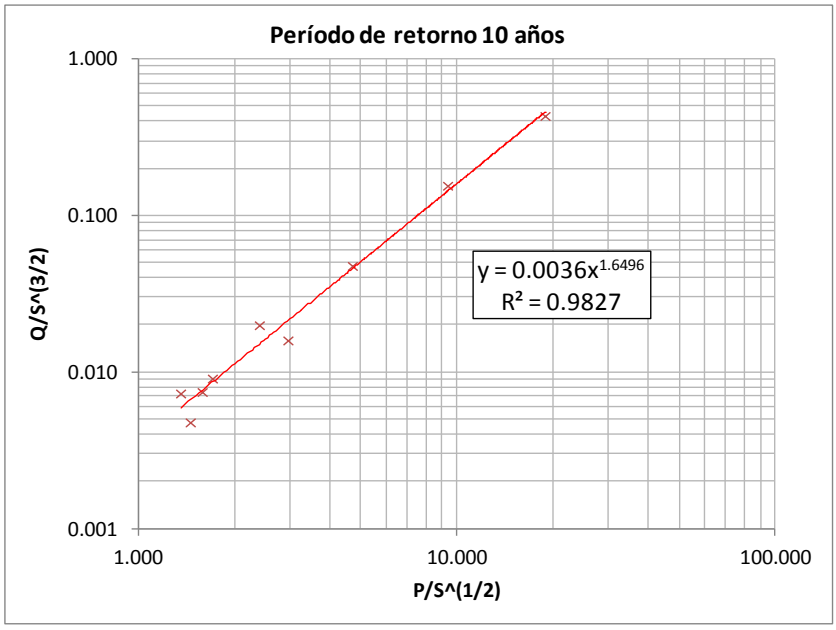

Figura 1. Relación Q / $S^{3/2}$ vs P / $S^{1/2}$. Período de retorno 10 años

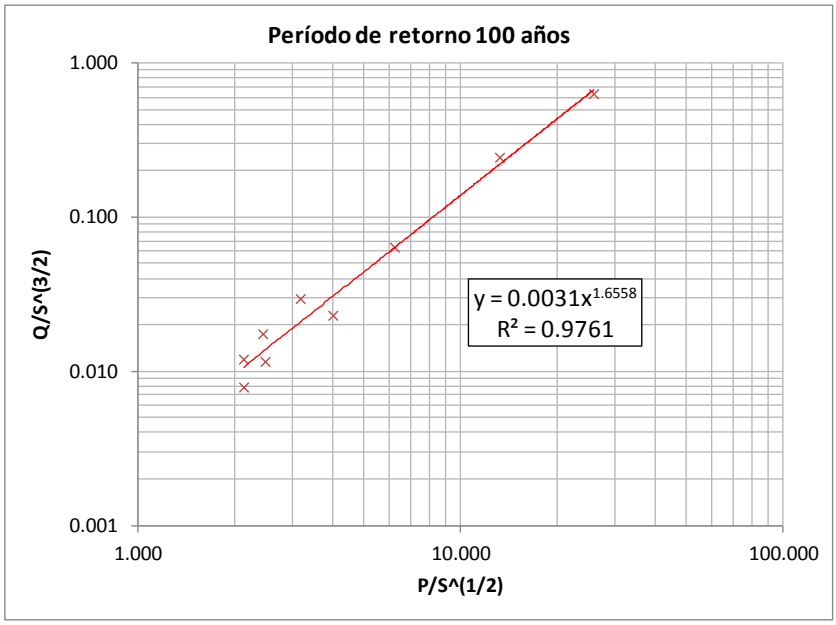

Figura 2. Relación Q / $S^{3/2}$ vs P / $S^{1/2}$. Período de retorno 100 años

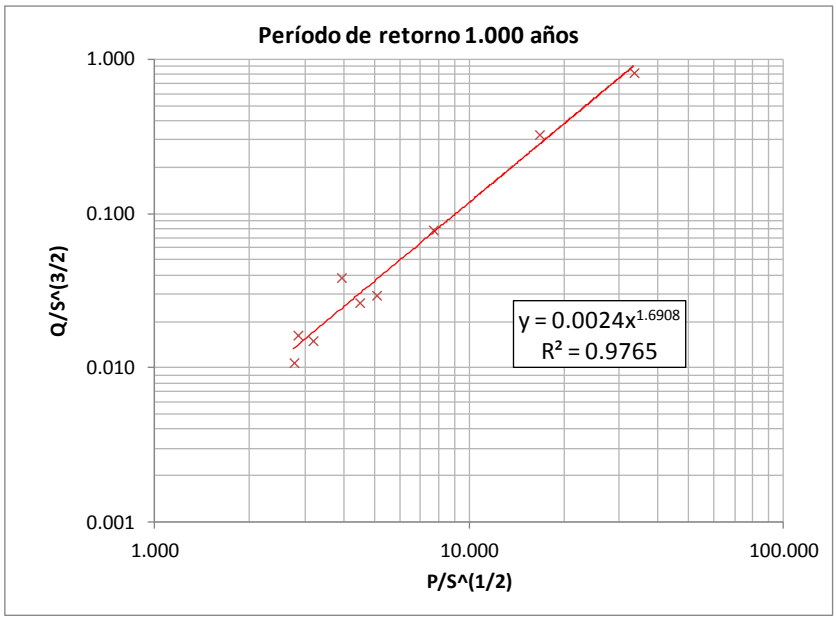

Figura 3. Relación Q / $S^{3/2}$ vs P / $S^{1/2}$. Período de retorno 1000 años.

Sobre la base de los resultados que se presentan en las Figuras 1 a 3, es posible despejar la variable Q según se presenta a continuación para cada período de retorno.

Período de retorno 10 años (Figura 1)

$$Q = 0.0036 \cdot P^{1,650} \cdot S^{0,675} \tag{2}$$

Período de retorno 100 años (Figura 2)

$$Q = 0.0031 \cdot P^{1,656} \cdot S^{0,672} \tag{3}$$

Período de retorno 1.000 años (Figura 3)

$$Q = 0.0024 \cdot P^{1,691} \cdot S^{0,655} \qquad (4)$$

De los resultados obtenidos para los tres períodos de retorno analizados, se puede colegir que las relaciones obtenidas son similares, debido a lo cual se efectuó el análisis considerando todos los datos en conjunto para el planteamiento de una relación general. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 4.

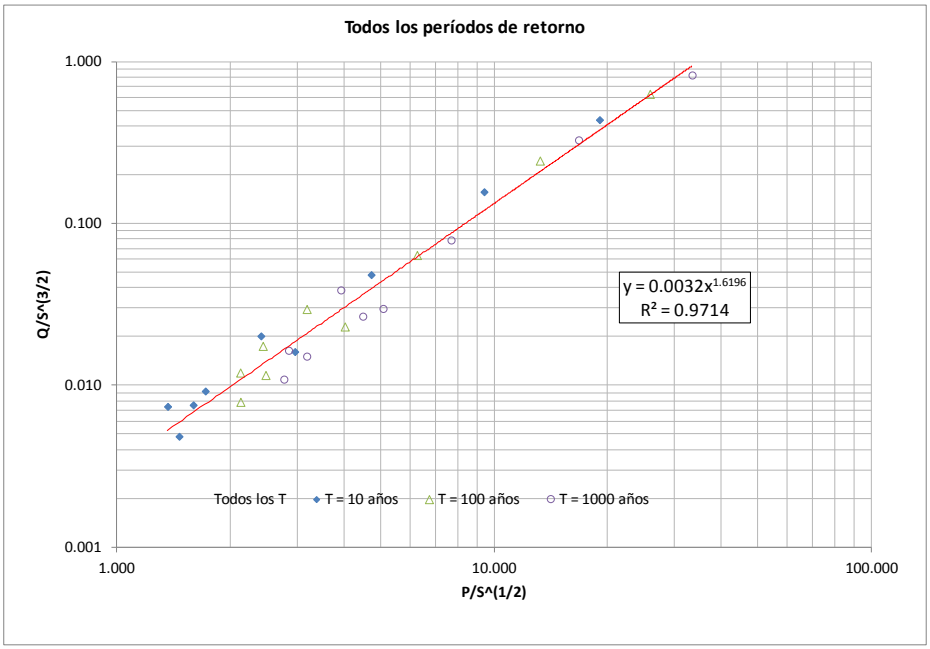

Figura 4. Relación Q / $S^{3/2}$ vs P / $S^{1/2}$. Para cualquier período de retorno.

Con el fin de comparar el desempeño de las relaciones ajustadas para cada período de retorno y la relación general (todos los períodos de retorno), se han comparado los caudales estimados sobre la base de los análisis de frecuencia de los registros observados, con los estimados a partir de la relación ajustada para cada período de retorno y con la relación general. Este análisis se ha efectuado considerando los errores porcentuales absolutos obtenidos para caso.

En las Tablas 7, 8 y 9 se presentan los resultados obtenidos para periodos de retorno de 10, 100 y 1.000 años respectivamente.

Tabla 7. Comparación entre caudales provenientes de los análisis de frecuencia y estimados. Relaciones de período de retorno 10 años y todos los períodos de retorno

Estación	Qaf	T = 10 años			Relación general		
		Qest	Qest-Qaf	(Qest-Qaf) /Qaf	Qest	Qest-Qaf	(Qest-Qaf) /Qaf
	m3/s	m3/s	m3/s	%	m3/s	m3/s	%
Blanco antes junta Chamiza	90	96	6	7	78	-12	13
Espolón en Desagüe Lago Espolón	770	716	-54	7	595	-175	23
Cisnes en estancia Río cisnes	170	175	5	3	154	-16	10
Cisnes antes junta río Moro	630	513	-117	19	452	-178	28
Ñireguao en Villa Mañihuales	500	478	-22	4	418	-82	16
Simpson bajo junta Coyhaique	530	741	211	40	651	121	23
Blanco bajo junta Riesco	1700	2284	584	34	1965	265	16
Ibáñez en desembocadura	1050	802	-248	24	695	-355	34
Murta en desembocadura	635	616	-19	3	523	-112	18
			Promedio	16%			20%

Qaf: caudales obtenidos de los análisis de frecuencia de las estadísticas utilizadas, Qest: caudal estimado

Tabla 8: Comparación entre caudales provenientes de los análisis de frecuencia y estimados. Relaciones de período de retorno 100 años y todos los períodos de retorno

Estacion	Qaf	T = 100 años			Relación general		
		Qest	Qest-Qaf	(Qest-Qaf) /Qaf	Qest	Qest-Qaf	(Qest-Qaf) /Qaf
	m3/s	m3/s	m3/s	%	m3/s	m3/s	%
Blanco antes junta Chamiza	130	140	10	8	129	-1	1
Espolón en Desagüe Lago Espolón	1200	1099	-101	8	1033	-167	14
Cisnes en estancia Río cisnes	260	315	55	21	314	54	21
Cisnes antes junta río Moro	1020	922	-98	10	927	-93	9
Ñireguao en Villa Mañihuales	950	739	-211	22	738	-212	22
Simpson bajo junta Coyhaique	865	1189	324	38	1195	330	38
Blanco bajo junta Riesco	2430	3283	853	35	3222	792	33
Ibáñez en desembocadura	1540	1103	-437	28	1092	-448	29
Murta en desembocadura	840	851	11	1	822	-18	2
			Promedio	19%			18,8%

Qaf: caudales obtenidos de los análisis de frecuencia de las estadísticas utilizadas, Qest: caudal estimado

Tabla 9: Comparación entre caudales provenientes de los análisis de frecuencia y estimados. Relaciones de período de retorno 1000 años y todos los períodos de retorno

Estación	Qaf	T = 1000 años			Relación general		
		Qest	Qest-Qaf	(Qest-Qaf) /Qaf	Qest	Qest-Qaf	(Qest-Qaf) /Qaf
	m3/s	m3/s	m3/s	%	m3/s	m3/s	%
Blanco antes junta Chamiza	170	188	18	11	195	25	15
Espolón en Desagüe Lago Espolón	1610	1389	-221	14	1516	-94	6
Cisnes en estancia Río cisnes	340	384	44	13	472	132	39
Cisnes antes junta río Moro	1400	1207	-193	14	1494	94	7
Ñireguao en Villa Mañihuales	1450	1656	206	14	1984	534	37
Simpson bajo junta Coyhaique	1195	1480	285	24	1836	641	54
Blanco bajo junta Riesco	3140	3960	820	26	4704	1564	50
Ibáñez en desembocadura	2020	1265	-755	37	1531	-489	24
Murta en desembocadura	1040	999	-41	4	1152	112	11%
			Promedio	17%			27%

Qaf: caudales obtenidos de los análisis de frecuencia de las estadísticas utilizadas, Qest: caudal estimado

De la comparación de los resultados obtenidos, se puede observar que para períodos de retorno de 10 y 100 años, los errores promedio, al usar las ecuaciones de regresión específica para cada período de retorno y la relación general, son similares e inferiores al 20%.

Por otra parte, para el período de retorno de 1.000 años, el error promedio obtenido (27%) al usar la relación general es superior al que se tiene al aplicar la relación especifica correspondiente a dicho período de retorno (17%). Según lo anterior, para estimar crecidas de período de retorno de 1000 años es preferible utilizar la relación especifica correspondiente**.**

5. RELACIONES PROPUESTAS

En función de los resultados expuestos en el capítulo 4 se puede recomendar el uso de una relación generalizada para períodos de retorno hasta 100 años, la cual se presenta a continuación:

Relación general para períodos de retorno hasta 100 años (Figura 4)

$$Q = 0.0032 \cdot P^{1,620} \cdot S^{0,690} \qquad (5)$$

Por otro parte, para estimar crecidas asociadas a un período de retorno de 1.000 años, se propone utilizar la siguiente expresión:

Relación para período de retorno de 1.000 años (Figura 3)

$$Q = 0.0024 \cdot P^{1,691} \cdot S^{0,655} \qquad (6)$$

En general, los errores que se observan al utilizar las relaciones propuestas (ver Tablas 7,8 y 9) son aceptables (inferiores al 20% aprox.), lo cual se considera adecuado para la estimación de crecidas de origen pluvial en cuencas sin control fluviométrico.

6. CONCLUSIONES

El método propuesto corresponde a un procedimiento simple y rápido para estimar crecidas de origen pluvial en cuencas sin control fluviométrico ubicadas en las regiones X (Los Lagos) y XI (Aysén), que incorpora la precipitación y el área pluvial como variables de entrada, entregando errores inferiores al 20% en las estaciones analizadas.

Las relaciones propuestas tienen la particularidad de ser independientes del período de retorno hasta períodos de retorno de 100 años en la zona estudiada. Para el caso de 1.000 años, en función de los resultados obtenidos, se recomienda utilizar la relación especifica obtenida para dicho período de retorno.

Desde el punto de vista del área pluvial aportante, y basándose en el tamaño de las cuencas analizadas, las expresiones podrían ser utilizadas para un amplio rango de áreas pluviales, comprendido entre 30 km² y 3.000 km² aproximadamente.

Cabe señalar que los exponentes asociados a la precipitación (1,62 y 1,691) son mayores y los del área aportante (0,69 y 0,655) son menores si se comparan con los obtenidos en el trabajo de Verni y King (1,24 y 0,88 respectivamente). Lo anterior muestra que en la zona analizada, regiones X (Los Lagos) y XI (Aysén), la precipitación tiene mayor influencia relativa que en la zona estudiada en el trabajo de Verni y King.

REFERENCIAS

ASTER GDEM. http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/.

Benítez, A. 1988. Pluviometría de la zona austral. Estimación de los recursos hídricos de una cuenca. Departamento de Ingeniería Civil. ENDESA.

DGA. 1991. Isoyetas de precipitaciones máximas en 24 horas.

DGA. 1991. Análisis de las rutas de Nieve del País.

DGA. 1995. Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica.

DGA. 2012. Estadísticas de precipitaciones máximas en 24 horas y caudales máximos instantáneos en varias estaciones.

ENDESA. Estadísticas de caudales máximos diarios e instantáneos en varias estaciones.

Verni, F., King, H. 1977. Estimación de crecidas en cuencas no controladas. Tercer Coloquio Nacional. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.