

# RESPUESTA A LA DISCUSIÓN AL ARTÍCULO “UNA MODIFICACIÓN SIMPLE Y ÚTIL DEL MÉTODO DE LA AVENIDA ÍNDICE”

(DANIEL FRANCISCO CAMPOS-ARANDA)

VOL. I, NÚM. 3, JULIO-SEPTIEMBRE DE 2010

• Aldo I. Ramírez •

Universidad Autónoma de Querétaro, México  
aldo.ramirez@uaq.mx

• Fabiola del R. Arellano-Lara •

Universidad Nacional Autónoma de México  
fabi\_arelara@yahoo.com.mx

Ante la publicación del artículo *Una modificación simple y útil del método de la avenida índice*, el polemista refiere que existen evidencias publicadas en el sentido de que la teoría original del método presenta deficiencias y que, en particular, se han planteado algunas alternativas para aplicar la prueba sin la necesidad de un periodo común de datos, lo que flexibiliza su aplicación y evita la deducción de datos faltantes.

Al respecto, resulta preciso aceptar que existen numerosas modificaciones que se han planteado sobre el método original de la avenida índice o índice de avenidas. Entre ellas destacan las que proponen el uso de otras funciones de distribución además de la Gumbel, como por ejemplo las propuestas por Cunnane (1988), Potter y Lettenmaier (1990), Maidment (1993), Kjeldsen *et al.* (2001) y Heo *et al.* (2001). La determinación de la avenida índice ha sido también sujeta a diferentes métodos, como por ejemplo en Parida *et al.* (1998), en donde se utilizaron momentos-*L*. Incluso la presencia de dos poblaciones ha sido atendida dentro del método (Gutiérrez y Ramírez, 2005). Finalmente, algunos autores han propuesto nuevas formas para la determinación de la avenida índice de una cuenca, como Sveinsson *et al.* (2001). Stedinger y Lu (1995) hacen una excelente revisión con ejemplos de varias metodologías.

En una editorial, Stedinger y Griffis (2008) hacen una revisión de los métodos disponibles para realizar un análisis de frecuencias y

establecer comentarios acerca de la necesidad en el trabajo futuro. Con respecto al método de la avenida índice, reconocen aún que los métodos basados en técnicas de avenida índice son en general mejores, sobre todo para registros cortos, que los métodos de estimación de cuantiles presentados en el famoso Boletín 17B (WRC, 1977). Sin embargo, también establecen que sin duda la aplicación conjunto de métodos regionales con estimaciones en el sitio es la mejor ruta para la determinación de eventos de diseño.

A pesar de los cincuenta años de existencia del método original, y en virtud de que los nuevos enfoques no han sido suficientemente difundidos, la versión original del método sigue siendo de muy amplia aplicación en el mundo (Brath *et al.*, 2001).

Por estas razones se planteó una modificación sencilla al método original, que mejorara los estimados, tal y como se observó en los ejemplos incluidos en el artículo.

Ahora bien, en el artículo que cita el polemista, Fill y Stedinger (1995), en efecto establecen críticas al método original, basadas fundamentalmente en el trabajo de Lu (1991), quien sin embargo no propuso métodos alternativos para corregir completamente las deficiencias encontradas. En el artículo de Fill y Stedinger (1995) se presenta una modificación al método original que resulta en una prueba menos laxa, que depende ahora del coeficiente de variación  $Cv$ , además del número de datos de la muestra. Fill y Stedinger

(1995) también comparan la prueba modificada de Dalrymple con las pruebas MoM-Cv y X-10 (Lu y Stedinger, 1992).

Como bien menciona el polemista, los autores de la modificación de la prueba de Langbein presentan una nueva ecuación para el cálculo de la variancia del estimador utilizado en la prueba, lo que da lugar a nuevos límites en la región, que da pie a la homogeneidad regional.

### Aplicación de la prueba modificada de homogeneidad regional (Fill y Stedinger, 1995)

Con fines de comparación de la metodologías, se ha aplicado la prueba modificada de homogeneidad regional recomendada por el polemista al grupo de estaciones original (Ramírez y Arellano, 2010). Para este caso, y ya que la prueba modificada no requiere de un periodo común de datos, se ha tomado la información antes de la deducción de datos

faltantes. Para este ejercicio se utilizaron los gastos máximos anuales de 107 estaciones de la cuenca Lerma-Santiago que cuentan entre 18 y 20 años de registro.

La aplicación de la metodología generó los resultados mostrados en el cuadro 1. Se observa que la prueba modificada es demasiado estricta, puesto que ninguna de las estaciones forma una región homogénea. Si bien la versión modificada del test corresponde a una teoría mejor desarrollada que la versión original, en la práctica genera un intervalo de confianza demasiado estrecho, de tal forma que en general produce regiones homogéneas muy pequeñas o inexistentes. Las grandes diferencias en los coeficientes de variación individuales explica en buena medida la falta de homogeneidad. Esta aseveración sugiere que la aplicación de un filtrado previo de las estaciones, tal y como lo plantean Ramírez y Arellano (2010), pero con base en el coeficiente de variación puede ser muy benéfico para el método de Fill y Stedinger (1995).

Cuadro 1. Resultados de la aplicación de la versión corregida del Test de Langbein en la cuenca Lerma-Santiago (Región Hidrológico-Administrativa XII).

$$Cv^R = 0.7375$$

$$\text{sesgo } (Cv^R) = -0.0164$$

Núm.	Estación hidrométrica	$n_i$	$\bar{Q}^i$	$S_i$	$Cv^i$	$T_s$	$T_i$	$T(Q_{10}^i)$	$k$
1	12128	19	98.8865	121.3750	1.2274	11.7168	10.4327	5.3847	no
2	12288	19	1.5678	0.5268	0.3360	11.0061	10.4197	70.5956	no
3	12350	19	69.9994	119.1350	1.7019	14.0672	10.0339	4.2003	no
4	12405	19	132.2991	124.5174	0.9412	11.1490	10.4340	7.1212	no
5	12428	19	383.7303	277.0458	0.7220	10.9558	10.4147	10.3484	no
6	12484	19	221.9950	167.3843	0.7540	10.9733	10.4170	9.6601	no
7	12487	19	55.5961	45.4700	0.8179	11.0188	10.4224	8.5635	no
8	12488	19	43.0907	32.9293	0.7642	10.9796	10.4178	9.4628	no
9	12540	19	21.0174	13.6578	0.6498	10.9287	10.4109	12.4033	no
10	12543	19	10.0929	3.9796	0.3943	10.9673	10.4152	41.2320	no
11	12544	19	57.7823	68.4307	1.1843	11.6027	10.4384	5.5656	no
12	12576	19	0.4318	0.2915	0.6752	10.9363	10.4120	11.5849	no
13	12579	19	19.9343	9.3216	0.4676	10.9347	10.4112	25.4368	no
14	12581	19	14.0807	6.2522	0.4440	10.9432	10.4123	29.1892	no
15	12592	18	17.6264	7.6279	0.4328	11.0518	10.4508	31.3422	no
16	12601	19	2.5021	1.1332	0.4529	10.9398	10.4118	27.6712	no

Cuadro 1 (continuación). Resultados de la aplicación de la versión corregida del Test de Langbein en la cuenca Lerma-Santiago (Región Hidrológico-Administrativa XII).

$Cv^R = 0.7375$

sesgo ( $Cv^R$ ) =  $-0.0164$

Núm.	Estación hidrométrica	$n_i$	$\bar{Q}^i$	$S_i$	$Cv^i$	$T_s$	$T_i$	$T(Q_{10}^i)$	$k$
17	12615	19	20.7398	19.8606	0.9576	11.1709	10.4354	6.9745	no
18	12619	18	0.7020	0.5861	0.8348	11.1303	10.4468	8.3208	no
19	12667	19	18.3394	21.4196	1.1680	11.5625	10.4398	5.6395	no
20	12700	18	11.0672	13.4360	1.2140	11.8093	10.4136	5.4387	no
21	12014	19	33.9901	15.9666	0.4697	10.9340	10.4111	25.1409	no
22	12162	19	29.9455	31.4091	1.0489	11.3140	10.4413	6.2906	no
23	12278	19	9.2477	6.9276	0.7491	10.9704	10.4166	9.7582	no
24	12310	19	55.4932	16.4809	0.2970	11.0388	10.4230	114.0665	no
25	12376	19	102.8654	101.0201	0.9821	11.2056	10.4373	6.7709	no
26	12379	18	6.9904	3.8907	0.5566	11.0170	10.4451	16.8582	no
27	12383	19	0.7848	0.5444	0.6936	10.9431	10.4129	11.0601	no
28	12394	19	15.6142	1.7088	0.1094	11.2791	10.4375	140.5927	no
29	12408	19	0.3716	0.1493	0.4019	10.9631	10.4147	38.9026	no
30	12410	19	4.4310	0.6956	0.1570	11.2042	10.4347	46.2218	no
31	12415	19	2.9158	1.5719	0.5391	10.9197	10.4093	18.0762	no
32	12424	19	48.2268	26.7777	0.5552	10.9186	10.4092	16.9452	no
33	12427	19	0.1449	0.0721	0.4972	10.9265	10.4101	21.8178	no
34	12440	18	0.1545	0.1654	1.0706	11.4645	10.4422	6.1546	no
35	12466	19	43.6485	31.6332	0.7247	10.9572	10.4149	10.2850	no
36	12486	19	29.1074	8.2250	0.2826	11.0523	10.4243	140.8803	no
37	12506	19	92.6788	60.2248	0.6498	10.9287	10.4109	12.4036	no
38	12511	19	0.4661	0.1506	0.3230	11.0164	10.4208	81.7629	no
39	12611	18	2.1963	1.0905	0.4965	11.0273	10.4474	21.8887	no
40	12627	19	81.5816	20.2769	0.2485	11.0872	10.4273	255.7499	no
41	12209	19	70.4541	72.9318	1.0352	11.2901	10.4407	6.3811	no
42	12221	18	25.5637	15.0479	0.5886	11.0164	10.4443	14.9982	no
43	12224	19	11.2106	12.9520	1.1553	11.5325	10.4407	5.6988	no
44	12277	18	3.6392	0.9648	0.2651	11.1860	10.4626	187.6496	no
45	12283	19	2.8944	0.4176	0.1443	11.2232	10.4356	92.2996	no
46	12312	19	1.1534	0.3339	0.2895	11.0457	10.4237	126.9376	no
47	12341	19	8.2070	2.8366	0.3456	10.9989	10.4189	63.7820	no
48	12365	19	15.5846	9.1108	0.5846	10.9187	10.4093	15.2095	no
49	12374	19	15.7072	4.6576	0.2965	11.0392	10.4230	114.8124	no
50	12375	19	6.6853	5.6291	0.8420	11.0397	10.4247	8.2229	no
51	12377	19	9.5611	3.0530	0.3193	11.0194	10.4211	85.4367	no
52	12553	19	2.9782	1.2273	0.4121	10.9577	10.4141	36.0793	no
53	12554	19	2.5151	0.7376	0.2933	11.0422	10.4233	120.2050	no
54	12560	19	5.7737	0.5933	0.1028	11.2904	10.4378	292.2901	no
55	12561	19	108.2904	65.1232	0.6014	10.9200	10.4095	14.3692	no
56	12568	19	23.3702	16.0322	0.6860	10.9402	10.4125	11.2703	no
57	12588	19	54.9286	70.8553	1.2900	11.9040	10.4186	5.1540	no

Cuadro 1 (continuación). Resultados de la aplicación de la versión corregida del Test de Langbein en la cuenca Lerma-Santiago (Región Hidrológico-Administrativa XII).

$Cv^R = 0.7375$

sesgo ( $Cv^R$ ) =  $-0.0164$

Núm.	Estación hidrométrica	$n_i$	$\bar{Q}^i$	$S_i$	$Cv^i$	$T_s$	$T_i$	$T(Q_{10}^i)$	$k$
58	12605	19	110.8081	63.5400	0.5734	10.9184	10.4092	15.8271	no
59	12713	18	29.5936	10.2630	0.3468	11.1074	10.4568	63.0286	no
60	12932	19	1.3297	0.3021	0.2272	11.1115	10.4292	40.7819	no
61	12358	19	16.5733	22.7966	1.3755	12.2075	10.3858	4.8873	no
62	12370	19	113.4741	151.1504	1.3320	12.0460	10.4047	5.0166	no
63	12382	19	148.4932	282.6662	1.9036	16.0953	9.5517	3.9302	no
64	12400	19	159.4771	123.1321	0.7721	10.9848	10.4184	9.3161	no
65	12422	19	45.7687	90.9878	1.9880	17.2627	9.2726	3.8384	no
66	12425	18	49.0414	87.4194	1.7826	15.1664	9.6743	4.0824	no
67	12454	19	86.5184	129.4991	1.4968	12.7497	10.3037	4.5825	no
68	12476	19	2.1464	0.4460	0.2078	11.1350	10.4308	67.6680	no
69	12496	19	2562.0791	1764.9868	0.6889	10.9413	10.4127	11.1898	no
70	12514	19	421.3375	273.2871	0.6486	10.9284	10.4108	12.4456	no
71	12535	19	68.7801	56.5123	0.8216	11.0219	10.4228	8.5080	no
72	12548	18	59.3968	247.2221	4.1622	11.2056	10.4637	257.4776	no
73	12556	18	36.1148	13.9141	0.3853	11.0792	10.4540	44.3288	no
74	12585	19	29.6064	42.5511	1.4372	12.4654	10.3499	4.7229	no
75	12621	19	0.0344	0.0250	0.7272	10.9584	10.4150	10.2280	no
76	12622	19	0.0568	0.0682	1.2001	11.6432	10.4366	5.4969	no
77	12628	19	0.0392	0.0192	0.4889	10.9285	10.4104	22.7258	no
78	12656	18	0.9780	0.2489	0.2545	11.1982	10.4633	227.8102	no
79	12663	19	72.6613	53.2205	0.7324	10.9611	10.4154	10.1112	no
80	16021	19	16.7348	10.4198	0.6226	10.9229	10.4100	13.4312	no
81	12022	19	13.5157	1.0360	0.0766	11.3369	10.4386	174.9417	no
82	12023	19	4.0631	0.4626	0.1139	11.2717	10.4373	90.6896	no
83	12034	19	3.2033	0.5148	0.1607	11.1987	10.4345	38.5089	no
84	12233	19	260.0845	220.1550	0.8465	11.0438	10.4251	8.1636	no
85	12352	19	146.3285	144.5366	0.9878	11.2140	10.4377	6.7258	no
86	12371	19	57.1650	42.4410	0.7424	10.9666	10.4161	9.8963	no
87	12391	19	56.8060	62.0804	1.0928	11.3971	10.4423	6.0242	no
88	12418	19	11.4099	15.3344	1.3439	12.0887	10.4000	4.9799	no
89	12469	19	132.6728	69.2991	0.5223	10.9218	10.4095	19.4160	no
90	12493	19	12.4458	9.6519	0.7755	10.9870	10.4187	9.2543	no
91	12499	19	9.9817	9.9289	0.9947	11.2246	10.4382	6.6718	no
92	12521	19	886.1475	779.1015	0.8792	11.0762	10.4282	7.7600	no
93	12532	19	639.0749	691.2398	1.0816	11.3750	10.4422	6.0890	no
94	12558	19	22.3502	17.3422	0.7759	10.9873	10.4187	9.2469	no
95	12573	19	66.5127	167.7540	2.5221	34.6732	6.4114	3.4338	no
96	12589	19	36.6757	22.5580	0.6151	10.9217	10.4098	13.7506	no
97	12607	19	49.1666	37.4688	0.7621	10.9783	10.4176	9.5029	no
98	12648	19	0.2045	0.1860	0.9096	11.1100	10.4311	7.4281	no

Cuadro 1 (continuación). Resultados de la aplicación de la versión corregida del Test de Langbein en la cuenca Lerma-Santiago (Región Hidrológico-Administrativa XII).

		$Cv^R = 0.7375$			sesgo ( $Cv^R$ ) = -0.0164				
Núm.	Estación hidrométrica	$n_i$	$\bar{Q}^i$	$S_i$	$Cv^i$	$T_s$	$T_i$	$T(Q_{10}^i)$	$k$
99	12649	19	0.2200	0.1520	0.6909	10.9421	10.4128	11.1342	no
100	12757	19	855.8421	878.7368	1.0268	11.2759	10.4403	6.4385	no
101	12392	19	15.1188	11.0839	0.7331	10.9615	10.4155	10.0963	no
102	12402	19	4.4035	1.6220	0.3683	10.9831	10.4171	51.2788	no
103	12403	19	1.4648	0.3816	0.2605	11.0744	10.4262	203.5895	no
104	12404	19	2.3331	0.5864	0.2513	11.0842	10.4271	242.0682	no
105	12423	19	88.0326	53.0501	0.6026	10.9201	10.4095	14.3107	no
106	12534	19	17.0425	10.5534	0.6192	10.9223	10.4099	13.5728	no
107	12539	19	29.8952	18.9848	0.6350	10.9253	10.4103	12.9408	no

## Referencias

- BATH, A., CASTELLARIN, A., FRANCHINI, M. and GALEATI, G. Estimating the index flood using indirect methods. *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*. Vol. 46, no. 3, 2001, pp. 399-418.
- CUNNANE, C. Methods and merits of regional flood frequency analysis. *J. Hydrol.* Vol. 100, 1988, pp. 269-290.
- FILL, H.D. and STEDINGER, J.R. Homogeneity tests based upon Gumbel distribution and a critical appraisal of Dalrymple's test. *Journal of Hydrology*. Vol. 166, 1995, pp. 81-105.
- GUTIÉRREZ, A. y RAMÍREZ, A.I. Predicción hidrológica mediante el método de la avenida índice para dos poblaciones. *Ingeniería hidráulica en México*. Vol. XX, núm. 2, abril-junio de 2005, pp. 37-47.
- HEO, J., SALAS, J. and BOES, D. Regional flood frequency analysis based on a Weibull model. Part 2. *Simulations and applications*. Vol. 242, no. 3-4, 2001, pp. 171-182.
- KJELDSEN, T., SMITHERS, J. and SCHULZE, R. Regional flood frequency analysis of the KwaZulu-Natal Province, South Africa, using the index flood method. *Journal of Hydrology*. Vol. 255, no. 1-4, 2001, pp. 194-211.
- LU, L.H. *Statistical methods for regional flood frequency investigations*. Ph.D. Dissertation. New York: Cornell University, 1991, 236 pp.
- LU, L.H. and STEDINGER, J.R. Sampling variance of normalized GEV/PWM quantile estimators and a regional homogeneity test. *Journal of Hydrology*. Vol. 138, 1992, pp. 223-245.
- MAIDMENT, D. *Handbook of hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1993.
- PARIDA, B., KACHROO, R. and SHRESTHA, B. Regional flood frequency analysis of Mahi-Sabarmati basin (subzone 3-A) using the index flood procedure with L-Moments. *Water Resources Management*. Vol. 12, 1998, pp. 1-12.
- POTTER, K.W. and LETTENMAIER, D.P. A comparison of regional flood frequency estimation methods using a resampling method. *Water Resources Research*. Vol. 26, no. 3, 1990, pp. 415-424.
- RAMÍREZ, A.I. y ARELLANO, F. Una modificación simple y útil del método de la avenida índice. *Tecnología y Ciencias del Agua*, antes *Ingeniería hidráulica en México*. Vol. 1, núm. 1, enero-marzo de 2010, pp. 69-85.
- STEDINGER, J.R. and LU, L.H. Appraisal of Regional and Index Flood Quantile Estimators. *Stochastic Hydrology and Hydraulics*. Vol. 9, no. 1, 1995, pp. 49-75.
- STEDINGER, J.R. and GRIFFIS, V.W. Flood frequency analysis in the United States: Time to update. *Journal of Hydrologic Engineering*. ASCE. Vol. 13, no. 199, 2008, pp. 199-204.
- SVEINSSON, O., BOES, D. and SALAS, J. Population index flood method for regional frequency analysis. *Water Resources Research*. Vol. 37, no. 11, 2001, pp. 2733-2748.
- WRC. Guidelines for determining flood flow frequency: Bulletin 17B. *Hydrol. Comm.* Washington, D.C.: Water Resources Council, 1977.