

## **Estudio de la precipitación máxima diaria anual en la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa), con base en Distancias Euclidianas**

Recibido: 24 de abril de 2007. Aceptado en versión final: 11 de septiembre de 2007

Daniel Francisco Campos Aranda\*

**Resumen.** Se destaca la importancia de los registros pluviométricos como base de las estimaciones de crecientes de diseño, cuando la información hidrométrica y pluviográfica no está disponible. En seguida se citan los objetivos del estudio y se describe la información de lluvias máximas diarias anuales utilizada en 67 estaciones de la región Hidrológica No. 10, cuyas amplitudes de registro variaron de 23 a 38 años. A continuación se describe con detalle la fórmula de las Distancias Euclidianas, la cual se aplica con tres atributos para buscar las subregiones y con cinco para

obtener en cada estación su región de influencia integrada por diez pluviómetros. Se verifica la conveniencia de las tres subregiones definidas con base en una prueba estadística simple. Por último, se formulan las conclusiones del estudio, las cuales destacan la utilidad y consistencia del método de las Distancias Euclidianas.

**Palabras clave:** Distancias Euclidianas, subregiones, región de influencia, precipitación máxima diaria anual, predicciones regionales.

## **Study of the annual maximum daily precipitation in the Hydrologic Region No. 10 (Sinaloa), with base in Euclidean Distances**

**Abstract.** Firstly the importance of pluviometric records as the base flood estimation design is pointed out, this when pluviographic and hydrometric information are not available. Next the study objectives are cited and the annual maximum daily rainfall information is described. This is utilized in 67 stations of the Hydrologic Region No. 10, whose record extension varied from 23 to 38 years. Then the Euclidean Distance formula is described in detail, and then applied with three attributes for partitioning the stations and with five attributes to define each region of influence integrated

with ten pluviometric stations. The convenience of the three partitioning zones is verified through simple statistic test. Lastly, the conclusions of the study are formulated, which point out the utility and consistency of the Euclidean Distances method.

**Key words:** Euclidean Distance, partitioning stations, region of influence, annual maximum daily precipitation, regional predictions.

---

\*Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Genaro Codina # 240, Col. Jardines del Estadio, 78280, San Luis Potosí. E-mail: campos\_aranda@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

En el diseño hidrológico de la infraestructura hidráulica es fundamental la relación gasto máximo-período de retorno, la cual se establece a través del análisis probabilístico de la información disponible sobre gastos máximos anuales. Cuando no existe tal información en el sitio de interés o en sus proximidades, la estimación se aborda con base en métodos hidrológicos que transforman una tormenta de diseño en gasto máximo. Esta tormenta hipotética se debe construir utilizando la información pluviográfica de la zona y cuando ello no es posible, se emplean los registros pluviométricos de lluvia máxima diaria anual.

Por otra parte, las técnicas estadísticas del análisis regional, es decir, las que conjuntan datos similares disponibles espacialmente, en un intento por compensar la escasez de registros, han demostrado su conveniencia y confiabilidad de resultados. Sin embargo, para que dichas técnicas sean aplicables al sitio en estudio, la región o zona de éste debe ser *homogénea* con respecto a ciertos parámetros estadísticos.

Este trabajo tiene como objetivo fundamental describir y aplicar el procedimiento de las Distancias Euclidianas, a los registros disponibles de precipitación máxima diaria anual de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa), para identificar subregiones homogéneas y definir la región de influencia (RDI), la cual establece para cada sitio o pluviómetro una serie única de estaciones pluviométricas que conforman la *región* de tal localidad, permitiendo entonces la aplicación de las técnicas del análisis regional de datos para una estimación más confiable de las predicciones buscadas.

## DESARROLLO

### Información pluviométrica utilizada

La información corresponde a la disponible sobre precipitación máxima diaria anual (mm) en el sistema ERIC II (IMTA, 2000), para las estaciones pluviométricas con más de 23 datos de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa), que comprende la mayor parte del estado de Sinaloa y dos porciones

de los estados de Chihuahua y Durango, y un área muy pequeña de Sonora; con tal restricción se obtuvieron 67 registros, cuya localización geográfica se muestra en la Figura 1. Las características generales y estadísticas de estas 67 series de datos pluviométricos se presentan en la Tabla 1, estas últimas incluyen los parámetros estadísticos insesgados (Yevjevich, 1972): media, desviación estándar y coeficiente de asimetría. Además, en la Tabla 1 se muestran el valor máximo de cada registro, el parámetro de forma ( $k$ ) de la distribución General de Valores Extremos (GVE) ajustada a través del método de momentos L (Stedinger *et al.*, 1993; Campos, 2001) y las cuatro predicciones relativas a los períodos de retorno 2, 5, 10 y 100 años. El signo y valor numérico del parámetro  $k$  indica el tipo de comportamiento probabilístico de los datos, en especial de los valores dispersos (*outliers*), si éstos existen (Campos, 2001).

### Distancias Euclidianas

Como ya se indicó, la región de influencia requiere la identificación de una serie de localidades pluviométricas que están cercanas a la estación estudiada y que presentan similitudes estadísticas. La medida de tal cercanía o proximidad se realiza a través de la Distancia Euclidiana ( $DE_{jk}$ ) en un espacio  $p$ -dimensional de atributos, donde éstos son medidas pertinentes para la identificación de estaciones pluviométricas con respuesta similar a valores máximos originados por las tormentas severas; su expresión es (Burn, 1990a):

$$DE_{jk} = \left[ \sum_{i=1}^p W_i (C_j^i - C_k^i)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

en la cual,  $j$  corresponde al sitio que se analiza con respecto a la estación base  $k$ ,  $p$  es el número de atributos que incluye la Distancia Euclidiana, cada uno de los cuales tiene un peso o ponderación  $W_i$ ,  $C_{ij}$  y  $C_{ik}$  son magnitudes estandarizadas del atributo  $i$  en las estaciones  $j$  y  $k$ . La estandarización de los atributos se realiza dividiendo los datos originales entre la desviación estándar sesgada, calculada para cada atributo con el total de estaciones analizadas ( $NE$ ), en el estudio ahora expuesto igual a 67 (Tabla 1). El proceso de estandarización elimina las

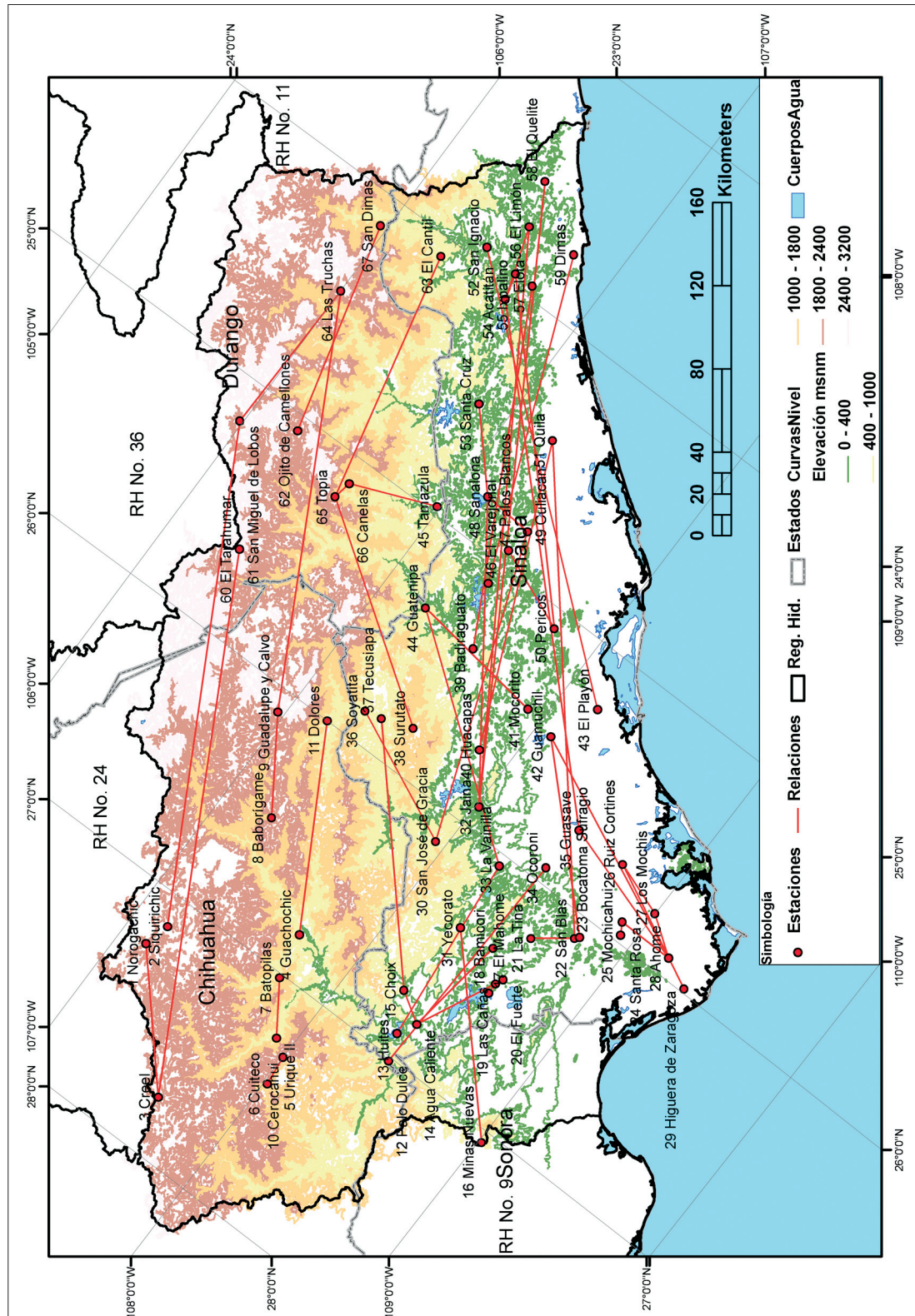


Figura 1. Localización de las 67 estaciones pluviométricas de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa) y relaciones con la que tiene su Distancia Euclidiana mínima de tres atributos.

Tabla 1. Características generales y estadísticas de las 67 estaciones pluviométricas indicadas de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa)

No.	Nombre:	+Clave (ERIC II)	Latitud	Long.	Altitud	Registro		*Media aritmética	*Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de asimetría	*Parámetro de forma k	*PMDM				
						Años	No.						2	5	10	100	
1	Norogachic	8106	27°15'	107°08'	2,015	1961-1990	27	43.8	10.6	0.243	-0.524	0.5111	68.0	45	53	56	61
2	Siquirichic	8138	27°08'	107°10'	2,320	1961-1983	23	49.9	22.3	0.448	0.633	0.0303	100.0	46	67	81	121
3	Creel	8038	27°45'	107°38'	2,300	1961-1990	27	47.5	12.3	0.259	0.429	0.1351	72.8	46	58	64	81
4	Guachoichic	8071	26°49'	107°42'	1,320	1961-1990	30	55.1	21.9	0.397	1.258	0.0870	130.0	53	72	83	115
5	Urique II	8148	27°14'	107°55'	599	1961-1985	25	57.4	12.9	0.255	0.182	0.2159	84.3	57	68	75	89
6	Cuicatco	8041	27°25'	108°01'	1,700	1961-1985	25	60.4	12.0	0.199	0.913	-0.0553	87.4	58	69	77	103
7	Batopilas	8161	27°01'	107°45'	501	1961-1990	28	54.1	12.4	0.229	1.203	-0.1350	90.5	51	62	70	101
8	Batopilame	8003	26°29'	107°15'	1,896	1961-1985	24	73.7	21.2	0.288	0.902	-0.0816	120.1	69	89	102	151
9	Guadalupe y Calvo	8073	26°06'	106°58'	2,316	1961-1985	24	72.4	22.2	0.306	1.024	-0.0347	131.3	69	89	102	148
10	Cerocahui	8022	27°17'	108°00'	1,500	1961-1985	25	64.5	13.3	0.206	0.279	0.1442	90.5	63	76	83	100
11	Dolores	8045	26°00'	107°11'	885	1961-1990	29	52.7	20.4	0.387	0.215	0.2052	95.0	52	70	81	104
12	Palo Dulce	25068	27°01'	108°25'	237	1962-1985	24	79.8	21.9	0.274	0.941	-0.0558	136.5	76	96	110	157
13	Huites	25044	26°54'	108°22'	168	1961-1998	38	87.4	25.3	0.290	1.585	-0.0877	181.0	82	104	119	173
14	Agua Caliente	25002	26°49'	108°25'	180	1961-1989	24	69.2	23.2	0.335	0.691	0.0650	124.0	66	87	100	137
15	Choix	25019	26°44'	108°16'	225	1961-1998	38	68.7	23.5	0.341	1.513	-0.0863	150.8	64	84	98	150
16	Minas Nuevas	26053	27°03'	109°01'	520	1961-1989	29	77.5	21.2	0.274	0.074	0.2862	120.0	78	96	105	125
17	El Mahome	25025	26°31'	108°36'	84	1961-1985	25	69.9	19.6	0.281	0.298	0.1892	112.1	69	87	97	120
18	Bamitori	25007	26°21'	108°29'	152	1961-1985	25	78.7	29.3	0.372	2.665	-0.2946	193.0	71	92	110	202
19	Las Cañas	25055	26°28'	108°36'	84	1961-1994	34	63.9	17.7	0.277	0.906	0.1046	122.4	62	78	87	111
20	El Fuerte	25023	26°26'	108°37'	84	1961-1985	25	70.8	22.8	0.322	2.195	-0.0196	157.1	68	86	98	139
21	La Tina	25053	26°13'	108°36'	89	1961-1985	25	82.2	36.8	0.448	1.497	-0.1838	198.0	73	104	128	231
22	San Blas	25082	26°06'	108°46'	71	1961-1998	38	81.3	39.3	0.484	1.781	-0.1918	221.0	71	103	129	236
23	Bocatoma Sufragio	25009	26°05'	108°47'	62	1961-1994	33	61.4	22.5	0.367	0.601	-0.0406	105.0	57	78	93	140
24	Santa Rosa	25088	25°55'	108°54'	84	1961-1985	25	59.3	26.5	0.446	1.524	-0.1021	144.0	54	76	93	154
25	Mochicahui	25065	25°58'	108°56'	22	1963-1985	23	49.3	19.7	0.399	1.960	-0.0765	118.5	46	62	74	114
26	Ruiz Cortines	25080	25°43'	108°44'	35	1962-1985	24	75.7	43.2	0.571	2.420	-0.2522	231.5	65	96	123	247
27	Los Mochis	25116	25°48'	109°00'	14	1961-1985	23	68.0	34.4	0.507	0.693	-0.0358	133.3	62	94	116	188
28	Ahome	25003	25°55'	109°11'	35	1962-1995	26	70.2	31.0	0.441	1.217	-0.1173	148.0	63	90	110	186
29	Higuera de Zaragoza	25042	25°59'	109°20'	9	1962-1985	24	76.2	61.1	0.802	2.487	-0.4355	297.0	56	94	131	369
30	San José de Gracia	25085	26°08'	107°57'	375	1961-1990	28	81.3	30.1	0.370	0.547	0.0651	140.0	77	105	122	171
31	Yecorato	25100	26°22'	108°18'	407	1961-1990	30	81.4	21.5	0.264	0.091	0.3205	134.6	82	101	110	128
32	Jaina	25046	25°54'	108°01'	200	1961-1997	37	90.3	39.9	0.442	1.859	-0.1304	248.6	81	115	140	236
33	La Vainilla	25054	26°03'	108°16'	185	1961-1983	23	87.3	25.5	0.292	0.805	0.0929	146.5	82	105	121	168
34	Ocoroni	25066	25°56'	108°27'	85	1961-1990	30	76.8	20.5	0.268	0.037	0.2776	118.0	77	95	104	123
35	Guasave	25038	25°43'	108°28'	30	1969-1994	24	86.6	44.2	0.510	1.826	-0.1653	229.8	76	112	140	254



36	Soyatita	25092	25°52'	107°18'	690	1961-1990	29	75.8	26.3	0.346	0.866	-0.0161	140.0	72	96	112	164
37	Tecusiapa	25097	25°51'	107°23'	640	1961-1990	30	69.9	21.5	0.307	1.165	-0.1009	131.0	65	84	98	148
38	Surutato	25093	25°48'	107°32'	1,400	1961-1985	24	127.2	68.9	0.542	1.792	-0.3537	324.0	105	155	201	459
39	Badiraguato	25110	25°22'	107°32'	230	1961-1997	36	103.0	48.4	0.470	3.296	-0.2450	335.0	91	125	153	282
40	Huacapas	25043	25°42'	107°51'	300	1961-1990	30	87.1	45.8	0.526	2.138	-0.3449	250.0	73	106	135	298
41	Mocoritó	25117	25°26'	107°55'	66	1961-1985	25	79.0	25.8	0.326	0.342	0.1022	130.0	76	100	114	153
42	Guamuchil	25115	25°28'	108°05'	50	1961-1985	25	65.2	26.4	0.405	0.488	0.0816	123.0	62	87	102	144
43	El Playón	25030	25°15'	108°11'	5	1962-1996	34	97.0	37.2	0.384	1.398	-0.0864	206.8	90	121	144	225
44	Guatenipa	25041	25°21'	107°14'	290	1964-1997	34	86.0	26.7	0.310	1.261	-0.0669	174.0	81	104	121	179
45	Tamazula	10082	24°58'	106°59'	1,580	1947-1985	35	92.9	23.9	0.257	0.779	-0.0497	157.0	88	110	125	175
46	El Varejonal	25033	25°06'	107°24'	122	1961-1996	36	104.5	56.7	0.543	4.329	-0.2789	403.0	92	125	154	296
47	Palos Blancos	25069	24°56'	107°23'	88	1961-1988	28	99.3	60.1	0.605	2.954	-0.3675	350.0	81	121	157	365
48	Sanalona	25081	24°48'	107°09'	170	1961-1998	38	91.3	38.2	0.419	1.675	-0.2065	224.3	81	113	138	247
49	Culliacán	25015	24°49'	107°24'	40	1961-1996	35	87.0	33.3	0.382	1.098	-0.1036	175.1	80	109	131	211
50	Pericos	25071	25°05'	107°47'	60	1962-1997	36	88.6	48.5	0.547	3.445	-0.2762	323.0	77	109	136	271
51	Quila	25076	24°26'	107°14'	55	1962-1987	26	80.4	40.9	0.508	1.017	-0.1586	183.5	70	106	133	243
52	San Ignacio	25118	23°56'	106°26'	146	1961-1990	30	95.2	30.1	0.316	2.076	-0.0115	215.0	92	116	132	185
53	Santa Cruz	25087	24°30'	106°51'	205	1961-1998	38	86.6	36.5	0.422	1.321	-0.1647	196.5	78	109	133	231
54	Acatitán	25001	24°04'	106°39'	130	1961-1998	35	94.1	48.1	0.511	1.540	-0.2818	217.3	80	117	150	309
55	Ixpalino	25045	23°57'	106°37'	140	1961-1997	37	93.9	50.0	0.532	1.674	-0.2782	243.0	79	118	152	315
56	El Limón	25024	23°45'	106°32'	135	1961-1990	30	97.2	49.4	0.509	1.386	-0.1777	238.0	85	127	159	296
57	Elota	25028	23°57'	106°43'	35	1961-1990	30	101.1	46.9	0.464	1.311	-0.0872	228.5	92	132	162	267
58	El Quielite	25031	23°33'	106°28'	60	1961-1990	30	95.3	43.3	0.454	1.455	-0.2416	236.0	84	121	150	270
59	Dimas	25021	23°44'	106°47'	12	1963-1990	27	111.7	59.6	0.534	1.880	-0.1407	325.0	98	148	185	331
60	El Tarahumar	10026	25°38'	106°21'	2,560	1964-1997	34	55.6	16.4	0.295	1.969	-0.1341	120.0	52	66	76	115
61	San Miguel de Lobos	10071	25°11'	105°59'	2,300	1961-1996	24	62.5	23.5	0.376	0.745	-0.0738	110.6	58	79	95	149
62	Ojito de Camellones	10050	25°04'	106°14'	2,300	1964-1985	22	94.3	56.3	0.597	2.459	-0.1673	302.0	82	125	158	295
63	El Cantil	10018	24°05'	106°17'	2,035	1953-1985	33	100.6	40.9	0.406	0.944	-0.0877	206.0	92	129	156	251
64	Las Truchas	10042	24°28'	106°00'	2,300	1962-1985	24	74.9	26.2	0.350	1.288	-0.1276	151.0	69	92	109	175
65	Topia	10086	25°12'	106°34'	1,770	1947-1985	37	104.4	49.4	0.473	1.448	-0.1248	280.6	93	136	168	289
66	Canelas	10003	25°07'	106°35'	1,360	1961-1985	25	92.1	37.6	0.408	1.115	-0.1370	189.5	83	116	141	239
67	San Dimas	10064	24°08'	105°58'	1,640	1961-1985	25	85.3	53.3	0.625	2.394	-0.2006	282.1	73	112	144	281
-	Valores Promedio	-	-	-	652.3	-	-	-	-	0.399	1.340	-	-	72.3	-	118.7	198.4
-	DEs	-	-	-	813.6	-	-	-	-	0.118	0.876	-	-	13.8	-	30.1	81.0

Simbología:

+ 8: Chihuahua, 10: Durango, 25: Sinaloa, 26: Sonora.

PMDM valor máximo de la precipitación máxima diaria del registro.

\* valores en milímetros.

Tr periodo de retorno.

DEs Desviación estándar sesgada.

unidades de cada atributo y reduce sus diferencias. Entonces:

$$C_j^i = \frac{X_j^i}{S^i} \quad (2)$$

$$C_j^i = \frac{X_k^i}{S^i} \quad (3)$$

ahora  $X_j^i$  y  $X_k^i$  son los valores del atributo  $i$  en las estaciones  $j$  y en la estación base  $k$ ;  $S^i$  es la desviación estándar sesgada del atributo  $i$  considerando todos los sitios  $j$  y la estación base. La selección de la serie de atributos a utilizar implica que éstos sean fácilmente calculables y que tengan impacto en los análisis estadísticos que se realizarán de manera regional, es decir, *conjuntando* los datos de las  $j$  estaciones que presentan similitud con la estación base  $k$ .

### Búsqueda de subregiones en la región Hidrológica No. 10

Para este primer análisis que se describe, se seleccionaron tres atributos: *a*) altitud, *b*) coeficiente de variación y *c*) mediana o predicción de período de retorno dos años. El primer atributo es básicamente un elemento geográfico que implica similitud en los procesos que generan la precipitación, por ejemplo, a través del gradiente de temperatura y de la proximidad al mar, dada la orografía general de la región en estudio (Figura 1). Los restantes dos atributos son propiedades estadísticas del registro, en cuanto a dispersión y al valor medio. Estos tres atributos fueron considerados con igual peso ( $W_i = 1.00$ ). Esta opción es la más simple y conveniente en una primera aproximación.

Para ilustrar el cálculo numérico de las Distancias Euclidianas ( $DE_{jk}$ ), a continuación se muestra el de la estación base Norogachic (1) y auxiliar El Tarahumar (60), según datos de la Tabla 1:

$$DE_{jk} = \left[ \left( \frac{2,560}{2,560} - \frac{2,015}{813.6} \right)^2 + \left( \frac{0,295}{0,118} - \frac{0,243}{0,118} \right)^2 + \left( \frac{52}{13.8} - \frac{45}{13.8} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$DE_{jk} = \left[ (0.66986)^2 + (0.44068)^2 + (0.50725)^2 \right]^{1/2} = (0.90022)^{1/2} = 0.94880 \approx 0.949$$

En la Tabla 2 se presentan las tres  $DE_{jk}$  mínimas encontradas para cada estación base citada por

nombre y las auxiliares indicadas por número. En la Figura 1 se indica con un trazo recto la mayor similitud de cada estación pluviométrica, es decir, su menor  $DE_{jk}$  con otra estación. Se observa que se define una primera subregión hacia el este de la región con altitud mayor de los 501 msnm en la estación Batopilas y de los 885 msnm en Dolores. Esta subregión de *montaña* la forman las estaciones: 1 a 11 y de la 60 a la 67, incluyendo a las 38 y 45.

Existe otra subregión hacia el norte de Sinaloa con su extremo septentrional en Palo Dulce (12) y sus límites en el sur en Sonatita (36), Tecusiapa (37) y Ocoroni (34). A esta subregión *norte* pertenecen además las estaciones 13 a 20 y la 31. Las estaciones 30 y 33 pueden pertenecer tanto a esta subregión como a la tercera, denominada de la *planicie costera*, en la cual se integra el resto de las estaciones, es decir, de la 21 a la 59, exceptuando las indicadas para las otras dos subregiones.

Escalante (1998) encontró dos subregiones homogéneas en la Región Hidrológica No. 10, la norte y la sur, al procesar datos de gastos máximos anuales; en cambio, Gutiérrez *et al.* (2004) definieron tres subregiones, una al norte y dos hacia el sur; la de montaña y la de la planicie costera, al analizar precipitación anual.

### Verificación de la conveniencia de las subregiones

Con el propósito de comprobar numéricamente la conveniencia de la subdivisión de la región en tres subregiones, se aplicó una prueba estadística muy simple que mide la heterogeneidad de un área o zona específica, denominada rango regional normalizado de los coeficientes de variación [ $RRN(Cv)$ ], definida como (Burn, 1990b):

$$RRN(Cv) = \frac{R(Cv)}{M(Cv)} \quad (5)$$

donde  $R(Cv)$  y  $M(Cv)$  son el rango y la mediana de los valores del  $Cv$  del área o zona analizada. En la Tabla 3 se presentan las 21, 15 y 31 estaciones pluviométricas que integran las subregiones de montaña, del norte y de la planicie costera, respectivamente, así como la aplicación de la ecuación 5. Los resultados del  $RRN(Cv)$  fueron 1.217, 0.370

Tabla 2. Tres Distancias Euclidianas mínimas de tres atributos en las estaciones pluviométricas indicadas de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa)

No.	Nombre:	Número de estación y Distancia Euclidiana			No.	Nombre:	Número de estación y Distancia Euclidiana		
		1	2	3			1	2	3
1	Norogachic	3-0.383	60-0.949	6-1.084	35	Guasave	54-0.315	55-0.317	50-0.324
2	Siquirichic	61-1.063	4-1.398	60-1.401	36	Soyatita	30-0.568	37-0.609	18-0.701
3	Creel	1-0.383	60-0.620	6-1.248	37	Tecusiapa	15-0.591	36-0.609	14-0.618
4	Guachochoic	11-0.546	61-1.270	2-1.398	38	Surutato	65-1.142	63-1.682	59-1.781
5	Urique II	7-0.502	37-0.730	19-0.753	39	Badiraguato	57-0.255	56-0.559	58-0.565
6	Cuítrecó	10-0.442	1-1.084	8-1.124	40	Huacapas	51-0.402	35-0.419	50-0.450
7	Batopilas	5-0.502	19-1.031	37-1.223	41	Mocorito	44-0.475	12-0.489	34-0.498
8	Baborígame	9-0.538	64-0.724	10-0.954	42	Guamuchil	28-0.315	23-0.485	15-0.602
9	Guadalupe y Calvo	64-0.374	8-0.538	61-0.994	43	El Playón	52-0.620	57-0.695	49-0.726
10	Cerochahui	6-0.442	8-0.954	5-1.260	44	Guatenipa	33-0.213	13-0.238	31-0.422
11	Dolores	4-0.546	23-1.088	24-1.114	45	Tamazula	66-1.359	63-1.413	8-1.454
12	Palo Dulce	34-0.207	16-0.377	13-0.463	46	El Varejonal	59-0.461	56-0.584	39-0.638
13	Huites	33-0.027	44-0.238	31-0.367	47	Palos Blancos	50-0.572	55-0.640	54-0.803
14	Agua Caliente	15-0.163	20-0.217	18-0.481	48	Sanalona	32-0.199	53-0.223	49-0.360
15	Choix	14-0.163	20-0.374	18-0.578	49	Culiacán	48-0.360	53-0.421	30-0.477
16	Minas Nuevas	31-0.332	12-0.377	44-0.470	50	Pericos	55-0.216	35-0.324	54-0.385
17	El Mahome	20-0.356	19-0.508	14-0.521	51	Quila	22-0.217	40-0.402	35-0.436
18	Bamicatori	14-0.481	20-0.484	30-0.514	52	San Ignacio	43-0.620	33-0.754	13-0.758
19	Las Cañas	17-0.508	20-0.579	14-0.583	53	Santa Cruz	48-0.223	32-0.276	49-0.421
20	El Fuerte	14-0.217	17-0.356	15-0.374	54	Acatitlán	55-0.193	35-0.315	56-0.363
21	La Tina	22-0.339	53-0.447	51-0.555	55	Ixpalino	54-0.193	50-0.216	35-0.317
22	San Blas	51-0.217	21-0.339	35-0.427	56	El Limón	54-0.363	55-0.476	58-0.481
23	Bocatoma Sufragio	42-0.485	15-0.588	24-0.706	57	Elota	39-0.255	58-0.586	56-0.647
24	Santa Rosa	28-0.656	42-0.677	23-0.706	58	El Quelire	32-0.295	48-0.392	56-0.481
25	Mochicahui	24-0.708	23-0.843	11-1.151	59	Dimas	46-0.461	57-0.737	39-0.790
26	Ruiz Cortines	27-0.586	51-0.646	40-0.767	60	El Tarahumar	3-0.620	61-0.874	1-0.949
27	Los Mochis	28-0.566	51-0.582	26-0.586	61	San Miguel de Lobos	64-0.827	60-0.874	9-0.994
28	Ahome	42-0.315	27-0.566	24-0.656	62	Ojito de Camellones	67-1.067	65-1.472	63-1.806
29	Higuera de Zaragoza	26-2.067	47-2.467	27-2.542	63	El Cantil	65-0.659	66-1.055	45-1.413
30	San José de Gracia	49-0.477	53-0.494	18-0.514	64	Las Truchas	9-0.374	8-0.724	61-0.827
31	Yecorato	16-0.332	33-0.362	13-0.367	65	Topia	63-0.659	66-1.041	38-1.142
32	Jaina	48-0.199	53-0.276	58-0.295	66	Canelas	65-1.041	63-1.055	36-1.261
33	La Vainilla	13-0.027	44-0.213	31-0.362	67	San Dimas	62-1.067	40-1.849	65-1.946
34	Ocoroni	12-0.207	13-0.420	33-0.433	-	-	-	-	-

y 1.060 para cada una de las subregiones citadas, en cambio para toda la región se obtuvo un valor mayor de 1.558, indicando con ello que el proceso de regionalización conduce a una subdivisión más conveniente de las estaciones pluviométricas; además, en la Tabla 3 se observa un agrupamiento con respecto al orden de magnitud del coeficiente de variación.

### Regiones de influencia

En realidad el establecimiento de la región de influencia (RDI) de cada sitio o estación pluviométrica se puede abordar con dos enfoques, el primero consiste en definir un valor umbral que actúa como frontera de las  $DE_{jk}$ , de manera que todas las estaciones  $j$  que tienen una distancia mayor serán excluidas de la RDI de tal estación base. El segundo enfoque consiste en adoptar un número determinado de estaciones que integrarán la RDI y entonces seleccionar de entre todas las distancias  $DE_{jk}$  correspondientes a la estación base analizada las de menor valor hasta obtener el número de pluviómetros que integrará la RDI (Burn, 1990a).

Para el establecimiento de las RDI de cada estación, las  $DE_{jk}$  se calcularon utilizando cinco atributos, los coeficientes de variación y de asimetría, y las predicciones asociadas a los períodos de retorno 2, 10 y 100 años. En este grupo de características estadísticas, las dos primeras definen el comportamiento general de las series de datos y las tres últimas caracterizan su potencial para la generación de crecientes.

Al tomar en cuenta que las  $DE_{jk}$  mínimas calculadas fluctúan (Tabla 4), desde 0.106 entre Minas Nuevas y Ocoroni hasta 2.270 entre Higuera de Zaragoza y San Dimas, se optó por integrar las RDI de cada pluviómetro con base en las diez  $DE_{jk}$  mínimas, las cuales se presentan en la Tabla 4.

### Función de ponderación

Tomando en cuenta que las estaciones pluviométricas incluidas en la RDI no están igualmente cercanas a la estación base estudiada, se utiliza una función de ponderación para reflejar la importancia relativa de cada pluviómetro en las estimaciones de magni-

tudes extremas en tal estación base. La función de ponderación tiene la expresión (*Ibid.*):

$$FP_{jk} = 1.0 - \left( \frac{DE_{jk}}{VUM} \right)^m \quad (6)$$

donde  $FP_{jk}$  es el peso de la estación  $j$  en la RDI de la estación base  $k$ ,  $VUM$  es el valor umbral máximo cuyo efecto consiste en dar peso a las estaciones que están en el límite de la RDI, por ello debe ser igual o mayor que el valor umbral adoptado, ya que si  $VUM$  es igual al valor umbral adoptado, las estaciones ubicadas en el límite no tendrán función de ponderación. La constante  $m$  determina la velocidad de decaimiento de los factores de ponderación; Burn (*op. cit.*) utilizó un valor de 4 en el análisis de frecuencia de crecientes.

### Ajuste de modelos probabilísticos en la RDI

Dentro de la teoría y práctica de los análisis regionales, tanto de crecientes como de precipitaciones máximas diarias anuales, las distribuciones de probabilidad GVE, Log-Pearson tipo III y Wakeby, han sido los modelos más utilizados realizando su ajuste a través de los momentos de probabilidad pesada ponderados (Cunnane, 1988; Burn, 1990a; Stedinger *et al.*, 1993; Metcalfe, 1997; Escalante y Reyes, 2002; Campos, 2006, 2007). Para el caso del ajuste a una RDI, los momentos citados se afectan además por la función de ponderación definida por la ecuación 6, estos procedimientos conducen a estimaciones más confiables de las predicciones necesarias.

### Consideraciones relativas al método y su aplicación práctica

Como resultado del cambio climático inminente, los eventos máximos de precipitación diaria pudieran estar cambiando en la región o zona geográfica estudiada, ya sea incrementándose o disminuyendo. Por ello, al aplicar este procedimiento basado en las Distancias Euclidianas (DE), es imperativo utilizar toda la información pluviométrica que se haya registrado, no sólo la disponible en el sistema ERIC II (IMTA, 2000), como se realizó en este estudio. El método de las DE permite realizar variantes, por ejemplo, al se-



Tabla 3. Estaciones que forman las subregiones y prueba de homogeneidad

No.	Nombre estación:	Coef. de variación	No.	Nombre estación:	Coef. de variación
Subregión de montaña			Subregión de la planicie costera		
1	Norogachic	0.243	21	La Tina	0.448
2	Siquirichic	0.448	22	San Blas	0.484
3	Creel	0.259	23	Bocatoma Sufragio	0.367
4	Guachochic	0.397	24	Santa Rosa	0.446
5	Urique II	0.255	25	Mochicahui	0.399
6	Cuiteco	0.199	26	Ruiz Cortines	0.571
7	Batopilas	0.229	27	Los Mochis	0.507
8	Baborígame	0.288	28	Ahome	0.441
9	Guadalupe y Calvo	0.306	29	Higuera de Zaragoza	0.802
10	Cerocahui	0.206	32	Jaina	0.442
11	Dolores	0.387	35	Guasave	0.510
38	Surutato	0.542	39	Badiraguato	0.470
45	Tamazula	0.257	40	Huacapas	0.526
60	El Tarahumar	0.295	41	Mocorito	0.326
61	San Miguel de Lobos	0.376	42	Guamuchil	0.405
62	Ojito de Camellones	0.597	43	El Playón	0.384
63	El Cantil	0.406	44	Guatenipa	0.310
64	Las Truchas	0.350	46	El Varejonal	0.543
65	Topia	0.473	47	Palos Blancos	0.605
66	Canelas	0.408	48	Sanalona	0.419
67	San Dimas	0.625	49	Culiacán	0.382
–	Valor mínimo	0.199	50	Pericos	0.547
–	Valor máximo	0.625	51	Quila	0.508
–	Valor mediano	0.350	52	San Ignacio	0.316
–	Valor medio	0.359	53	Santa Cruz	0.422
–	Rango regional normalizado	1.217	54	Acatitán	0.511
Subregión del norte			55	Ixpalino	0.532
12	Palo Dulce	0.274	56	El Limón	0.509
13	Huites	0.290	57	Elota	0.464
14	Agua Caliente	0.335	58	El Quelite	0.454
15	Choix	0.341	59	Dimas	0.534
16	Minas Nuevas	0.274	–	Valor mínimo	0.310
17	El Mahome	0.281	–	Valor máximo	0.802
18	Bamicori	0.372	–	Valor mediano	0.464
19	Las Cañas	0.277	–	Valor medio	0.471
20	El Fuerte	0.322	–	Rango regional normalizado	1.060
30	San José de Gracia	0.370	Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa)		
31	Yecorato	0.264	–	Valor mínimo	0.199
33	La Vainilla	0.292	–	Valor máximo	0.802
34	Ocoroni	0.268	–	Valor mediano	0.387
36	Soyatita	0.346	–	Valor medio	0.399
37	Tecusiapa	0.307	–	Rango regional normalizado	1.558
–	Valor mínimo	0.264			
–	Valor máximo	0.372			
–	Valor mediano	0.292			
–	Valor medio	0.308			
–	Rango regional normalizado	0.370			

Tabla 4. 10 Distancias Euclidianas † mínimas de las estaciones pluviométricas indicadas de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa)

No.	Nombre:	Número de estación pluviométrica y Distancia Euclidiana ( $DE_{jk}$ ) respectiva										$DE_{jk}$ Promedio*
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Norogachic	3-1.157	5-1.391	11-1.854	10-1.917	6-2.115	7-2.133	19-2.389	23-2.445	2-2.453	17-2.529	4.427
2	Siquirichic	11-0.854	4-0.982	23-1.150	61-1.217	24-1.302	42-1.439	25-1.591	3-1.787	14-1.860	28-1.881	3.202
3	Creel	5-0.927	7-1.038	1-1.157	6-1.257	11-1.353	10-1.484	19-1.544	23-1.725	4-1.761	2-1.787	3.710
4	Guachochoic	24-0.783	61-0.917	23-0.958	2-0.982	25-0.995	15-1.175	11-1.206	60-1.212	19-1.282	42-1.315	2.783
5	Urique II	10-0.681	3-0.927	6-0.981	19-1.040	11-1.209	17-1.226	7-1.283	23-1.374	1-1.391	14-1.505	3.275
6	Cuitaco	7-0.697	19-0.802	10-0.837	5-0.981	3-1.257	37-1.406	17-1.449	8-1.499	60-1.526	9-1.573	3.177
7	Batopilas	6-0.697	3-1.038	60-1.074	19-1.118	5-1.283	10-1.447	4-1.509	37-1.634	23-1.688	25-1.733	3.345
8	Baborígame	9-0.210	37-0.468	14-0.547	12-0.591	36-0.654	64-0.783	17-0.808	19-0.871	15-0.915	41-0.964	2.282
9	Guadalupe y Calvo	8-0.210	37-0.357	14-0.525	36-0.587	64-0.629	12-0.650	15-0.741	19-0.891	17-0.938	41-1.027	2.225
10	Cerocahui	5-0.681	6-0.837	17-0.934	19-0.958	34-1.396	8-1.405	14-1.413	7-1.447	16-1.483	3-1.484	3.162
11	Dolores	23-0.843	2-0.854	61-1.044	42-1.173	4-1.206	5-1.209	3-1.353	19-1.437	14-1.443	17-1.630	3.104
12	Palo Dulce	8-0.591	33-0.623	9-0.650	36-0.690	44-0.752	41-0.826	13-0.936	64-0.938	37-0.975	14-1.023	2.311
13	Huites	44-0.425	33-0.895	12-0.936	52-1.047	45-1.074	49-1.149	64-1.171	36-1.221	9-1.315	8-1.374	2.365
14	Agua Caliente	9-0.525	8-0.547	37-0.614	42-0.709	36-0.713	61-0.714	17-0.716	23-0.751	19-0.822	64-0.915	2.302
15	Choix	37-0.497	64-0.657	9-0.741	20-0.857	8-0.915	14-0.967	61-1.028	36-1.063	19-1.078	28-1.094	2.283
16	Minas Nuevas	34-0.106	31-0.347	41-0.720	17-0.754	12-1.088	33-1.170	8-1.202	14-1.253	30-1.266	36-1.291	2.760
17	El Mahome	34-0.702	14-0.716	16-0.754	8-0.808	19-0.929	10-0.934	9-0.938	41-0.944	31-1.077	12-1.093	2.626
18	Bamicatori	20-1.131	22-1.581	15-1.621	64-1.625	21-1.644	13-1.690	32-1.702	48-1.771	28-1.858	53-1.872	2.633
19	Las Cañas	37-0.736	6-0.802	14-0.822	8-0.871	9-0.891	17-0.929	10-0.958	23-1.002	5-1.040	61-1.056	2.647
20	El Fuerte	15-0.857	18-1.131	37-1.208	64-1.211	9-1.357	60-1.444	13-1.500	8-1.519	36-1.655	19-1.660	2.570
21	La Tina	22-0.474	53-0.498	48-0.766	51-0.810	32-0.820	35-0.840	49-0.922	66-1.013	28-1.139	58-1.186	2.159
22	San Blas	21-0.474	35-0.605	32-0.891	53-0.912	51-0.913	40-0.970	48-0.975	26-1.151	28-1.290	58-1.324	2.303
23	Bocatoma Sufragio	61-0.234	42-0.586	14-0.751	11-0.843	4-0.958	19-1.002	37-1.023	2-1.150	9-1.164	8-1.196	2.541
24	Santa Rosa	4-0.783	28-1.012	61-1.112	15-1.162	25-1.177	23-1.280	2-1.302	42-1.400	37-1.493	27-1.505	2.633
25	Mochicahui	60-0.986	4-0.995	24-1.177	2-1.591	7-1.733	15-1.743	61-1.842	23-1.902	20-1.942	19-2.013	3.317
26	Ruiz Cortines	40-1.068	67-1.100	22-1.151	35-1.300	50-1.562	21-1.613	51-1.760	62-1.809	32-1.814	55-1.870	2.920
27	Los Mochis	28-0.847	51-1.120	42-1.147	61-1.430	21-1.473	24-1.505	23-1.578	36-1.593	22-1.595	64-1.605	2.509
28	Ahome	27-0.847	64-0.901	24-1.012	42-1.064	61-1.088	15-1.094	21-1.139	36-1.146	22-1.290	14-1.302	2.215
29	Higuera de Zaragoza	67-2.270	26-2.572	47-2.666	40-2.820	62-2.866	50-3.113	55-3.134	35-3.304	54-3.353	22-3.438	4.842
30	San José de Gracia	41-0.565	36-0.651	33-0.812	49-0.887	44-1.009	12-1.030	64-1.127	9-1.204	14-1.209	8-1.220	2.246
31	Yecorato	16-0.347	34-0.424	41-0.813	33-1.048	17-1.077	12-1.125	45-1.181	30-1.286	8-1.392	36-1.412	2.837
32	Jaina	48-0.324	53-0.715	33-0.718	58-0.746	21-0.820	22-0.891	66-0.910	43-0.990	49-1.097	54-1.185	2.347
33	La Vainilla	45-0.551	44-0.564	12-0.623	41-0.800	30-0.812	13-0.895	36-0.912	31-1.048	49-1.053	8-1.159	2.369

34	Ocoroni	16-0.106	31-0.424	17-0.702	41-0.785	12-1.135	8-1.210	14-1.250	33-1.253	36-1.339	30-1.341	2.796
35	Guasave	22-0.605	32-0.718	40-0.718	21-0.840	54-0.873	48-0.877	55-0.916	58-0.944	53-1.023	51-1.056	2.467
36	Soyatita	64-0.556	9-0.587	30-0.651	8-0.654	12-0.690	41-0.703	14-0.713	37-0.860	33-0.912	44-0.919	2.117
37	Tecusiapa	9-0.357	8-0.468	15-0.497	14-0.614	64-0.694	19-0.736	36-0.860	61-0.917	12-0.975	23-1.023	2.284
38	Surutato	59-1.747	65-2.620	56-2.897	47-2.925	57-2.988	55-3.064	62-3.117	54-3.120	58-3.368	39-3.417	5.303
39	Badiraguato	46-1.346	50-1.350	62-1.598	47-1.749	32-1.945	40-2.018	35-2.102	48-2.138	67-2.140	55-2.152	3.605
40	Huacapas	35-0.718	55-0.914	67-0.962	22-0.970	54-1.003	26-1.068	62-1.228	32-1.249	21-1.309	48-1.359	2.756
41	Mocorito	30-0.565	36-0.703	16-0.720	34-0.785	33-0.800	31-0.813	12-0.826	17-0.944	8-0.964	14-0.972	2.381
42	Guamuchil	61-0.537	23-0.586	14-0.709	28-1.064	36-1.064	27-1.147	9-1.158	37-1.165	11-1.173	8-1.214	2.417
43	El Playón	66-0.665	63-0.766	48-0.852	49-0.927	58-0.946	32-0.990	53-1.003	57-1.058	52-1.165	44-1.323	2.523
44	Guatenipa	13-0.425	33-0.564	12-0.752	49-0.825	45-0.885	36-0.919	30-1.009	64-1.016	9-1.173	41-1.186	2.238
45	Tamazula	33-0.551	44-0.885	12-1.053	13-1.074	31-1.181	41-1.247	30-1.280	49-1.353	16-1.420	36-1.459	2.674
46	El Varejonal	39-1.346	50-1.629	47-2.028	62-2.305	67-2.721	40-2.928	59-3.043	26-3.172	35-3.174	32-3.176	4.623
47	Palos Blancos	62-1.038	67-1.427	50-1.573	40-1.695	55-1.717	39-1.749	54-1.944	46-2.028	59-2.104	35-2.154	3.960
48	Sanalona	32-0.324	53-0.527	58-0.662	66-0.677	21-0.766	43-0.852	35-0.877	49-0.889	22-0.975	54-1.177	2.296
49	Culiacán	53-0.516	66-0.571	44-0.825	30-0.887	48-0.889	21-0.922	43-0.927	33-1.053	32-1.097	36-1.111	2.162
50	Pericos	39-1.350	67-1.431	62-1.484	26-1.562	40-1.567	47-1.573	46-1.629	35-1.893	22-2.080	32-2.089	3.509
51	Quila	21-0.810	22-0.913	53-1.006	35-1.056	27-1.120	66-1.301	28-1.309	48-1.342	49-1.356	54-1.366	2.413
52	San Ignacio	13-1.047	43-1.165	44-1.282	48-1.495	32-1.519	49-1.556	45-1.612	66-1.665	33-1.688	53-1.704	2.771
53	Santa Cruz	21-0.498	49-0.516	48-0.527	66-0.530	32-0.715	22-0.912	58-0.915	43-1.003	51-1.006	35-1.023	2.162
54	Acatitán	55-0.265	56-0.527	58-0.748	35-0.873	40-1.003	48-1.177	32-1.185	57-1.188	65-1.192	62-1.325	2.779
55	Ixpalino	54-0.265	56-0.667	40-0.914	35-0.916	58-0.972	62-1.121	65-1.316	67-1.317	32-1.327	57-1.361	2.895
56	El Limón	54-0.527	58-0.650	55-0.667	65-0.729	57-0.741	35-1.160	63-1.263	48-1.277	32-1.283	66-1.306	2.890
57	Elota	65-0.386	63-0.705	58-0.728	56-0.741	43-1.058	66-1.144	54-1.188	48-1.285	32-1.320	55-1.361	2.930
58	El Quelite	56-0.650	48-0.662	57-0.728	66-0.738	32-0.746	54-0.748	53-0.915	65-0.930	35-0.944	43-0.946	2.540
59	Dimas	65-1.109	57-1.474	56-1.478	38-1.747	62-1.752	55-1.786	54-1.821	58-1.909	63-2.102	47-2.104	3.949
60	El Tarahumar	25-0.986	7-1.074	4-1.212	15-1.379	20-1.444	19-1.469	6-1.526	37-1.562	24-1.573	61-1.786	3.148
61	San Miguel de Lobos	23-0.234	42-0.537	13-0.714	4-0.917	37-0.917	15-1.028	11-1.044	19-1.056	9-1.069	28-1.088	2.436
62	Ojito de Camellones	67-0.856	47-1.038	55-1.121	40-1.228	54-1.325	35-1.368	56-1.452	50-1.484	39-1.598	58-1.725	3.351
63	El Cantil	57-0.705	43-0.766	66-0.857	58-0.968	65-1.019	56-1.263	48-1.305	49-1.328	53-1.370	32-1.462	2.824
64	Las Truchas	36-0.556	9-0.629	15-0.657	37-0.694	8-0.783	28-0.901	14-0.915	12-0.938	44-1.016	30-1.127	2.089
65	Topia	57-0.386	56-0.729	58-0.930	63-1.019	59-1.109	54-1.192	55-1.316	43-1.372	66-1.470	48-1.515	3.142
66	Canelas	53-0.530	49-0.571	43-0.665	48-0.677	58-0.738	63-0.857	32-0.910	21-1.013	57-1.144	51-1.301	2.328
67	San Dimas	62-0.856	40-0.962	26-1.100	35-1.245	55-1.317	47-1.427	50-1.431	54-1.518	22-1.582	56-1.826	3.233

† de 5 atributos.

\* de 66 valores.

leccionar atributos y al asignar su peso ( $W_i \neq 1.00$ ), esto hace posibles los análisis de sensibilidad. Este tipo de análisis también se pueden realizar al utilizar las RDI y ajustar modelos probabilísticos para obtener predicciones, a través del uso de valores diferentes para el exponente  $m$  de la función de ponderación (ecuación 6).

## CONCLUSIONES

El uso de las Distancias Euclidianas para detectar similitudes estadísticas entre registros de precipitación máxima diaria anual se considera muy útil y consistente.

La definición de tres *subregiones* (de montaña, del norte y de la planicie costera) para las estaciones pluviométricas de la Región Hidrológica No. 10, presenta una ventaja estadística y coincide con los resultados de trabajos previos. Ahora en cada subregión se pueden aplicar los métodos regionales para obtener estimaciones de diseño más confiables.

Por otra parte, definidas cuantitativamente las regiones de influencia de cada una de las 67 estaciones pluviométricas analizadas, se puede continuar con la aplicación de los procedimientos del análisis regional para la estimación más exacta de los valores asociados a diferentes probabilidades de excedencia o *predicciones*.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al M. en I. Juan Antonio Rodríguez (jaraiza@uaslp.mx), profesor del Área de Computación Aplicada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, el haber proporcionado la información pluviométrica procesada. Al doctor Sergio Ignacio Martínez Martínez (simartin@correo.unam.mx), profesor del Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, se agradece la elaboración de la Figura 1. Así también, se agradecen los comentarios y observaciones de los revisores anónimos, que permitieron complementar y hacer más explícito el estudio.

## REFERENCIAS

- Burn, D. H. (1990a), "An appraisal of the "region of influence" approach to flood frequency analysis", *Hydrological Sciences Journal*, vol. 35, no. 2-4, pp. 149-165.
- Burn, D. H. (1990b), "Evaluation of regional flood frequency analysis with a region of influence approach", *Water Resources Research*, vol. 26, no. 10, pp. 2257-2265.
- Campo A., D. F. (2001), "Contraste de cinco métodos de ajuste de la distribución GVE en 31 registros históricos de eventos máximos anuales", *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XVI, núm. 2, pp. 77-92.
- Campos A., D. F. (2006), "Análisis probabilístico univariado de datos hidrológicos". Capítulo 8: Análisis probabilístico con métodos regionales, *Avances en Hidráulica 13*, AMH-IMTA, México, pp. 133-161.
- Capos A., D. F. (2007), "Contraste de métodos regionales para predicción de crecientes basado en la distribución GVE, en la cuenca baja del río Pánuco", *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XXII, núm. 2, pp. 91-105.
- Cunnane, C. (1988), "Methods and merits of regional flood frequency analysis", *Journal of Hydrology*, vol. 100, pp. 269-290.
- Escalante S., C. (1998), "Multivariate extreme value distributions with mixed Gumbel marginals", *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 34, no. 2, pp. 321-333.
- Escalante S., C. y L. Reyes Ch. (2002), *Técnicas estadísticas en hidrología*. Capítulo 8: análisis regional hidrológico, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, pp. 157-202.
- Gutiérrez L., A., T. lebel y L. Descroix (2004), "Reflexiones sobre el concepto de cuencas hidrológicamente homogéneas", *XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Sao Paulo, Brasil.
- IMTA (2000), *Eric II: Extractor rápido de información climatológica 1920-1998*, Instituto Mexicano de Teconología del Agua-SEMARNAT-CNA, Jiutepec, Morelos [cd-rom].
- Metcalf, A. V. (1997), *Statistics in Civil Engineering*, Chapter 4: Extreme value and related distributions, Arnold Publishers, London, England, pp. 81-115.
- Stedinger, J. R., R. M. Vogel and E. Foufoula-Georgiou (1993), "Frequency analysis of extreme events", Chapter 18 in Maidment, D. R. (ed. in chief), *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill, Inc., New York, USA.
- Yevjevich, V. (1972), *Probability and Statistics in Hydrology*, Chapter 6: Parameters and order-statistics as descriptors of distributions, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, USA, pp. 99-117.