

## 4. Aplicaciones.

### 4.1. Procesamiento de información.

Para la estimación de las precipitaciones regionales, se utilizó la base de datos de CLICOM (Climate Computing, por sus siglas en inglés) del 2008. La información, se extrae con ayuda del programa CLICOM, del IIUNAM. El cual, extrae información climatológica como lo son temperatura máxima, mínima, velocidad del viento entre otros, sin embargo para fines de este trabajo se usará la precipitación. Esto último, agiliza bastante el proceso respecto a las implicaciones que tiene una consulta al boletín climatológico completo. Posteriormente, el programa CLICOM genera archivos que contienen los registros de cada estación, completando aquellos incompletos o inexistentes o una referencia conocida a gusto del usuario. Por convención de los colaboradores del estudio del IINGEN, se utiliza el valor 0.0001, que permitirá distinguir aquellos años sin registro.

Tras obtener el archivo final, con registros para cada una de las estaciones. Se genera un promedio de los registros máximos anuales, en un rango de sesenta días. Con esto, se busca estimar la posible avenida que se generaría con esa extensión de días. Esto no tiene mayores aplicaciones en este trabajo, sin embargo, es posible agilizar la verificación de un registro, revisando los promedios subsecuentes al máximo, de tal manera que se verifique que no se trate de un registro erróneo.

Una vez obtenidos los valores máximos anuales, se realiza una última depuración de información eliminando los datos con los cuales se completaron registros para fines prácticos (0.0001). Se obtienen medidas de tendencia central y dispersión de datos como lo son media, valor máximo, valor mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación.

Como una muestra del trabajo realizado, se usará como un ejemplo práctico el Estado de Nayarit.

Se muestra la Figura 4.1.1 con el total de estaciones climatológicas del Estado que se tiene en la base de datos CLICOM.

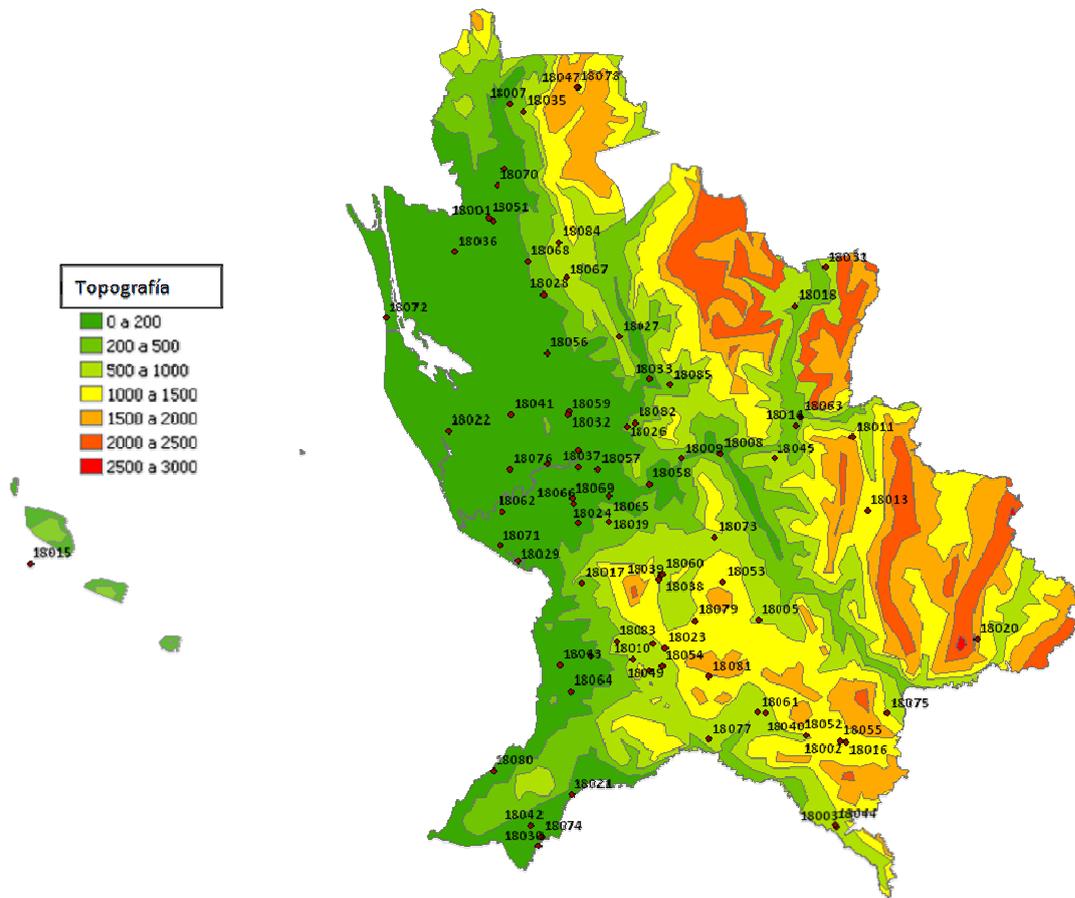


Figura 4.1.1. Mapa del Estado de Nayarit con las estaciones climatológicas en existencia.

Por razones de confiabilidad y considerando el gran número de estaciones climatológicas que hay en toda la república, se eliminaron del estudio aquellas estaciones que cuentan con menos de 20 años de registro. Por ejemplo, en el Estado de Nayarit se tienen 81 estaciones climatológicas, de las cuales se emplearon 25 únicamente.

A continuación, la Figura 4.1.2 muestra las estaciones ya seleccionadas para el estudio y la Tabla 4.1.1 Tabla 4.1.1. Estaciones empleadas en el estudio del Estado de Nayarit. Incluye algunos de sus datos más importantes entre los que destacan la clave, el nombre, periodo de registro, total de años considerados en el estudio y su ubicación.

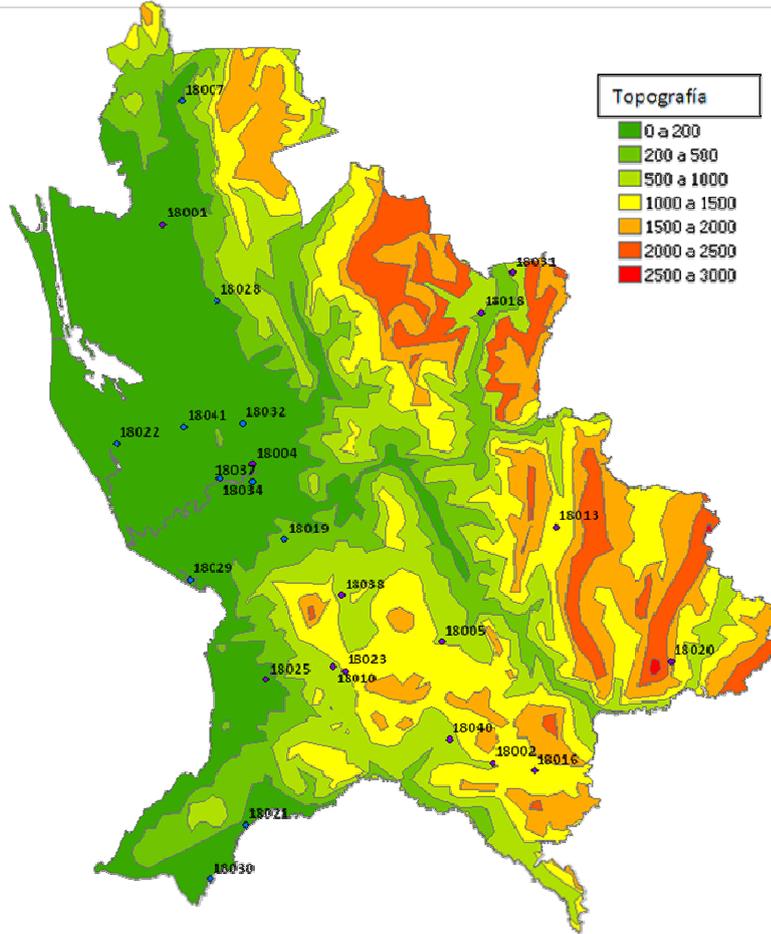


Figura 4.1.2. Mapa del Estado de Nayarit con estaciones definitivas para estudio.

Clave	Nombre	Inicio	Fin	Latitud	Longitud	Total de años
18001	ACAPONETA	01/02/1946	31/12/2004	22 29 24	-105 21 15	46
18002	AHUACATLAN	01/09/1924	31/12/2006	21 03 18	-104 29 03	29
18004	CAPOMAL	01/05/1957	31/12/2006	21 51 00	-105 07 00	37
18005	CERRO BLANCO	01/02/1963	31/12/2006	21 22 36	-104 37 05	31
18007	CUCHARAS	01/05/1967	31/12/2003	22 49 05	-105 18 18	21
18010	EL REFILION	01/01/1969	31/12/1999	21 18 33	-104 54 24	26
18013	HUAJIMIC	01/06/1963	31/12/2003	21 40 59	-104 19 00	26
18016	IXTLAN DEL RIO	01/04/1942	31/12/2003	21 01 59	-104 22 30	41
18018	JESUS MARIA	01/06/1963	31/12/2002	22 15 19	-104 30 57	23
18019	JUMATAN (CFE)	01/10/1942	31/12/1998	21 38 60	-105 01 59	31
18020	LA YESCA	01/01/1969	31/12/2006	21 19 27	-104 00 45	24
18021	LAS GAVIOTAS	01/04/1955	31/12/2006	20 53 22	-105 08 12	37
18022	MEXCALTITAN	01/01/1969	31/12/2000	21 54 18	-105 28 33	28
18023	MIRAVALLS	01/01/1961	31/12/2006	21 17 56	-104 52 36	31
18025	PASO DE AROCHA	01/04/1949	31/12/2006	21 16 31	-105 04 51	42
18028	ROSAMORADA	01/08/1957	31/12/2001	22 17 11	-105 12 42	31
18029	SAN BLAS	01/06/1938	31/12/2000	21 32 38	-105 16 59	31
18030	SAN JOSE DEL VALLE	01/03/1969	31/12/2001	20 44 38	-105 13 45	22
18031	SAN JUAN PEYOTAN	01/03/1966	31/12/2001	22 21 40	-104 25 54	22
18032	SAN PEDRO	01/04/1946	31/12/2006	21 57 29	-105 08 33	52
18034	SANTIAGO IXCUINTLA	01/01/1951	30/11/1997	21 48 49	-105 12 11	24
18037	EL TIZATE	01/03/1967	31/12/2000	21 48 11	-105 06 56	28
18038	TEPIC	01/10/1950	31/12/1991	21 30 00	-104 52 59	25
18040	TETITLAN (CFE)	01/10/1955	31/12/1989	21 07 00	-104 35 60	26
18041	TUXPAN	01/08/1930	31/07/1976	21 56 60	-105 17 60	24

Tabla 4.1.1. Estaciones empleadas en el estudio del Estado de Nayarit.

## 4.2. Ajustes individuales

Con los registros máximos de cada una de las estaciones seleccionadas, se procede a realizar un ajuste de una función de distribución de probabilidad a sus datos. Esta se dibuja en términos del periodo de retorno por lo expuesto con anterioridad en el capítulo II.

En la Tabla 4.2.1 se presentan las precipitaciones máximas anuales diarias de la estación Acaponeta. Al final de los registros, se muestra el valor de la media, su desviación estándar y su coeficiente de variación. Dada la gran cantidad de información, solamente se mostrará la más importante como ejemplo para mejor comprensión de la metodología y los resultados. El resto de los registros de las estaciones en análisis, extrapolaciones y gráficas de ajuste, se podrán encontrar en el **Anexo A**.

Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)
1947	100	1979	SD
1948	97.5	1980	SD
1949	124	1981	115
1950	83.5	1982	155
1951	90	1983	115.2
1952	95	1984	158.8
1953	81.6	1985	112
1954	183	1986	113
1955	116	1987	SD
1956	105.5	1988	SD
1957	SD	1989	92.5
1958	90	1990	SD
1959	120	1991	SD
1960	93	1992	SD
1961	105	1993	SD
1962	180.5	1994	SD
1963	120	1995	SD
1964	110.4	1996	SD
1965	90.5	1997	SD
1966	180	1998	117
1967	SD	1999	127.3
1968	76.1	2000	180
1969	84.4	2001	115.5
1970	111	2002	106
1971	SD	2003	191
1972	172	2004	160.8
1973	156	2005	76.7
1974	107.3	2006	74.5
1975	89.3	2007	86.6
1976	131	<b>Media</b>	116.94
1977	122.6	<b>Desv. Est.</b>	33.22
1978	176	<b>Coef. Var</b>	0.28

Tabla 4.2.1 Registros máximos anuales de la estación Acajoneta, 18001.SD.-Sin Dato.

El ajuste de los registros máximos anuales a una curva de distribución de probabilidad se hace con ayuda del programa AX. Para ello, este programa ofrece un ajuste global que aproxima los datos a distintas funciones de distribución de probabilidad entre las que destacan las funciones Gumbel y Doble Gumbel. El programa calcula el error estándar, que puede definirse como la medida de la desviación de las magnitudes de eventos calculados mediante muestras con respecto a la magnitud verdadera del evento. Con este parámetro, se selecciona aquella curva de menor error

estándar y se procede a realizar las extrapolaciones a periodos de retorno deseados como se observa en la Tabla 4.2.2. Como ejemplo práctico, se muestra la Figura 4.2.1 correspondiente al ajuste de los registros máximos de la estación Acaponeta ; por otro lado, para cada estación, se dibujaron gráficas de ajuste y extrapolaciones, las cuales se incluyen en el **Anexo A**.

Tr	Precipitación (mm)
2	113.81
5	143.4
10	162.99
20	181.78
50	206.1
100	224.33
200	242.49
500	266.45
1000	284.55
2000	302.66
5000	326.58
10000	344.67

Tabla 4.2.2. Extrapolación de llluvias de la estación Acaponeta.

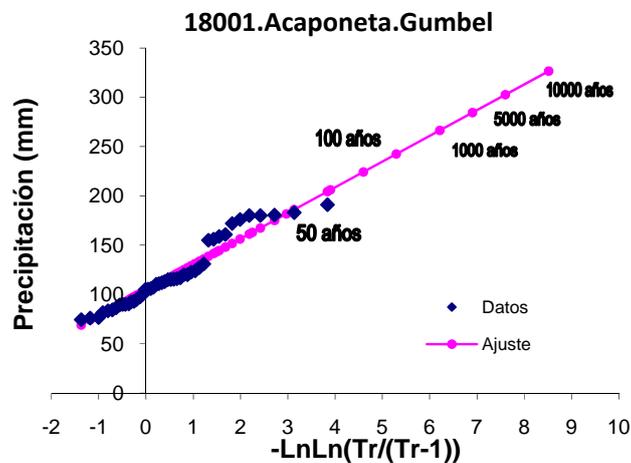


Figura 4.2.1 Gráfica de ajuste Gumbel para datos de estación Acaponeta, Clave 18001.

### 4.3. Análisis de parámetros estadísticos (media y C.V.).

Se organizan los registros máximos anuales de tal manera que puedan cotejarse registros de dudoso orden u observar alguna anomalía en determinado año con ayuda de una hoja de cálculo de Excel. En la primer columna se indican los años en que se tienen registros de precipitación máxima anual, mientras en el primer renglón se muestra la clave de cada estación climatológica. En el cruce de cada uno de estos, se pueden consultar los valores de precipitación para cada estación en cada año. Se obtienen los parámetros estadísticos de los registros máximos anuales de cada estación, como se muestran al final de las Tablas 4.3.1. y 4.3.2.

Clave CLICOM	18001	18002	18004	18005	18007	18010	18013	18016	18018	18019	18020	18021
1942	SD	61	SD									
1943	SD											
1944	SD	54	SD	SD	SD	SD	SD	38.9	SD	SD	SD	SD
1945	SD	38	SD	SD	SD	SD	SD	38.4	SD	SD	SD	SD
1946	SD											
1947	100	SD										
1948	97.5	40	SD									
1949	124	SD										
1950	83.5	55	SD									
1951	90	SD										
1952	95	85	SD									
1953	81.6	SD	SD	SD	SD	SD	SD	78.5	SD	SD	SD	SD
1954	183	SD	SD	SD	SD	SD	SD	56.1	SD	87	SD	SD
1955	116	125.5	SD									
1956	105.5	SD	SD	SD	SD	SD	SD	63.9	SD	114	SD	137
1957	SD	40.2	SD	55	SD	74.5						
1958	90	56	105.6	SD	SD	SD	SD	56.9	SD	148	SD	128.3
1959	120	SD	163.8	SD	SD	SD	SD	103.5	SD	164	SD	SD
1960	93	81	85.6	SD	SD	SD	SD	SD	SD	87	SD	156.9
1961	105	SD	105.7	SD	SD	SD	SD	SD	SD	116	SD	121.6
1962	180.5	SD	112.7	SD	SD	SD	SD	SD	SD	102	SD	94.5
1963	120	SD	168	SD	71.4							
1964	110.4	SD	182.2	106.7	SD	SD	45.9	42.4	73	71	SD	110
1965	90.5	SD	109	64.1	SD	SD	SD	49.6	SD	67	SD	120
1966	180	SD	120	100	SD	SD	83.7	106.5	31.5	100	SD	102
1967	SD	SD	186.4	84.4	SD	SD	81	61.5	SD	106	SD	109
1968	76.1	SD	SD	SD	193	SD	SD	75	SD	105	SD	63.5
1969	84.4	SD	133.8	SD	157.6	74.9	SD	53	SD	SD	56.9	120.8
1970	111	SD	108.3	117.3	95.6	72.8	SD	46.7	SD	154.5	41.5	SD
1971	SD	57	157.2	90.5	100	149.5	SD	SD	60	SD	41.1	SD

## Aplicaciones

1972	172	SD	SD	58.6	292.6	71	SD	SD	SD	142	71.9	84
1973	156	SD	110.5	88.5	122.1	112.5	SD	102	43	88	64.5	87.5
1974	107.3	SD	170.2	69.2	80.8	130	84	72	SD	120	60.8	SD
1975	89.3	SD	SD	72.4	SD	65	SD	SD	38	47	SD	SD
1976	131	SD	153	64.3	109.3	75	56	72	49	SD	70.5	81
1977	122.6	SD	127.8	69.8	82.5	51	58	48	SD	SD	40.4	80
1978	176	34.5	84.6	65.3	93	SD	59	SD	SD	236.5	51	72
1979	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	59	SD	92	SD	SD
1980	SD	55	SD	SD	SD	SD	SD	57	SD	111.4	SD	SD
1981	115	48	100	75.4	97	106	56	67	64	80	SD	SD
1982	155	SD	105.2	65.7	138.3	60.5	47	62	SD	80	56	71
1983	115.2	SD	118	108.5	151	62.3	86	36	SD	SD	51.5	136
1984	158.8	SD	SD	SD	SD	87.9	SD	57	SD	SD	SD	114
1985	112	SD	SD	SD	SD	86.6	SD	64.5	SD	SD	SD	SD
1986	113	70	83.6	85.5	SD	55.7	44	78	SD	SD	SD	66
1987	SD	60	112.6	71.5	SD	80.5	65	42	SD	SD	SD	SD
1988	SD	86	SD	112.5	SD	SD	46	96	SD	SD	SD	SD
1989	92.5	46	SD	79	SD	85.6	SD	SD	SD	135	SD	SD
1990	SD	SD	107.5	64.5	SD	55.5	39	42	63.1	99	SD	47
1991	SD	90	92	SD	SD	91.1	53	52	63.8	102	SD	234
1992	SD	50	156	58.6	SD	76.6	38	49	SD	121	SD	92
1993	SD	45	104	68.6	SD	105.7	76	29	45.9	SD	SD	120
1994	SD	SD	214.5	76.2	SD	66.7	SD	SD	71.8	SD	SD	74
1995	SD	SD	162.2	SD	SD	95.2	63	38	46.5	96	52.5	130.5
1996	SD	70	96.6	117.8	92.5	81.6	63	46	SD	SD	57.6	100
1997	SD	65	210.2	81.4	90.2	49.2	49	SD	54.7	102	42.5	118.5
1998	117	SD	SD	103.8	132	156.8	46	SD	100	112.5	47	140
1999	127.3	77	254.2	92.4	140	SD	48	SD	51.6	SD	39.5	108
2000	180	SD	106.3	SD	SD	SD	55	SD	SD	SD	58.3	124
2001	115.5	49	161.1	SD	82.2	SD	64	61	45.5	SD	69.2	128
2002	106	158	150.5	SD	SD	SD	89.5	83.5	64.2	SD	43.8	91.5
2003	191	50	143.3	SD	SD	SD	SD	62	45.6	SD	56	87
2004	160.8	82.3	100.5	SD	140	SD	67	SD	53.8	SD	57.5	SD
2005	76.7	44.9	138	62.4	110	SD	SD	74	57.2	SD	47.5	84.5
2006	74.5	75	SD	70.5	76.4	SD	SD	71.5	55	SD	71	SD
2007	86.6	SD	SD	70.8	SD	SD	SD	66.4	95.2	SD	44	SD
Media	119.31	65.80	133.32	81.17	122.67	84.82	60.08	60.93	57.84	109.96	53.85	104.86
Desv. Est.	33.48	26.43	40.17	18.07	49.50	28.13	15.24	19.01	18.60	37.56	10.41	33.74
Coef. Var	0.28	0.40	0.30	0.22	0.40	0.33	0.25	0.31	0.29	0.34	0.19	0.32

Tabla 4.3.1. Registros máximos anuales de las estaciones de Nayarit (primera parte). S.D.-Sin Dato



## Aplicaciones

1981	49.7	SD	158	82.1	111	SD	98	SD	SD	SD	86.5	70	SD
1982	SD	96.5	SD	129	133	65.5	SD	110.2	93.5	86	74.3	57	SD
1983	120	SD	113.2	225.5	101.5	98	46	242.5	SD	131.5	146.5	SD	SD
1984	SD	SD	SD	SD	103.5	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1985	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1986	52.6	SD	69	80	120	87.5	48	120	88.6	SD	113.1	SD	SD
1987	SD	78.5	170	SD	SD	130	106	113.5	120.7	SD	SD	SD	SD
1988	64.5	SD	153	SD	SD	82.5	SD	161	SD	SD	SD	64.5	SD
1989	85	85	SD	43.7	143	SD	SD	176.4	SD	83.5	74.5	86	SD
1990	76.8	SD	SD	SD	120	SD	SD	83.5	SD	96.5	57	SD	SD
1991	60.5	120.6	80	100	67	90	84	107	SD	106	121.5	SD	SD
1992	SD	67.5	160	107	123	160	63	121	132	195.5	SD	SD	SD
1993	SD	93	128.5	107	SD	68	64	120.5	SD	91	SD	SD	SD
1994	105.6	85	144	300	SD	68	69	120.5	226.8	130	SD	SD	SD
1995	75.2	61	136	149	SD	80	64	174	131.5	136	SD	SD	SD
1996	80.3	92	126.5	161.5	76	81.5	51	110.1	97.4	105.1	SD	SD	SD
1997	120.3	SD	140	115.5	SD	125.6	42	97.2	SD	164.8	SD	SD	SD
1998	240.3	SD	181	148	190	SD	91	119.2	SD	112.8	SD	SD	SD
1999	125.3	SD	SD	164	SD	80	89	125	SD	158.9	SD	SD	SD
2000	180.2	95	123.8	SD	SD	71	SD	105.8	SD	102.5	SD	SD	SD
2001	SD	51	SD	142	165	140	45	69	SD	SD	SD	SD	SD
2002	160.3	100	SD	80	SD	201.5	SD	SD	SD	120.8	SD	SD	SD
2003	135.5	80	SD	142	90	95	SD	100.4	SD	94.7	SD	SD	SD
2004	115	SD	112.3	SD	SD	121	SD	107.3	SD	103	SD	SD	SD
2005	101	86	100.2	SD	160	SD	SD	146.8	SD	220.8	SD	SD	SD
2006	130.2	80.3	144.2	SD	65.5	SD	SD	101.2	SD	142.2	SD	SD	SD
2007	101.1	87	SD	SD	SD	SD	SD	103.1	SD	137.8	SD	SD	SD
Media	112.48	84.35	135.01	127.85	135.48	103.91	64.44	124.53	112.69	127.11	87.55	69.06	112.44
Desv. Est.	43.61	22.27	34.60	46.53	50.07	39.64	18.95	35.52	34.92	33.82	28.99	17.37	35.32
Coef. Var	0.39	0.26	0.26	0.36	0.37	0.38	0.29	0.29	0.31	0.27	0.32	0.25	0.31

Tabla 4.3.2. Registros máximos anuales de las estaciones de Nayarit (restantes).SD.-Sin Dato.

Con la media de los valores máximos anuales por estación, se detectan posibles errores de medición al cotejar con estaciones cercanas como se muestra en la Figura 4.3.1 del Estado de Nayarit. Esto se hace “graficando” el valor de la precipitación máxima anual media de cada una de las estaciones con ayuda del programa ArcGis 9.0 de ArcMap 9.3. Las precipitaciones medias de cada estación constatan algunos efectos de la orografía y topografía.

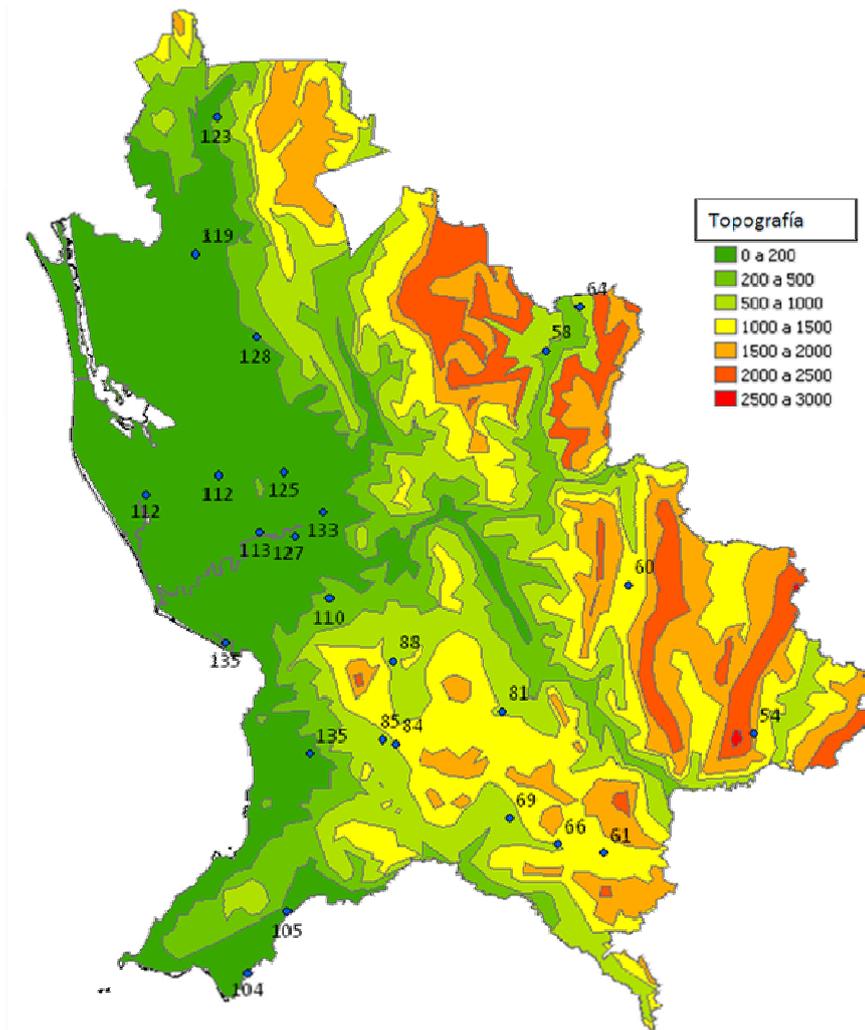


Figura 4.3.1. Mapa con las medias de registros máximos anuales diarios del Estado de Nayarit.

Análogamente, se sitúan los valores del coeficiente de variación, como lo muestra la Figura 4.3.2, que auxilian en una regionalización preliminar según sus coeficientes de variación y su ubicación geográfica. Es importante destacar, que en ocasiones, esta regionalización lleva una importante influencia por la magnitud de la media máxima anual de cada estación.

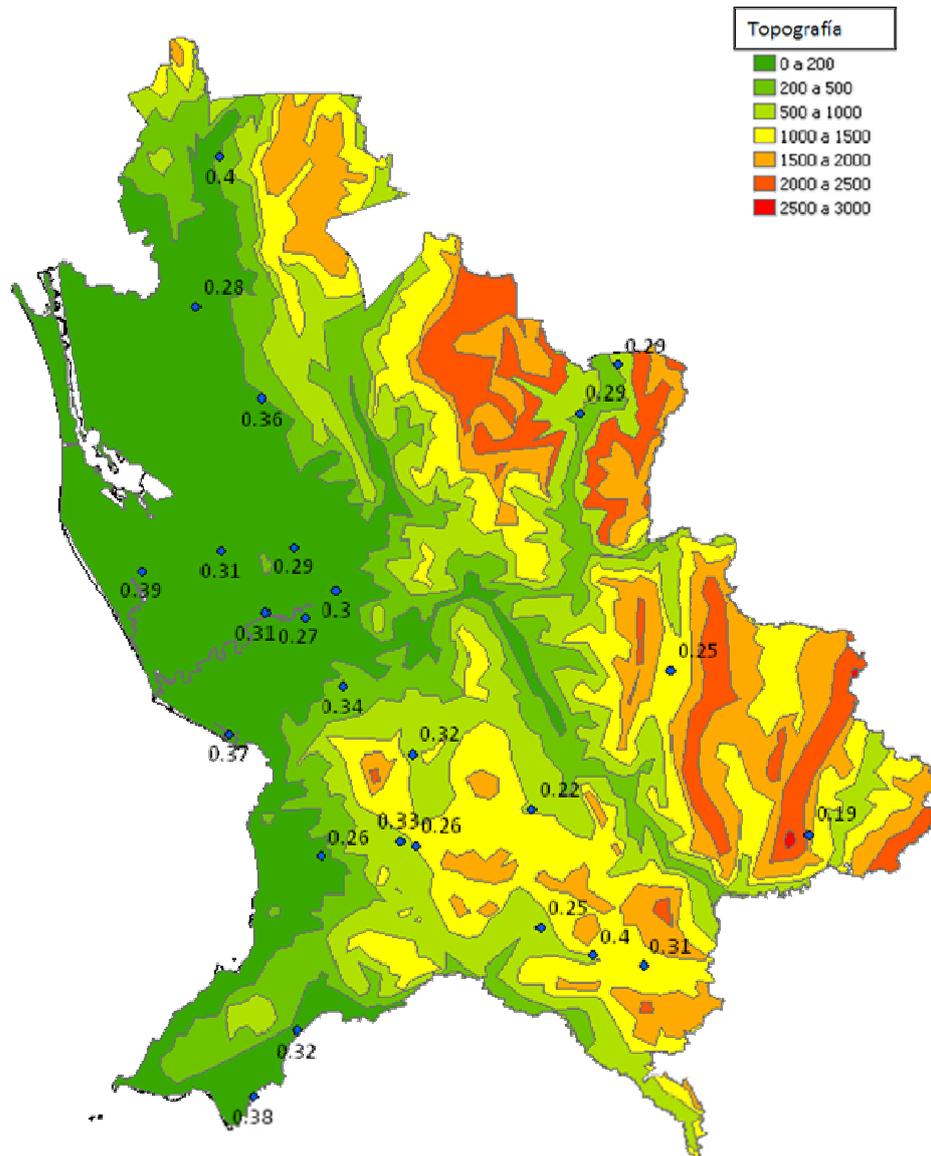


Figura 4.3.2. Mapa de Nayarit con coeficientes de variación de las estaciones en estudio del Estado de Nayarit.

## 4.4. Regionalización.

### 4.4.1. Pruebas estadísticas de homogeneidad para Nayarit.

Debido a que los registros originales no provienen de la misma población, mediante las transformaciones se pretende eliminar las posibles diferencias que brindan características heterogéneas a cada una de las distintas estaciones. De tal manera, será posible generar una muestra homogénea, con un número mayor de datos en el cual se fundamentará el estudio.

Mediante pruebas estadísticas, se verifica si los valores transformados pueden considerarse de una misma población o descartar lo anterior.

En el Estado de Nayarit, los coeficientes de variación no determinaban una gran diferencia regional. Es decir, que no mostraban alguna tendencia en la región, a pesar de las condiciones fisiográficas y orográficas de la zona.

Sin embargo, se observó que la magnitud de la precipitación media máxima si reflejaba una influencia directa por su ubicación geográfica. . Resulta claro que los huracanes impactan directamente en la planicie del Estado, mientras que la cadena montañosa, protege a un segundo grupo de estaciones. Aquellas estaciones con mayor exposición a huracanes y fenómenos meteorológicos propios de las zonas costeras, presentan valores mayores respecto a aquellas zonas a mayor elevación y posiblemente cubiertas por cadenas montañosas. Por ello, se tomó en cuenta la magnitud de los registros a través de su media. Con el valor de la media, se dividió en 2 regiones nombradas como Costa y Sierra refiriéndose a la planicie nayarita y las zonas altas del Estado, respectivamente.

En la Figura 4.4.1.1 se puede apreciar claramente, la formación de dos grupos en el Estado de Nayarit debido a la magnitud de su precipitación media máxima anual. Tomando en cuenta lo anterior, se propone dividir el Estado de Nayarit, básicamente en dos regiones como se muestra en la Figura 4.4.1.2. Aquellas estaciones en las que la media de la precipitación máxima anual está por encima de los 100 mm forman la región Costa colindante con el Océano Pacífico y el Estado de Sinaloa y aquellas estaciones en las que está por debajo de los 100 mm conforman la región nominada como *Sierra* limítrofe con los Estados de Durango, Zacatecas y el interior de Jalisco.

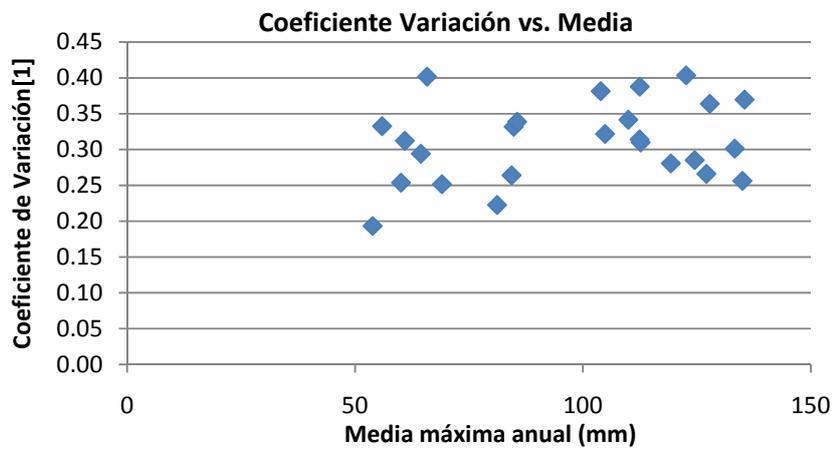


Figura 4.4.1.1. Figura de coeficiente de variación contra media máxima anual.

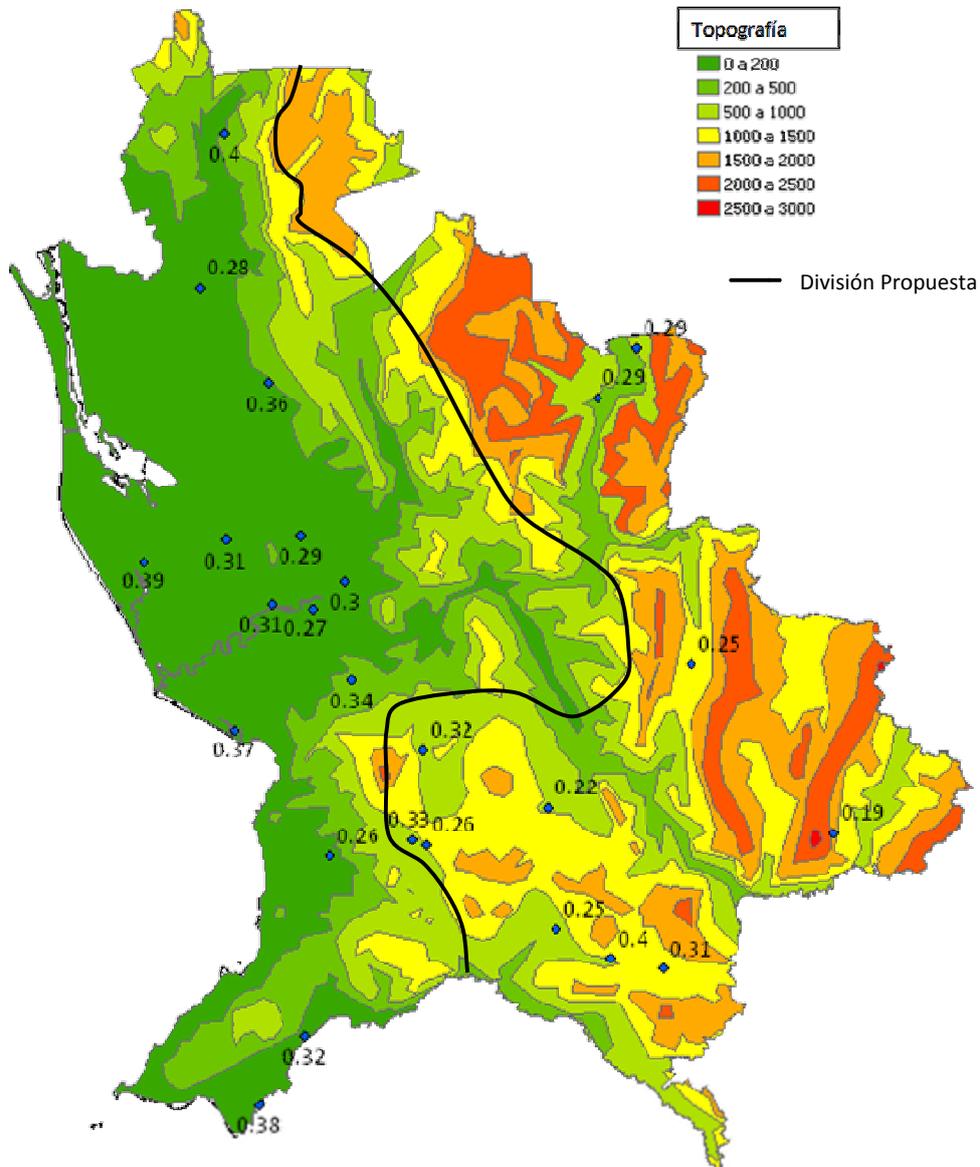


Figura 4.4.1.2. Regionalización Propuesta para Nayarit.

En el siguiente subcapítulo, se analizará pruebas estadísticas de homogeneidad para brindar mayor certeza a la regionalización propuesta.

#### 4.4.2. Prueba de Fisher para Nayarit.

En un primer intento por verificar la agrupación realizada, se utilizó la prueba de Fisher. Para ello se empleó la Tabla 3.4.1.2 del capítulo III para una probabilidad de excedencia del 5%. Con esto, se significa que dentro de una distribución de probabilidad de Fisher, el 5% de los valores podrían encontrarse fuera de la población.

#### 4.4.2.1. Región Costa

En la Tabla 4.4.2.1.1 se muestran los resultados del valor de la función F obtenidos con la ecuación (3.3) para las estaciones de la región propuesta de la Costa.

F	Estación	18001	18004	18007	18019	18021	18022	18025	18028	18029	18030	18032	18034	18037	18041
Estación	C.V.	0.28	0.30	0.40	0.34	0.32	0.39	0.26	0.36	0.37	0.38	0.29	0.31	0.27	0.31
18001	0.28	1	1.15	2.07	1.48	1.31	1.91	1.20	1.68	1.73	1.85	1.03	1.22	1.11	1.25
18004	0.30		1.00	1.79	1.29	1.14	1.66	1.38	1.46	1.50	1.60	1.12	1.06	1.28	1.09
18007	0.40			1.00	1.40	1.57	1.08	2.48	1.23	1.19	1.12	2.00	1.70	2.30	1.65
18019	0.34				1.00	1.13	1.29	1.78	1.14	1.17	1.25	1.43	1.21	1.65	1.18
18021	0.32					1.00	1.45	1.58	1.28	1.32	1.41	1.27	1.08	1.46	1.05
18022	0.39						1.00	2.29	1.14	1.10	1.03	1.85	1.57	2.12	1.52
18025	0.26							1.00	2.02	2.08	2.22	1.24	1.46	1.08	1.50
18028	0.36								1.00	1.03	1.10	1.63	1.38	1.87	1.34
18029	0.37									1.00	1.07	1.68	1.42	1.93	1.38
18030	0.38										1.00	1.79	1.52	2.06	1.48
18032	0.29											1.00	1.18	1.15	1.21
18034	0.31												1.00	1.36	1.03
18037	0.27													1.00	1.39
18041	0.31														1.00

Tabla 4.4.2.1.1. Resultados del cálculo del estadístico F para la región Costa propuesta.

En la siguiente tabla se muestran los valores críticos de F, obtenidos de la Tabla 3.4.1.2 del Capítulo III, asociados al tamaño de la muestra de cada una de las estaciones costeras

F <sub>c</sub>	Estación	18001	18004	18007	18019	18021	18022	18025	18028	18029	18030	18032	18034	18037	18041	
	C.V.	0.28	0.30	0.40	0.34	0.32	0.39	0.26	0.36	0.37	0.38	0.29	0.31	0.27	0.31	
Estación	C.V.	V <sub>1</sub> /V <sub>2</sub>	45	36	20	30	36	27	41	30	30	21	51	23	27	23
18001	0.28	45	1.65	1.69	1.82	1.72	1.71	1.74	1.68	1.72	1.72	1.82	1.66	1.77	1.83	1.78
18004	0.30	36		1.75	1.88	1.84	1.75	1.81	1.71	1.78	1.78	1.86	1.66	1.84	1.86	1.84
18007	0.40	20			2.12	1.93	1.88	1.97	1.83	1.93	1.93	2.1	1.79	2.05	1.97	2.05
18019	0.34	30				1.84	1.78	1.87	1.74	1.84	1.84	1.93	1.69	1.96	1.88	1.96
18021	0.32	36					1.78	1.8	1.72	1.78	1.78	1.87	1.68	1.93	1.86	1.93
18022	0.39	27						1.91	1.76	1.87	1.87	2.03	1.73	1.99	1.91	1.99
18025	0.26	41							1.68	1.74	1.73	1.83	1.67	1.8	1.77	1.8
18028	0.36	30								1.84	1.84	1.9	1.92	1.96	1.88	1.96
18029	0.37	30									1.84	1.9	1.92	1.96	1.88	1.96
18030	0.38	21										2.09	1.87	2.04	1.96	2.04
18032	0.29	51											1.68	1.74	1.81	1.74
18034	0.31	23												2.04	1.94	2.04
18037	0.27	27													1.91	1.94
18041	0.31	23														2.04

Tabla 4.4.2.1.2. Valores críticos de la función F para la región Costa propuesta.

En la Tabla 4.4.2.1.3 se muestran los resultados de la comparación de los valores de la función  $F$  contra los valores críticos establecidos en la Tabla 3.4.1.2 del Capítulo III. Cuando el valor calculado, excede al valor crítico de la función  $F$ , aparece una leyenda expresando lo anterior. De lo contrario, si el valor se encuentra dentro del rango permitido, aparece el valor calculado.

$F_c \leq F$	Estación	18001	18004	18007	18019	18021	18022	18025	18028	18029	18030	18032	18034	18037	18041
Estación	C.V.	0.28	0.30	0.40	0.34	0.32	0.39	0.26	0.36	0.37	0.38	0.29	0.31	0.27	0.31
18001	0.28	1.00	1.15	Excede	1.48	1.31	Excede	1.20	1.68	Excede	Excede	1.03	1.22	1.11	1.25
18004	0.30		1.00	1.79	1.29	1.14	1.66	1.38	1.46	1.50	1.60	1.12	1.06	1.28	1.09
18007	0.40			1.00	1.40	1.57	1.08	Excede	1.23	1.19	1.12	Excede	1.70	Excede	1.65
18019	0.34				1.00	1.13	1.29	Excede	1.14	1.17	1.25	1.43	1.21	1.65	1.18
18021	0.32					1.00	1.45	1.58	1.28	1.32	1.41	1.27	1.08	1.46	1.05
18022	0.39						1.00	Excede	1.14	1.10	1.03	Excede	1.57	Excede	1.52
18025	0.26							1.00	Excede	Excede	Excede	1.24	1.46	1.08	1.50
18028	0.36								1.00	1.03	1.10	1.63	1.38	1.87	1.34
18029	0.37									1.00	1.07	1.68	1.42	Excede	1.38
18030	0.38										1.00	1.79	1.52	Excede	1.48
18032	0.29											1.00	1.18	1.15	1.21
18034	0.31												1.00	1.36	1.03
18037	0.27													1.00	1.39
18041	0.31														1.00

Tabla 4.4.2.1.3. Comparativo de valores críticos y calculados para la región Costa Propuesta.

Como se puede observar, en la región de la Costa las estaciones 18001, 18025 y 18037 son sensiblemente distintas a la población. La estación 18022, muestra algunas discordancias con la región, sin embargo, esto se debe al valor de su coeficiente de variación que resulta grande para cualquiera de las dos poblaciones en estudio.

En la práctica, es factible encontrarse con este problema debido a la incoherencia de los datos. Por ejemplo, es muy claro que las estaciones con clave 18034 y 18037 no pueden tener grandes diferencias en sus registros por su cercanía y exposición a condiciones climáticas semejantes. Es por ello, que pese a que la prueba de Fisher, la descarta como parte de la población denominada Costa, se mantuvo en el conjunto.

#### 4.4.2.2. Región Sierra

Para la región propuesta como Sierra se aplicó la misma prueba de Fisher. En la Tabla 4.4.2.2.1, se muestran los resultados de la función F obtenidos con la expresión (3.3) para las estaciones pertenecientes dicha región.

F	Estación	18002	18005	18010	18013	18016	18018	18020	18023	18031	18038	18040
Estación	C.V.	0.40	0.22	0.33	0.25	0.31	0.29	0.19	0.26	0.29	0.32	0.25
18002	0.40	1.00	3.26	1.47	2.51	1.66	1.96	4.32	2.31	1.87	1.60	2.55
18005	0.22		1.00	2.22	1.30	1.97	1.66	1.33	1.41	1.75	2.04	1.28
18010	0.33			1.00	1.71	1.13	1.34	2.95	1.58	1.27	1.09	1.74
18013	0.25				1.00	1.51	1.28	1.72	1.08	1.34	1.57	1.02
18016	0.31					1.00	1.18	2.61	1.40	1.13	1.04	1.54
18018	0.29						1.00	2.31	1.24	1.00	1.23	1.37
18020	0.19							1.00	1.87	2.31	2.70	1.69
18023	0.26								1.00	1.37	1.60	1.00
18031	0.29									1.00	1.17	1.37
18038	0.32										1.00	1.60
18040	0.25											1.00

Tabla 4.4.2.2.1. Resultados del cálculo del estadístico F para la región Sierra propuesta.

En la Tabla 4.4.2.2.2 Se muestran los valores críticos asociados al tamaño de la muestra de cada estación como se establecen en la Tabla 3.4.1.2.

F <sub>c</sub>	Estación	18002	18005	18010	18013	18016	18018	18020	18023	18031	18038	18040	
	C.V.	0.40	0.22	0.33	0.25	0.31	0.29	0.19	0.26	0.29	0.32	0.25	
Estación	C.V.	V1/V2	28	30	25	25	40	22	23	30	21	24	25
18002	0.40	28	1.88	1.86	1.93	1.93	1.77	2	1.98	1.86	2.02	1.95	1.93
18005	0.22	30		1.84	1.88	1.88	1.79	1.91	1.96	1.84	1.92	1.89	1.88
18010	0.33	25			1.95	1.95	1.78	2.02	2.02	1.88	2	1.97	1.95
18013	0.25	25				1.95	1.78	1.99	2.02	1.88	2	1.96	1.95
18016	0.31	40					1.69	1.94	1.91	1.79	1.96	1.79	1.87
18018	0.29	22						2.05	2.03	1.91	2.07	2.03	1.98
18020	0.19	23							2.02	1.96	2.04	2.01	2
18023	0.26	30								1.84	1.92	1.89	1.92
18031	0.29	21									2.09	2.05	2
18038	0.32	24										1.98	1.96
18041	0.25	23											2

Tabla 4.4.2.2.2. Valores críticos de la función F para la región Sierra propuesta.

En la Tabla 4.4.2.2.3 se muestran los resultados de la comparación de los valores F contra los valores límite, establecidos en la Tabla 3.4.1.2. Cuando el valor calculado, excede al valor límite de la función F, aparece una leyenda expresando lo anterior. De lo contrario, si el valor se encuentra dentro del rango permitido, aparece el valor calculado.

$F_c \leq F$	Estación	18002	18005	18010	18013	18016	18018	18020	18023	18031	18038	18040
Estación	C.V.	0.40	0.22	0.33	0.25	0.31	0.29	0.19	0.26	0.29	0.32	0.25
18002	0.40	1.00	Excede	1.47	Excede	1.66	1.96	Excede	Excede	1.87	1.60	Excede
18005	0.22		1.00	Excede	1.30	Excede	1.66	1.33	1.41	1.75	Excede	1.28
18010	0.33			1.00	1.71	1.13	1.34	Excede	1.58	1.27	1.09	1.74
18013	0.25				1.00	1.51	1.28	1.72	1.08	1.34	1.57	1.02
18016	0.31					1.00	1.18	Excede	1.40	1.13	1.04	1.54
18018	0.29						1.00	Excede	1.24	1.00	1.23	1.37
18020	0.19							1.00	1.87	Excede	Excede	1.69
18023	0.26								1.00	1.37	1.60	1.00
18031	0.29									1.00	1.17	1.37
18038	0.32										1.00	1.60
18040	0.25											1.00

Tabla 4.4.2.2.3. Comparativo de valores críticos y calculados para la región Sierra Propuesta.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, las estaciones 18002, 18005 y 18020 son sensiblemente diferentes al resto de las estaciones de la región. Al igual que en el caso de la Costa, se trata de estaciones con valores extremos en sus coeficientes de variación. Sin embargo, por su ubicación geográfica, especialmente por su posicionamiento orográfico, las estaciones 18002 y 18040 no debieran tener tal variación.

#### 4.4.2.3. Regionalización modificada.

Con los resultados arrojados por la prueba de Fisher para ambas regiones, se decidió agrupar la estación 18001 y la estación 18025 con el grupo de la Sierra. Esta decisión se toma ahora, siguiendo su parámetro estadístico del coeficiente de variación y considerando su cercanía a dicha región. Es de resaltar, que la Costa y la Sierra no son regiones contrastantes en dicho parámetro. Por lo anterior, las pocas estaciones que tienen coeficientes de variación grandes o pequeños resaltan sensiblemente en una prueba de este tipo. Así mismo, es de importancia resaltar la posibilidad en la incertidumbre de los datos incorrectos como ya se constató con la estación 18037 y 18034.

La Tabla 4.4.2.3.1 muestra los valores F de la función de Fisher, con la inclusión de las estaciones 18001 y 18025 en el grupo de la Sierra.

F	Estación	18001	18002	18005	18010	18013	18016	18018	18020	18023	18025	18031	18038	18040
Estación	C.V.	0.28	0.40	0.22	0.33	0.25	0.31	0.29	0.19	0.26	0.26	0.29	0.32	0.25
18001	0.28	1.00	2.05	1.59	1.40	1.22	1.24	1.04	2.11	1.13	1.20	1.10	1.28	1.24
18002	0.40		1.00	3.26	1.47	2.51	1.66	1.96	4.32	2.31	2.46	1.87	1.60	2.55
18005	0.22			1.00	2.22	1.30	1.97	1.66	1.33	1.41	1.33	1.75	2.04	1.28
18010	0.33				1.00	1.71	1.13	1.34	2.95	1.58	1.68	1.27	1.09	1.74
18013	0.25					1.00	1.51	1.28	1.72	1.08	1.02	1.34	1.57	1.02
18016	0.31						1.00	1.18	2.61	1.40	1.48	1.13	1.04	1.54
18018	0.29							1.00	2.20	1.18	1.25	1.05	1.23	1.30
18020	0.19								1.00	1.87	1.76	2.31	2.70	1.69
18023	0.26									1.00	1.06	1.24	1.45	1.10
18025	0.26										1.00	1.32	1.54	1.04
18031	0.29											1.00	1.17	1.37
18038	0.32												1.00	1.60
18040	0.25													1.00

Tabla 4.4.2.3.1. Resultados del cálculo del estadístico F para la región Sierra modificada.

De manera análoga, se obtiene los valores críticos establecidos en la Tabla 3.4.1.2 para un nivel de significancia del 5%. Los resultados se muestran en la Tabla 4.4.2.3.2.

$F_c$	Estación		18001	18002	18005	18010	18013	18016	18018	18020	18023	18025	18031	18038	18040
	C.V.	$V_1/V_2$	0.28	0.40	0.22	0.33	0.25	0.31	0.29	0.19	0.26	0.26	0.29	0.32	0.25
Estación	C.V.	$V_1/V_2$	45	28	30	25	25	40	22	23	30	42	21	24	25
18001	0.28	45	1.58	1.77	1.71	1.8	1.86	1.66	1.79	1.93	1.79	1.66	1.8	1.76	1.75
18002	0.40	28		1.88	1.86	1.93	1.93	1.77	2	1.98	1.86	1.75	2.02	1.95	1.93
18005	0.22	30			1.84	1.88	1.88	1.79	1.91	1.96	1.84	1.79	1.92	1.89	1.88
18010	0.33	25				1.95	1.95	1.78	2.02	2.02	1.88	1.78	2	1.97	1.95
18013	0.25	25					1.95	1.78	2.02	2.02	1.88	1.87	2	1.96	1.95
18016	0.31	40						1.69	1.94	1.91	1.79	1.68	1.96	1.79	1.87
18018	0.29	22							2.05	2.03	1.91	1.72	2.07	2.03	1.98
18020	0.19	23								2.02	1.96	1.79	2.04	2.01	2
18023	0.26	30									1.84	1.69	1.92	1.89	1.92
18025	0.26	42										1.73	1.84	1.78	1.87
18031	0.29	21											2.09	2.05	2
18038	0.32	24												1.98	1.96
18041	0.25	23													2

Tabla 4.4.2.3.2. Valores críticos de la función F para la región Sierra modificada.

En Tabla 4.4.2.3.3 se muestra la comparativa entre los valores F y los valores críticos de F.

$F_c \leq F$	Estación	18001	18002	18005	18010	18013	18016	18018	18020	18023	18025	18031	18038	18040
Estación	C.V.	0.28	0.40	0.22	0.33	0.25	0.31	0.29	0.19	0.26	0.26	0.29	0.32	0.25
18001	0.28	1.00	Excede	1.59	1.40	1.22	1.24	1.04	Excede	1.13	1.20	1.10	1.28	1.24
18002	0.40		1.00	Excede	1.47	Excede	1.66	1.96	Excede	Excede	Excede	1.87	1.60	Excede
18005	0.22			1.00	Excede	1.30	Excede	1.66	1.33	1.41	1.33	1.75	Excede	1.28
18010	0.33				1.00	1.71	1.13	1.34	Excede	1.58	1.68	1.27	1.09	1.74
18013	0.25					1.00	1.51	1.28	1.72	1.08	1.02	1.34	1.57	1.02
18016	0.31						1.00	1.18	Excede	1.40	1.48	1.13	1.04	1.54
18018	0.29							1.00	Excede	1.18	1.25	1.05	1.23	1.30
18020	0.19								1.00	1.87	1.76	Excede	Excede	1.69
18023	0.26									1.00	1.06	1.24	1.45	1.10
18025	0.26											1.32	1.54	1.04
18031	0.29											1.00	1.17	1.37
18038	0.32												1.00	1.60
18040	0.25													1.00

Tabla 4.4.2.3.3. Comparativo de valores críticos y calculados para la región Sierra modificada.

Es evidente, que la región Sierra aún muestra muchas incongruencias, lo cual sugiere que las estaciones 18002, 18005, 18020 probablemente no formen parte de la misma región.

## Aplicaciones

En la Tabla 4.4.2.3.4 se muestran los resultados de la comparación de los valores de la función F y de sus valores permisibles según Fisher para un 5% de excedencia, ya sin las estaciones 18001 y 18025. Se resaltan los buenos resultados obtenidos, salvo por los inconvenientes de las estaciones 18022 y 18037 mencionados previamente.

$F_c \leq F$	Estación	18004	18007	18019	18021	18022	18028	18029	18030	18032	18034	18037	18041
Estación	C.V.	0.30	0.40	0.34	0.32	0.39	0.36	0.37	0.38	0.29	0.31	0.27	0.31
18004	0.30	1.00	1.79	1.29	1.14	1.66	1.46	1.50	1.60	1.12	1.06	1.28	1.09
18007	0.40		1.00	1.40	1.57	1.08	1.23	1.19	1.12	Excede	1.70	Excede	1.65
18019	0.34			1.00	1.13	1.29	1.14	1.17	1.25	1.43	1.21	1.65	1.18
18021	0.32				1.00	1.45	1.28	1.32	1.41	1.27	1.08	1.46	1.05
18022	0.39					1.00	1.14	1.10	1.03	Excede	1.57	Excede	1.52
18028	0.36						1.00	1.03	1.10	1.63	1.38	1.87	1.34
18029	0.37							1.00	1.07	1.68	1.42	Excede	1.38
18030	0.38								1.00	1.79	1.52	Excede	1.48
18032	0.29									1.00	1.18	1.15	1.21
18034	0.31										1.00	1.36	1.03
18037	0.27											1.00	1.39
18041	0.31												1.00

Tabla 4.4.2.3.4. Comparativo de valores críticos calculados para la región Costa modificada.

De igual forma, la región Costa mostró resultados mucho más congruentes salvo por la estación 18037 y en menor medida la 18032. En la tabla superior, se observa que discrepan de la región, especialmente con las estaciones 18007 y 18022, que tienen los valores de coeficiente de variación más altos de la región Costa modificada. Este fenómeno, también se observa con las estaciones con valores extremos de la región Sierra mencionadas previamente.

#### 4.4.3. Prueba de los números aleatorios para Nayarit.

Debido a que la prueba de Fisher puede resultar muy conservadora por su base en la distribución normal, se propone una prueba de homogeneidad alterna. Para hacer un último intento en sustentar la hipótesis, se obtendrán números aleatorios, generados a partir de la curva de distribución de probabilidad regional. Con ello, se verificará la viabilidad de que la muestra pertenezca a la población o se descartará definitivamente.

Los números aleatorios se generan con base en una distribución de probabilidad uniforme. Es de importancia mencionar que la función de densidad de probabilidad uniforme, muestra que todos los eventos tienen la misma probabilidad de ocurrencia. Esta es una de las ventajas que representa generar números aleatorios con base en esta distribución de probabilidad.

A partir de la función de densidad de probabilidad uniforme, se obtienen los valores para la distribución en estudio, que en este caso será Gumbel. Aquellos puntos donde la función de distribución de probabilidad muestra pendientes más altas, son aquellos intervalos donde existe una mayor probabilidad de ocurrencia para un evento dado.

A partir de la curva de distribución de probabilidad Gumbel, mediante el valor aleatorio dado para  $F(x)$ , se obtiene el valor de  $x$  (considerado un registro hipotético) con la siguiente expresión.

$$x = \frac{-\ln \ln \frac{1}{F(x)}}{\alpha} + \beta \quad (4.1)$$

#### 4.4.3.1. Región Costa

Para la Región Costa, se obtuvieron 10 muestras igualando el número de registros históricos, de tal manera que se tenga una probabilidad del 10% de excedencia en los valores o en su defecto del 90% de nivel de confianza. Es decir, que la probabilidad de que una muestra cayera fuera del rango para cada estación, es del 10%. A partir de las muestras generadas, se calculó el coeficiente de variación de cada una. Se obtuvieron los valores máximos y mínimos para el coeficiente de variación sintético de cada estación. En la Figura 4.4.3.1.1 se muestran los valores máximos y mínimos del coeficiente de variación de los registros sintéticos generados a partir de la curva de distribución de probabilidad Gumbel y el valor histórico que corresponde a los registros. Los números aleatorios, así como las muestras  $x$  generadas por los números aleatorios, se pueden encontrar en el **Anexo B**.

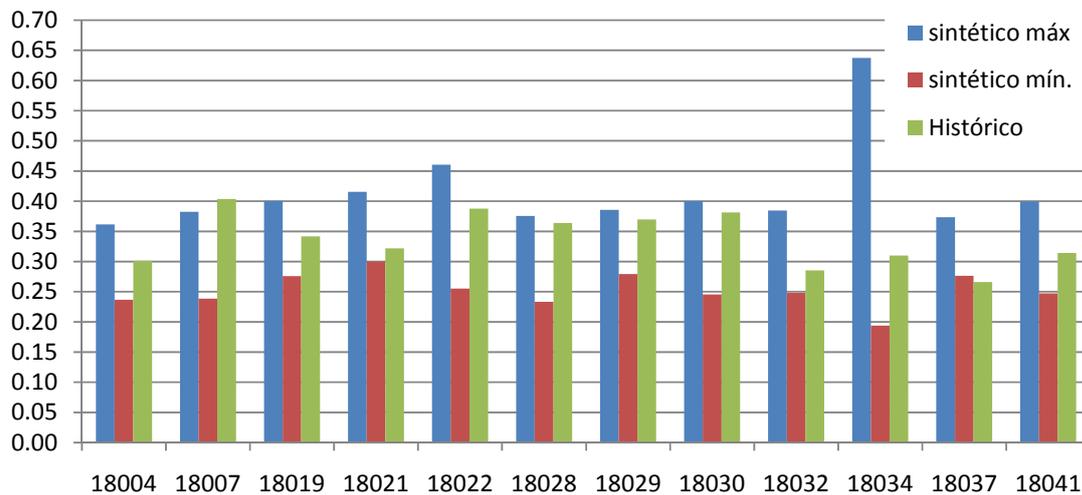


Figura 4.4.3.1.1. Registros históricos y sintéticos para valores de C.V. de la Región Costa modificada.

Para la Región Costa los resultados son bastante consistentes con la hipótesis. La estación 18037 muestra una ligera perturbación de los resultados, pero es tan pequeña, que no aporta elementos suficientes para rechazar la pertenencia de esa estación a la Región. Probablemente, dicha perturbación es atribuible al corto periodo de registro de la estación en discusión.

#### 4.4.3.2. Región Sierra

Como se observó en el subcapítulo anterior, en la Región de la Sierra, aún existen discrepancias. Por ello se obtuvieron 10 muestras igualando el número de registros históricos, de tal manera que se tenga una probabilidad del 10% de excedencia en los valores o en su defecto del 90% de nivel de confianza. En la Figura 4.4.3.2.1 se muestran los valores máximos y mínimos del coeficiente de variación de los registros sintéticos generados a partir de la curva de distribución de probabilidad Gumbel y el valor histórico que corresponde a los registros.

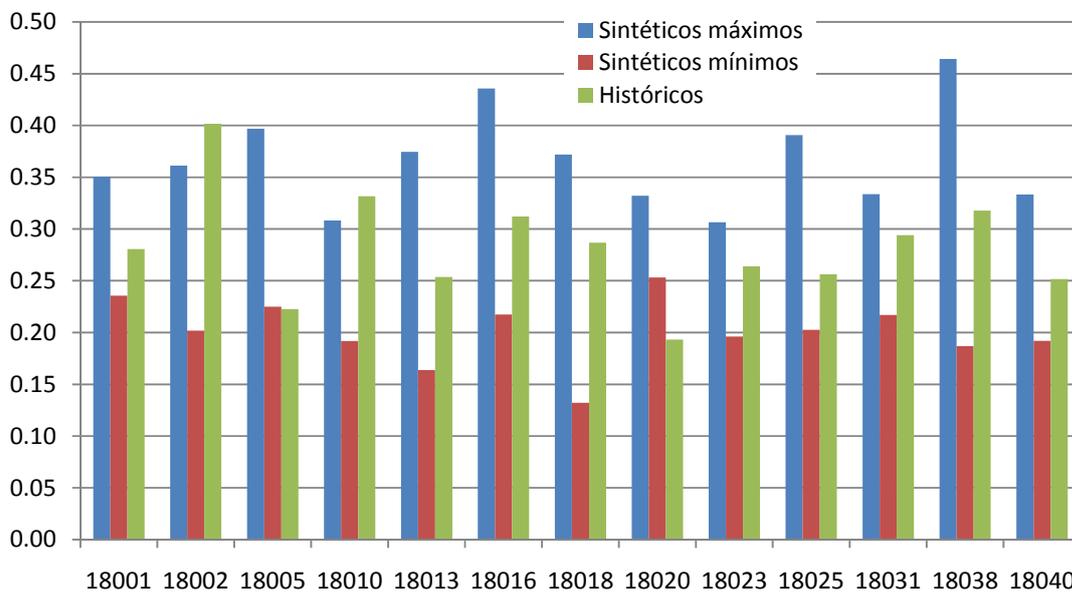


Figura 4.4.3.2.1. Registros históricos y sintéticos para valores de C.V. de la Región Sierra modificada.

Para la región de la Sierra, específicamente de las estaciones 18002 y 18020, se obtendrán 100 muestras, de tal manera que se tenga una muestra mucho más amplia debido a las incongruencias que aún se muestran en la región. En términos generales, las incongruencias son atribuibles a la estrechez en el registro, por ello, al generar una muestra mucho más amplia, se tiene una mayor representatividad de la población. Con esto, se tiene un nivel de confianza del 99%, en otras palabras, de cada 100 datos, uno de estos puede estar por encima o por debajo del rango de la población. Los resultados para esta nueva prueba en estas estaciones se muestran en la Figura 4.4.3.2.2.

## Aplicaciones

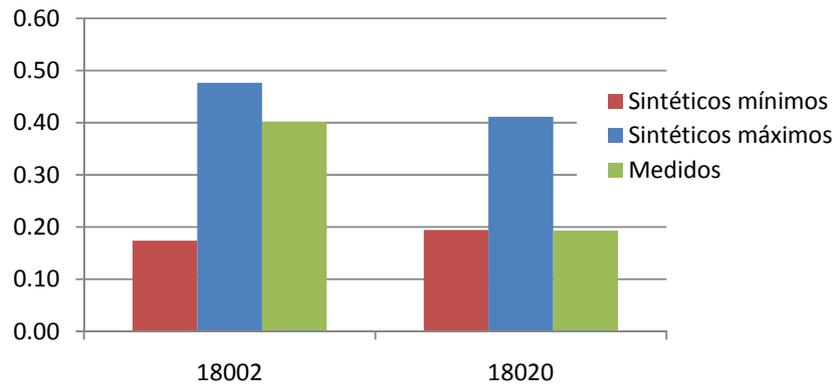


Figura 4.4.3.2.2. Registros históricos y sintéticos para valores de C.V. de las estaciones 18002 y 18020.

En la figura anterior, se observa que los valores históricos se encuentran dentro de los rangos de valores posibles para los coeficientes de variación de ambas estaciones.

Por lo anterior, se considera válida la regionalización mostrada en la Figura 4.4.3.2.3, en la cual las estaciones 18001 y 18025 se integran a la región Sierra mencionada previamente. Si bien en estos casos, la regionalización no está sustentada geográficamente, la discusión desarrollada sobre las pruebas estadísticas, mostró que dicha regionalización resultaría lo más recomendable de acuerdo con los valores de los coeficientes de variación de ambas estaciones. Como lo muestra la Figura 4.4.3.2.3, las estaciones ubicadas con color rojo son aquellas correspondientes a la Región de la Costa, mientras aquellas marcadas de color azul, corresponden a la Región de Sierra.

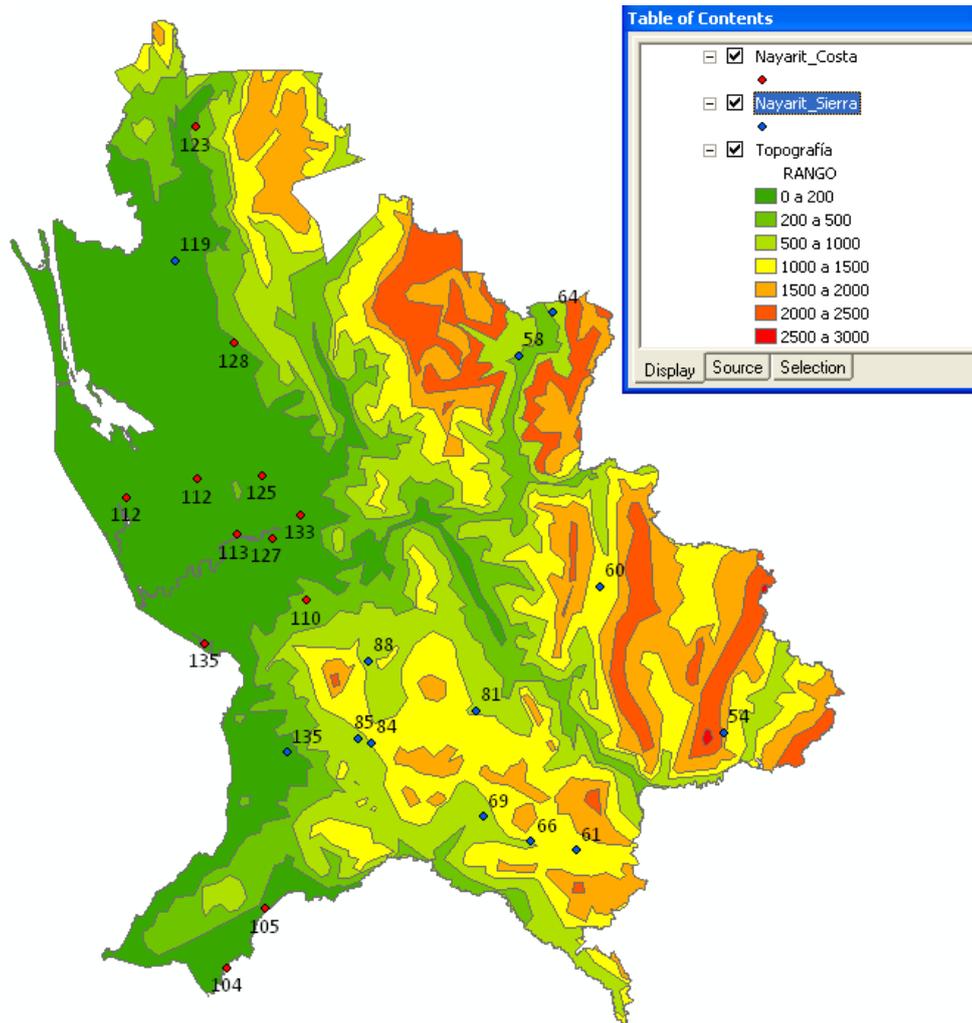


Figura 4.4.3.2.3. Regionalización validada mediante pruebas estadísticas. Media máxima para estaciones incluidas en las regiones Sierra y Costa.

#### 4.4.4. Regionalización Costa.

Una vez definidas las regiones, se estandarizan los datos en búsqueda de la eliminación de características individuales de cada una de las estaciones. Se realiza una prueba de bondad con la cual se verifica que los datos (cada uno de los registros) estén siendo estandarizados de manera correcta. Esta prueba de bondad consiste en dividir los registros de cada estación entre sus respectivas medias. La media de los datos estandarizados debe ser igual a 1.

## Aplicaciones

Los datos estandarizados de las estaciones que fueron asignadas a la región Costa se presentan en la Tabla 4.4.4.1.

Clave CLICOM	18004	18007	18019	18021	18022	18028	18029	18030	18032	18034	18037	18041
1942	SD	SD	SD	SD	SD	SD	1.011	SD	SD	SD	SD	SD
1943	SD	SD	SD	SD	SD	SD	1.742	SD	SD	SD	SD	SD
1944	SD	SD	SD	SD	SD	SD	1.476	SD	SD	SD	SD	SD
1945	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.738	SD	SD	SD	SD	SD
1946	SD	SD	SD	SD	SD	SD	1.624	SD	SD	SD	SD	SD
1947	SD											
1948	SD	1.016	SD	SD	0.947							
1949	SD	0.917	SD	SD	SD							
1950	SD	1.606	SD	SD	SD							
1951	SD	0.675	SD	SD	1.263							
1952	SD	0.948	SD	SD	0.925							
1953	SD	0.569	SD	SD	0.636							
1954	SD	SD	0.791	SD	0.934							
1955	SD	1.092	0.799	SD	1.405							
1956	SD	SD	1.037	1.306	SD	SD	SD	SD	0.917	1.250	SD	1.076
1957	SD	SD	0.500	0.710	SD	SD	SD	SD	0.895	0.799	SD	1.343
1958	0.792	SD	1.346	1.223	SD	0.896	SD	SD	1.063	0.912	SD	1.094
1959	1.229	SD	1.491	SD	SD	1.083	SD	SD	0.730	0.560	SD	1.405
1960	0.642	SD	0.791	1.496	SD	0.906	SD	SD	SD	SD	SD	0.507
1961	0.793	SD	1.055	1.160	SD	SD	SD	SD	1.014	0.892	SD	1.001
1962	0.845	SD	0.928	0.901	SD	SD	SD	SD	1.115	0.563	SD	0.961
1963	SD	SD	1.528	0.681	SD	0.810	SD	SD	1.042	SD	SD	0.667
1964	1.367	SD	0.646	1.049	SD	SD	0.856	SD	0.808	SD	SD	0.543
1965	0.818	SD	0.609	1.144	SD	0.646	SD	SD	0.683	1.012	SD	0.623
1966	0.900	SD	0.909	0.973	SD	SD	SD	SD	0.957	1.029	SD	0.912
1967	1.398	SD	0.964	1.039	SD	SD	SD	SD	1.884	SD	SD	0.863
1968	SD	1.573	0.955	0.606	SD	SD	0.594	SD	0.919	SD	0.913	1.872
1969	1.004	1.285	SD	1.152	0.937	1.252	1.786	SD	1.381	SD	SD	1.023
1970	0.812	0.779	1.405	SD	0.982	0.815	SD	SD	0.969	1.155	1.212	SD
1971	1.179	0.815	SD	SD	0.608	1.169	1.698	SD	0.818	0.923	1.011	0.738
1972	SD	2.385	1.291	0.801	1.206	1.036	0.945	0.606	1.245	0.976	0.999	1.018
1973	0.829	0.995	0.800	0.834	1.427	0.794	0.827	SD	0.976	SD	SD	1.116
1974	1.277	0.659	1.091	SD	SD	1.096	0.723	0.962	1.140	0.932	0.913	1.130
1975	SD	SD	0.427	SD	SD	0.878	1.129	SD	0.949	1.207	1.298	SD

1976	1.148	0.891	SD	0.772	1.009	0.899	SD	SD	1.306	0.600	1.204	SD
1977	0.959	0.673	SD	0.763	0.851	0.917	1.048	1.848	0.584	0.998	SD	SD
1978	0.635	0.758	2.151	0.687	1.603	SD	0.598	0.828	1.017	1.491	SD	SD
1979	SD	SD	0.837	SD	SD	SD	1.151	SD	SD	SD	0.629	SD
1980	SD	SD	1.013	SD	SD							
1981	0.750	0.791	0.728	SD	0.442	0.642	0.819	SD	SD	SD	SD	SD
1982	0.789	1.127	0.728	0.677	SD	1.009	0.982	0.630	0.885	0.830	0.677	SD
1983	0.885	1.231	SD	1.297	1.067	1.764	0.749	0.943	1.947	SD	1.035	SD
1984	SD	SD	SD	1.087	SD	SD	0.764	SD	SD	SD	SD	SD
1985	SD	SD										
1986	0.627	SD	SD	0.629	0.468	0.626	0.886	0.842	0.964	0.786	SD	SD
1987	0.845	SD	SD	SD	SD	SD	SD	1.251	0.911	1.071	SD	SD
1988	SD	SD	SD	SD	0.573	SD	SD	0.794	1.293	SD	SD	SD
1989	SD	SD	1.228	SD	0.756	0.342	1.055	SD	1.416	SD	0.657	SD
1990	0.806	SD	0.900	0.448	0.683	SD	0.886	SD	0.670	SD	0.759	SD
1991	0.690	SD	0.928	2.231	0.538	0.782	0.495	0.866	0.859	SD	0.834	SD
1992	1.170	SD	1.100	0.877	SD	0.837	0.908	1.540	0.972	1.171	1.538	SD
1993	0.780	SD	SD	1.144	SD	0.837	SD	0.654	0.968	SD	0.716	SD
1994	1.609	SD	SD	0.706	0.939	2.346	SD	0.654	0.968	2.013	1.023	SD
1995	1.217	SD	0.873	1.244	0.669	1.165	SD	0.770	1.397	1.167	1.070	SD
1996	0.725	0.754	SD	0.954	0.714	1.263	0.561	0.784	0.884	0.864	0.827	SD
1997	1.577	0.735	0.928	1.130	1.070	0.903	SD	1.209	0.781	SD	1.297	SD
1998	SD	1.076	1.023	1.335	2.136	1.158	1.402	SD	0.957	SD	0.887	SD
1999	1.907	1.141	SD	1.030	1.114	1.283	SD	0.770	1.004	SD	1.250	SD
2000	0.797	SD	SD	1.182	1.602	SD	SD	0.683	0.850	SD	0.806	SD
2001	1.208	0.670	SD	1.221	SD	1.111	1.218	1.347	0.554	SD	SD	SD
2002	1.129	SD	SD	0.873	1.425	0.626	SD	1.939	SD	SD	0.950	SD
2003	1.075	SD	SD	0.830	1.205	1.111	0.664	0.914	0.806	SD	0.745	SD
2004	0.754	1.141	SD	SD	1.022	SD	SD	1.164	0.862	SD	0.810	SD
2005	1.035	0.897	SD	0.806	0.898	SD	1.181	SD	1.179	SD	1.737	SD
2006	SD	0.623	SD	SD	1.158	SD	0.483	SD	0.813	SD	1.119	SD
2007	SD	SD	SD	SD	0.899	SD	SD	SD	0.828	SD	1.084	SD
Media	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 4.4.4.1. Datos estandarizados de la región Costa. S.D.-Sin Dato.

Finalmente, se introducen los datos en su debido formato al programa AX y se encuentra la mejor curva de ajuste a los datos estandarizados de toda la región. Estos datos son analizados estadísticamente y asociados a funciones de distribución de probabilidad disponibles en el programa AX. Para el caso de la región Costa, se obtuvo como mejor curva de ajuste la distribución Gumbel y se presenta en la Figura 4.4.4.1.

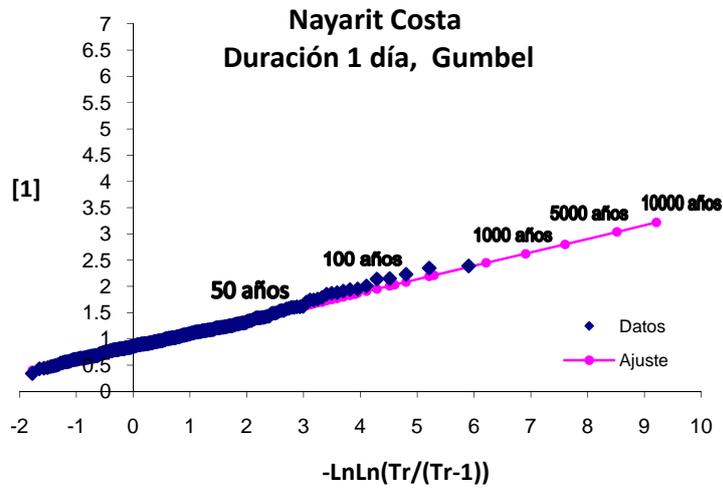


Figura 4.4.4.1. Gráfica Gumbel para la Región Costa.

Con ayuda del programa AX, se obtienen las extrapolaciones de los factores regionales para distintos periodos de retorno como se muestra en Tabla 4.4.4.2.

Tr	Factor Regional
2	0.95
5	1.24
10	1.43
20	1.61
50	1.85
100	2.03
200	2.21
500	2.45
1000	2.62
2000	2.8
5000	3.04
10000	3.22

Tabla 4.4.4.2. Factores regionales extrapolados para la región Costa.

#### 4.4.5. Regionalización Sierra.

Los datos estandarizados de las estaciones pertenecientes a la Región Sierra se presentan en\_ la Tabla 4.4.5.1.

Clave CLICOM	18001	18002	18005	18010	18013	18016	18018	18020	18023	18025	18031	18038	18040
1942	SD	0.927	SD										
1943	SD												
1944	SD	0.821	SD	SD	SD	0.638	SD						
1945	SD	0.578	SD	SD	SD	0.630	SD						
1946	SD												
1947	0.838	SD											
1948	0.817	0.608	SD										
1949	1.039	SD											
1950	0.700	0.836	SD	1.022	SD	SD	SD						
1951	0.754	SD	0.781	SD	SD	SD							
1952	0.796	1.292	SD	0.938	SD	SD	SD						
1953	0.684	SD	SD	SD	SD	1.288	SD	SD	SD	1.298	SD	SD	SD
1954	1.534	SD	SD	SD	SD	0.921	SD						
1955	0.972	1.907	SD										
1956	0.884	SD	SD	SD	SD	1.049	SD	SD	SD	1.008	SD	1.028	1.151
1957	SD	SD	SD	SD	SD	0.660	SD	SD	SD	1.141	SD	SD	SD
1958	0.754	0.851	SD	SD	SD	0.934	SD	SD	SD	0.618	SD	0.730	1.390
1959	1.006	SD	SD	SD	SD	1.699	SD	SD	SD	0.824	SD	SD	1.086
1960	0.780	1.231	SD	1.231	SD	0.559	0.695						
1961	0.880	SD	1.264	1.207	SD	0.636	1.224						
1962	1.513	SD	0.984	1.470	SD	1.177	1.267						
1963	1.006	SD	0.592	SD	SD	SD	0.782						
1964	0.925	SD	1.315	SD	0.764	0.696	1.305	SD	0.640	SD	SD	1.443	0.608
1965	0.759	SD	0.790	SD	SD	0.814	SD	SD	1.601	1.021	SD	0.701	0.854
1966	1.509	SD	1.232	SD	1.393	1.748	0.563	SD	1.519	0.914	SD	0.935	1.014
1967	SD	SD	1.040	SD	1.348	1.009	SD	SD	1.322	0.744	0.962	0.762	0.862
1968	0.638	SD	SD	SD	SD	1.231	SD	SD	SD	0.737	0.791	SD	1.303
1969	0.707	SD	SD	0.883	SD	0.870	SD	1.057	0.889	0.637	0.931	1.197	0.724
1970	0.930	SD	1.445	0.858	SD	0.766	SD	0.771	0.726	0.944	1.120	1.132	0.666
1971	SD	0.866	1.115	1.763	SD	SD	1.073	0.763	1.209	1.189	SD	1.245	0.963
1972	1.442	SD	0.722	0.837	SD	SD	SD	1.335	SD	1.340	1.047	SD	0.681
1973	1.308	SD	1.090	1.326	SD	1.674	0.769	1.198	0.960	1.778	0.729	0.695	0.615
1974	0.899	SD	0.853	1.533	1.398	1.182	SD	1.129	1.097	0.750	0.590	1.704	SD
1975	0.748	SD	0.892	0.766	SD	SD	0.679	SD	SD	1.037	SD	0.910	1.129
1976	1.098	SD	0.792	0.884	0.932	1.182	0.876	1.309	0.705	0.752	0.931	0.854	1.448

## Aplicaciones

1977	1.028	SD	0.860	0.601	0.965	0.788	SD	0.750	0.605	1.193	SD	0.977	SD
1978	1.475	0.524	0.805	SD	0.982	SD	SD	0.947	0.782	0.837	SD	SD	1.224
1979	SD	SD	SD	SD	SD	0.968	SD	SD	SD	SD	SD	SD	1.202
1980	SD	0.836	SD	SD	SD	0.936	SD	SD	SD	SD	SD	SD	1.093
1981	0.964	0.729	0.929	1.250	0.932	1.100	1.144	SD	SD	1.170	1.521	1.011	1.014
1982	1.299	SD	0.809	0.713	0.782	1.018	SD	1.040	1.144	SD	SD	0.868	0.825
1983	0.966	SD	1.337	0.735	1.431	0.591	SD	0.956	SD	0.838	0.714	1.712	SD
1984	1.331	SD	SD	1.036	SD	0.936	SD						
1985	0.939	SD	SD	1.021	SD	1.059	SD						
1986	0.947	1.064	1.053	0.657	0.732	1.280	SD	SD	SD	0.511	0.745	1.322	SD
1987	SD	0.912	0.881	0.949	1.082	0.689	SD	SD	0.931	1.259	1.645	SD	SD
1988	SD	1.307	1.386	SD	0.766	1.576	SD	SD	SD	1.133	SD	SD	0.934
1989	0.775	0.699	0.973	1.009	SD	SD	SD	SD	1.008	SD	SD	0.871	1.245
1990	SD	SD	0.795	0.654	0.649	0.689	1.128	SD	SD	SD	SD	0.666	SD
1991	SD	1.368	SD	1.074	0.882	0.853	1.141	SD	1.430	0.593	1.304	1.420	SD
1992	SD	0.760	0.722	0.903	0.632	0.804	SD	SD	0.800	1.185	0.978	SD	SD
1993	SD	0.684	0.845	1.246	1.265	0.476	0.821	SD	1.103	0.952	0.993	SD	SD
1994	SD	SD	0.939	0.786	SD	SD	1.284	SD	1.008	1.067	1.071	SD	SD
1995	SD	SD	SD	1.122	1.049	0.624	0.831	0.975	0.723	1.007	0.993	SD	SD
1996	SD	1.064	1.451	0.962	1.049	0.755	SD	1.070	1.091	0.937	0.791	SD	SD
1997	SD	0.988	1.003	0.580	0.816	SD	0.978	0.789	SD	1.037	0.652	SD	SD
1998	0.981	SD	1.279	1.849	0.766	SD	1.788	0.873	SD	1.341	1.412	SD	SD
1999	1.067	1.170	1.138	SD	0.799	SD	0.923	0.733	SD	SD	1.381	SD	SD
2000	1.509	SD	SD	SD	0.915	SD	SD	1.083	1.126	0.917	SD	SD	SD
2001	0.968	0.745	SD	SD	1.065	1.001	0.814	1.285	0.605	SD	0.698	SD	SD
2002	0.888	2.401	SD	SD	1.490	1.370	1.148	0.813	1.186	SD	SD	SD	SD
2003	1.601	0.760	SD	SD	SD	1.018	0.815	1.040	0.948	SD	SD	SD	SD
2004	1.348	1.251	SD	SD	1.115	SD	0.962	1.068	SD	0.832	SD	SD	SD
2005	0.643	0.682	0.769	SD	SD	1.215	1.023	0.882	1.020	0.742	SD	SD	SD
2006	0.624	1.140	0.869	SD	SD	1.174	0.983	1.318	0.952	1.068	SD	SD	SD
2007	0.726	SD	0.872	SD	SD	1.090	1.702	0.817	1.031	SD	SD	SD	SD
Media	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 4.4.5.1. Datos estandarizados de la región Sierra. S.D.-Sin Dato.

Se introducen los valores estandarizados en el programa AX y se realiza el análisis estadístico de los datos y se asocian a las funciones de distribución disponibles en el programa AX. Se observó que el mejor ajuste de los datos, resultó el de distribución tipo Gumbel. Con esto, cualquier estación alojada en esta región Sierra podrá ser ajustada con la Figura 4.4.5.1.

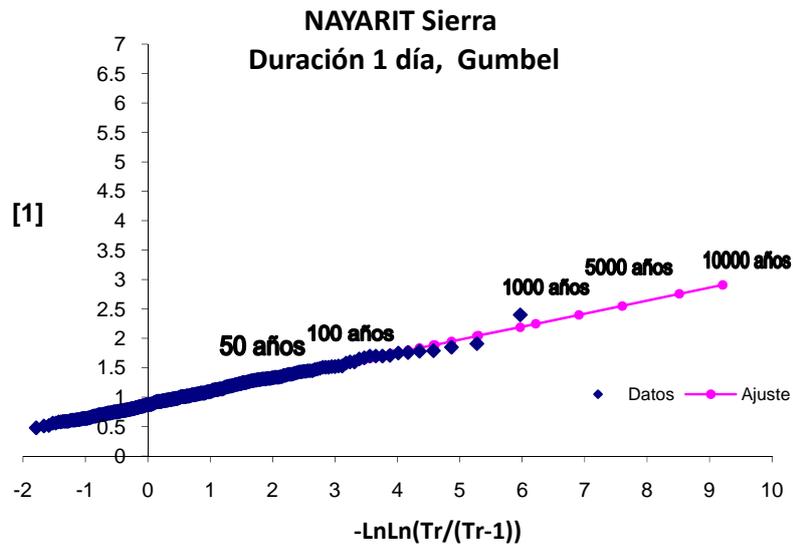


Figura 4.4.5.1. Gráfica Gumbel para la Región Sierra.

De los resultados obtenidos en el AX, se muestra la Tabla 4.4.5.2 con la extrapolación para los factores regionales.

Tr	Factor Regional
2	0.96
5	1.21
10	1.37
20	1.53
50	1.74
100	1.89
200	2.05
500	2.25
1000	2.4
2000	2.55
5000	2.76
10000	2.91

Tabla 4.4.5.2. Factores regionales extrapolados para la Región Sierra.

Como último paso, se aplica la transformación inversa mencionada en el capítulo III. En esta, se multiplica la media de los registros máximos anuales diarios, por cada uno de los factores regionales. Con esto se obtienen las precipitaciones estimadas para estos periodos de retorno. Cabe recordar, que una de las ventajas de la metodología regional, es que se obtienen resultados muy congruentes y con los cuales únicamente es necesario el valor de la media de una serie de registros de esta misma región, para obtener extrapolaciones confiables.

## 4.5. Comparación de curvas regionales con curvas individuales.

### 4.5.1. Región Sierra

Para la región Sierra, se aprovechará el ajuste individual de la estación Acajoneta, presentado en el subcapítulo 1.4.2. Para la obtención de las precipitaciones estimadas para periodos de retorno deseados, fue necesario aplicar la transformación inversa. Se multiplica la media de los registros máximos anuales diarios y se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 4.5.1.1.

Estación 18001		Media (mm)	119.31
Tr	Factor Regional	Regional (Gumbel)	Individual (Gumbel)
2	0.96	114.53	113.81
5	1.21	144.36	143.4
10	1.37	163.45	162.99
20	1.53	182.54	181.78
50	1.74	207.59	206.1
100	1.89	225.49	224.33
200	2.05	244.58	242.49
500	2.25	268.44	266.45
1000	2.4	286.34	284.55
2000	2.55	304.23	302.66
5000	2.76	329.29	326.58
10000	2.91	347.18	344.67

Tabla 4.5.1.1. Comparación de valores ajustados para la estación Acajoneta, 18001, perteneciente a la región Sierra.

Las gráficas individual y regional de la estación Acajoneta, 18001, se muestran en la Figura 4.1.1.

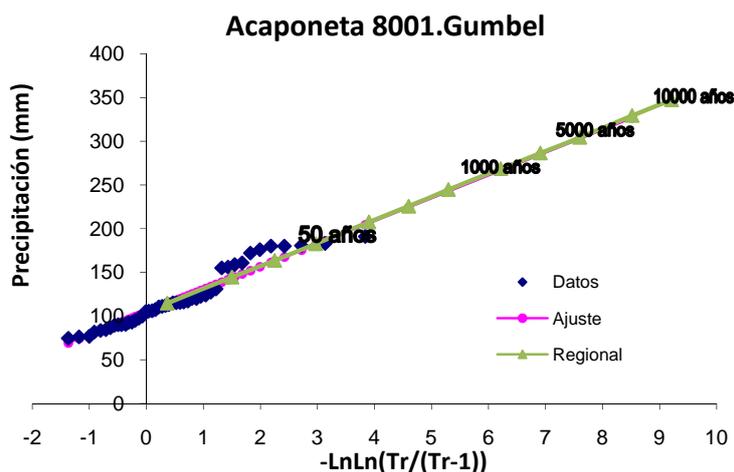


Figura 4.5.1.1. Gráfica comparativa entre curva regional e individual de estación Acajoneta.

En la Tabla 4.5.1.2 y Tabla 4.5.1.3 se muestran los resultados regionales e individuales correspondientes a la región de la Sierra.

														Aplicaciones	
Clave CLICOM	18001		18002		18005		18010		18013		18016		18018		
Media	119.31		65.80		81.17		84.82		60.08		60.93		57.84		
Tr	Regional (mm)	Individual (mm)													
2	114.53	113.81	63.17	58.92	77.92	78.20	81.42	76.69	57.68	57.58	58.49	57.80	55.52	52.88	
5	144.36	143.4	79.62	80.28	98.21	94.17	102.63	106.89	72.70	71.05	73.72	74.61	69.98	69.32	
10	163.45	162.99	90.15	104.53	111.20	104.74	116.20	133.34	82.31	79.96	83.47	85.73	79.24	80.20	
20	182.54	181.78	100.67	135.76	124.19	114.88	129.77	153.77	91.92	88.52	93.22	96.41	88.49	90.65	
50	207.59	206.1	114.49	175.28	141.23	128.00	147.58	177.35	104.54	99.59	106.01	110.22	100.64	104.16	
100	225.49	224.33	124.36	203.58	153.41	137.84	160.30	194.26	113.55	107.88	115.15	120.57	109.31	114.29	
200	244.58	242.49	134.89	231.20	166.39	147.64	173.87	210.82	123.17	116.15	124.90	130.88	118.56	124.38	
500	268.44	266.45	148.05	267.34	182.63	160.57	190.83	232.53	135.18	127.05	137.09	144.49	130.13	137.70	
1000	286.34	284.55	157.92	294.47	194.80	170.34	203.56	248.77	144.19	135.30	146.22	154.78	138.81	147.76	
2000	304.23	302.66	167.79	321.49	206.98	180.11	216.28	265.32	153.21	143.54	155.36	165.06	147.48	157.82	
5000	329.29	326.58	181.61	356.69	224.02	193.01	234.09	286.72	165.82	154.42	168.16	178.64	159.63	171.11	
10000	347.18	344.67	191.48	383.50	236.20	202.78	246.81	303.02	174.84	162.66	177.30	188.92	168.30	181.17	

Tabla 4.5.1.2. Comparativa de resultados regionales e individuales para la Sierra.

Clave CLICOM	18020		18023		18025		18031		18038		18040	
Media	53.85		84.35		135.01		64.44		87.55		69.06	
Tr	Regional (mm)	Individual (mm)										
2	51.70	52.13	80.97	80.69	129.61	129.33	61.86	59.70	84.05	80.81	66.30	66.21
5	65.16	64.64	102.06	100.37	163.36	159.90	77.97	84.57	105.94	106.43	83.56	81.56
10	73.78	69.58	115.55	113.40	184.96	180.15	88.28	96.41	119.94	123.39	94.61	91.72
20	82.40	73.89	129.05	125.90	206.56	199.57	98.59	103.65	133.95	139.66	105.66	101.47
50	93.71	79.26	146.76	142.07	234.91	224.70	112.13	112.04	152.34	160.72	120.16	114.09
100	101.78	83.23	159.41	154.20	255.16	243.54	121.79	118.14	165.47	176.50	130.52	123.54
200	110.40	87.18	172.91	166.27	276.76	262.31	132.10	124.20	179.48	192.23	141.57	132.96
500	121.17	92.40	189.78	182.21	303.77	287.07	144.99	132.27	196.99	212.98	155.38	145.39
1000	129.25	96.32	202.43	194.25	324.02	305.78	154.66	138.48	210.12	228.65	165.74	154.79
2000	137.33	100.27	215.08	206.29	344.27	324.49	164.32	144.76	223.25	244.33	176.10	164.18
5000	148.64	105.62	232.79	222.20	372.62	349.21	177.86	153.38	241.64	265.04	190.60	176.59
10000	156.72	109.27	245.44	234.24	392.87	367.91	187.52	159.72	254.77	280.71	200.96	185.98

Tabla 4.5.1.3. Comparativa de resultados regionales e individuales para la Sierra.

## Aplicaciones

Se observa que los resultados de los ajustes regionales e individuales de la estación Acaponeta son muy cercanos. De igual manera, en el resto de las estaciones correspondientes a la región Sierra, se observan resultados muy similares. Sin embargo, existen estaciones como la 18020 y 18031 para las cuales las estimaciones regionales superan a las individuales especialmente para periodos de retorno superiores a los 100 años, o las estaciones 18002 y 18010 donde sucede lo contrario. Para periodos de retorno superiores a los mencionados, en general, se recomienda realizar un estudio hidrológico más exhaustivo ya que la necesidad de estas extrapolaciones, está relacionada con obras hidráulicas de gran magnitud.

En general se recomienda tomar los valores regionales ya que por su ubicación, resultan más congruentes.

Para periodos de retorno inferiores, queda plasmada la ventaja de utilizar la metodología regional, en términos del tiempo empleado. Se obtienen resultados congruentes con el proceso de regionalización y es aplicable para un gran número de estaciones climatológicas en la región. Con lo cual, el diseño de una obra hidráulica, podría reducirse a consultar el mapa de precipitación relacionado con el periodo de retorno deseado y desarrollar un modelo lluvia escurrimiento como se trató en el capítulo I.

#### 4.5.2. Región Costa

Ahora, se realiza la comparación de los resultados regionales de la Costa. Se tomará como ejemplo la estación 18007 de nombre Cucharas. En la Tabla 4.5.2.1 se muestran los resultados individuales y regionales de dicha estación, para distintos periodos de retorno.

Estación 18007		Media 122.67	
Tr	Factor Regional	Regional (Gumbel)	Individual (Doble Gumbel)
2	0.95	116.54	108.8
5	1.24	152.11	145.42
10	1.43	175.42	194.54
20	1.61	197.50	275.65
50	1.85	226.94	376.12
100	2.03	249.02	447.21
200	2.21	271.10	516.53
500	2.45	300.55	606.91
1000	2.62	321.40	675.11
2000	2.8	343.48	743.32
5000	3.04	372.92	833.56
10000	3.22	395.00	900.72

Tabla 4.5.2.1. Comparación de valores ajustados para la estación Cucharas, 18007, perteneciente a la región Costa.

El ajuste individual Doble Gumbel y la curva producto del análisis regional de la estación Cucharas, 18007, se muestran en la Figura 4.5.2.1.

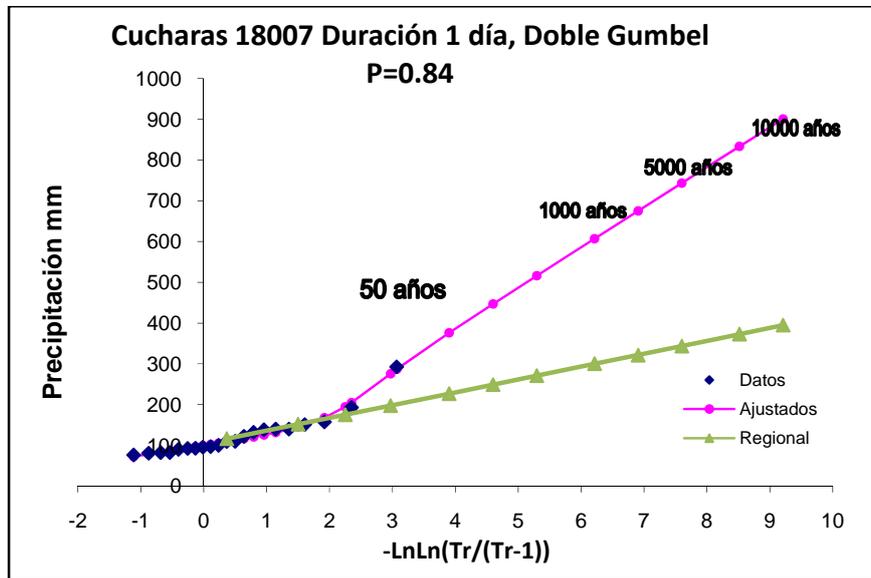


Figura 4.5.2.1. Gráfica comparativa entre curva regional (G) e individual (DG) de la estación Cucharas.

Se seleccionó la estación Cucharas ya que resulta la de mayor contraste en los resultados, lo cual sin dudas, puede presentarse en un caso en la práctica produciendo incertidumbre. En esta estación, el periodo de registro es de 1969 al 2007, sin embargo, los registros que se consideraron correctos para fines del estudio, solamente fueron 21 años. Esto último, aunado a un registro de mucha mayor magnitud que los demás, que se registró en 1972, año en el que no hay evidencia de un fenómeno extraordinario, explicaría el orden de las precipitaciones tan elevadas y el tipo de ajuste de la curva de distribución individual. Sin embargo, gracias a la metodología regional, se tiene que las precipitaciones estimadas, pese a que pueden resultar menos conservadoras en cuanto a un diseño hidráulico se refieren, muestran valores más confiables por la muestra observada en la región.

En la Tabla 4.5.2.2 y la Tabla 4.5.2.3 se muestra la comparativa de los resultados regionales e individuales obtenidos para el resto de las estaciones climatológicas asignadas a la Costa.

Se observa, que al igual que en la región de la Sierra, las extrapolaciones para periodos superiores a los 100 años, muestran diferencias muy grandes entre los resultados regionales e individuales. Especialmente las estaciones 18028, 18030 y 18034 son aquellas de mayores diferencias para extrapolaciones superiores a los 100 años. En el caso particular de la estación 18028, es un caso para el cual los resultados regionales e individuales, son muy diferentes incluso para periodos de retorno de menor magnitud. En este caso, se tomarán los resultados regionales como los más confiables, ya que resultan del mismo orden en las estaciones más cercanas.

## Aplicaciones

Clave CLICOM	18004		18007		18019		18021		18022		18028	
Media	133.32		122.67		109.96		104.86		112.48		127.85	
Tr	Regional (mm)	Individual (mm)										
2	126.65	126.72	116.54	108.8	104.47	103.80	99.62	99.32	106.85	105.31	121.46	116.14
5	165.31	162.22	152.11	145.42	136.36	136.99	130.03	129.14	139.47	143.86	158.54	153.04
10	190.64	185.72	175.42	194.54	157.25	158.96	149.96	148.88	160.84	169.38	182.83	191.25
20	214.64	208.27	197.50	275.65	177.04	180.04	168.83	167.82	181.08	193.86	205.84	242.54
50	246.64	237.45	226.94	376.12	203.43	207.33	194.00	192.33	208.08	225.54	236.53	312.50
100	270.63	259.32	249.02	447.21	223.23	227.78	212.88	210.69	228.32	249.29	259.54	363.35
200	294.63	281.1	271.10	516.53	243.02	248.15	231.75	229.00	248.57	272.95	282.55	413.04
500	326.62	309.85	300.55	606.91	269.41	275.03	256.92	253.14	275.56	304.16	313.24	478.05
1000	349.29	331.57	321.40	675.11	288.11	295.34	274.75	271.39	294.68	327.75	334.97	526.85
2000	373.29	353.29	343.48	743.32	307.90	315.64	293.62	289.63	314.93	351.33	357.98	575.84
5000	405.28	381.99	372.92	833.56	334.29	342.48	318.79	313.73	341.92	382.49	388.67	639.15
10000	429.28	403.7	395.00	900.72	354.09	362.78	337.66	331.97	362.17	406.07	411.68	690.40

Tabla 4.5.2.2. Comparativa de resultados regionales e individuales para la región Costa.

Clave CLICOM	18029		18030		18032		18034		18037		18041	
Media	135.48		103.91		124.53		112.69		127.11		112.44	
Tr	Regional (mm)	Individual (mm)										
2	128.71	127.26	98.72	90.34	118.31	114.88	107.05	104.51	120.75	121.55	106.82	106.64
5	168.00	171.51	128.85	138.03	154.42	147.81	139.73	134.99	157.61	151.44	139.42	137.85
10	193.74	200.81	148.60	174.17	178.08	178.76	161.14	165.51	181.76	171.23	160.79	158.52
20	218.13	228.92	167.30	202.80	200.50	206.86	181.43	203.18	204.64	190.21	181.02	178.34
50	250.65	265.29	192.24	237.03	230.39	240.30	208.47	253.38	235.15	214.77	208.01	204
100	275.03	292.55	210.94	261.88	252.81	264.37	228.76	289.96	258.03	233.18	228.25	223.23
200	299.42	319.72	229.65	286.34	275.22	288.02	249.04	325.86	280.91	251.52	248.49	242.38
500	331.94	355.55	254.59	318.36	305.11	318.98	276.08	372.77	311.41	275.72	275.47	267.66
1000	354.97	382.63	272.25	342.59	326.28	342.15	295.24	408.09	333.02	294.01	294.59	286.76
2000	379.35	409.70	290.96	366.81	348.70	365.33	315.53	443.27	355.90	312.30	314.83	305.86
5000	411.87	445.48	315.90	398.37	378.59	396.47	342.57	489.09	386.41	336.46	341.81	331.09
10000	436.26	472.55	334.60	423.91	401.00	418.20	362.85	524	409.29	354.74	362.05	350.18

Tabla 4.5.2.3. Comparativa de resultados regionales e individuales para la región Costa.

## 4.6. Mapas de precipitación.

Para construir los mapas de precipitación, se utilizó el programa de ArcGis 9.0 de ArcMap 9.3. Es necesario alimentar el programa con información de ubicación geográfica de las estaciones climatológicas ya sea en coordenadas geográficas o métricas. Como un apoyo visual, se introdujeron los datos topográficos y de división política, bases de datos desarrolladas por la CONABIO, que pueden ser adaptadas en el programa ArcGis.

Los datos de precipitación, son los obtenidos del desarrollo de la metodología de regionalización. Estos valores de precipitación son las extrapolaciones para los periodos de retorno requeridos.

En el presente trabajo, solo se mostrarán algunas zonas de la República Mexicana para la mejor observación de las isoyetas. Se alimentó el programa ArcGis 9.0 con los resultados de la regionalización del Estado de Nayarit, sin embargo para el correcto trazo de las curvas de igual precipitación, se alimentó con información de Estados aledaños como Durango, Jalisco, Sinaloa y Zacatecas. En la Figura 4.6.1 se muestra un mapa de precipitación para Nayarit y Estados vecinos correspondiente a un periodo de retorno de 100 años. En la Figura 4.6.2 se muestra un mapa de precipitación para Nayarit y Estados vecinos correspondiente a un periodo de retorno de 10 años.

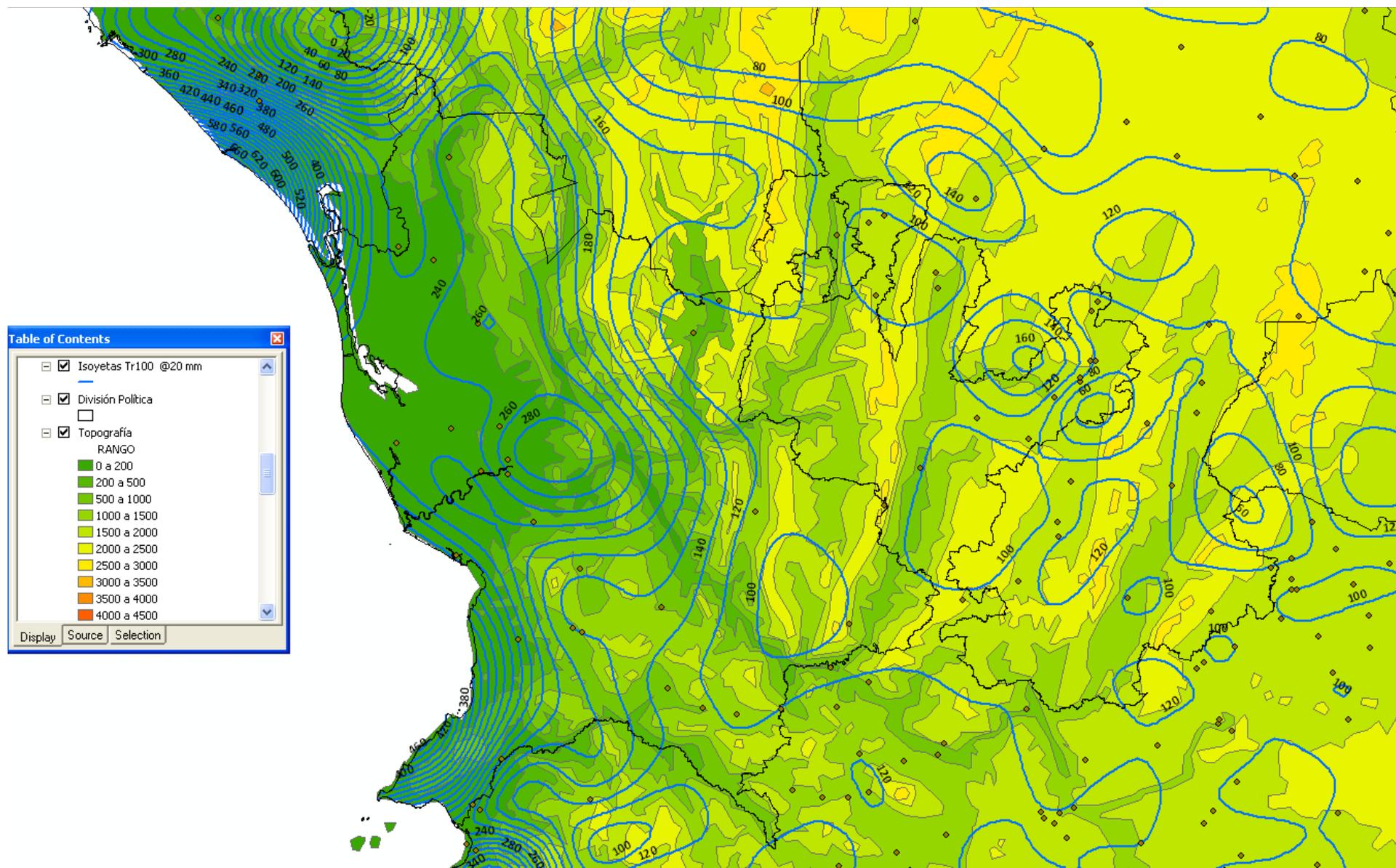


Figura 4.6.1. Mapa de precipitación con un periodo de retorno de 100 años para el Estado de Nayarit

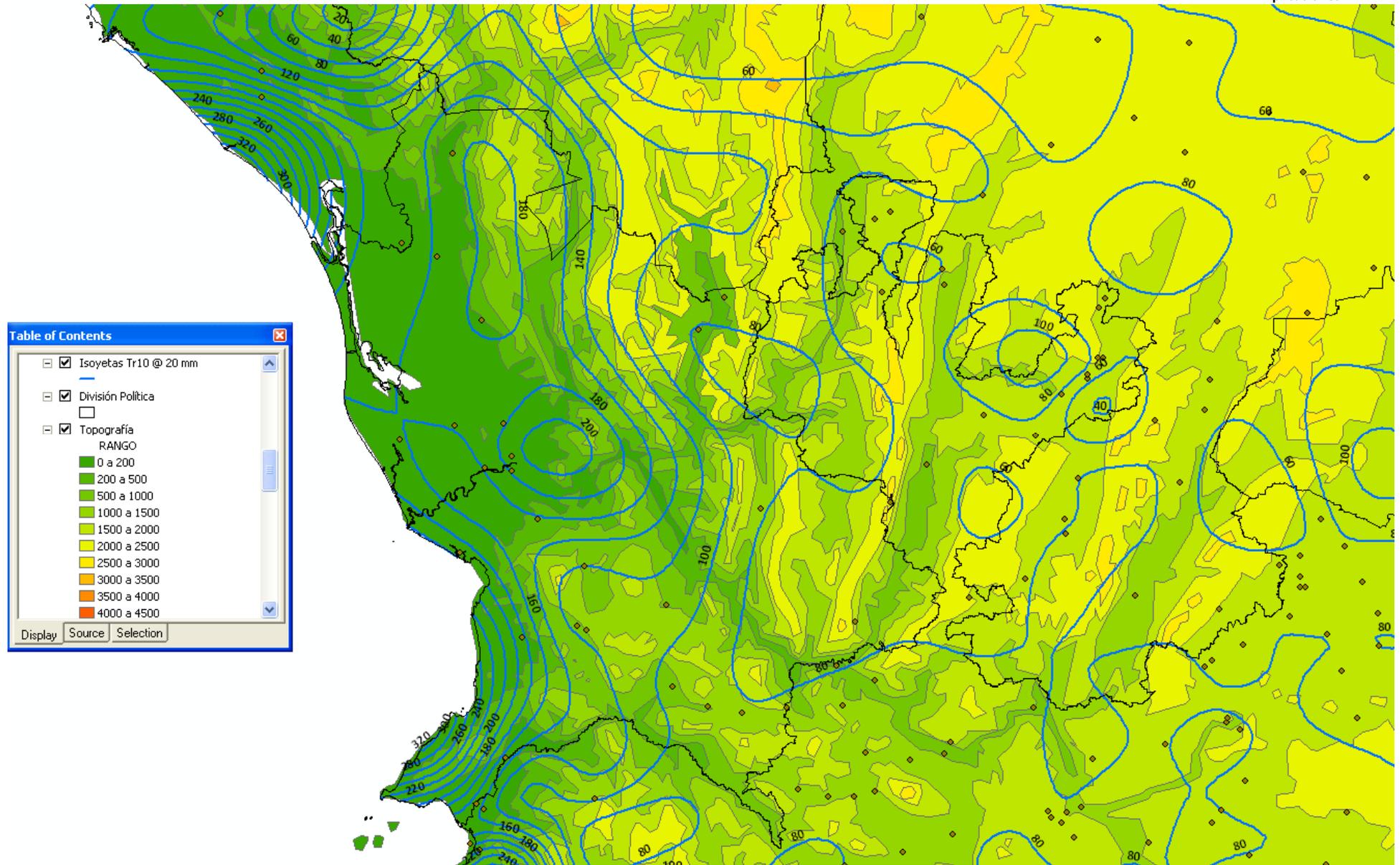


Figura 4.6.2. Mapa de precipitación con un periodo de retorno de 10 años para el Estado de Nayarit.

#### 4.7. Resumen de la metodología.

La metodología desarrollada para llegar a los mapas de precipitación fue la siguiente:

Se extrae la información con ayuda de la base de datos CLICOM, la cual contiene información climatológica (para fines de este trabajo se usó la relacionada con la lluvia). Esto último, agiliza bastante el proceso respecto a las implicaciones que tiene una consulta al boletín climatológico completo. Posteriormente, el programa CLICOM del IIUNAM genera archivos que contienen los registros de cada estación, completando aquellos incompletos o inexistentes o una referencia conocida a gusto del usuario. Por convención de los colaboradores del estudio del IINGEN, se utiliza el valor 0.0001, que permitirá distinguir aquellos años sin registro.

Tras obtener el archivo final, con registros para cada una de las estaciones. Se genera un promedio de los registros máximos anuales, en un rango de sesenta días. Con esto, se busca estimar la posible avenida que se generaría con esa extensión de días. Esto no tiene grandes fines para este trabajo, sin embargo, es posible agilizar la verificación de un registro, revisando los promedios subsecuentes al máximo, de tal manera que se verifique que no se trate de un registro erróneo.

Una vez obtenidos los valores máximos anuales, se realiza una última depuración de información eliminando los datos con los cuales se completaron registros para fines prácticos (0.0001). Se obtienen medidas de tendencia central y dispersión de datos como lo son media, máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación.

Con el cálculo de los valores máximos por estación, se detectan posibles errores de medición al cotejar con estaciones cercanas como se muestra en la figura del Estado de Nayarit. Esto se hace “graficando” el valor de las precipitación media de cada una de las estaciones con ayuda del programa ArcGis 9.0. Posteriormente, se ponen los valores del coeficiente de variación, donde se constata la influencia de factores como la orografía, y se verifica la agrupación de estaciones por regiones, según sus coeficientes de variación y su ubicación geográfica.

Posteriormente, se realiza una prueba de bondad con la cual se verifica que los datos (cada uno de los registros) estén siendo estandarizados de manera correcta. Esta prueba de bondad consiste en dividir los registros de cada estación entre sus respectivas medias. La media de los datos estandarizados debe ser igual a 1. Una vez estandarizados los datos, se realizan agrupaciones según las medidas de dispersión, tendencia central y ubicación geográfica, según sea el caso. Con la regionalización propuesta, se realizan pruebas de homogenización para verificar que no sean regiones heterogéneas, de no ser así dictaminar perfectamente que sí se trate de zonas homogéneas. Una prueba es la de F de Fisher, con esta nos damos una idea de la viabilidad de la agrupación de algunas estaciones y con ello los datos se ingresan (en su debido formato) al programa AX.

Con el programa AX se escoge la función de distribución; en algunas ocasiones, el menor error de ajuste correspondió a la distribución lognormal. Sin embargo, el más próximo por su parecido fue la distribución Gumbel. Finalmente se decidió utilizar la función Gumbel o, en algunos casos la Doble Gumbel (DG) por su sustentación teórica y por su amplia representatividad de diversas regiones de la República Mexicana.

Con el ajuste a la mejor función de distribución de probabilidad, se realizan las extrapolaciones, según los periodos de retorno más recurrentes y recomendados en la Tabla 1. Con estos, se obtienen valores de lluvia para la región en estudio. Se multiplican los distintos factores para cada periodo de retorno y finalmente, se multiplica por la lluvia media de cada estación.

Sobre la ubicación de las estaciones climatológicas, se muestran los resultados correspondientes a las extrapolaciones para diversos periodos de retorno. Esto ayuda a cotejar los resultados obtenidos, especialmente en aquellas estaciones más cercanas o en aquellas que están expuestas a condiciones orográficas y geográficas semejantes.

La propuesta en este trabajo, al igual que en la Tesis “Tormentas de Diseño en el Río Grijalva”, es la generación de números aleatorios a partir de la curva de distribución de probabilidad. Con esto, aquellas estaciones que mostraran alteraciones o incongruencias, se descartaría definitivamente, o se permitiría la regionalización.

Se procede al dibujo de las isoclinas o isoyetas para cada periodo de retorno. De tal forma que se obtiene un mapa para cada periodo de retorno extrapolado.