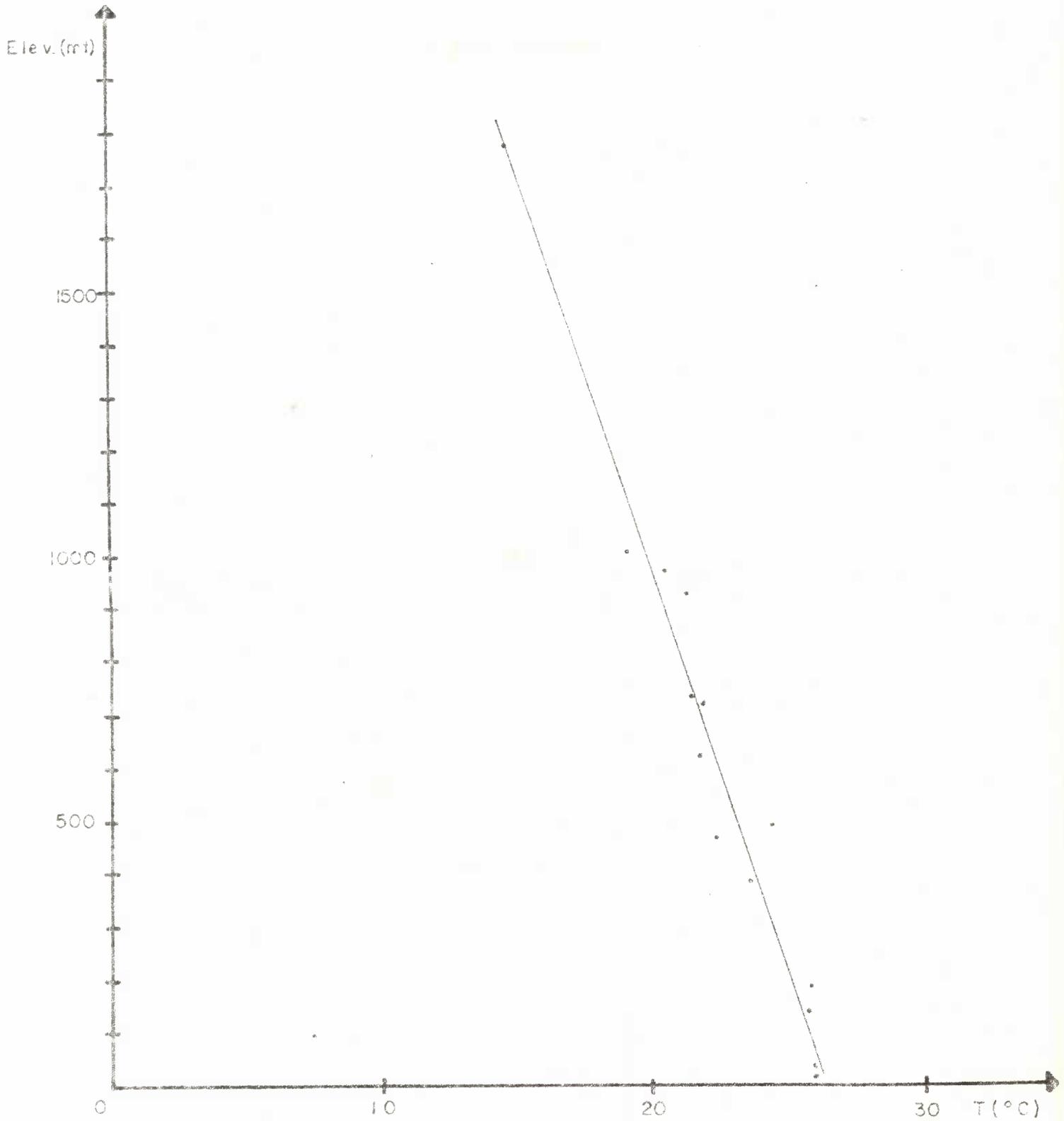


DICIEMBRE



$$20 \times (1795.6 - 1745.1)^2 = 51,004.0$$

$$20 \times (1688.1 - 1745.1)^2 = 64,980.0$$

$$20 \times (1751.7 - 1745.1)^2 = \underline{870.0}$$

$$\underline{116,854.0}$$

$$\text{CALCULAR: } \frac{Q_1}{r-1} = \frac{116,854.0}{3-1} = 58,427.0$$

$$\text{CALCULO DE: } Q_2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{X}_i)^2$$

$$(x_{1j} - \bar{X}_1) (x_{1j} - \bar{X}_1)^2 \quad (x_{2j} - \bar{X}_2) (x_{2j} - \bar{X}_2)^2 \quad (x_{3j} - \bar{X}_3) (x_{3j} - \bar{X}_3)^2$$

97.6 -	9525.7	66.1 -	4369.2	66.3	4395.6
165.4	27357.1	97.9	9584.4	75.3	5670.0
113.4	12859.5	575.9	331660.8	238.3	56786.8
97.4	9486.7	207.9	43222.4	186.7 -	34856.8
244.6 -	59829.1	677.9	459548.4	49.3	2430.4
162.6 -	26438.7	168.9	28527.2	83.7 -	7005.6
467.4	218462.7	89.1 -	7938.8	87.3	7621.2
512.6 -	262758.7	145.1 -	21054.0	190.7 -	36366.4
441.6 -	195010.5	25.1 -	630.0	124.3	15450.4
547.4	299646.7	143.1 -	20477.6	54.3	2948.4
176.6 -	31187.5	210.9	44478.8	62.3	3881.2
320.6 -	102784.3	27.1 -	734.4	272.7 -	74365.2
85.4	7293.1	437.1 -	191056.4	19.7 -	388.0
83.4	6955.5	47.9	2294.4	140.7	19796.4
234.4	54943.3	346.1 -	119785.2	84.7	7174.0
245.4	60221.1	119.1	14184.8	159.7 -	25504.0
230.4	53084.1	95.1	9044.0	15.3	234.0
104.4	10899.3	351.1 -	123271.2	309.7 -	95914.0
484.6 -	234837.1	8.1	65.6	356.3	126949.6
66.4	4408.9	135.1 -	18252.0	320.3	102592.0
	1657989.6		1450179.6		630330.0

$$Q_2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{X}_i)^2$$

$$Q_2 = 3,738499.2$$

$$\text{CALCULAR: } \frac{Q_2}{n-r} = \frac{3,739,499.2}{60 - 3} = 65,587.7$$

$$F = \frac{\frac{Q_1}{r-1}}{\frac{Q_2}{n-r}} = \frac{58,427.0}{65,587.7}$$

$$F = 0.89$$

Según la Tabla 50 para la Distribución F del Manual de Fórmulas y Tablas Matemáticas de Murry R. Spiegel, para $r - 1 = 2$ y $n - r = 57$ tenemos $F_p = 3.15 > F$. en este caso los valores medios de los bloques no son significativamente diferentes.

Los análisis realizados a las estaciones que cuentan con 60 años de registro nos dan en base a los resultados obtenidos una mayor seguridad en cuanto que estamos trabajando con series representativas de datos.

Las estaciones escogidas para el estudio del parámetro PRECIPITACION son las siguientes:

Estaciones con 20 ó más años de registros.

<u>Indice</u>	<u>Depto. de Santa Ana</u>	<u>Elevación</u>
A 1	San Jerónimo	490 mts.
A 2	Montecristo	2230
A 3	Metapán	480
A 4	Taxis Junction	400
A 6	Santa Ana, Santa Lucía	640
A 7	Santa Ana, FES	645
A 8	Coatepeque	840
	<u>Depto. de La Libertad</u>	
L 1	Tepecoyo	960
L 2	Ateos, FES	480

<u>Indice</u>	<u>Depto. de La Libertad</u>	<u>Elevación</u>
L 3	Sitio del Niño	450 mts.
L 4	San Andrés	460
L 6	Bfcio. Talcualhuya	325
L 7	Colón, Fca. Casa Blanca	650
L 8	Santa Tecla, SM	965
L 28	Fca. Las Quebradas	775
L 29	Fca. Los Cedros	820
L 30	Fca. San Fernando	900
L 31	Sta. Tecla, Bfcio. Holanda	930
L 32	Fca. Aruba	600
L 34	Bfcio. Curazao	530
	<u>Depto. de San Salvador</u>	
S 1	La Toma de Aguilares	300
S 2	Ingenio La Cabaña	270
S 3	Apopa, FICA	420
S 4	San Salvador, ITIC, Ciudad Uni- versitaria	710
S 5	San Salvador, Observatorio	700
S 7	San Salvador, FES	635
S 8	San Salvador, FICA	635
S 9	Soyapango	650
S 23	Fca. Altamira	890
	<u>Depto. de Cabañas</u>	
B 1	Chorrera del Guayabo	190
	<u>Depto. de San Vicente</u>	
V 1	Molineros	600
V 2	San Vicente	440
V 4	Fca. El Carmen	1320

<u>Indice</u>	<u>Depto. de Usulután</u>	<u>Elevación</u>
U 1	San Marcos Lempa	20 mts.
	<u>Depto. de San Miguel</u>	
M 4	Lolotique	675
Estaciones con 15 a 19 años de registros.		
	<u>Depto. de Santa Ana</u>	
A 9	Santa Ana, CLESA	645
A 11	San Cristobal	655
A 12	Santa Ana, El Palmar	725
	<u>Depto. de La Libertad</u>	
L 37	Fca. Bonaire	710
L 38	Fca. San Agustín	500
	<u>Depto. de San Salvador</u>	
S 13	Nejapa, Bfcio. San Jerónimo	450
	<u>Depto. Cuscatlán</u>	
C 3	Suchitoto	400
	<u>Depto. de Chalatenango</u>	
G 2	Chalatenango	290
G 3	Nueva Concepción	320
G 4	La Palma	1000
G 5	El Paraíso	270
	<u>Depto. de Cabañas</u>	
B 2	Sensuntepeque	750
B 3	Villa Dolores	110
	<u>Depto. de Usulután</u>	
U 7	Estanzuelas	220
	<u>Depto. de San Miguel</u>	
M 5	Ciudad Barrios	860

La ubicación de estas estaciones se muestra en el siguiente mapa

Para obtener un valor medio de PRECIPITACION en la cuenca en base a series de 20 años de registro, al cual llamaremos VALOR NORMAL DE PRECIPITACION, ajustamos las series de datos menores de 20 a series de 20 años, obteniendo valores promedios mensuales y anuales ajustados, utilizando el método de los cocientes recomendado en la Guía de Prácticas Climatológicas (ONM-No. 100 TP44).

Este método se basa en el hecho que para un período de terminado de tiempo, los valores observados en las estaciones de un área presentan una distribución característica, fundamentalmente aprovecha el hecho de que para configuraciones similares de la circulación atmosférica, las estaciones de una red registran series de valores comparables.

Entonces cuando se trata de ajustar una serie de 15 años correspondiente a una estación M a valores medios de una serie de 20 años, se toma como base una estación cercana que posea 20 años de registro a la cual llamamos N y suponemos que la razón entre las estaciones M y N para el período de 15 años de los valores simultáneos

$$(q_{15} = \frac{N_{15}}{M_{15}}) \quad \text{en la que}$$

$N_{15} = \sum$ Precipitación mensual de 15 años en estación N

$M_{15} = \sum$ Precipitación mensual de 15 años en estación M

persiste en los 5 años en los cuales M no posee registro.

Luego para reducir los valores de M a un período de 20 años tenemos que $M_5 = N_5 \cdot q_{15}$ en la que

$M_5 = \sum$ precipitación mensual de M de los 5 años de registro FALTANTES.

$M_5 = \sum$ precipitación mensual de N de los 5 años de registro que faltan en M.

Entonces el valor NORMAL de precipitación de la estación M para un período de 20 años será de:

$$\bar{M}_{20} = \frac{M_{15} + M_5}{20}$$

Para tal efecto se elaboró el cuadro No. 10 el cual posee indicaciones de cálculo en el que se ilustra el ajuste de la estación Santa Ana CLESA, tomando como base la estación Santa Ana, Santa Lucía.

Los resultados así obtenidos aparecen en la tabla No. 11 (con *) junto con los promedios de las estaciones que si tenían series de 20 años.

C U A D R O No. 10

ESTACION A AJUSTAR SANTA ANA, GLESA

INDICE A 9

TIEMPO DE REGISTRO 1956 - 1973

ESTACION BASE SANTA ANA, SANTA LUCIA

INDICE A 6

TIEMPO DE REGISTRO 1954 - 1973

INDICACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
(A) Cantidad total de lluvia de la estación a ajustar	46.0	95.0	180.0	1041.0	4040.0	5565.0	5898.0	5511.0	5876.0	3488.0	507.0	117.0	
(B) Cantidad total de lluvia de la estación base correspondiente al periodo de registro en la estación a ajustar	56.0	106.0	198.0	1551.0	4554.0	6345.0	6687.0	6631.0	6705.0	3905.0	761.0	137.0	
(C) Cantidad total de lluvia de la estación base menos literal (B)	.	20.0	0	235.0	428.0	680.0	941.0	612.0	814.0	637.0	89.0	8.0	
Factor de ponderación F.P = A/B	0.821	0.896	0.909	0.903	0.887	0.887	0.882	0.831	0.876	0.893	0.666	0.854	
(E) Cantidad de lluvia faltante en la estación a ajustar igual (C) x F.P	.	18	.	212	380	596	830	508	713	569	59	7	
(F) Cantidad total de lluvia durante el periodo (A) + (E)	46	113	180	1613	4420	5161	6728	6019	6589	4057	566	124	
Promedio Mensual de Lluvia	2	6	9	81	221	308	335	301	329	203	28	6	1830

T A B L A No. 11

PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE PRECIPITACION (Basados en 20 años de Registro)

INDICE	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
A 1	1	4	6	50	150	293	264	223	278	144	24	4	1441
* A 2	81	23	34	80	284	401	411	330	414	340	201	69	2668
A 3	0	4	16	62	185	299	308	276	317	185	26	5	1683
A 4	0	4	10	91	196	340	352	300	311	212	32	4	1852
A 6	3	6	10	89	249	351	381	352	376	227	42	7	2103
A 7	1	3	8	85	232	333	357	327	332	204	30	4	1916
* A 9	2	6	9	81	222	308	336	312	330	201	29	6	1842
* A 12	3	5	9	81	210	306	325	306	337	215	31	6	1833
A 8	2	1	9	66	199	285	338	312	300	201	28	7	1748
* A 11	1	17	4	24	182	238	213	266	310	200	36	10	1501
L 1	4	3	5	70	167	330	359	333	389	222	50	5	1937
* L 2	1	2	5	59	146	274	281	274	290	165	34	5	1536
L 3	6	2	6	80	188	307	320	280	314	203	34	8	1748
L 4	3	3	10	78	197	268	316	284	293	182	37	9	1680
* L 6	2	4	12	102	215	308	342	291	323	200	32	12	1843
L 7	4	5	11	75	176	284	312	291	326	232	43	9	1768
L 8	3	4	7	61	162	293	338	318	343	244	41	9	1823
L 31	1	4	6	57	173	325	348	347	379	262	30	8	1940
L 28	2	2	5	48	172	345	357	334	389	256	35	7	1952
L 29	2	2	3	45	193	349	355	338	403	262	35	6	1993
L 30	2	2	4	43	182	363	378	349	408	278	36	6	2051
* L 38	4	2	10	76	181	310	333	310	339	222	26	7	1820
L 32	4	2	11	68	172	312	340	316	354	211	26	7	1823
L 34	4	3	11	74	177	318	339	314	352	187	25	8	1812
* L 37	5	2	12	69	174	317	367	348	376	229	33	9	1941
S 1	3	7	15	93	245	355	396	372	374	246	48	8	2162
S 2	2	8	13	88	224	299	340	284	294	168	35	7	1762
S 3	3	5	14	83	204	306	381	351	368	260	44	11	2030
S 4	4	5	9	68	163	267	358	318	316	232	34	11	1785
S 5	2	5	7	65	157	270	349	294	309	228	38	10	1734
S 7	4	4	8	55	160	250	349	299	311	228	34	9	1711
S 8	5	4	8	59	176	292	373	314	349	252	41	10	1883
S 9	4	4	8	54	174	293	362	329	368	278	38	11	1923

INDICE	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
*S 13	1	4	9	77	181	274	357	326	326	210	24	4	1803
S 23	2	4	6	53	179	318	333	320	355	256	21	4	1851
*C 3	8	4	12	94	202	353	422	332	382	277	40	12	2148
B 1	6	5	10	79	228	364	349	324	358	269	46	7	2045
*B 2	5	13	16	75	266	344	363	327	427	609	44	10	2499
*B 3	4	7	6	51	187	296	289	268	336	273	46	9	1772
V 1	4	7	6	60	167	286	338	301	348	276	53	5	1851
V 2	2	5	5	56	180	316	348	330	379	288	55	3	1967
V 4	4	5	7	65	227	390	379	355	460	321	66	8	2287
*G 2	2	4	9	84	218	288	311	292	299	217	35	4	1763
*G 3	1	3	13	58	173	290	312	245	316	203	21	6	1641
*G 4	4	14	19	67	218	491	378	383	429	271	50	9	2337
*G 5	0	6	15	100	221	365	330	296	367	187	41	8	1936
U 1	0	1	6	32	168	303	295	306	368	310	53	2	1844
*U 7	1	5	10	78	214	349	342	322	337	273	59	6	1996
*M 4	3	2	8	30	196	283	246	269	352	327	58	7	1781
*M 5	1	12	14	73	272	347	291	301	466	363	39	4	2183
*Z 3	6	16	11	95	295	500	312	394	494	440	73	8	2644
*Z 4	6	9	14	49	211	407	256	349	401	236	54	10	2002
*Z 8	1	4	2	44	257	374	287	292	462	355	28	4	2110
*Z 5	4	3	9	87	265	442	272	373	368	309	45	3	2180

7.1 PRECIPITACION MEDIA (NORMAL) ANUAL

Para calcular la precipitación media anual sobre la cuenca en base a los promedios anuales de las series de 20 años, se utilizó el método de los polígonos por la facilidad del cálculo que este ofrecía. Este método se utiliza para ponderar los datos de las estaciones, de acuerdo con las distancias entre las mismas. Se trazan sobre un mapa las rectas que unen las estaciones inmediatas con triangulación, luego se trazan mediatrices de estos segmentos rectilíneos los cuales forman un dibujo de polígonos tal que cada uno de ellos rodea una estación. Se toma el área del polígono como representativa del área que corresponde a cada precipitación de la estación, y se utiliza como factor de ponderación en la precipitación de la estación.

Para obtener la precipitación media, la suma de los productos del área correspondiente a cada estación por su precipitación se divide por el área total de la cuenca. En torno del borde de la cuenca, donde los polígonos se extienden parcialmente fuera del límite de la cuenca, solo se hace uso de la porción del polígono situado en el interior de la cuenca.

De esta forma se trazaron los polígonos para las estaciones antes mencionadas, obteniendo las siguientes áreas:

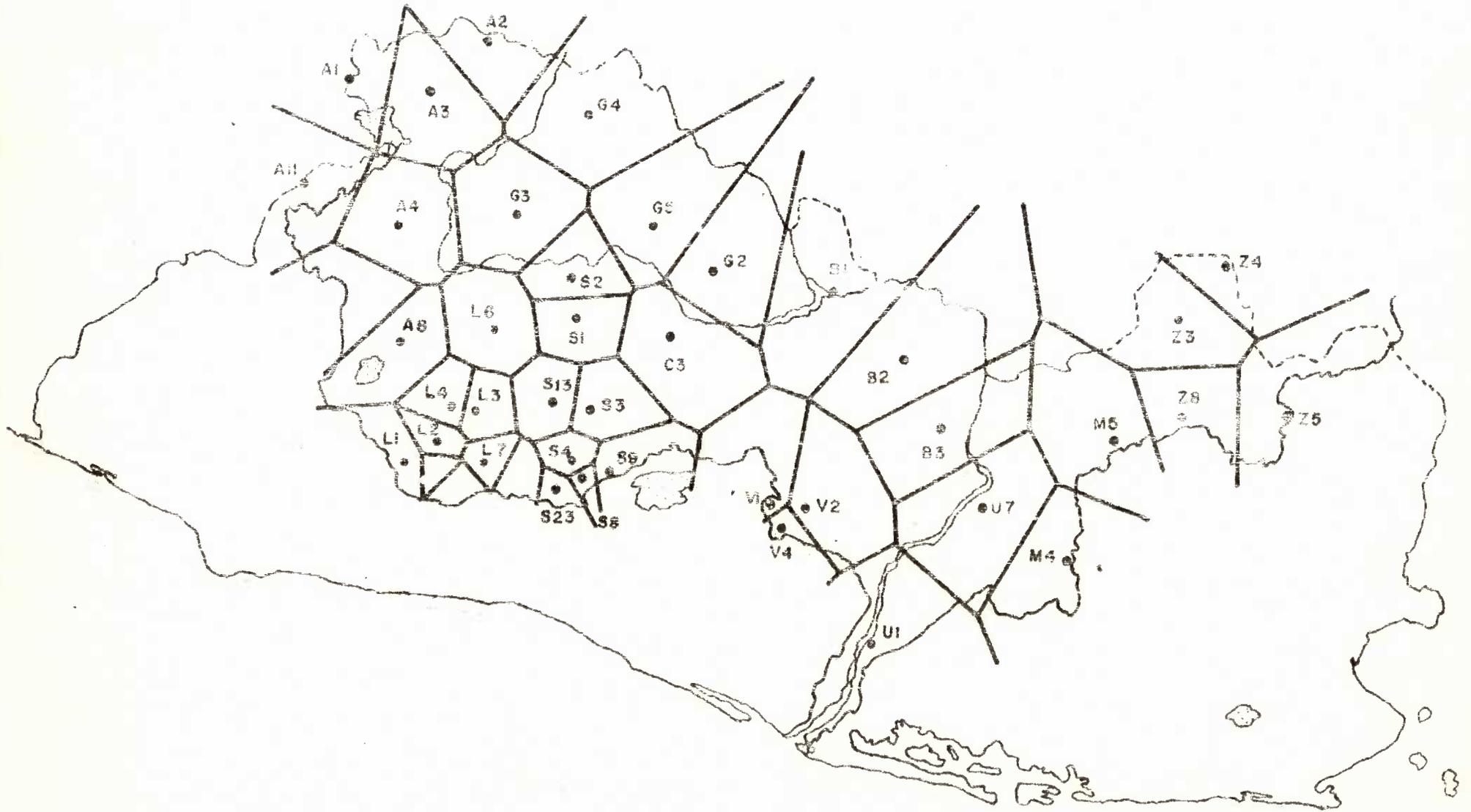
<u>ESTACION</u>	<u>AREA POLIGONO</u> (Km ²)	<u>ESTACION</u>	<u>AREA POLIGONO</u> (Km ²)
A 1	82.3	L 32	32.6
A 2	175.8	L 34	
A 3	346.6	L 37	
A 4	367.5	S 1	177.0
A 6	155.6	S 2	189.4
A 7		S 3	176.5
A 9		S 4	62.6
A 12		S 5	22.1
A 8	S 7		
A 11	S 8		
L 1	26.4	S 9	100.3
L 2	59.7	S 13	138.6
L 3	99.6	S 23	33.2
L 4	99.6	C 3	437.4
L 6	267.3	B 1	447.8
L 7	63.9	B 2	425.1
L 8	56.8	B 3	413.6
L 31		V 1	402.4
L 28	33.3	V 2	345.9
L 29		V 4	22.6
L 30		G 2	407.5
L 38		G 3	396.2
Z 3	255.8	G 4	465.2
Z 4	100.3	G 5	408.1
Z 8	202.4	U 1	328.7
Z 5	243.2	U 7	510.0
		M 4	236.5
		M 5	349.6

AREA TOTAL DE POLIGONOS = 9405.5 Km²

NOTA: Las últimas 4 estaciones de la primera columna se incluyeron a fin de cubrir la parte Nor-Oriental de la cuenca.

El mapa siguiente, muestra la distribución de polígonos usada.

DISTRIBUCION POLIGONOS DE THIESEN



El cálculo se hizo en la computadora Hewlett Packard modelo 9830 con el siguiente programa:

PROGRAMA PARA CALCULAR PRECIPITACION MEDIA SOBRE UNA CUENCA SEGUN METODO: "POLIGONOS DE THIESSEN".

```

10 READ N=NUMERO DE DATOS (POLIGONOS)
20 DIM A(44),B(44)
30 S1=S=0
40 FOR I=1 TO N
50 READ A(I)=DATOS DE AREA DE POLIGONO
60 S1=S1+A(I)
70 NEXT I
80 FOR I=1 TO N
90 READ B(I)=DATOS DE PRECIPITACION
100 T=A(I)*B(I)
110 S=S+T
120 NEXT I
130 PRINT "PRECIPITACION MEDIA="S/S1
140 END
150 DATA .....(No. de datos, datos de área de polígonos,
                datos de precipitación).

```

El valor de Precipitación Media Anual sobre la cuenca (en base a 20 años) obtenido es de 2010.9874 m.m.

Se calculó también la precipitación media sobre la cuenca año con año, para lo cual, dado que solamente hemos ajustado los valores promedios de precipitación a promedios de 20 años, se tuvo que rellenar la estadística a fin de tener valores anuales de precipitación para todas las estaciones durante el período 1954-1973 (20 años) y poder realizar el cálculo mencionado.

Para rellenar la estadística se utilizó el Método del Cociente que se ilustra en el siguiente ejemplo, aplicado al relleno de la estación A 9 tomando como base la estación A 6

AÑO	PREC. (mm) A 9	PREC. (mm) A 6	PPEC. ACUM. A 9	PPEC. ACUM. A 6
1954		2253		42100
1955		2206		39842
1956	1875	1929	32985	37636
1957	1512	1521	31060	35707
1958	2287	2416	29548	34186
1959	1781	1815	27261	31770
1960	1942	2227	25480	29955
1961	1835	2091	23538	27728
1962	2027	2391	21703	25637
1963	1437	1677	19676	23246
1964	1912	2263	18239	21569
1965	1519	1818	16327	19306
1966	1987	2434	14808	17488
1967	1818	2059	12821	15054
1968	2035	2360	11003	12995
1969	2085	2414	8968	10635
1970	1740	2101	6883	8221
1971	1697	2198	5143	6120
1972	1669	1850	3446	3922
1973	1777	2072	1777	2072

$$PA_9 = \frac{P_{ac}^{A9}}{P_{ac}^{A6}} (PA_6) = FP \text{ (Factor de Ponderación)}$$

$$\frac{P_{ac}^{A9}}{P_{ac}^{A6}} = \frac{32935}{37636} = 0.875$$

$$PA_9 (1954) = 0.875 \times 2258 = 1975.75 \text{ m.m.}$$

$$PA_9 (1955) = 0.875 \times 2206 = 1930.25 \text{ m.m.}$$

Para facilitar los cálculos se elaboró el siguiente programa: PROGRAMA RELLENO DE SERIES METODO DEL COCIENTE, el cual se verifica a continuación, aplicando a las mismas estaciones del ejemplo anterior.

```

10 REM PROGRAMA PARA EL CALCULO DE VALORES MEDIOS AJUSTADOS A 20 AÑOS
20 REM Y PARA RELLENO DE ESTADISTICAS, METODO DEL COCIENTE
40 DIM A20,B20
50 READ N1
60 READ N2
70 S1=0
80 S2=0
90 J=1
100 READ AJ
110 S1=S1+AJ
120 J=J+1
130 IF J<N2+1 THEN 100
140 I=1
150 READ BI
160 S2=S2+BI
170 I=I+1
180 IF I<N2+1 THEN 150
190 C=S2/S1
195 PRINT "FP=",C
200 J=N2+1
210 READ AJ
220 BJ=C*AJ
230 PRINT "DATO SI=",BJ
240 S1=S1+AJ
250 S2=S2+BJ
260 J=J+1
270 IF J<N1+1 THEN 210
280 PRINT "MEDIA DE 20 AÑOS DE SERIE INCOMPLETA=",S2/N1
290 PRINT "MEDIA DE 20 AÑOS DE SERIE COMPLETA ="S1/N1
300 END
310 DATA 20,18,1929,1521,2416,1815,2227,2091,2391,1677,2263,1818,2434,2059
320 DATA 2360,2414,2101,2198,1850,2072,1875,1512,2287,1781,1942,1835,2027
330 DATA 1437,1912,1519,1987,1818,2035,2085,1740,1697,1669,1777,2258,2206
350 REM ORDEN DE DATA: No. DE DATOS DE SC,No. DE DATOS DE SI,DATOS SC QUE
351 REM CORRESPONDEN CON DATOS DE SI, DATOS DE SI,DATOS DE SC.QUE NO TIENEN
352 REM CORRESPONDIENTE EN SI.

```

```

FP=                0.875092996
DATO SI=           1975.959985
DATO SI=           1930.455149
MEDIA DE 20 AÑOS DE SERIE INCOMPLETA=                1842.070757
MEDIA DE 20 AÑOS DE SERIE COMPLETA = 2105

```

Los valores de Precipitación Media Anual sobre la cuenca para el año del período considerado (1954-1973) se muestran en la Tabla No. 12. (Para su cálculo se utiliza el programa presentado en la pág. 63).

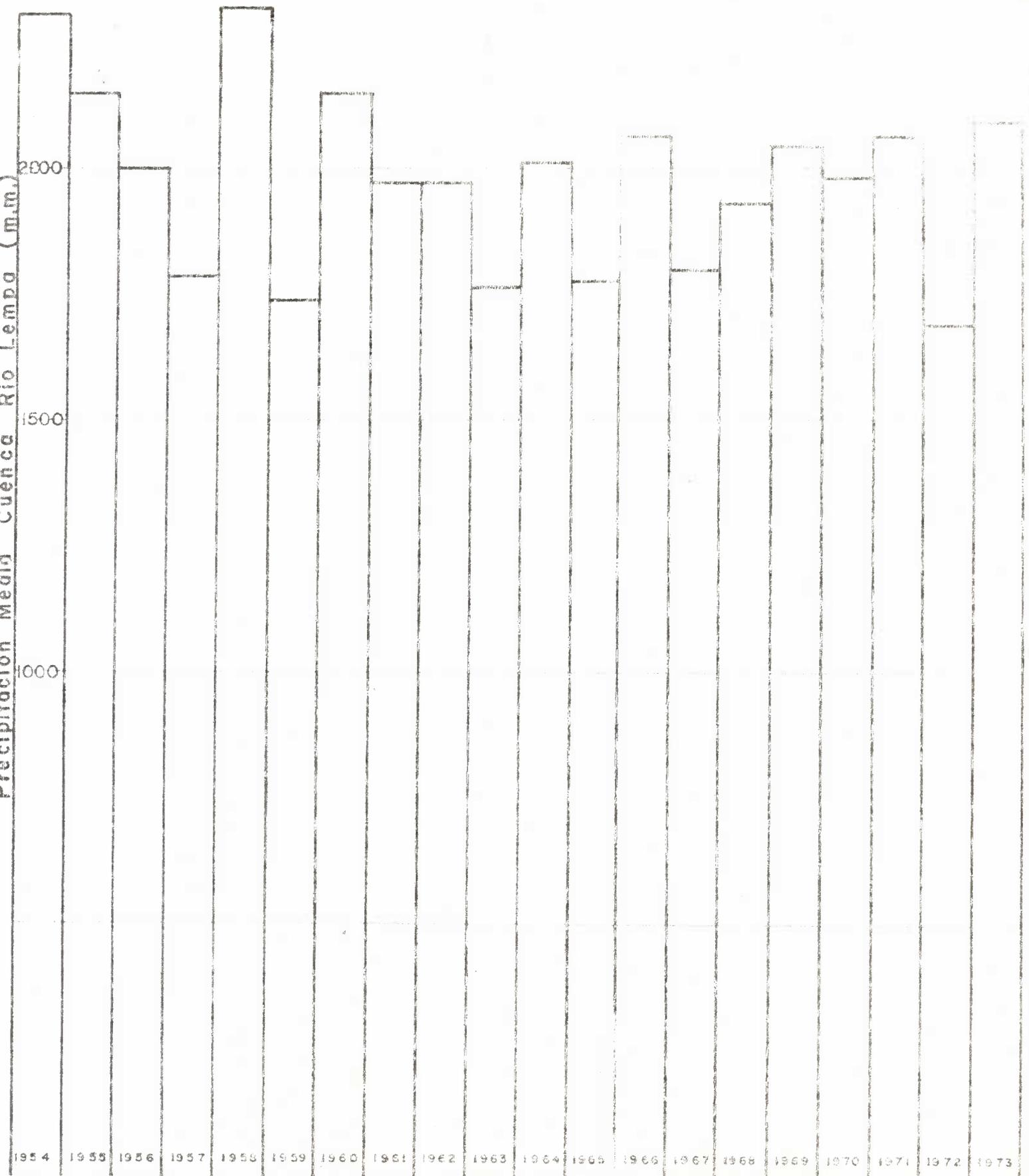
T A B L A No. 12

Precipitación Media Anual, Cuenca del Río Lempa

<u>AÑO</u>	<u>PRECIPITACION MEDIA (m.m.)</u>
1954	2306.8
1955	2165.7
1956	1998.8
1957	1783.9
1958	2313.1
1959	1735.5
1960	2143.6
1961	1969.1
1962	1970.5
1963	1762.0
1964	2012.1
1965	1773.6
1966	2054.5
1967	1791.3
1968	1929.4
1969	2042.3
1970	1981.9
1971	2056.7
1972	1682.0
1973	2092.1

Los valores de esta tabla han sido volcados en la siguiente gráfica.

PRECIPITACION MEDIA ANUAL



AÑO →

7.2 COMPOSICION DE LA CANTIDAD ANUAL DE LLUVIA

La composición de la cantidad anual de lluvia, es decir la contribución parcial de cada mes a la suma anual, (expresada en %) se muestra en la siguiente tabla:

	E	F	R	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ZONA OCCIDENTAL	0.14	0.22	0.46	3.45	10.42	17.22	17.45	17.16	18.87	11.84	1.84	0.39
ZONA CENTRAL	0.17	0.28	0.52	3.04	10.42	17.35	18.20	16.30	18.22	13.39	2.11	0.42
ZONA ORIENTAL	0.14	0.25	0.47	2.81	11.21	18.14	13.83	15.88	19.10	15.48	2.40	0.28

Para la elaboración de esta tabla de valores, se calcularon en base a los promedios mensuales de precipitación para cada una de las estaciones de la cuenca, los porcentajes de la suma anual correspondientes a cada mes sacándose luego un promedio de los valores obtenidos en las estaciones de la Zona Occidental, Central y Oriental de la cuenca.

De la observación de los valores consignados en esta tabla, se puede hacer el siguiente análisis:

En la Zona Occidental de la cuenca del Río Lempa el mes de Septiembre es el que normalmente contribuye más a la actividad lluviosa, aportando casi el 19% de la suma anual total. Es seguido por los meses de Junio, Julio y Agosto que aportan un 17%, todos ellos pertenecientes a la estación lluviosa. La reducción de la productividad de lluvia, comienza en el mes de Octubre (Transición Seca) y continúa acentuándose durante la estación seca, dándose la menor productividad en el mes de Enero que aporta solamente el 0.1% de la suma anual total.

La Zona Central de la cuenca, presenta el mes de Septiem

bre y el de Junio como los meses de mayor productividad, aportando ambos el 18% de la suma total anual, seguidos por los meses de Julio y Agosto que contribuyen con un 16% del total.

En la Zona Oriental, el mes de mayor precipitación es el mes de Septiembre con un 19% del total y es seguido por los meses de Agosto y Octubre con un 15%. Es notable en la Zona Oriental, en comparación con las Zonas Occidental y Central la reducción de la producción de lluvia en el mes de Julio, así como también el mes de Abril, mientras que en Mayo ya suele ser mayor que para el resto del país.

7.3 FRECUENCIA Y DURACION DE LAS LLUVIAS.

Para el estudio de la frecuencia y duración de las lluvias se eligieron las siguientes estaciones:

GUIJA (CEL) Departamento de Santa Ana, elevación 850 mts. sobre el n. del m. Período de registro 1961 - 1973 (13 años).

LA PALMA (CENTRO OBBERO) Departamento de Chalatenango, elevación 1000 mts. sobre el n. del m. Período de registro 1964 -1973 (10 años).

CEORRERA DEL GUAYABO (PRESA 5 DE NOVIEMBRE) Elevación 190 mts. sobre el n. del m. Período de registro 1953- 1973 (21 años)

SAN ANDRES (ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA) Elevación 460 mts. sobre el n. del m. Período de registro 1953 - 1973 (21 años).

SAN SALVADOR (OBSERVATORIO) Elevación 700 mts. sobre el n. del m. Período de registro 1955 - 1973 (19 años).

En base a los registros de Pluviógrafo de las estaciones antes mencionadas, se elaboraron las siguientes tablas:

TABLA No. 14 - DISTRIBUCION MEDIA DEL NUMERO DE LLUVIAS 0.1 mm. (#) Y DE LOS DIAS CON LLUVIA 0.1 mm. (D).

TABLA No. 15 CANTIDAD MEDIA (en mm.) DURANTE UN DIA CON LLUVIA.

TABLA No. 16 CANTIDAD MEDIA PRODUCIDA (en mm.) POR UNA SOLA LLUVIA.

TABLA No. 17 DURACION MEDIA (EN HRS. Y MIN.) DE UNA SOLA LLUVIA

TABLA No. 18 PROMEDIO DE HORAS Y MINUTOS CON LLUVIA.

T A B L A No. 14

DISTRIBUCION MEDIA DEL NUMERO DE LLUVIAS ≥ 0.1 mm (#) Y DE LOS DIAS CON LLUVIA ≥ 0.1 mm (D)

ESTACION PLUVIO- GRAFICA	E		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		AÑO	
	#	D	#	D	#	D	#	D	#	D	#	D	#	D	#	D	#	D	#	D	#	D	#	D	#	D
GUIJA	0.7	0.6	1.1	0.8	2.1	1.9	12.3	5.9	21.3	12.5	42.6	21.3	42.1	20.6	37.6	28.5	45.5	21.1	27.7	14.5	7.0	3.4	1.6	1.0	241.6	122.3
LA PALMA	2.2	0.8	2.1	1.0	4.9	2.0	17.6	6.7	38.9	14.2	74.8	23.8	60.9	19.4	76.0	20.4	91.4	22.6	56.5	15.9	10.9	4.9	2.2	1.1	571.2	131.5
SAN ANDRES	1.0	0.7	2.4	1.2	2.6	1.8	12.4	6.2	32.6	14.1	54.0	21.2	57.2	23.4	54.0	22.7	58.7	22.2	36.1	15.7	9.4	4.3	2.6	1.3	323.0	134.3
OBSERVA- TORIO	1.1	0.9	1.8	1.2	2.5	1.7	8.9	4.7	27.2	14.7	48.3	21.7	47.7	22.6	47.6	22.5	54.2	22.6	38.2	17.6	10.0	5.5	3.9	2.0	291.4	130.4
CHORRERA DEL GUAYABO	1.3	0.8	1.5	1.0	2.6	2.0	12.5	6.8	36.4	16.7	53.8	22.5	47.7	22.0	50.0	22.1	10.8	23.4	42.6	18.2	9.0	5.5	1.8	1.3	330.0	142.4

T A B L A No. 15

E S T A C I O N	<u>CANTIDAD MEDIA (en mm.) Durante un Dfa con L L U V I A</u>												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	A Ñ O
G U I J A	0.8	2.6	4.8	9.5	10.6	12.4	10.5	10.6	10.5	7.5	5.1	2.1	7.2
LA PALMA	2.0	2.3	10.4	9.1	13.0	19.4	18.6	16.6	17.8	15.5	7.6	2.6	11.2
SAN ANDRES	1.7	1.5	3.7	10.8	12.9	12.5	12.5	12.4	13.0	11.6	7.8	3.4	8.6
OBSERVATORIO	0.7	1.2	2.6	6.4	9.4	12.6	14.2	12.3	13.0	12.2	4.8	2.4	7.6
CHORRERA	4.0	3.3	4.0	11.5	13.0	15.3	15.0	13.8	14.8	13.3	7.5	3.4	9.9

T A B L A No. 16

E S T A C I O N	<u>CANTIDAD MEDIA PRODUCIDA (en mm.) por una sola L L U V I A</u>												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	A Ñ O
G U I J A	1.6	5.4	6.2	5.3	5.6	5.7	5.6	4.9	4.7	3.7	2.9	3.2	4.6
LA PALMA	2.5	2.2	2.7	3.8	6.0	6.3	6.0	5.4	4.6	4.5	3.2	3.4	4.2
SAN ANDRES	2.3	1.0	3.7	6.2	6.6	5.3	5.2	5.1	5.4	5.2	3.8	3.0	4.4
OBSERVATORIO	1.7	2.2	3.0	4.6	5.9	5.8	7.6	6.2	5.9	5.9	4.3	3.9	4.8
CHORRERA	4.3	3.8	5.1	7.0	6.5	8.9	10.3	6.8	6.3	5.4	4.3	3.0	6.0

T A B L A No 17

DURACION MEDIA (EN HORAS Y MINUTOS) DE UNA SOLA L L U V I A

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	A Ñ O
	h.min.	h.min	h.min.										
G U I J A	0 27	0 30	0 45	0 35	0 56	1 02	0 58	0 52	0 55	0 48	0 44	0 25	0 47
LA PALMA	0 38	0 42	0 34	0 44	0 52	0 50	0 46	0 46	0 38	0 38	0 35	0 20	0 40
SAN ANDRES	0 28	0 24	0 39	0 49	1 02	1 04	1 03	1 07	1 06	1 06	0 44	0 32	0 50
OBSERVATORIO	0 35	0 40	0 31	0 49	1 06	1 14	1 24	1 11	1 16	1 10	0 44	0 39	0 56
CHORRERA	0 24	0 27	0 46	0 45	1 03	1 02	1 01	0 55	1 00	0 58	0 37	0 22	0 47

T A B L A No 18

PRONEDIO DE HORAS Y MINUTOS CON L L U V I A

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	A Ñ O
	hr min												
G U I J A	00 22	00 34	01 37	06 58	18 31	45 48	40 33	30 28	43 55	22 55	06 29	01 00	219 11
LA PALMA	01 34	01 02	02 53	11 41	32 58	59 51	46 07	55 06	55 27	35 24	07 13	00 48	310 04
SAN ANDRES	00 27	00 55	01 34	10 22	30 23	56 12	60 45	52 40	62 35	57 13	07 02	01 45	341 53
OBSERVATORIO	00 33	01 00	01 28	07 02	30 28	58 29	66 32	54 47	67 50	43 27	07 34	01 44	340 54
CHORRERA	00 32	00 45	02 11	09 32	38 53	53 05	47 32	49 42	58 58	39 12	06 38	00 48	307 40

Los datos de La Palma y Güija representan las características de la lluvia de la parte alta de la cuenca y en especial la primera estación de la zona montañosa. Las Estaciones de San Andrés, San Salvador y Chorrera del Guayabo son representativas del Valle de la parte central de la cuenca. Como se deduce de la Tabla No.14 el número de días con lluvias que producen 0.1 mm. y más no presentan diferencias excesivas registrándose 122 días con lluvia al año en las partes bajas del alto Lempa (Güija) y 131 a 142 en el resto de la cuenca.

Si consideramos sin embargo el número de lluvias encontramos en las partes montañosas del Norte casi el doble del número de lluvias que en las partes bajas, como por ejemplo en La Palma con un promedio de 571 lluvias al año con relación a 241 lluvias en Güija y 320 en Chorrera del Guayabo.

El número de días con lluvia en los diferentes meses del año es más o menos similar en las estaciones consideradas notándose un incremento en las partes montañosas que se reconoce principalmente en los meses de transición en donde La Palma presenta número de días con lluvia de casi el doble que en San Salvador Observatorio.

En los meses de julio y agosto se nota una disminución de la actividad lluviosa que resulta un poco más notoria en las partes altas (La Palma).

En septiembre la actividad lluviosa aumenta con características semejantes en toda la cuenca.

En todos estos meses se mantiene la característica del número mayor de lluvias en las partes montañosas lo que indica que

en el transcurso del día pueden ocurrir más lluvias apreciables en comparación con las partes bajas.

La cantidad media producida por una sola lluvia de acuerdo a los valores en la Tabla No. 16 muestra una mayor producción por lluvia en las partes inferiores de la cuenca que indica sobre todo en los meses de julio a octubre un mayor efecto de lluvias de mayor intensidad y larga duración, notándose por ejemplo en Chorrera del Guayabo en casi todos los meses una mayor cantidad media producida por una sola lluvia que en La Palma. Sin embargo debido a que en las zonas montañosas el número de lluvias es mayor, las cantidades medias durante un día con lluvia resultan mayores que en las partes bajas como lo indican los valores contenidos en la Tabla No. 15.

La duración media en una sola lluvia según los datos contenidos en la Tabla No. 17 es mayor en las partes inferiores de la cuenca, así por ejemplo, San Salvador acusa mayores duraciones medias en comparación con La Palma o Güija.

En total durante el año en las zonas de menor cantidad de precipitación, alrededor de Güija se registra el menor número de hrs. con lluvia, con un promedio de 219 hrs.

Hacia las montañas (La Palma) y hacia la parte media e inferior de la cuenca, el número aumenta, alcanzando hasta 340 hrs. con lluvia en San Salvador y San Andrés.

La mayor duración en las zonas más cercanas a la costa, es posiblemente la consecuencia de las lluvias de tipo temporal, que afectan con mayor frecuencia e intensidad la zona Sur del país.

7.4 CANTIDADES DIARIAS MÁXIMAS DE PRECIPITACION EN MM.

En la Tabla No. 19 aparecen las cantidades diarias máximas de precipitación en mm. para las zonas Occidental, Central y Oriental de la cuenca del Río Lempa. Esta tabla ha sido elaborada en base a los registros de 32 estaciones ubicadas en la cuenca.

T A B L A N o . 1 9

CANTIDADES DIARIAS MÁXIMAS DE PRECIPITACION EN (mm)

ZONA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
ZONA OC- CIDENTAL	30.0	38.1	71.0	68.9	99.7	87.4	110.3	91.8	120.2	203.2	66.6	54.8	203.2
ZONA CENTRAL	39.3	43.3	55.9	150.4	142.5	155.8	142.0	180.9	225.2	195.5	165.4	21.2	225.2
ZONA O- RIENTAL	56.6	33.3	112.0	97.7	120.0	213.8	116.9	130.0	227.7	198.1	172.7	46.5	227.7

De la observación de los valores de la Tabla No. 19 podemos decir que las cantidades diarias máximas para las 3 zonas consideradas, ocurren durante los meses de septiembre y octubre y que debido generalmente a temporales que aún en el mes de noviembre pueden afectar las zonas Central y Oriental de la cuenca. También pueden registrarse cantidades elevadas durante fuertes chubascos como el del 10. de junio de 1974 en Pasaguina que produjo 169 mm. en 7 horas y el ocurrido en San Salvador el 10. de septiembre de 1968 que produjo 137.2 mm. en 6 horas.

Estas cantidades se refieren a días pluviométricos, existiendo la posibilidad de cantidades mayores medidas en un lapso de 24 horas. Como ejemplo puede considerarse la cantidad medida en la estación El Jobo de la planicie costera en donde durante el temporal del 7 al 8 de septiembre de 1961, el pluviógrafo registró la cantidad de 425.5 mm. en 22 hrs. y 40 min.

7.5 OSCILACIONES DE LAS PRODUCCIONES MENSUALES Y ANUALES DE LLUVIA.

Para el estudio de dicha oscilación la cuenca del Río Lempa se dividió en tres zonas: Occidental, Central y Oriental. Las estaciones detalladas en la Tabla No. 20 se escogieron por ser representativas de cada zona.

La máxima cantidad anual de precipitación se registró en la parte más alta de la zona Oriental (Perquín) con un máximo de 3280 mm. en el año de 1973, y la mínima en el extremo NW de la cuenca (Güija) con 861 mm. en el año de 1972. Se encontró además que las oscilaciones promedio por zona fueron de 960 mm. para Occidente, 968 mm. en el Centro y 1254 mm. en la zona Oriental de la cuenca.

TABLA No. 20

OSCILACION DE LA CANTIDAD ANUAL DE PRECIPITACION EN MM.

<u>NOMBRE DE ESTACION</u>	<u>PERIODO AÑOS</u>	<u>MAXIMA</u>	<u>MINIMA</u>	<u>OSCILACION</u>
<u>Zona Occidental</u>				
Güija	12	1542	861	681
La Palma	18	2886	1437	1449
San Andrés	28	2075	1326	749
				OSCILACION PROMEDIO
				960
<u>Zona Central</u>				
Chorrera del Guayabo	22	2405	1602	803
El Paraíso	17	2402	1615	787
San Vicente	47	2694	1381	1313
				OSCILACION PROMEDIO
				968
<u>Zona Oriental</u>				
Estanzuelas	13	2001	1117	884
Perquín	18	3280	1816	1464
San Marcos Lempa	47	2718	1304	1414
				OSCILACION PROMEDIO
				1254

TABLA No. 21

OSCILACION DE LA CANTIDAD MENSUAL DE PRECIPITACION EN m.m.

ESTACION	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	MAX-MIN-OSC.																							
<u>ZONA OCCIDENTAL</u>																								
GUÍJA	17	0 17	22	0 22	153	0 153	137	5 132	206	83 123	398	161 237	404	102 302	309	112 197	416	148 268	271	30 241	49	0 49	22	0 22
LA PALMA	27	0 27	39	0 39	107	0 107	192	13 179	456	54 402	759	306 453	670	210 460	607	199 408	786	162 624	506	47 459	201	0 201	36	0 36
SAN ANDRES	33	0 33	18	0 18	71	0 71	228	8 220	339	71 268	480	156 324	516	179 337	438	164 274	560	166 394	299	54 245	117	0 117	87	0 87
<u>ZONA CENTRAL</u>																								
CHORRERA DEL GUAYABO	58	0 58	36	0 36	135	0 135	195	0 195	380	79 301	530	225 305	554	194 360	454	213 241	605	185 420	522	34 488	188	3 185	42	0 42
EL PARAISO	5	0 5	20	0 20	60	1 59	260	29 231	347	106 241	640	172 468	482	177 305	386	213 173	576	208 368	376	49 327	115	1 114	66	0 66
SAN VICENTE	41	0 41	38	0 38	42	0 42	274	0 274	386	41 345	632	86 546	514	132 382	622	154 468	853	137 716	549	84 465	216	0 216	48	0 48
<u>ZONA ORIENTAL</u>																								
ESTANZUELAS	79	0 79	25	4 21	121	0 121	146	2 144	308	42 266	503	164 339	504	148 356	394	104 290	455	187 268	385	114 271	90	0 90	55	0 55
PERQUIN	25	3 22	75	0 75	45	5 40	277	0 277	592	13 579	684	340 344	650	143 507	613	224 389	707	273 434	673	135 538	189	4 185	33	0 33
SN. MARCOS LEMPA	13	0 13	20	0 20	56	0 56	158	0 158	350	22 328	866	96 770	782	91 691	660	142 518	759	206 553	566	104 462	237	0 237	112	0 112

La Tabla No. 21 nos muestra las oscilaciones de las cantidades mensuales de precipitación en mm. para las distintas estaciones de la cuenca.

La cantidad máxima mensual de precipitación se registró en la zona baja del Oriente de la cuenca (San Marcos Lempa) con 866 mm. en el mes de junio del año de 1934 y la máxima oscilación se registró en el mismo lugar y año con 770 mm.

7.6 INTENSIDAD DE LAS LLUVIAS.

Para obtener la Intensidad Máxima Absoluta dentro de la cuenca del Río Lempa, se eligieron 6 estaciones pluviográficas, tomando en consideración que han mostrado períodos más largos de registro y son representativas del comportamiento de la lluvia dentro de la cuenca y además, merecieron atención especial por su operación ininterrumpida desde la fecha de su fundación hasta diciembre de 1974. Las estaciones en mención fueron:

GUIJA	con registro desde 1961
LA PALMA	con registro desde 1964
SAN SALVADOR (ITIC)	con registro desde 1952
CHORRERA DEL GUAYABO	con registro desde 1953
PERQUIN	con registro desde 1971
CORINTO	con registro desde 1968

El cuadro siguiente, ilustra sobre los valores de Intensidad Máxima Absoluta en mm/min. para la cuenca del Río Lempa; para distintos intervalos en minutos (5, 10, 15 240, 360)

5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
4.5	3.3	2.8	2.6	2.5	1.9	1.9	1.7	1.5	0.9	0.7	0.6	0.4

Para llegar a estos resultados, se procedió de la manera siguiente:

Del registro pluviográfico de cada una de las estaciones en mención, se calculó las intensidades para los períodos de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 240 y 360 min. para cada mes y año individuales, seguidamente se comparó los diferentes meses de cada año para obtener la máxima intensidad mensual. Posteriormente se comparó las intensidades anuales para hallar las Máximas Absolutas durante el período total de registro.

Obtenidas las Intensidades Máximas Absolutas de cada una de las seis estaciones, se procedió a la comparación entre ellas, llegándose así a los resultados tabulados anteriormente.

III.- EVAPOTRANSPIRACION

Sobre todo para la agricultura y problemas hidráulicos es de suma importancia ser orientado sobre la pérdida de agua por la evaporación del suelo y superficies libres de agua, y por la transpiración de la vegetación.

La Evapotranspiración es un proceso complejo influenciado por factores meteorológicos, edáficos, geográficos y biológicos y no se han desarrollado métodos de medición o de cálculo que sean fácilmente aplicables y a la vez satisfactorios.

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial (= la cantidad de agua evaporada bajo condiciones óptimas para la humedad del suelo y para la vegetación), se han desarrollado muchas fórmulas, la mayoría de las cuales consideran solamente pocos de los numerosos factores climáticos que afectan a la evapotranspiración, tal como la fórmula de THORNTHWAITE que se limita a tomar en consideración la temperatura y la duración de la Luz Solar.

En el presente trabajo, se calculará la evapotranspiración potencial para distintas estaciones en la Cuenca del Río Lempa que cuentan con datos de Evaporación Tanque. Para el cálculo usaremos una fórmula que parte de las investigaciones de Penman y otros autores y cuya presentación aparece en el estudio del Servicio Hidrológico llamado "Un método para la determinación de la Evapotranspiración".

El objetivo principal es el de encontrar cual es la correlación existente entre los valores observados y los calculados mediante la aplicación de esta fórmula a fin de verificar su validez de aplicación en nuestro país.

La fórmula mencionada utiliza las siguientes relaciones:

$$a = 0.02 (1 - h) (2 + v) (60 + t) \text{ mm/día}$$

$$b = 0.4 R(0.33 + D/D_a) \text{ mm/día}$$

$$c = D/D_a (6 - h.t./5) \text{ mm/día}$$

$$d = 1 + 8.34t$$

dando la evapotranspiración potencial

$$\text{por: } ET_p = \frac{a + b - c}{d} \text{ mm/día}$$

Es necesario para la aplicación de esta fórmula contar con los valores promedios mensuales de los siguientes elementos meteorológicos:

Humedad Relativa	h (%)
Temperatura	t °C
Velocidad del viento	v m/seg.
Duración Real de la Luz Solar	D hrs/día
Duración Astronómica de Luz Solar	Da hrs/día
Radiación de Luz Solar	R mm/día

Estos dos últimos valores presentados en la Tabla 3 y en la gráfica Variación Anual de la Radiación Solar, pág. 33 del estudio "Un Método para la determinación de la Evapotranspiración", por el Ing. Carlos Manuel Arita.