

581.342  
L 9931  
1974  
F. I. Y. A. 1974  
Cj. 2

070692

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

SEMINARIO DE GRADUACION

ESTUDIO SOBRE EL CLIMA EN  
LA CUENCA DEL RIO LEMPA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

OCTUBRE DE 1974





TRABAJO PRESENTADO POR:

JOSÉ HUMBERTO GUZMÁN LUNA

PREVIA OPCIÓN AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

DIRECTOR

ING. JUAN CORONADO OLMEDO

ASESORES

ING. CARLOS VENTURA MONTENEGRO

ING. JOSÉ SAÚL ALVAREZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR A. I.

DOCTOR CARLOS ALFARO CASTILLO

SECRETARIO GENERAL

DOCTOR MANUEL ATILIO HASBÚN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO

INGENIERO RODOLFO JENKINS

SECRETARIO

INGENIERO WERNER HEYMANN

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

INGENIERO MARIO A. GUZMÁN URBINA

## C O N T E N I D O

I	INTRODUCCION	Página
II	ELEMENTOS METEOROLOGICOS	
	1. LUZ SOLAR	2
	2. VIENTO	8
	3. NUBOSIDAD	14
	4. HUMEDAD RELATIVA	18
	5. HUMEDAD ABSOLUTA	21
	6. TEMPERATURA	23
	7. PRECIPITACION	42
	7.1 PRECIPITACION MEDIA (NORMAL) ANUAL	60
	7.2 COMPOSICION DE LA CANTI- DAD ANUAL DE LLUVIA	68
	7.3 FRECUENCIA Y DURACION DE LAS LLUVIAS	70
	7.4 CANTIDADES DIARIAS MAXI- MAS DE PRECIPITACION EN (mm) .	76
	7.5 OSCILACIONES DE LAS PRO- DUCCIONES MENSUALES Y AN- NUALES DE LLUVIA	77
	7.6 INTENSIDAD DE LAS LLUVIAS	79
III	EVAPOTRANSPIRACION	81
IV	ZONAS CLIMATICAS EN LA CUENCA DEL RIO LEMPA	98
V	INCIDENCIA DE LAS ZONAS CLIMATICAS EN LOS RECURSOS NATURALES DE LA CUENCA	102
	BIBLIOGRAFIA	113

I.-

## I N T R O D U C C I O N

Importancia y objetivos de la investigación.

El desarrollo de nuestro país está íntimamente ligado a los recursos naturales que en él se encuentran, y es indiscutible la influencia decisiva y directa que el tiempo y el clima ejercen sobre ellos. El clima de una región es la condición física que tiene mayor influencia sobre la agricultura y de acuerdo a él se presentan variados usos potenciales de la tierra; resulta entonces evidente la importancia de conocer y clasificar el clima de una región a fin de evitar pérdidas y lograr un mejor desarrollo, ordenamiento, protección y aprovechamiento de los recursos naturales en ella existentes. Es de gran importancia entonces, el proporcionar al ingeniero, al agrónomo y a todos los profesionales interesados un material estadístico y documentario sobre las características de los elementos climáticos de una zona.

Mediante la discusión y tratamiento estadístico de los distintos elementos meteorológicos que determinan el clima, el presente trabajo tiene por objeto, llegar a describir las distintas zonas climáticas reinantes en la parte de la Cuenca del Río Lempa que pertenece a El Salvador y que constituye aproximadamente el 48% del territorio nacional.

## II. ELEMENTOS METEOROLOGICOS

### 1.- LUZ SOLAR

El clima y el tiempo son ordinariamente definidos y medidos aludiendo a las condiciones atmosféricas, y es el Sol la fuente de toda la energía que pone en marcha la maquinaria de la atmósfera.

El origen de la energía que mantiene todos los procesos atmosféricos es la radiación solar. Esta energía llega a la tierra en forma de radiación de onda corta que atraviesa la atmósfera sin ser prácticamente absorbida. Si las nubes interceptan un haz de esa radiación, lo reflejan casi totalmente otra vez al espacio. La parte restante de la radiación que nos llega es absorbida y reflejada por la superficie terrestre.

La distribución de esta energía sobre la superficie de la tierra depende mucho de la latitud y de la estación, y también varía con las condiciones atmosféricas que dependen íntimamente de la composición de la superficie terrestre.

La tabla 1) muestra valores de la Duración Media de la Luz Solar (en horas por día) y está basada en los registros de las siguientes estaciones (Unicas estaciones que cuentan con Heliógrafo en la zona de estudio).

Santa Ana, El Palmar	(A 12)
Planes de Montecristo	(A 31)
San Andrés	(L 4)
Santa Tecla	(L 8)

San Salvador. Observatorio (S 5)  
 Nueva Concepción (G 3)  
 Sesori (M 18)

TABLA 1) Elemento: LUZ SOLAR: PROMEDIOS MENSUALES (hrs/día)

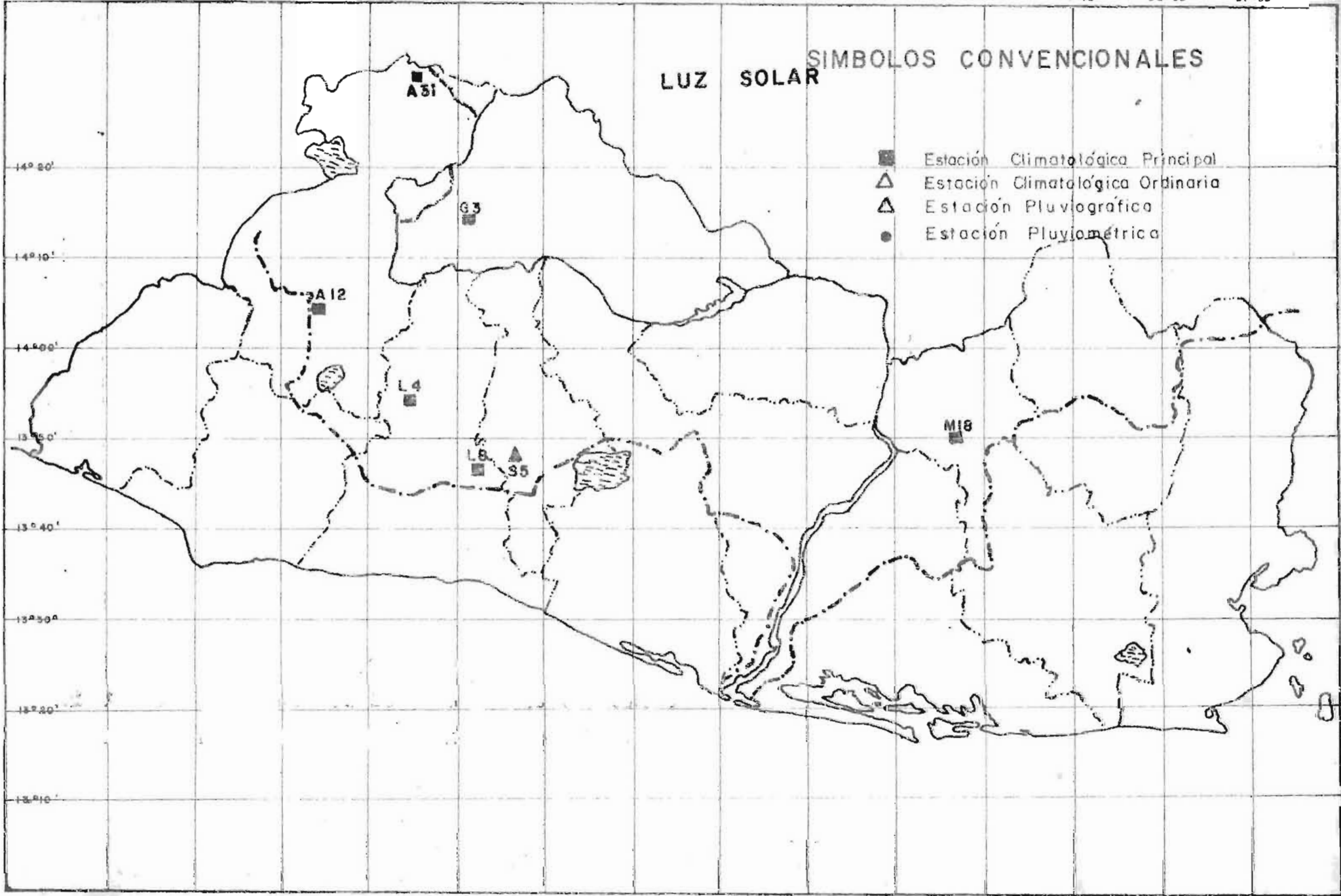
Estac.	Elev.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año	Período
A 12	725	9.9	9.7	9.4	8.7	8.0	6.7	8.4	8.0	6.5	7.4	6.8	9.6	8.4	14
A 31	1851	9.1	9.6	9.0	7.8	5.8	5.1	6.9	5.5	5.4	5.7	7.5	9.1	7.2	3
L 4	460	9.4	9.4	9.1	8.2	7.8	6.5	8.0	7.8	6.2	7.1	8.1	9.2	8.1	18
L 8	965	10.2	10.1	9.8	8.5	7.3	6.2	8.2	7.7	6.2	7.0	8.7	10.0	8.3	15
G 3	320	9.8	9.9	9.4	8.7	7.6	7.1	7.6	7.0	6.5	7.3	8.4	9.2	8.2	5
S 5	700	9.7	9.8	9.7	8.5	7.4	6.2	8.1	8.0	6.2	7.1	8.7	9.5	8.2	20
M 18	195	9.9	10.0	9.7	8.7	7.2	7.4	8.1	7.5	6.7	7.1	8.5	9.0	8.3	3

En la siguiente página se presenta el mapa que muestra las estaciones antes mencionadas.

LUZ SOLAR

SIMBOLOS CONVENCIONALES

- Estación Climatológica Principal
- △ Estación Climatológica Ordinaria
- ▲ Estación Pluviográfica
- Estación Pluviométrica





Las estaciones de Santa Ana, El Palmar y Planes de Montecristo, están situadas en el Depto. de Santa Ana y ocupan respectivamente la parte Occidental y Nor-occidental de la Cuenca del Río Lempa.

(La parte Central del Depto. de Santa Ana está ocupada por el amplio valle de Chalchuapa - Santa Ana, cuyas elevaciones fluctúan entre 400 mts. (Taxis Junction) y 800 mts. (Santa Ana - Chalchuapa). En el extremo Norte del Departamento, se eleva la cordillera de Metapán con su mayor elevación de 2.480 mts. en el Cerro de Montecristo. Estas montañas pertenecen al sistema de la Cordillera Central que se extiende a lo largo del Istmo Centroamericano. Al Sur Oeste de las montañas del Norte, se encuentra la laguna de Güija con el volcán de San Diego en sus cercanías, que pertenece morfológicamente al Valle interior que incluye los Valles del Medio Lempa y del Río Torola.

Continuando más hacia el Sur y separado de la laguna de Güija por el valle de Candelaria, localizamos el grupo volcánico del Chingo, cuyas elevaciones alcanzan hasta 1777 mts. En la parte meridional se encuentra el macizo volcánico de Santa Ana, formado por varios pies de considerable elevación, sobresaliendo con 2385 mts. el Volcán de Santa Ana. Al pie de éste, en el lado NE, se localiza el lago de Coatepeque al SE de la estación Santa Ana El Palmar. El valle del alto Lempa sirve de límite con el Depto. de Chalatenango.

De la observación de los valores consignados en la Ta-

bla, para estas estaciones se puede observar una disminución de los valores durante la estación lluviosa (Mayo-Octubres) y los meses de transición (Abril-Noviembre).

En general la duración de la Luz Solar varía poco entre lugares de parecida exposición, excepto cuando la salida y/o puesta del Sol están obstaculizadas por montañas cercanas. También es necesario tomar en cuenta que la nubosidad que se forma sobre las montañas puede disminuir la duración de la Luz Solar.

De la comparación de los valores de las estaciones - Santa Ana El Palmar y Planes de Montecristo se notan valores menores en esta última; esto es debido a su ubicación: Altiplanicie de 1851 mts. de elevación, con temperaturas bajas, abundante niebla y nubosidad lo que trae consigo esta disminución en la Luz Solar.

En general los valores pertenecientes a la estación - Santa Ana El Palmar, pueden considerarse como representativos de esta zona.

En la parte Central de la Cuenca, contamos con los registros de las estaciones de Nueva Concepción (Depto. de - Chalatenango), San Andrés, Santa Tecla (Depto. de La Libertad) y San Salvador Observatorio (Depto. de San Salvador).

La estación de Nueva Concepción está ubicada en el - Depto. de Chalatenango, cuya parte meridional es ocupada por el valle del Lempa y cuyas elevaciones van de los 200 a los 500 mts. y es abundantemente cruzado por ríos que son afluentes del Lempa.

En esta zona (zona Norte de la parte Central de la Cuenca) solamente se cuenta con los registros de esta estación, la cual está situada a una elevación de 320 mts. en una planicie considerable, pero dado que entre lugares cercanos la variación de la Luz Solar es poca, a menos que dichos lugares mantengan condiciones topográficamente diferentes uno del otro.

Al observar la tabla de valores de duración de la Luz Solar (hrs/día) se nota una disminución durante la estación lluviosa (Mayo-Octubre), debido a que durante esta estación, en los valles es frecuente la formación de niebla y nubosidad que persiste de las lluvias nocturnas.

En la parte Sur de la zona Central de la Cuenca se tienen los registros de las estaciones de San Andrés, Santa Tecla y San Salvador Observatorio.

La estación de San Andrés ubicada en el valle de su mismo nombre con 460 mts. de elevación presenta valores bastante comparables a los de San Salvador 700 mts. y Santa Tecla 965 mts. Esta última estación, limitada al Norte por el volcán de San Salvador, al Sur por la cadena costera, al Oeste por el valle de San Andrés y al Este por el valle de las Hamacas, por su elevación y cercanía de las montañas puede presentar valores que difieren (aunque muy poco) de los valores de San Salvador.

En la parte Oriental de la Cuenca solo contamos con los valores de Sesori (Depto. de San Miguel) que tiene una elevación de 195 mts. y la cual presenta promedios de Luz Solar -

comparables a las demás estaciones puesto que es alcanzado - por la extensión de la nubosidad de la zona montañosa Norte.

## 2.- VIENTO

Sobre el viento es difícil dar una información cuantitativa por falta de registros automáticos, principalmente en la zona Oriental de la Cuenca, en donde las únicas estaciones provistas de Anemógrafo son Apastepeque (Depto. de San Vicente), la cual cuenta con registros desde Agosto de 1972 y La Galera (Depto. de Morazán), desde Mayo de 1973.

La Tabla No. 2 muestra valores de Velocidades Medias de Viento en m/s y de Rumbos Dominantes (Promedios Mensuales y Anuales) de las estaciones de Santa Ana, El Palmar, situada en la parte Occidental de la Cuenca, con 725 mts. de elevación y 14 años de registro; San Salvador ITIC (710 mts., 20 años de registro), San Andrés (460 mts., 7 años de registro) y Nueva Concepción (Depto. de Chalatenango), 320 mts., 4 años de registro. Todas estas estaciones situadas en la parte Central de la Cuenca del Río Iompa. Se adjuntan también en esta Tabla, valores de Rumbos y Velocidades estimados según la Escala Beaufort para las estaciones de:

	<u>INDICE</u>
La Palma	G 4
Güija	A 15
Cojutepeque	C 9
Ingenio San Francisco, Aguilares	C 8
Sesori	M 18
Corinto	Z 5

TABLA 2) Elemento: VIENTO (m/s). Promedios: VELOCIDAD Y RUMBOS DOMINANTES

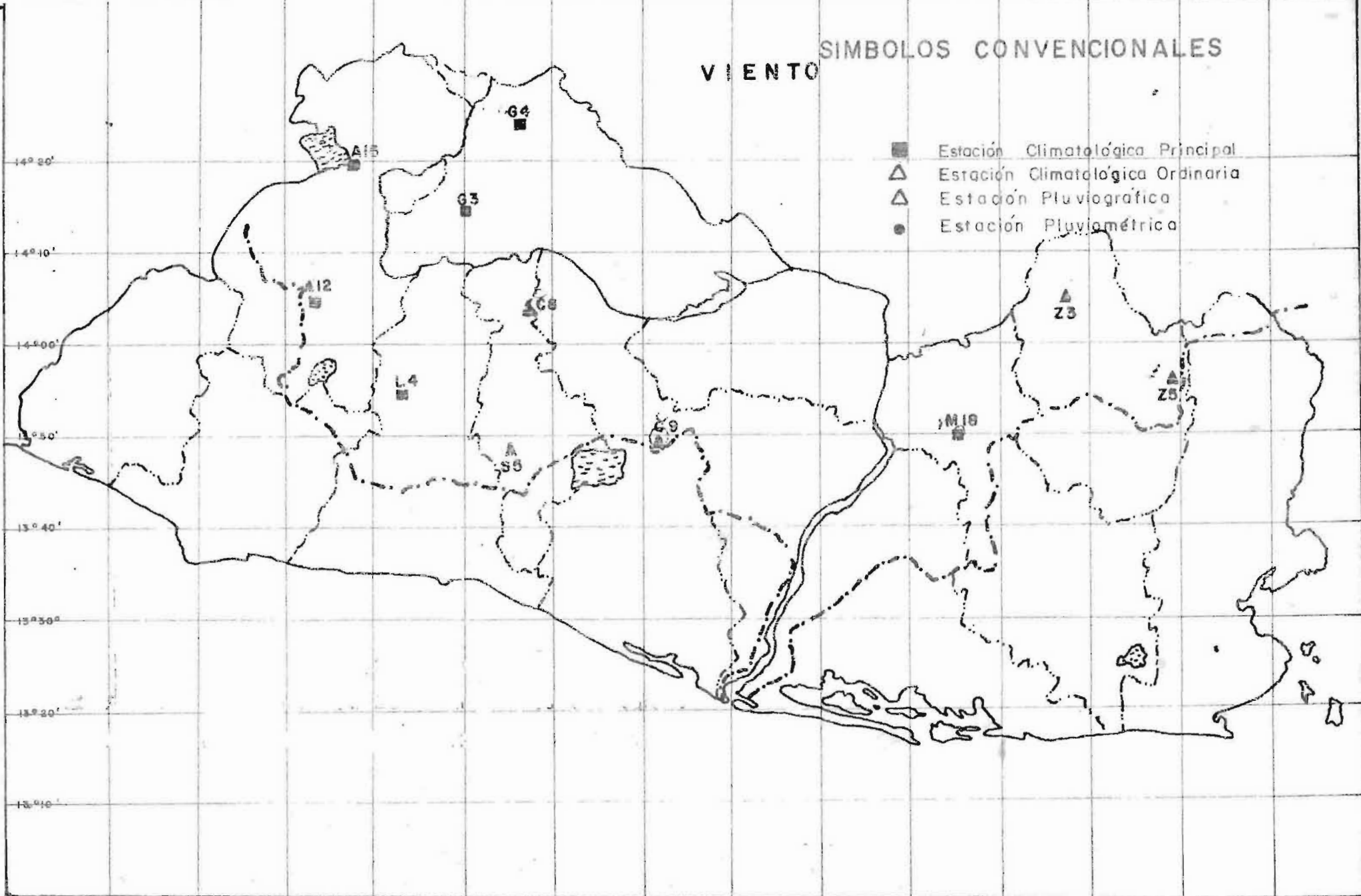
Estac.	Elev.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año	Perfodo
		N	W	W	W	SW	SW	W	W	W	N	N	N	NyN	
S 4	710	3.0	2.8	2.7	2.3	1.9	1.6	1.7	1.7	1.6	2.0	2.6	2.9	2.2	20
		W	W	W	W	W	W	WSW	SW	W	W	W	W	W	
A 12	725	2.6	2.6	2.6	2.4	2.0	1.7	1.7	1.7	1.6	1.9	2.4	2.6	2.2	14
		W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	
L 4	460	1.7	1.9	2.1	1.9	1.4	1.1	1.1	1.1	1.2	1.0	1.1	1.4	1.4	7
		W	N	N	SE	SE	SE	SE	SE	SySE	SySE	N	N	SEyN	
G 3	320	2.1	2.5	2.0	2.0	1.5	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.6	2.0	1.6	4

SEGUN ESCALA BEAUFORT (km/hra).

G 4	1000	W 14	N 13	N 11	N 8	S 8	S 6	NyS 7	S 5	N 5	N 9	N 14	N 13	N 10	10
A 15	485	N 15	N 15	N 14	N 11	N 10	N 8	N 9	N 9	N 8	N 9	N 12	N 13	N 11	10
C 9	285	N 10	N 11	S 13	S 12	S 9	S 7	S 7	S 8	S 8	S 7	N 8	N 8	S 9	4
C 8	880	W 7	N 7	S 7	S 7	S 6	S 5	S 6	S 5	S 6	S 5	S 5	S 5	S 6	5
M 18	195	SyE 8	E 8	S 8	S 9	S 7	SE 5	SE 5	S 5	S 6	S 5	S 5	S 7	S 7	3
Z 5	820	E 4	W 6	N 4	N 6	N 3	N 3	N 3	N 2	N 2	N 3	N 5	N 7	N 4	5

En la siguiente página se presenta el mapa que muestra la ubicación de las estaciones mencionadas.

# VIENTO SIMBOLOS CONVENCIONALES



Es necesario hacer constar que estos valores son influenciados por las características topográficas de cada estación y en general solo serán válidos para esos lugares y sus alrededores.

De la observación de los valores consignados en la tabla podemos observar que el rumbo predominante en la estación de Santa Ana es del W en casi todos los meses. Durante situaciones de Nortes, el viento puede soplar todo el día desde el NW. Los Nortes mejor marcados en las horas del día pueden alcanzar velocidades medias por varias horas consecutivas entre 5 y 10 m/seg. con ráfagas aisladas de corta duración de hasta 20 m/seg.

Generalmente en las zonas montañosas, los sistemas de viento dependerán de las características locales del terreno. Durante el día las laderas de las montañas y el aire en contacto con ellas se calentarán más de prisa que el aire a cierta altura sobre la ladera. Este diferente calentamiento establece que el aire se mueve hacia arriba, sobre la ladera de las montañas durante el día, y hacia abajo durante la noche. Si el terreno tiene valles convergentes el aire fresco afluirá por los lechos de los valles acelerándose hacia abajo y se encausará en el valle principal, de lo que puede resultar que el viento por la noche, en tales lugares, sea más fuerte que la brisa de día.

Especialmente en el Oriente del Depto. de Santa Ana, donde no hay cadenas montañosas de gran elevación, se desarrollará por las tardes la brisa marina, soplando de rumbos meridionales, por ejemplo: en el área del Lago de Coatepeque y re

giones más al NE hasta el alto Lempa.

La Brisa Marina, se observa frecuentemente en los días calurosos, el viento sopla cruzando la línea de la costa, durante el día de mar a tierra y en sentido contrario durante la noche. Estos vientos afectan una capa de muy poco espesor, y se producen debido a diferencias de calentamiento entre tierra y mar.

A medida que el Sol va ganando altura en el horizonte, la tierra se calienta mucho más de prisa que la superficie del mar, y el espesor entre la capa de isobaras crece sobre la tierra, de manera que la superficie superior de igual presión adquiere una inclinación desde la tierra hacia el mar. Se establecerá una fuerza horizontal debida a la presión, que acelera el aire de tierra a mar y esta transferencia de aire tiende a aumentar la presión al nivel del mar fuera de la costa y a disminuirla sobre tierra. El resultado es que al nivel del mar hay una fuerza debida a la presión que tiende a acelerar el aire desde el mar hacia la tierra.

Por la tarde cuando la tierra se enfría y desaparece el contraste de temperatura la brisa desaparece.

Durante la noche, cuando la tierra está más fría que el mar, se origina un flujo de tierra a mar que se llama brisa de tierra.

Un caso puro de brisa de tierra o de mar se observará pocas veces puesto que corrientemente habrá un viento general: sin embargo el efecto del diferente calentamiento se sobrepone siempre al viento general que predomine.



En la parte Norte y Central de la Cuenca tenemos la estación de Nueva Concepción, situada en el Depto. de Chalatenango; esta estación está situada en el Valle del Lempa el cual está bajo la influencia de los macizos montañosos que lo rodean y por eso el rumbo y la velocidad son irregulares, excepto durante la estación seca en las situaciones de Nortes en que los vientos pueden soplar aún con mayor velocidad y ráfagas aisladas; así en las cimas de las montañas pueden alcanzarse durante cortos períodos hasta velocidades de 90 a 120 kms/hr.

Estas velocidades pueden también ocurrir en la estación lluviosa con la aproximación de chubascos o tormentas eléctricas, aunque son de corta duración (15 a 20 min.). También es de tomarse en cuenta las influencias locales de montañas y valles, ya que se nota que durante el día soplan valle arriba y hacia las montañas y durante la noche en dirección opuesta.

## 3.- NUBOSIDAD

La Tabla No. 3 proporciona datos acerca de la Nubosidad Media en décimos y centésimos de la bóveda celeste, calculada en base a los registros de las siguientes estaciones:

INDICE

A 12	Santa Ana El Palmar	(elev. 725 mts.; período 14 años)
A 15	Güija	(elev. 485 mts.; período 9 años)
A 27	Candelaria de la Frontera	(elev. 700 mts.; período 4 años)
A 31	Planes de Montecristo	(elev. 1851 mts.; período 3 años)
L 8	Santa Tecla	(elev. 965 mts.; período 20 años)
L 4	San Andrés	(elev. 460 mts.; período 19 años)
S 4	San Salvador (ITIC)	(elev. 710 mts.; período 21 años)
G 4	La Palma	(elev. 1000 mts.; período 9 años)
G 3	Nueva Concepción	(elev. 320 mts.; período 6 años)
C 8	Ingenio San Francisco Aguilares	(elev. 285 mts.; período 5 años)
B 1	Chorrera del Guayabo	(elev. 190 mts.; período 17 años)
B 6	Sensuntepeque	(elev. 360 mts.; período 4 años)
U 19	Berlín	(elev. 1040 mts.; período 5 años)
M 18	Sesori	(elev. 195 mts.; período 4 años)
Z 3	Perquín	(elev. 1225 mts.; período 3 años)
Z 5	Corinto	(elev. 820 mts.; período 6 años)

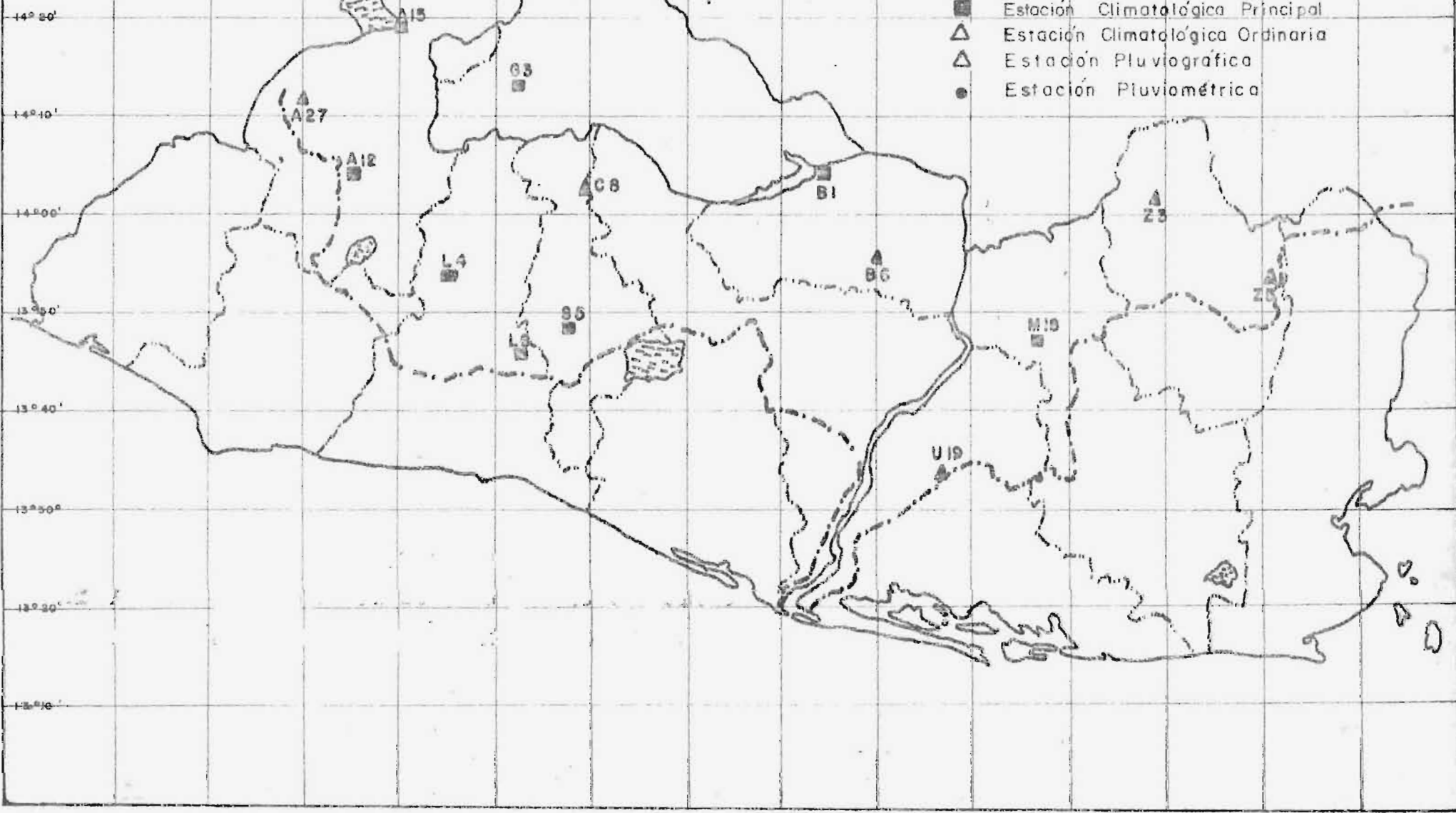
TABLA 3) Elemento: NUBOSIDAD PROMEDIO (Décimos de la Bóveda Celeste)

Estac.	Elev.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año	Período
A 12	725	3.0	3.3	3.8	5.8	6.5	7.3	6.5	6.7	7.4	6.5	4.6	3.2	5.4	14
A 15	485	2.0	2.2	2.5	3.0	4.5	5.7	4.8	5.0	5.4	4.6	3.0	2.4	3.6	9
A 27	700	3.7	3.2	3.6	4.7	6.4	7.2	6.7	6.8	7.4	6.5	4.9	3.6	5.4	4
A 31	1951	3.4	3.3	4.7	5.4	6.6	6.2	6.6	6.8	7.2	6.6	6.3	3.9	5.5	3
L 4	450	2.9	3.3	4.1	5.7	6.7	7.5	7.0	6.9	7.9	6.8	4.4	3.2	5.5	19
L 8	955	2.7	3.1	4.1	6.2	7.2	6.1	7.6	7.5	6.2	7.3	4.8	3.1	5.8	20
S 4	710	2.4	2.8	3.5	5.0	6.2	7.2	7.0	6.7	7.4	6.6	4.2	2.7	5.1	21
G 3	320	3.4	3.5	4.6	5.0	6.7	7.7	7.7	8.1	8.2	7.0	5.1	3.6	5.9	6
G 4	1000	2.2	2.8	3.0	4.0	5.2	6.6	5.6	6.0	6.6	5.3	3.5	2.6	4.4	9
C 8	285	3.5	3.6	3.8	5.6	7.3	6.7	6.1	7.2	7.2	6.1	4.3	3.0	5.4	5
B 1	190	3.3	3.6	4.5	6.1	6.8	7.5	7.2	7.4	8.0	7.2	5.1	3.3	5.8	17
B 6	650	2.4	2.8	3.3	4.6	5.7	5.0	5.6	6.5	6.9	7.3	5.1	3.4	4.9	3
U 19	1040	2.4	2.4	3.4	5.2	7.0	7.3	6.5	7.5	8.0	7.3	5.0	2.9	5.4	3
li 10	195	2.6	2.9	3.8	5.5	7.0	7.4	7.4	7.7	8.3	7.7	5.6	3.2	5.0	3
Z 5	820	2.4	2.5	3.4	4.4	5.6	5.9	6.3	5.8	6.8	5.7	3.7	2.3	4.6	5
Z 3	1225	3.6	3.8	4.3	5.4	6.5	6.6	5.7	6.4	7.3	6.8	5.0	3.8	5.4	3

La ubicación de estas estaciones se presenta en el ma  
pa siguiente.

SIMBOLOS CONVENCIONALES  
NUBOSIDAD

- Estación Climatológica Principal
- △ Estación Climatológica Ordinaria
- △ Estación Pluviográfica
- Estación Pluviométrica



De la observación de los valores registrados en la tabla No. 3 y pertenecientes a cada una de las estaciones estudiadas, podemos observar que no hay diferencias esenciales de lugar en lugar. Por lo general alrededor del mediodía y la temprana tarde hay algo más de nubes en las faldas y cimas de las montañas, sobre todo en las partes expuestas hacia el mar (Nubes de la Brisa Marina).

Durante la estación lluviosa, en la madrugada muchas veces hay más nubosidad en la parte costera que más tierra adentro.

En las planicies muy húmedas por razones edáficas (pantanos) y alrededor de las grandes lagunas, se observan a veces nieblas o neblinas en la madrugada durante la estación lluviosa.

En la parte occidental de la Cuenca contamos con las estaciones de Santa Ana El Palmar (A 12), Güija (A 15), Candelaria de la Frontera (A 27) y Planes de Montecristo (A 31) (Todas Depto. de Santa Ana). Por lo general, las regiones montañosas suelen tener mayor nubosidad que las planicies internas del Departamento. Una característica climática de la Sierra Apaneca - Santa Ana, consiste en que debido al libre acceso de las masas de aire boreales acarreadas por los Nortes, éstas aún contienen suficiente humedad como para que se formen en la vertiente Norte del alto macizo montañoso, extensos campos de nubes estratificadas.

En los alrededores de Güija y Coatepeque es muy común observar durante la estación lluviosa la formación de nieblas

o neblinas durante la madrugada hasta poco después de la salida del Sol.

La estación Planes de Montecristo situada a una elevación de 1851 mts. presenta condiciones topográficas especiales. Esta estación está ubicada en una altiplanicie de abundante vegetación (pinos y pastizales) y en la época de noviembre a febrero cuando entran los frentes fríos, las temperaturas son muy bajas, hay formación de abundante niebla y nubosidad.

Santa Tecla está ubicada en una zona de mucha vegetación (cafetos) y es un lugar muy húmedo por su elevación y por consiguiente de niebla abundante y nubosidad algo mayor que San Salvador.

Se nota el aumento de nubosidad en la estación lluviosa (mayo-octubre) y una disminución durante la estación seca; así como también mayor nubosidad en las estaciones ubicadas en zonas montañosas y de mayor elevación, a excepción de ciertas estaciones como Nueva Concepción (320 mts.) ubicada en el valle del Lempa y Sesori (195 mts.) que presenta a pesar de su poca elevación un alto promedio de nubosidad, posiblemente por que es afectada por la extensión de la nubosidad de la Zona Montañosa Norte.

#### 4.- HUMEDAD RELATIVA

Para expresar la humedad o sea el contenido de vapor de agua del aire se usan dos definiciones:

- 1º) La Humedad Relativa (%) que expresa la relación entre el contenido de vapor de agua del aire bajo la tempe-

ratura actual y la cantidad máxima de vapor de agua que el aire podría contener bajo la misma temperatura cuando el aire está saturado.

2°) La Humedad Absoluta (presión del vapor en mm hg) que es el contenido absoluto de vapor de agua en el aire.

Para los rangos de temperatura considerados la humedad absoluta ( $\text{g/m}^3$ ) es numéricamente igual a la tensión de vapor expresada en mm hg.

La Humedad Relativa no demuestra una relación bien definida con la altura, ya que depende en alto grado de las condiciones locales.

En la costa y planicie costera por lo general el aire es más húmedo que más tierra adentro, observándose un aumento paulatino a medida que aumenta la elevación.

Para el estudio de este parámetro se han utilizado los datos de las siguientes estaciones:

<u>Índice</u>	<u>Nombre de la Estación</u>	<u>Elevación</u>	<u>Años de Registro</u>
A 2	Hacienda Montecristo	2230 mts.	3
A 31	Planes de Montecristo	1951 mts.	3
Z 3	Perquín	1225 mts.	3
G 4	La Palma	1000 mts.	10
Z 5	Corinto	820 mts.	5

Todas estas estaciones están ubicadas en la Zona Montañosa Norte de la cuenca con elevaciones que fluctúan entre 820 mts. (Corinto) y 2230 mts. (Hda. Montecristo).

<u>Indice</u>	<u>Nombre de la estación</u>	<u>Elevación</u>	<u>Años de Registro</u>
A 12	Santa Ana, El Palmar	725 mts.	15
S 4	San Salvador, ITIC	710 mts.	22
A 27	Candelaria de la Frontera	700 mts.	3
B 6	Sensuntepeque - Posta	650 mts.	3
S 10	Aeropuerto de Ilopango	615 mts.	17
A 15	Güija	485 mts.	10
L 4	San Andrés	460 mts.	22
L 39	Zapotitán	453 mts.	2
G 12	Concepción Quezaltepeque	390 mts.	2
G 3	Nueva Concepción	320 mts.	5
C 8	Ingenio San Francisco, Aguilares	285 mts.	5
M 18	Sesori	195 mts.	3
B 1	Chorrera del Guayabo	190 mts.	18
V 9	Puente Cuscatlán	20 mts.	3

Todas estas estaciones ubicadas en el Valle del Lempa y valles cercanos a éste, con elevaciones que fluctúan entre los 20 mts. (Puente Cuscatlán) y 725 mts. (Santa Ana, El Palmar).

L 8	Santa Tecla	925 mts.	24
C 9	Cojutepeque	880	4

Estas estaciones ubicadas en la zona de la Cordillera Central. El total de estaciones ha sido distribuido de acuerdo a su situación con respecto a la cuenca en 3 zonas topográficas: la Zona Montañosa Norte, la Zona del Valle del Lempa y Planicies Internas y la Zona de la Cadena Costera.

La Tabla No. 4 presenta los valores promedios mensuales y anuales de la Humedad Relativa en % correspondiente a las 3 zonas diferenciadas.



T A B L A No. 4

Promedios Humedad Relativa ( % ).

ZONA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
ZONA MONTAÑOSA NORTE	76	74	70	73	82	85	81	85	87	88	82	79	80
ZONA DE VALLES Y PLANICIES.	64	62	63	67	74	80	79	81	83	82	74	69	73
ZONA CADENA COSTERA	74	67	70	74	82	84	83	86	89	89	83	77	78

De la observación de los valores consignados en la tabla para las estaciones correspondientes a las distintas zonas podemos observar:

Un aumento de la Humedad Relativa promedio durante la estación lluviosa (Mayo-Octubre) y meses de transición (Abril y Noviembre), y un aumento paulatino de la humedad relativa con la altura.

## 5- HUMEDAD ABSOLUTA

La Humedad absoluta del aire expresada como presión del vapor de agua (en mm de Hg), demuestra una disminución más clara con la altura.

(La estación Hacienda Montecristo con una elevación de 2230mts. tiene un promedio anual de 9.6 mm. de Hg. promedio mucho más bajo que el de la estación Fuente Cuscatlán con 20 mts. de elevación y un promedio anual de 20.1 mm de Hg.).

Los valores promedios para las 3 estaciones diferenciadas en la cuenca del Río Lempa se presentan en la Tabla No. 5.

T A B L A No. 5

Promedios Humedad Absoluta ( mm. de Hg. ).

Z O N A	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
ZONA MONTAÑOSA NORTE	10.5	10.9	11.7	12.6	13.8	13.9	13.4	13.6	13.9	13.9	12.5	11.1	12.9
ZONA DE VALLES Y PLANICIES	13.8	13.6	15.2	16.9	13.4	19.0	18.5	18.6	18.8	18.6	16.6	14.2	16.8
ZONA CADENA COSTERA	11.9	12.5	13.9	15.4	16.6	11.7	14.9	15.3	15.5	15.4	13.8	12.0	15.2

## 6.- TEMPERATURA

En la Cuenca del Río Lempa, se tienen veintiseis estaciones climatológicas que proporcionan datos de temperatura.

De estas veintiseis estaciones, tomando en cuenta su distribución en la zona y su número de años de registro, han sido escogidas para el estudio de este parámetro nueve estaciones, cinco de ellas cuentan con diez o más años de registro y cuatro con cinco a nueve años.

Las estaciones seleccionadas son las siguientes:

- A 12 Santa Ana, El Palmar (Departamento de Santa Ana),  
elev. 725 mts., 10 años de registro.
- A 15 Güija (Departamento de Santa Ana),  
elev. 485 mts., 9 años de registro.
- L 4 San Andrés (Departamento de La Libertad),  
elev. 460 mts., 24 años de registro.
- S 4 San Salvador ITIC (Depto. de San Salvador),  
elev. 710 mts., 21 años de registro.
- E 1 Chorrera del Guayabo (Depto. de Cabañas),  
elev. 190 mts., 17 años de registro.
- C 3 Ingenio San Francisco Aguilares (Depto. Cuscatlán)  
elev. 285 mts., 5 años de registro.
- G 4 La Palma (Departamento de Chalatenango),  
elev. 1000 mts., 9 años de registro.
- Z 5 Corinto (Departamento de Morazán),  
elev. 820 mts., 5 años de registro.
- L 8 Santa Tecla (Departamento de La Libertad),  
elev. 460 mts., 24 años de registro.

Las Tablas 6, 7 y 8 presentan respectivamente los Promedios Mensuales de Temperatura, Temperatura Máxima y Temperatura Mínima de las estaciones seleccionadas.

TABLA 6) Elemento: PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

Estac.	Elev.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año	Período
A 12	725	21.6	22.2	23.4	24.2	23.9	22.8	23.0	22.9	22.6	22.6	22.0	21.6	22.7	14
L 4	460	22.6	23.3	24.6	25.5	25.2	24.2	24.2	24.3	23.9	23.6	22.8	22.3	23.9	24
L 8	965	19.4	19.9	20.9	21.7	21.7	21.2	21.4	21.5	20.8	20.7	20.2	19.6	20.8	25
S 4	710	22.0	22.5	23.7	24.4	24.0	23.0	23.0	23.0	22.5	22.5	22.2	22.0	22.9	21
G 4	1000	18.9	19.5	21.1	22.0	21.8	20.9	21.1	20.7	20.5	20.3	19.4	19.1	20.4	9
B 1	190	26.5	27.4	28.6	29.0	27.8	26.0	25.8	25.9	25.5	25.7	25.7	25.9	26.6	17
A 15	485	24.3	25.0	26.4	27.1	27.6	24.7	24.8	24.6	24.5	24.5	24.2	24.4	25.1	9
C 8	285	24.4	25.0	26.6	27.6	27.0	25.8	25.2	24.8	24.8	25.0	24.2	24.0	25.4	5
Z 5	820	21.0	21.8	23.3	24.0	23.7	23.0	23.0	22.5	22.4	22.2	21.6	21.0	25.5	5

TABLA 7) Elemento: PROMEDIOS MENSUALES TEMPERATURA MÁXIMA (°C)

Estac.	Elev.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año	Período
A 12	725	30.2	31.4	32.8	32.9	31.6	29.7	30.2	30.2	29.6	29.5	29.2	29.6	30.6	14
L 4	460	32.1	33.3	34.5	34.6	33.2	31.6	31.8	32.0	31.1	30.9	30.8	31.1	32.2	23
L 8	965	28.5	29.5	30.4	30.3	29.2	27.8	28.7	28.7	27.4	27.2	27.6	27.9	28.6	23
S 4	710	29.7	31.0	32.3	32.5	31.4	29.9	30.0	30.2	29.5	28.9	28.5	28.8	30.2	21
G 4	1000	26.7	27.9	29.7	29.6	28.6	27.1	28.1	27.6	26.8	26.6	25.9	26.2	27.6	9
B 1	190	34.3	35.6	37.1	37.1	35.8	33.2	33.5	33.6	32.7	32.7	32.4	33.1	34.2	17
A 15	485	32.2	33.2	34.6	34.8	34.3	32.3	32.6	32.3	31.8	31.8	31.4	31.7	32.8	9
C 8	285	33.4	33.9	36.9	36.3	34.3	32.3	32.5	31.2	31.6	31.9	32.0	32.6	33.2	5
Z 5	820	30.7	32.0	33.6	33.2	31.4	29.6	30.3	29.3	29.1	29.1	29.2	29.6	30.6	5

TABLA 8) Elemento: PROMEDIOS MENSUALES TEMPERATURA MINIMA (°C)

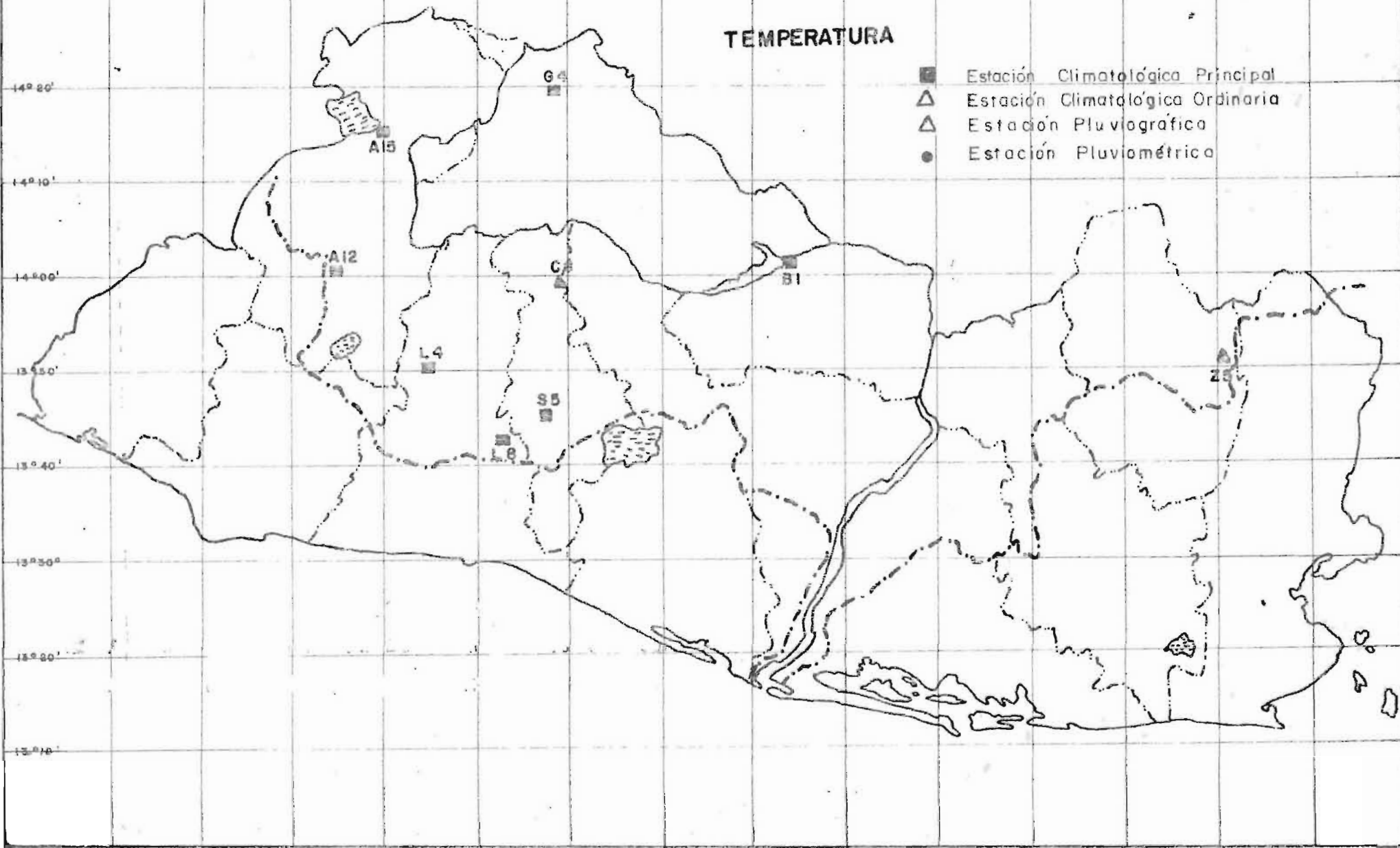
Estac.	Elev.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año	Período
A 12	725	15.9	15.9	17.0	18.0	18.9	18.8	18.5	18.6	18.8	18.6	17.5	16.5	17.8	14
L 4	460	13.9	14.5	15.9	18.0	19.2	19.3	18.8	19.1	19.2	18.5	16.2	14.4	17.2	23
L 8	965	13.8	13.9	14.8	16.3	17.2	17.3	17.0	17.1	17.2	17.0	15.7	14.6	16.0	23
S 4	710	16.0	16.0	17.2	18.5	18.9	18.8	18.2	18.4	18.6	18.5	17.4	16.5	17.8	21
G 4	1000	14.1	14.2	15.4	16.7	17.2	17.2	16.8	16.6	17.1	16.6	15.6	14.9	16.0	9
A 15	485	18.3	18.8	20.0	20.8	21.0	20.3	20.0	19.9	20.2	19.9	18.8	18.4	19.7	9
C 6	285	17.1	18.2	21.1	22.2	22.5	21.9	21.2	21.2	21.0	21.0	19.3	17.5	20.4	5
Z 5	320	13.5	13.5	16.3	16.4	17.2	17.0	16.8	17.1	17.3	17.2	15.3	13.9	16.0	5

El siguiente mapa muestra la ubicación en la cuenca de las estaciones seleccionadas.

# SIMBOLOS CONVENCIONALES

## TEMPERATURA

- Estación Climatológica Principal
- △ Estación Climatológica Ordinaria
- △ Estación Pluviográfica
- Estación Pluviométrica



De la observación de los valores consignados en la Tabla 6 podemos ver un aumento de la Temperatura en los meses de Febrero, Marzo y Abril, así como una disminución de la Temperatura con la altura, notándose por ejemplo, en todos los meses, valores menores para La Palma (elev. 1000 mts.), que tiene un promedio anual de Temperatura de  $16.0^{\circ}\text{C}$  en comparación con Chorrera del Guayabo (elev. 190 mts.) con un promedio anual de  $20.4^{\circ}\text{C}$ .

A fin de determinar el valor del gradiente térmico (variación de la Temperatura con la altura) se hicieron para cada mes, gráficas de elevación vrs. temperatura en base a los promedios calculados de los registros de las estaciones, lo que permite obtener valores interpolados de Temperatura para distintos niveles. Una vez ploteados los valores elevación vrs. temperatura, y a fin de lograr la recta de mejor ajuste, se emplea el siguiente programa de computadora:

```

10 REM PROGRAMA PARA EL CALCULO DE CORRELACION- REGRESION
20 DIM X200,Y200
30 READ N,X1,Y1
40 C1=X12
50 Q1=Y12
60 Z1=X1*Y1
70 J=2
80 READ XJ
90 READ YJ
100 C=XJ2
110 Q=YJ2
120 Z=XJ*YJ
130 X1=X1+XJ
140 Y1=Y1+YJ
150 C1=C1+C
160 Q1=Q1+Q
170 Z1=Z1+Z
180 J=J+1
190 IF J<N+1 THEN 80
200 X8=X1/N
210 Y8=Y1/N
220 V1=C1/N-X82
230 V2=Q1/N-Y82
240 C8=Z1/N-X8*Y8
250 D1=SQRV1
260 D2=SQRV2
270 R=C8/(D1*D2)
280 A=R*D2/D1
290 B=Y8-A*X8
300 S2=V2*(1-R2)
310 PRINT "EL COEFICIENTE DE CORRELACION MUESTRAL ES : "R
320 PRINT
330 PRINT "LA RECTA DE REGRESION ES Y="A"X+"B
340 PRINT
350 REM"EL PRIMER DATO DEBE SER N "
360 REM" LUEGO LOS PARES ORDENADOS (X(J),Y(J))"
370 END
380 DATA

```

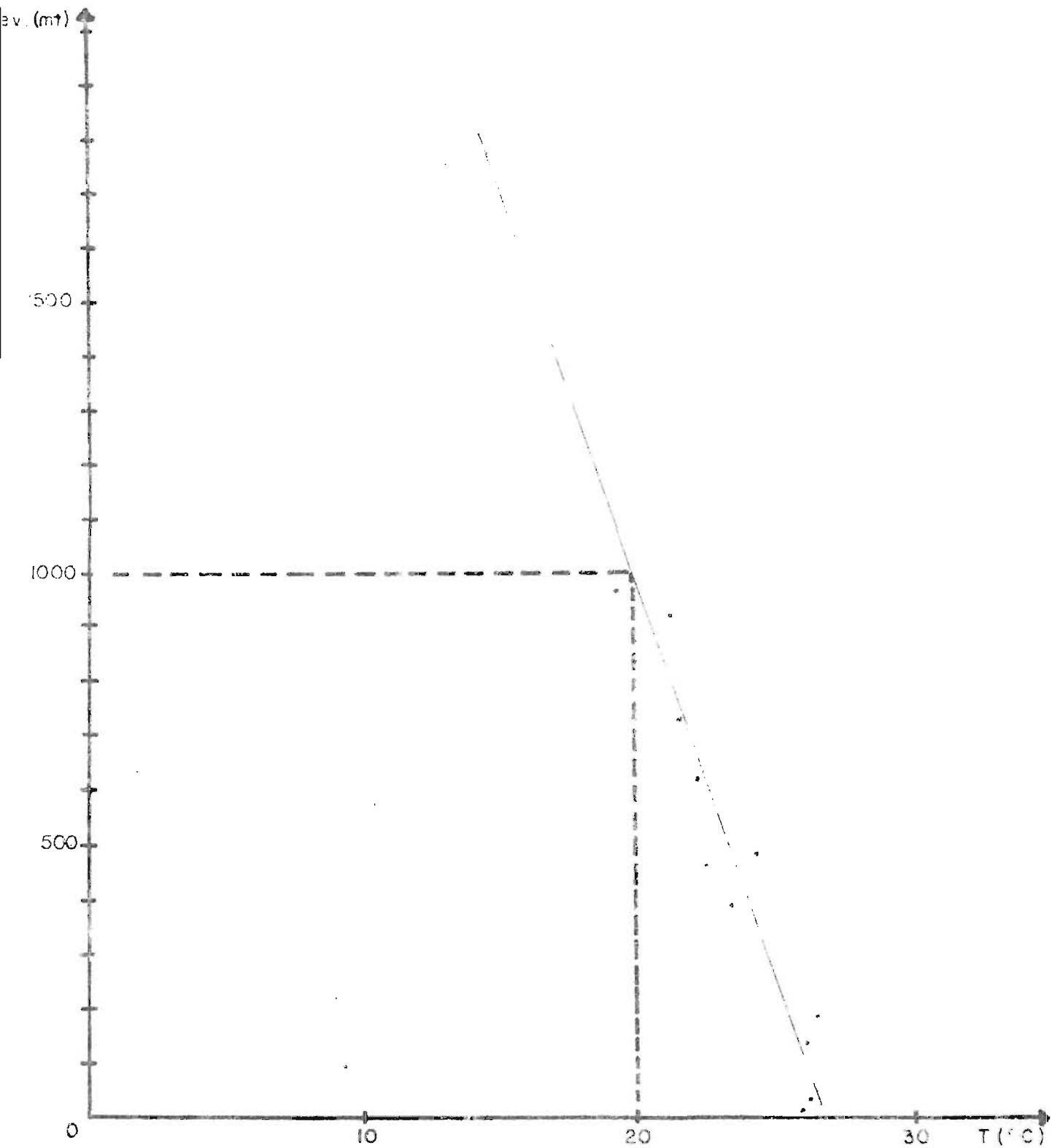
Las gráficas mencionadas, se presentan a continuación, siendo el gradiente térmico obtenido:  $\gamma = - \frac{\Delta T}{\Delta Z} = 1^\circ\text{C}/150 \text{ mts.}$

#### EJEMPLO ILUSTRATIVO

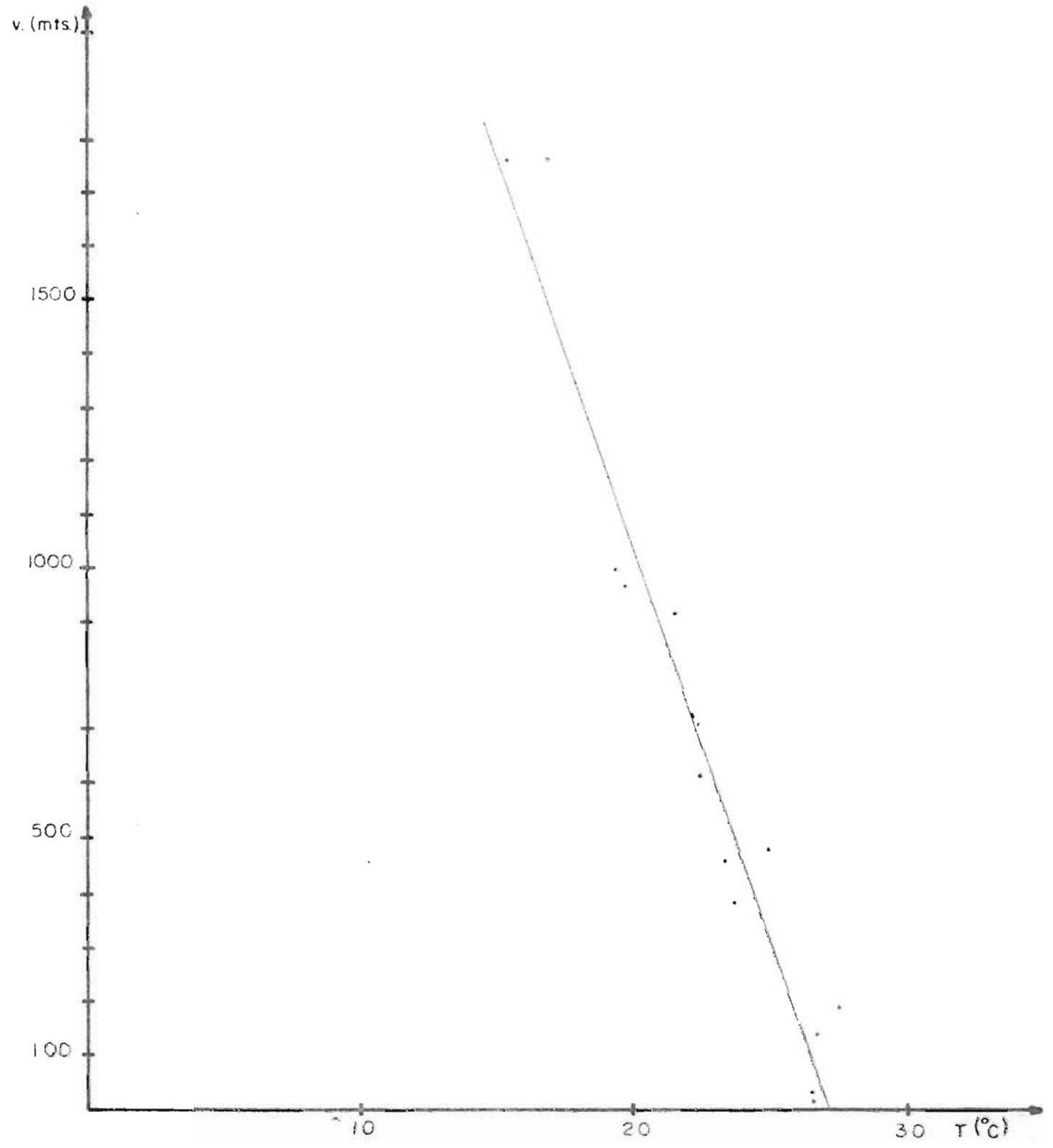
Si deseamos obtener la temperatura promedio para el mes de Enero, para una elevación de 1000 mts., vamos a la gráfica elev. vrs. T para el mes citado, y obtenemos que para una ordenada de 1000 mts. tenemos una abscisa que corresponde a 20°C.



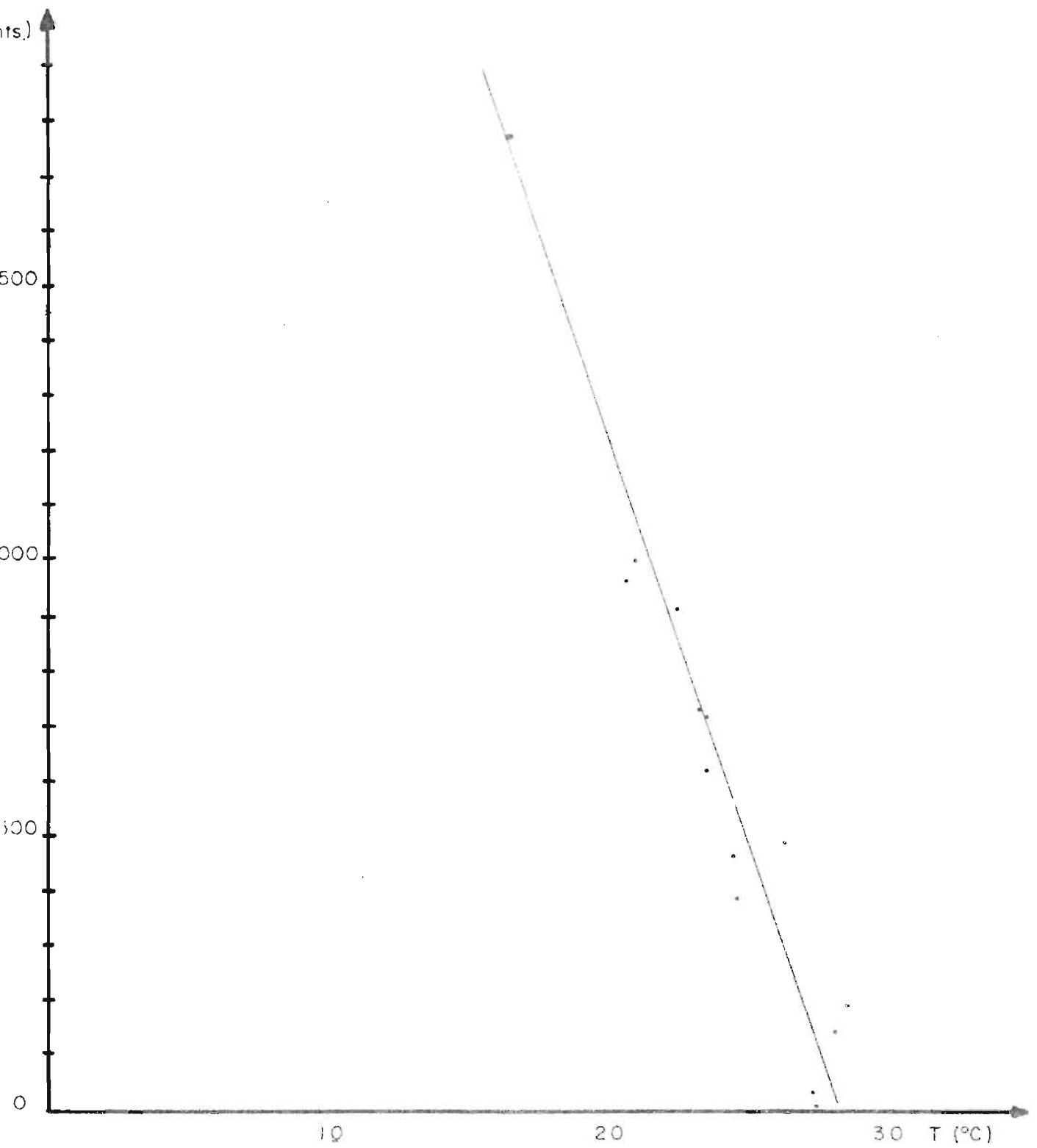
# GRAFICOS ELEVACION vs. TEMPERATURA ENERO



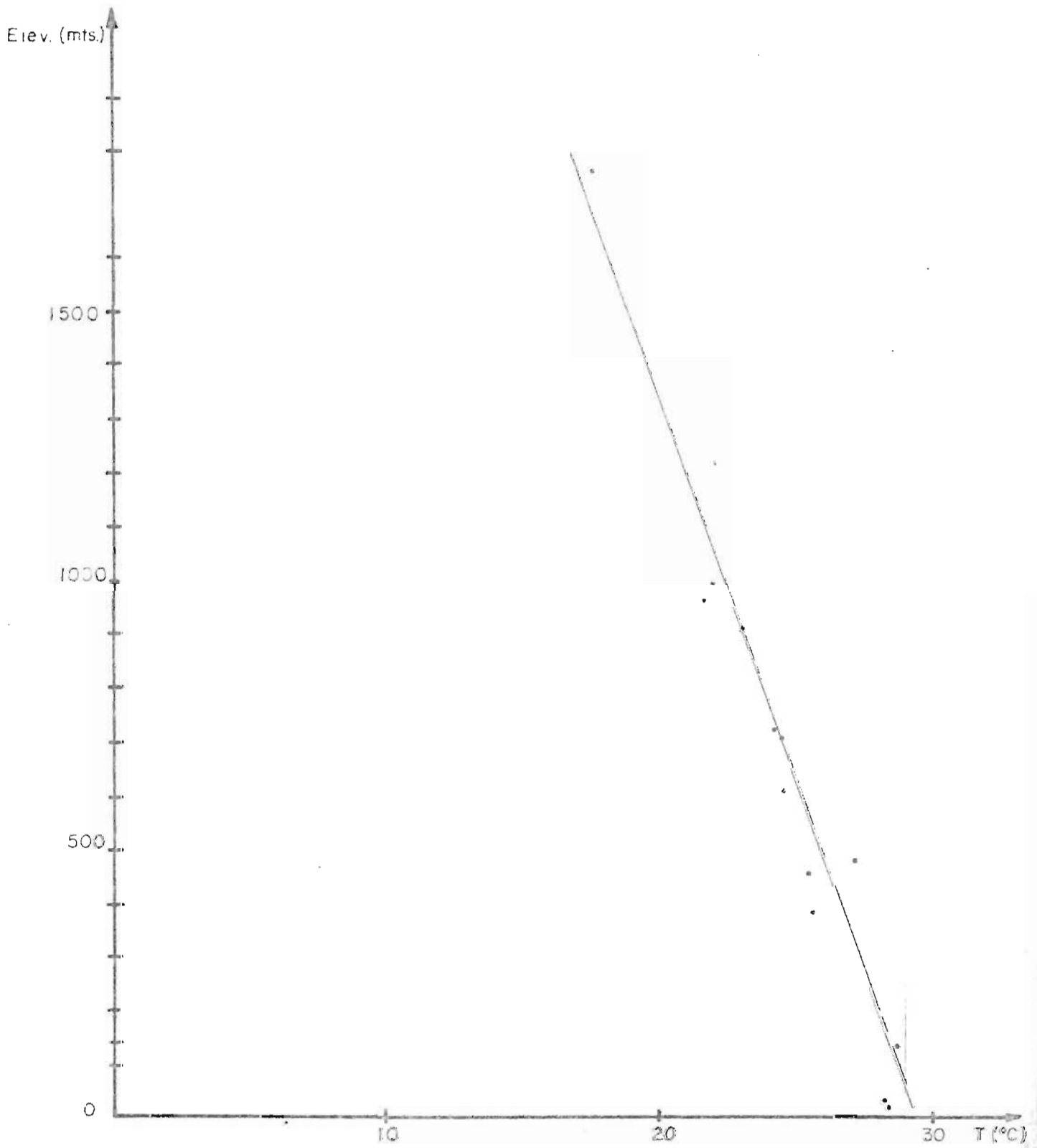
# FEBRERO



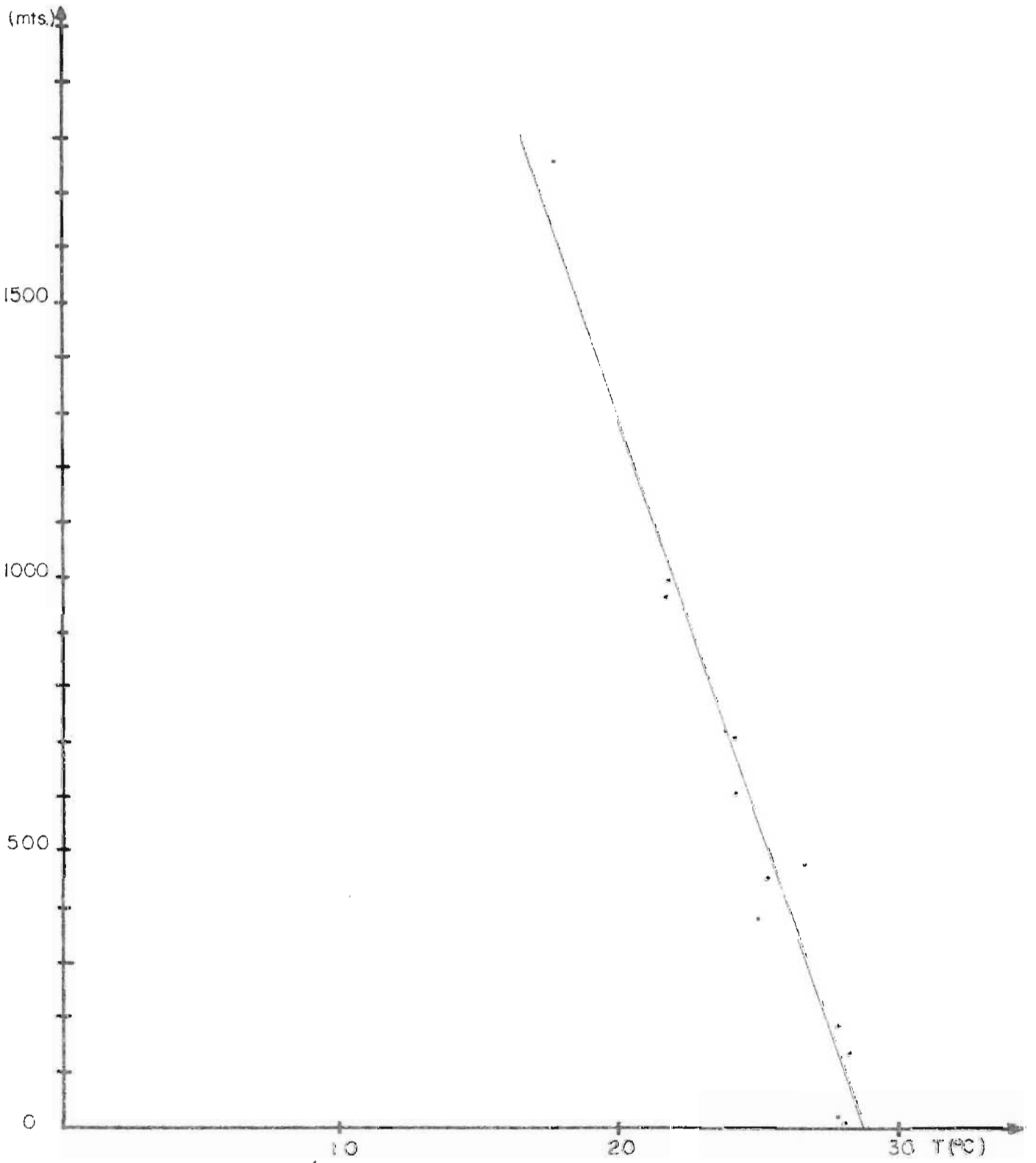
# MARZO



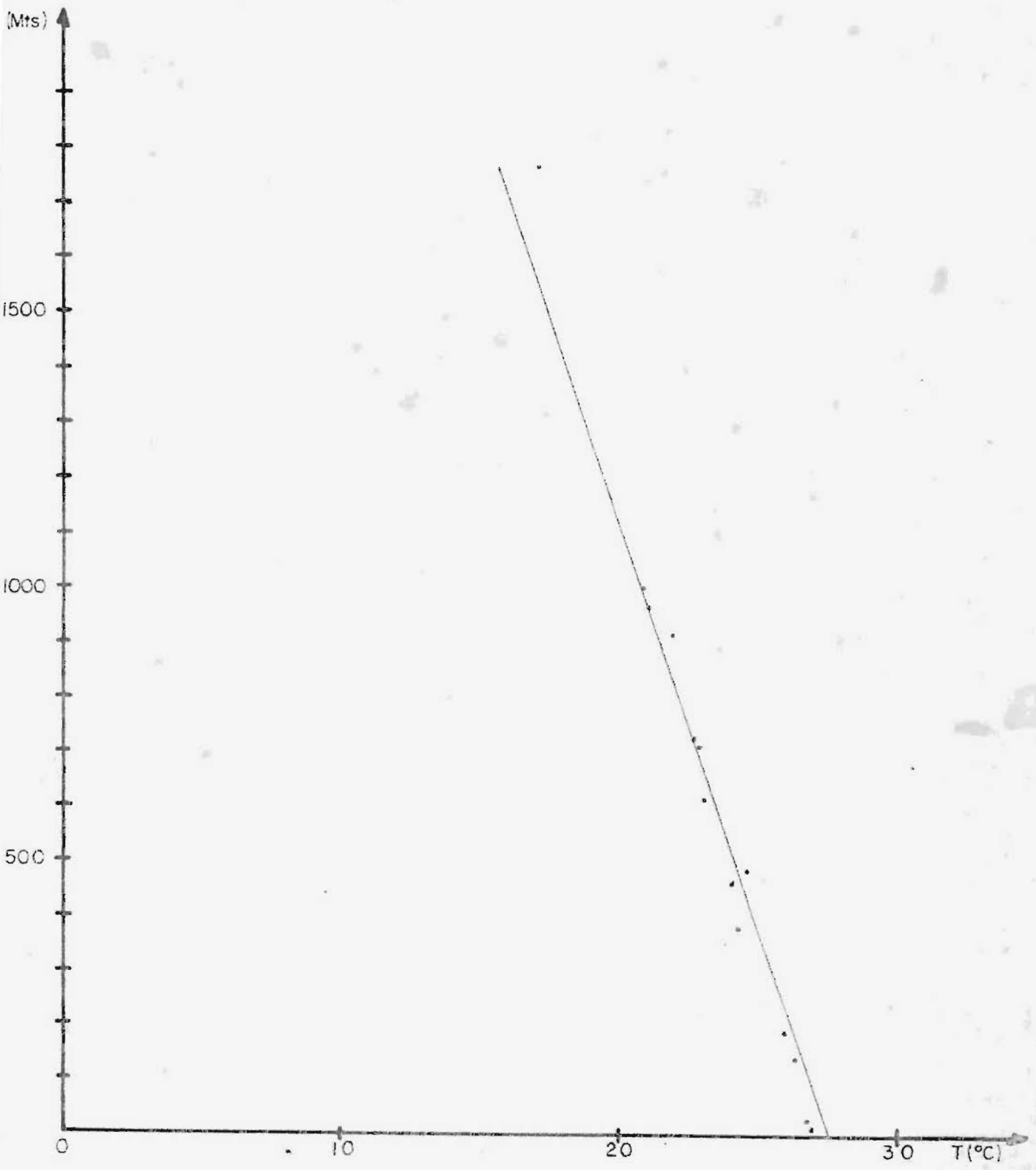
# AERIL



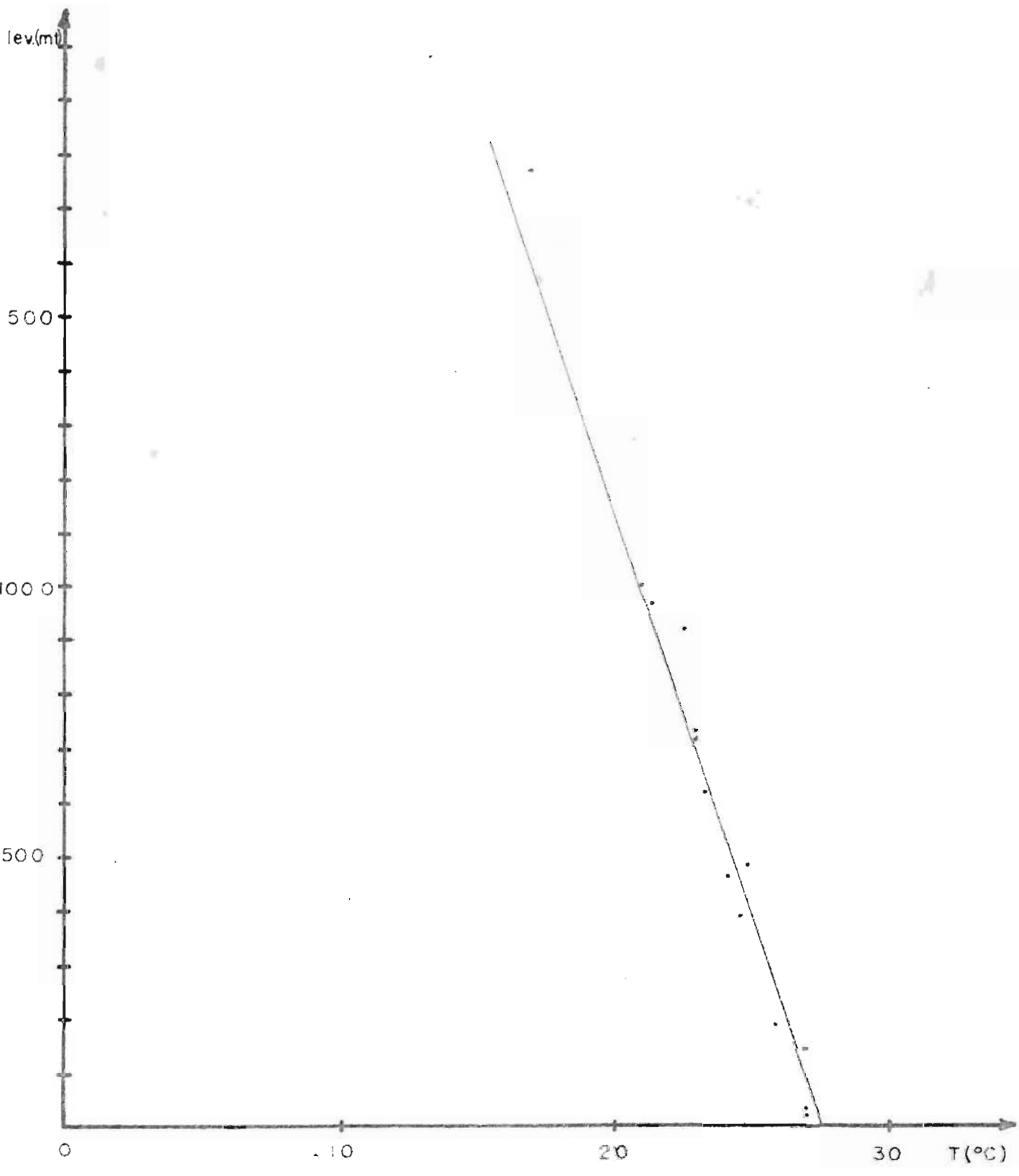
# MAYO



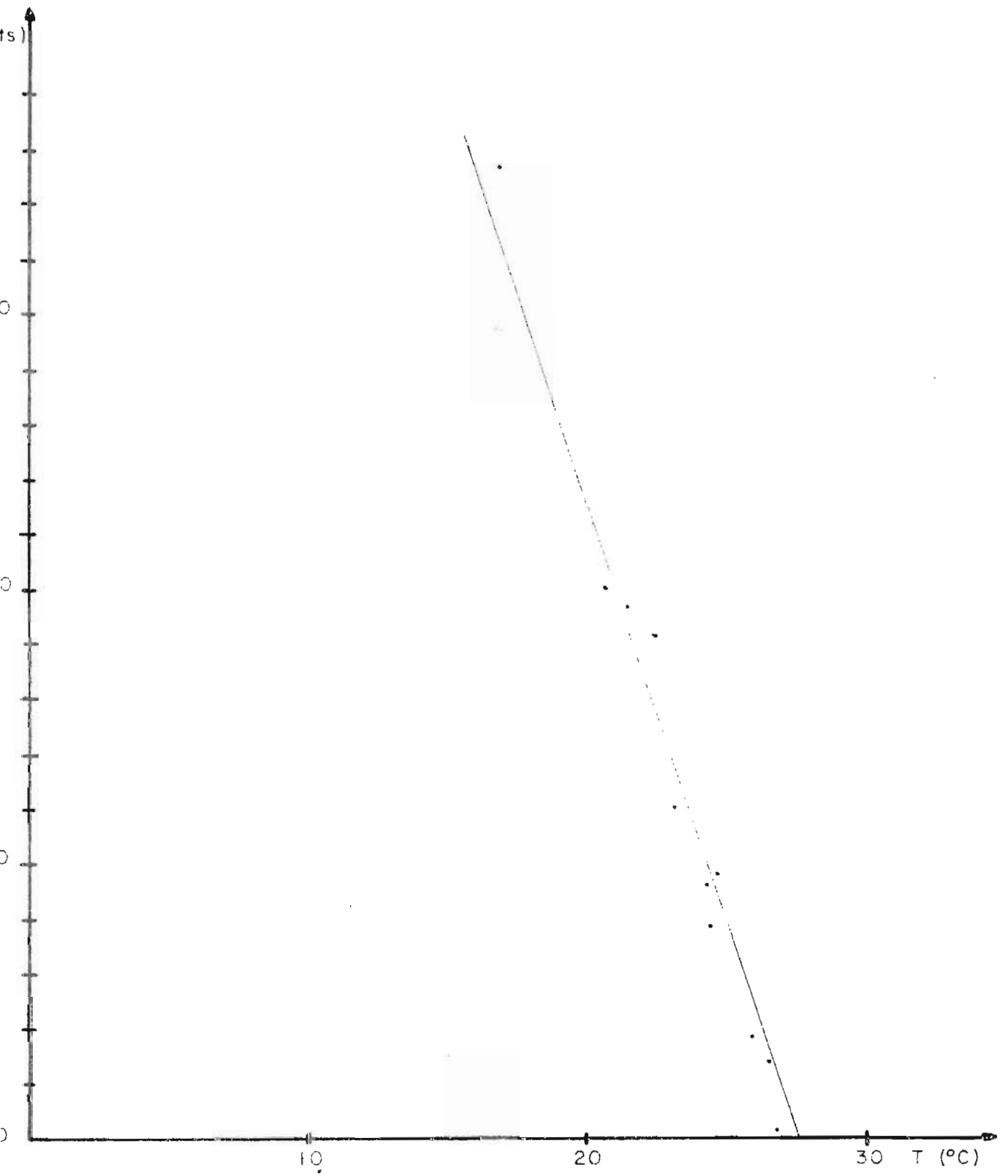
# JUNIO



# JULIO

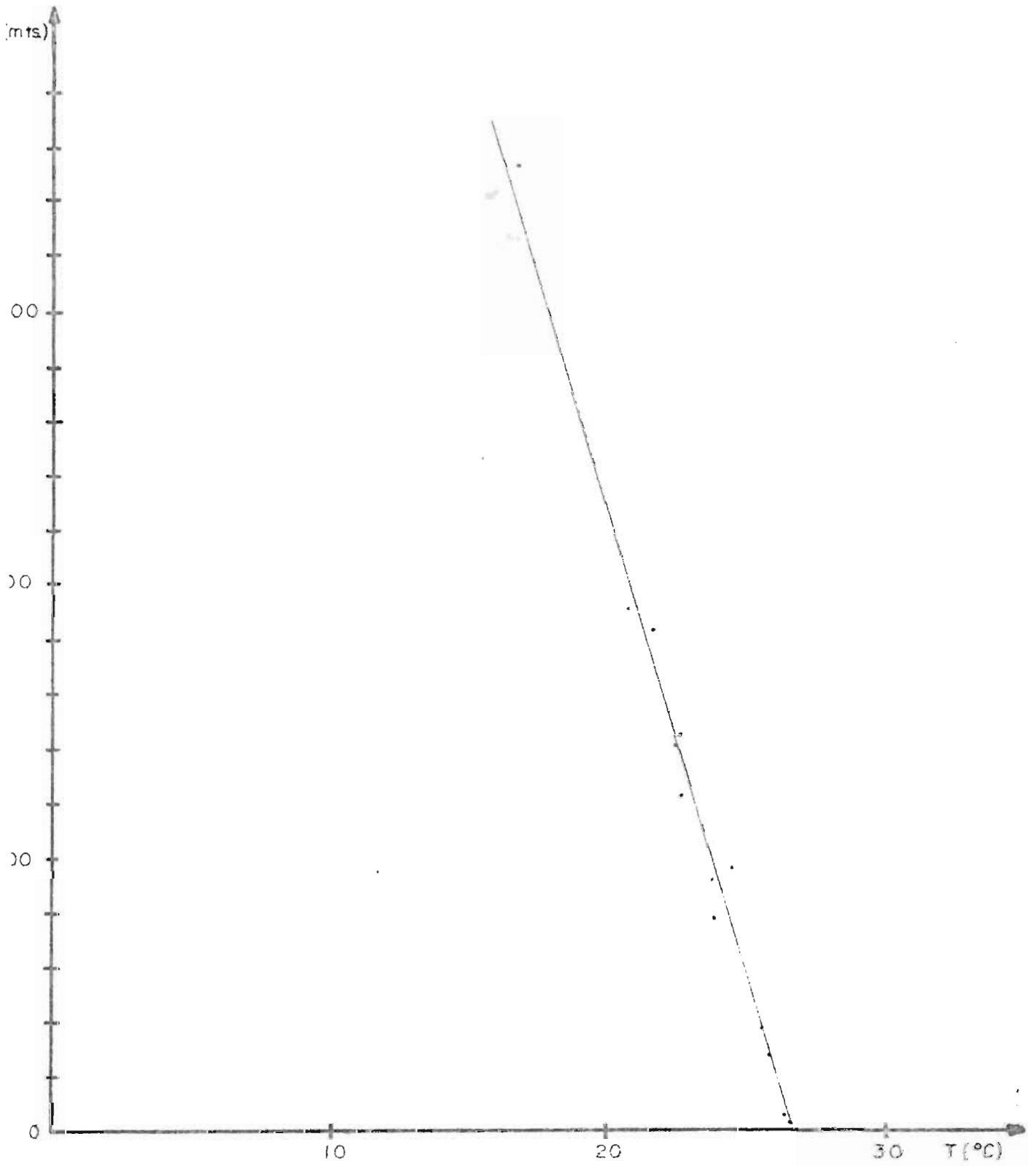


# AGOSTO

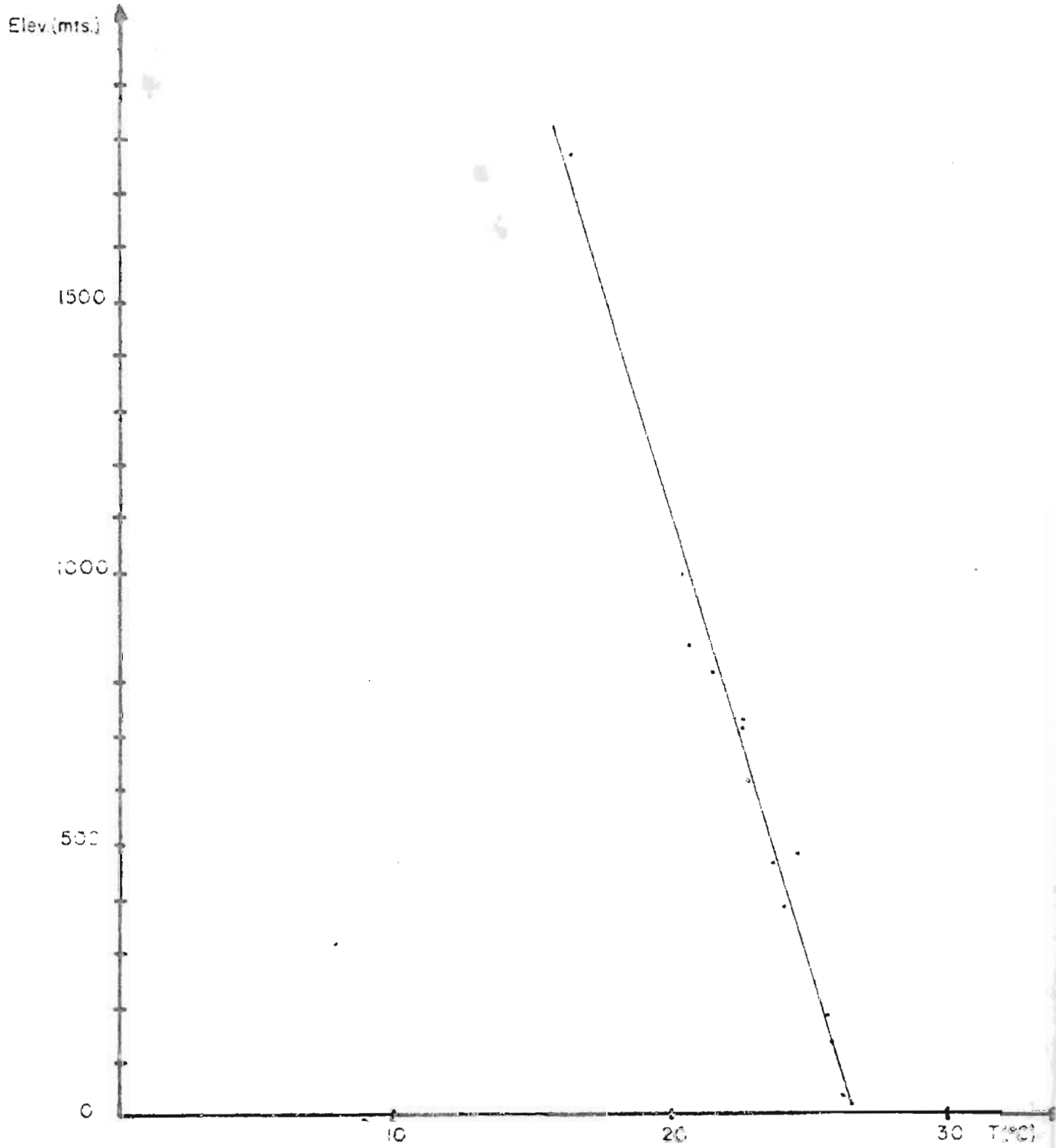




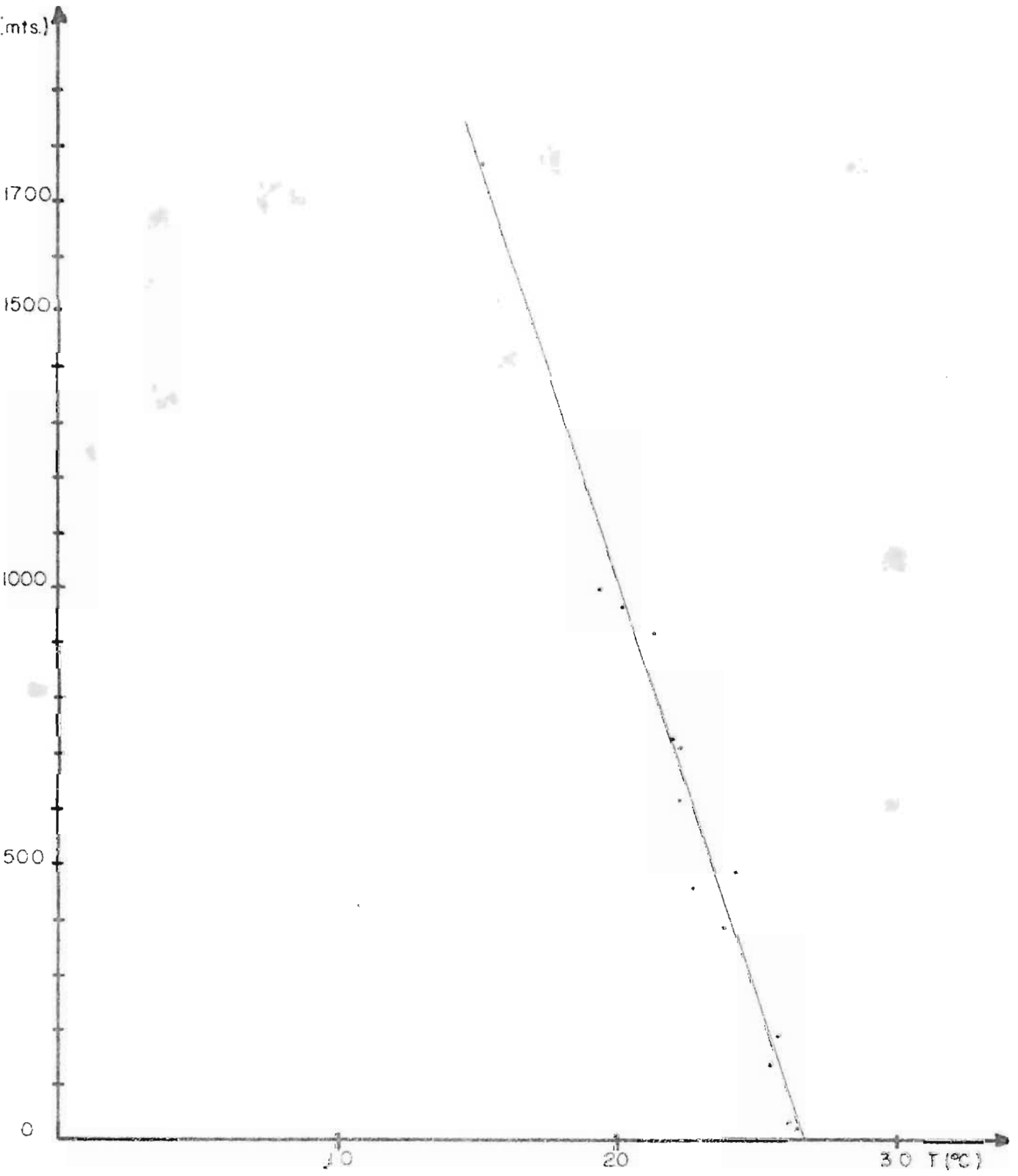
# SEPTIEMBRE



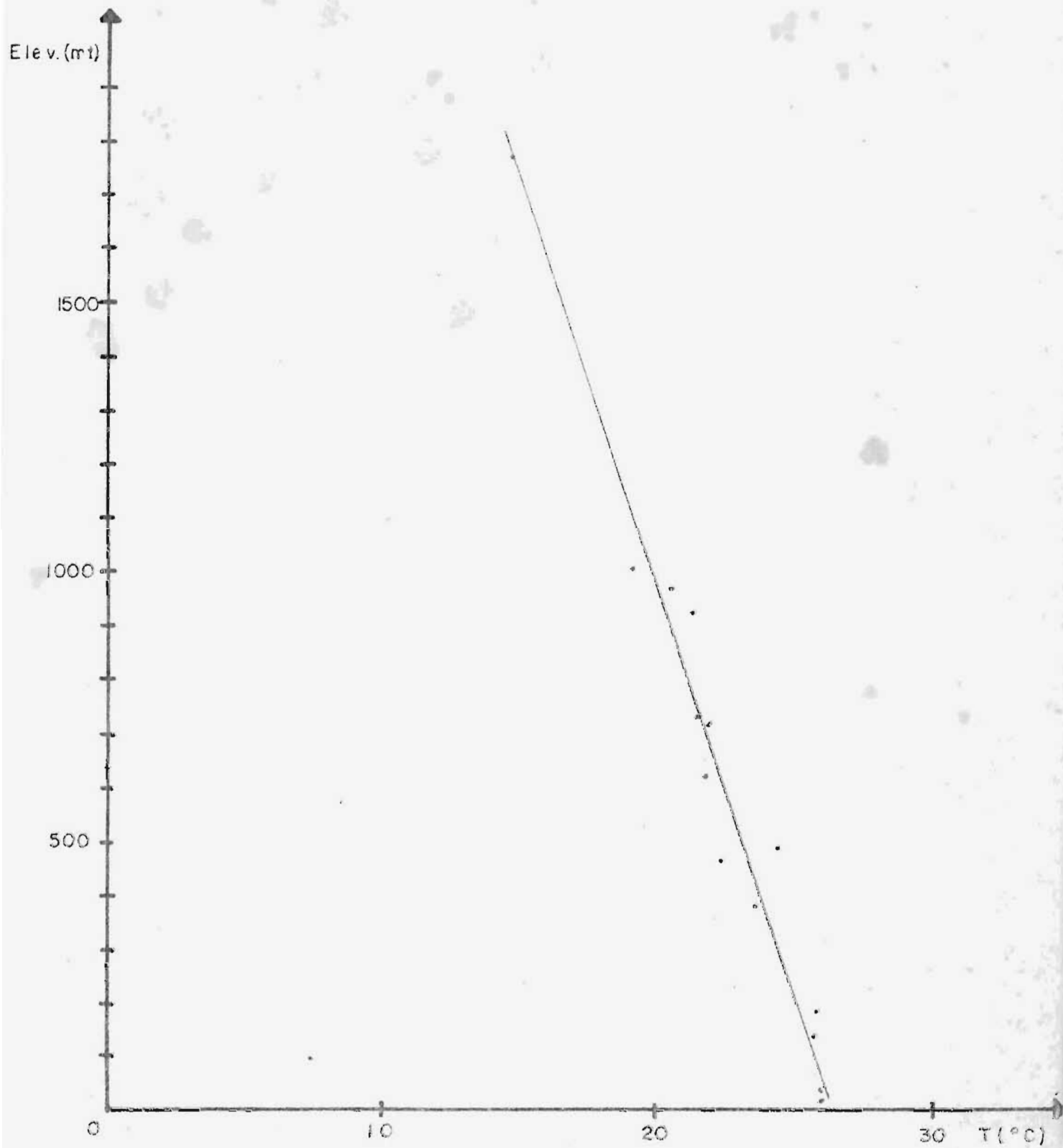
# OCTUBRE



# NOVEMBRE



# DICIEMBRE



## 7.- PRECIPITACION

Para el estudio de este parámetro se cuenta con 126 estaciones que proporcionan datos de lluvia.

Mediante la Tabla No. 9 (frecuencias) se determinó que el número óptimo de años de registro a usar para el estudio es de 20 años, número de años que poseen 50 estaciones (35, 20 años o más y 15 de 15 a 19 años), que vienen a constituir el 50% del total de estaciones y que proporcionan una cobertura casi completa del área de estudio.

Contamos entre estas con 5 estaciones que poseen 60 años de registro; por lo tanto lo ideal sería reducir las series a 60 años, pero el problema es que en ese caso el 90% de las estaciones tendría valores inferidos y no observados, por lo que se decidió trabajar con series de 20 años. El problema que se presenta es el siguiente: Hasta que punto los últimos 20 años son representativos de la media real; al perder 40 años de registro en estas estaciones, en que medida las estoy desperdiciando; las estaría desperdiciando si la lluvia de los últimos 20 años hubiera sido diferente a la de 40 años atrás, pero el desperdicio no fuera tan grande si los valores fueran más o menos iguales. Para ello se realizó el siguiente tratamiento estadístico:

En primer lugar, se comprobó la Homogeneidad de las series de 60 años usando el test de carrera el cual se aplicó a las siguientes estaciones:

S 7 San Salvador FES,

elevación 635 mts.; 62 años de registro.

- C 5 San Salvador, Observatorio,  
elevación 700 mts.; 62 años de registro.
- S 8 San Salvador, FICA,  
elevación 635 mts.; 62 años de registro.
- A 7 Santa Ina, FES,  
elevación 645 mts.; 62 años de registro.
- A 8 Coatepeque, El Congo,  
elevación 840 mts.; 62 años de registro.

TABLA No. 9 - TABLA DE FRECUENCIAS

CLASES (AÑOS)	FREC. ABS. (No. EST.)	No. AÑOS DE RE- GISTRO O MÁS	(No. EST.) FREC. ACUMULADA O MÁS
0 - 4	39	0 ó más	126
5 - 9	21	5 ó más	87
10 - 14	16	10 ó más	66
15 - 19	15	15 ó más	50
20 - 24	5	20 ó más	35
25 - 29	7	25 ó más	30
30 - 34	5	30 ó más	23
35 - 39	4	35 ó más	18
40 - 44	4	40 ó más	14
45 - 49	5	45 ó más	10
50 - 54	0	50 ó más	5
55 - 59	0	55 ó más	5
60 - 64	5	60 ó más	5

Σ 126

CRITERIO DE HOMOGENEIDAD (Test de Carrera)

El criterio de homogeneidad se aplica a las series para averiguar si los valores han sido alterados o inventados, si se ha cambiado el lugar de los aparatos de medición, o de la misma estación.

Las reglas a seguir para el criterio de homogeneidad - son las siguientes:

- a) Encontrar la mediana de la serie en cuestión distribuyendo los datos en orden de valores ascendentes o descendentes.
- b) Se distribuyen los datos en orden cronológico.
- c) Se marcan los valores con respecto a la mediana, - con una B los que están por debajo, y con una A los que son más altos que ella.

El número de valores por debajo de la mediana  $N_B$  de ben ser iguales al número de valores por encima de ella  $N_A$ , esto por definición de mediana.

- d) Las carreras se cuentan de la siguiente manera:

Cada vez que la serie cronológica se pasa de A a B o de B a A se cuenta una carrera.

Como ejemplo se muestra la aplicación de este test a la Estación San Salvador FES.

ESTACION: San Salvador FES Lat. 13°42.2'N Long. 89°10.9'W

Elev. 635 mts.

## VALORES TOTALES MENSUALES Y ANUALES DE PRECIPITACION

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1912	.	.	.	21	131	189	336	407	205	344	8	57	1698 B
1913	.	.	7	78	132	313	232	314	392	438	34	21	1961 A
1914	9	10	.	27	253	382	257	229	420	259	62	1	1909 A
1915	11	.	8	64	218	384	450	297	255	125	42	39	1893 A
1916	36	.	.	51	111	281	263	292	275	210	30	2	1551 B
1917	1	2	15	14	76	312	374	308	248	277	6	.	1633 B
1918	22	9	86	367	261	394	316	220	281	245	62	.	2263 A
1919	.	.	.	48	119	191	227	254	223	185	36	.	1283 B
1920	13	.	.	.	252	243	146	267	198	183	49	3	1354 B
1921	4	.	81	41	185	372	295	369	387	566	38	5	2343 A
1922	.	34	18	1	188	431	153	359	224	121	66	24	1619 B
1923	.	.	9	1	108	302	260	245	342	208	.	.	1475 B
1924	.	.	.	15	97	361	467	489	298	154	.	.	1881 A
1925	.	3	.	80	163	283	374	331	293	295	57	.	1879 A
1926	.	.	.	23	212	379	363	472	307	226	31	17	2030 A
1927	.	13	.	57	388	343	405	380	220	168	67	.	2041 A
1928	.	8	.	13	246	310	421	373	381	145	57	72	2026 A
1929	.	.	12	.	191	277	297	278	375	391	63	16	1900 A
1930	.	10	12	96	102	298	151	135	333	159	3	12	1311 B
1931	.	12	.	46	225	519	274	200	272	255	25	34	1862 A
1932	18	.	18	74	200	355	280	362	245	43	.	27	1622 B
1933	.	.	.	.	232	417	318	205	426	172	.	16	1786 A
1934	4	17	.	82	320	590	256	331	304	286	67	7	2264 A
1935	.	.	8	14	330	324	271	231	358	351	9	.	1896 A
1936	.	12	5	52	122	644	404	431	370	312	13	1	2366 A
1937	43	9	2	42	237	347	160	427	268	310	.	12	1857 A
1938	2	.	.	66	139	293	254	230	407	177	29	2	1599 B
1939	1	.	14	24	217	228	338	232	277	197	.	15	1543 B
1940	.	.	.	65	143	479	245	224	248	102	129	27	1663 B
1941	6	.	.	76	153	232	330	306	266	94	65	17	1545 B
1942	.	.	.	37	176	535	436	296	262	82	61	14	1899 A



	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1943	.	.	30	85	234	387	162	245	342	121	55	.	1661 B
1944	.	.	10	51	103	204	282	235	267	99	.	.	1251 B
1945	.	.	5	1	76	94	164	378	451	440	127	.	1736 A
1946	.	.	3	19	96	256	192	186	324	178	88	.	1342 B
1947	23	.	33	72	113	274	360	282	217	102	89	4	1569 B
1948	6	.	.	.	184	183	382	270	187	301	75	5	1593 B
1949	.	.	.	18	102	206	172	251	311	214	63	.	1337 B
1950	4	.	6	3	104	378	321	301	237	311	15	.	1680 B
1951	13	.	.	34	115	293	315	233	392	132	24	2	1553 B
1952	.	.	20	110	141	442	383	313	293	93	22	1	1818 A
1953	.	.	.	5	227	245	356	330	459	184	16	5	1827 A
1954	.	.	.	358	170	259	455	300	220	228	.	.	1990 A
1955	.	.	.	11	82	153	430	353	200	235	78	23	1565 B
1956	15	5	11	20	214	228	340	282	419	249	15	3	1801 A
1957	.	4	7	79	104	219	311	310	346	277	11	.	1668 B
1958	.	.	17	42	169	352	435	322	242	177	81	2	1839 A
1959	2	1	10	19	218	160	268	317	357	207	1	1	1561 B
1960	1	.	12	76	137	274	330	284	328	372	62	.	1876 A
1961	.	2	12	9	125	190	422	247	461	168	115	55	1806 A
1962	.	.	.	35	124	302	391	370	239	351	2	.	1814 A
1963	.	32	40	1	217	210	296	208	284	106	85	.	1479 B
1964	.	.	3	113	226	408	358	283	212	100	19	10	1732 A
1965	.	7	.	1	144	257	325	276	462	137	1	1	1611 B
1966	8	0	9	42	208	389	377	246	186	184	18	.	1667 B
1967	6	20	12	85	36	232	287	226	322	326	29	11	1592 B
1968	.	0	.	31	178	257	238	311	451	257	33	11	1767 A
1969	4	0	5	73	138	216	264	240	287	211	4	.	1442 B
1970	0	.	.	10	251	157	417	484	417	315	29	28	2108 A
1971	42	.	6	24	202	305	431	381	288	331	45	17	2072 A
1972	9	0	10	47	170	144	281	282	346	186	33	13	1521 B
1973	.	.	.	22	87	297	322	256	153	141	15	1	1294 B

TABLA DE DISTRIBUCION DEL NUMERO DE CARREPAS

(Pág. 3 del trabajo "Aspectos Climatológicos de la Precipitación en Honduras, por Nabil Kawas)

$N_A$	P		$N_A$	P	
	0.1	0.9		0.1	0.9
10	8	13	19	16	23
11	9	14	20	16	25
12	9	16	25	22	30
13	10	17	30	26	36
14	11	18	35	31	41
15	12	19	40	35	47
16	13	20	45	40	52
17	14	21	50	45	57
18	15	22			

Al aplicar las reglas se obtienen los siguientes datos:

MEDIANA: 1715

$N_A = N_B$ : 31

CARRERAS: 30

Observando la tabla de distribución del número de carre ras vemos que dicho valor (30) se encuentra entre los límites 26-36 y por consiguiente la serie es homogénea.

Idéntico procedimiento se aplicó a las 5 estaciones antes mencionadas, obteniendo como resultado la homogeneidad de todas las series con excepción de la Estación Coatepeque El Congo.

A fin de saber así las series de 20 años son representativas de la media real, se aplicó a estas 5 estaciones un Análisis de Variancia, para el cual se siguió la siguiente meto-

dología:

- a) Se dividió la serie de 60 años en 3 grupos de 20 años cada uno.
- b) Se calculó la media de cada grupo  $\bar{X}_i$  y la media de la serie completa  $\bar{X}$ .

- c) Se calculó la suma de variancias intergrupales:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^r n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2$$

$r$  = No. de grupos (3)

$n_i$  = No. de datos de cada grupo (20)

- d) Se calculó la suma de variancias intergrupadas:

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

- e) Se calculó el cociente:

$$F = \frac{\frac{1}{r-1} Q_1}{\frac{1}{n-r} Q_2} \quad ; \quad n = \text{No. de datos de la serie}$$

el cual tiene una distribución de Fisher y al ser comparado con el valor de la Tabla de la distribución F, nos dirá, dependiendo que resulte:

$$F \leq F_p \text{ (valor de la Tabla) o } F > F_p$$

si los valores medios de los bloques son o no son significativamente diferentes.

Se presenta el cálculo realizado para la estación San Salvador FES.

ANALISIS DE VARIANCIAS

ESTACION: SAN SALVADOR FES

<u>AÑO</u>	$X_1$	<u>AÑO</u>	$X_2$	<u>AÑO</u>	$X_3$
1912	1698	1932	1622	1952	1818
1913	1961	1933	1786	1953	1827
1914	1909	1934	2264	1954	1990
1915	1893	1935	1896	1955	1565
1916	1551	1936	2366	1956	1801
1917	1633	1937	1857	1957	1668
1918	2263	1938	1599	1958	1839
1919	1283	1939	1543	1959	1561
1920	1354	1940	1663	1960	1876
1921	2343	1941	1545	1961	1806
1922	1619	1942	1899	1962	1814
1923	1475	1943	1661	1963	1479
1924	1881	1944	1251	1964	1732
1925	1879	1945	1736	1965	1611
1926	2030	1946	1342	1966	1667
1927	2041	1947	1569	1967	1592
1928	2026	1948	1593	1968	1767
1929	1900	1949	1337	1969	1442
1930	1311	1950	1680	1970	2108
1931	1862	1951	1553	1971	2072
$X_i$	35912		33762		35035

$$\bar{X}_i = \frac{\sum X_i}{20}$$

$$\bar{X}_1 = 1795.6$$

$$\bar{X}_2 = 1688.1$$

$$\bar{X}_3 = 1751.7$$

$$\bar{X} = 1745.1$$

$$Q_1 = \sum_{i=1}^r n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2 = \sum_{i=1}^3 20 (\bar{X}_i - \bar{X})^2$$

$$\begin{aligned}
 20 \times (1795.6 - 1745.1)^2 &= 51,004.0 \\
 20 \times (1688.1 - 1745.1)^2 &= 64,980.0 \\
 20 \times (1751.7 - 1745.1)^2 &= \underline{870.0} \\
 &= \underline{116,854.0}
 \end{aligned}$$

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

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

$(x_{1j} - \bar{x}_1) (x_{1j} - \bar{x}_1)^2$	$(x_{2j} - \bar{x}_2) (x_{2j} - \bar{x}_2)^2$	$(x_{3j} - \bar{x}_3) (x_{3j} - \bar{x}_3)^2$
97.6 - 9525.7	66.1 - 4369.2	66.3 4395.6
165.4 27357.1	97.9 9594.4	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

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

$Q_2 = 3,738499.2$

CALCULAR:  $\frac{Q_2}{n-r} = \frac{3,738,499.2}{60 - 3} = 65,587.7$

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

$F = 0.89$

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 Univer- sitaria	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	Sensuntepecue	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 ma  
pa:



# SIMBOLOS CONVENCIONALES

- Estación Climatológica Principal
- △ Estación Climatológica Ordinaria
- △ Estación Pluviográfica
- Estación Pluviométrica



## PRECIPITACION

- Estaciones con 20 ó más Años de Registro
- Estaciones con 15 a 19 Años de Registro

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 (OMM-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

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

$N_{15} = \sum$  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  $M_5 = M_{15} \cdot q_{15}$  en la que

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

$M5 = \Sigma$  precipitación mensual de M 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:

$$\bar{M}_{20} = \frac{M15 + M5}{20}$$

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 CIESA, 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 tenían series de 20 años.

CUADRO No. 10

ESTACION A AJUSTAR SANTA ANA, CLESA

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 período 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	947.0	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	0.354	
( 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 período ( A ) + ( E )	46	113	180	1613	4420	6161	6728	6019	6589	4057	566	124	
Promedio Mensual de Lluvia	2	6	9	81	221	308	335	301	329	203	28	6	1030

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	56	150	293	264	223	273	144	24	4	1441
*A 2	31	23	34	80	284	401	411	330	414	340	201	69	2558
A 3	0	4	16	62	185	299	308	276	317	185	26	5	1683
A 4	0	4	10	91	195	340	352	300	311	212	32	4	1852
A 6	3	6	10	99	249	351	381	362	376	227	42	7	2103
A 7	1	3	8	35	232	333	357	327	332	204	30	4	1916
*A 9	2	6	9	31	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 9	2	1	9	56	199	295	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	1580
*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	313	339	314	352	187	25	8	1812
*L 37	5	2	12	69	174	317	367	348	376	229	33	9	1947
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

BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

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	363	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	76	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 <sup>2</sup> )	<u>ESTACION</u>	<u>AREA POLIGONO</u> (Km <sup>2</sup> )
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	86.4	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

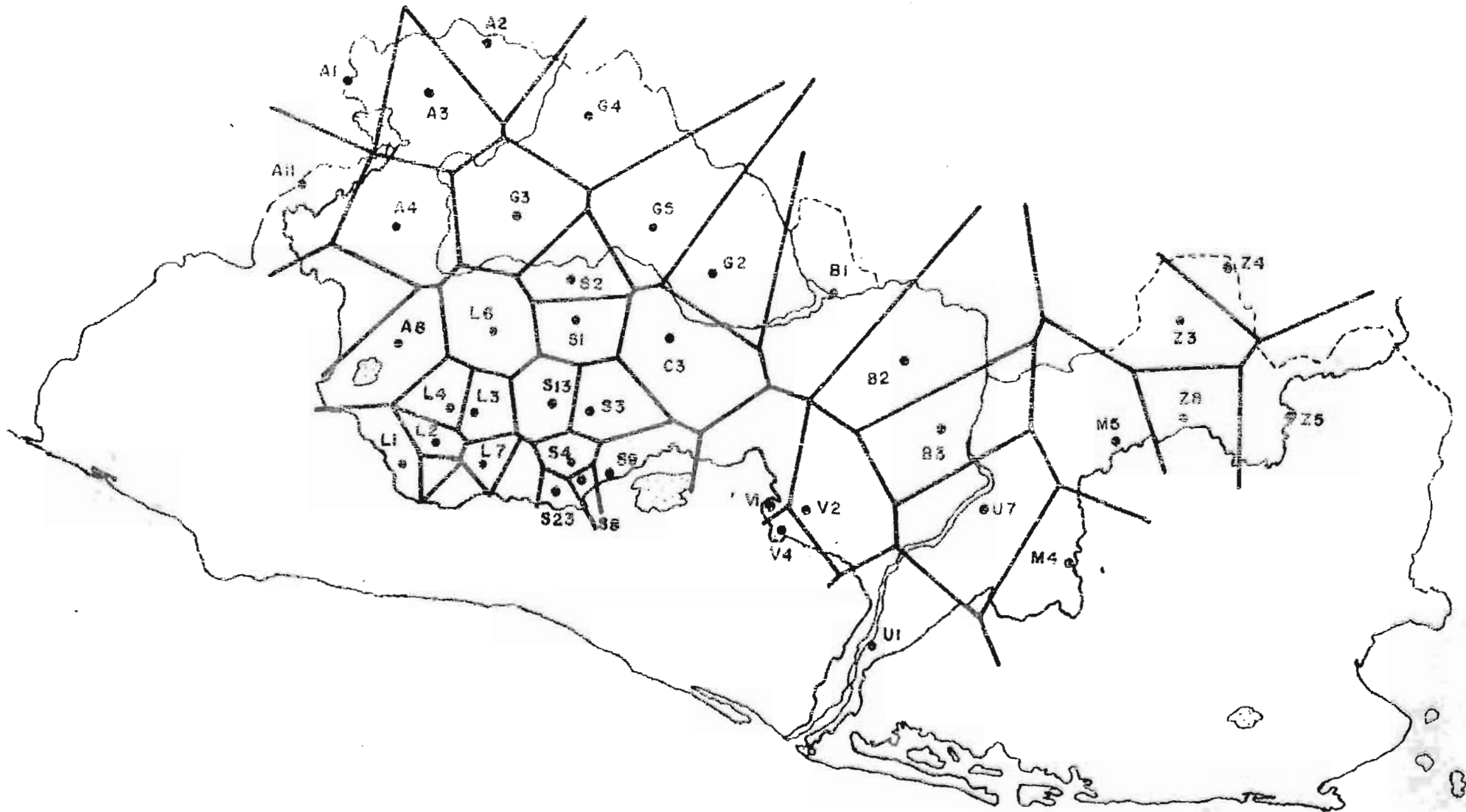
AREA TOTAL DE POLIGONOS = 9405.5 Km<sup>2</sup>

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	PREC. ACUM. A 9	PREC. ACUM. A 6
1954		2258		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

$$PA9 = \frac{P_{ac}^{A9}}{P_{ac}^{A6}} (PA6) = FP \text{ (Factor de Ponderación)}$$

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

$$PA9 (1954) = 0.875 \times 2258 = 1975.75 \text{ m.m.}$$

$$PA9 (1955) = 0.875 \times 2206 = 1930.25 \text{ m.m.}$$

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.

```

REM PROGRAMA PARA EL CALCULO DE VALORES MEDIOS AJUSTADOS A 20 AÑOS
REM Y PARA RELLENO DE ESTADISTICAS, METODO DEL COCIENTE
DIM A20,B20
READ N1
READ N2
S1=0
S2=0
J=1
0 READ AJ
0 S1=S1+AJ
0 J=J+1
0 IF J<N2+1 THEN 100
0 I=1
0 READ BI
0 S2=S2+BI
0 I=I+1
0 IF I<N2+1 THEN 150
0 C=S2/S1
5 PRINT "FP=",C
0 J=N2+1
0 READ AJ
0 BJ=C*AJ
0 PRINT "DATO SI=",BJ
0 S1=S1+AJ
0 S2=S2+BJ
0 J=J+1
0 IF J<N1+1 THEN 210
0 PRINT "MEDIA DE 20 AÑOS DE SERIE INCOMPLETA=",S2/N1
0 PRINT "MEDIA DE 20 AÑOS DE SERIE COMPLETA ="S1/N1
0 END
0 DATA 20,18,1929,1521,2416,1815,2227,2091,2391,1677,2263,1818,2434,2059
0 DATA 2360,2414,2101,2198,1850,2072,1875,1512,2287,1781,1942,1835,2027
0 DATA 1437,1912,1519,1987,1818,2035,2085,1740,1697,1669,1777,2258,2206
0 REM ORDEN DE DATA: No. DE DATOS DE SC,No. DE DATOS DE SI,DATOS SC QUE
1 REM CORRESPONDEN CON DATOS DE SI, DATOS DE SI,DATOS DE SC.QUE NO TIENEN
2 REM CORRESPONDIENTE EN SI.

=                0.875092996
TO SI=           1975.959985
TO SI=           1930.455149
DIA DE 20 AÑOS DE SERIE INCOMPLETA=           1842.070757
DIA 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 mues--tran en la Tabla No. 12. (Para su cálculo se utiliza el pro--grama presentado en la pág. 63).

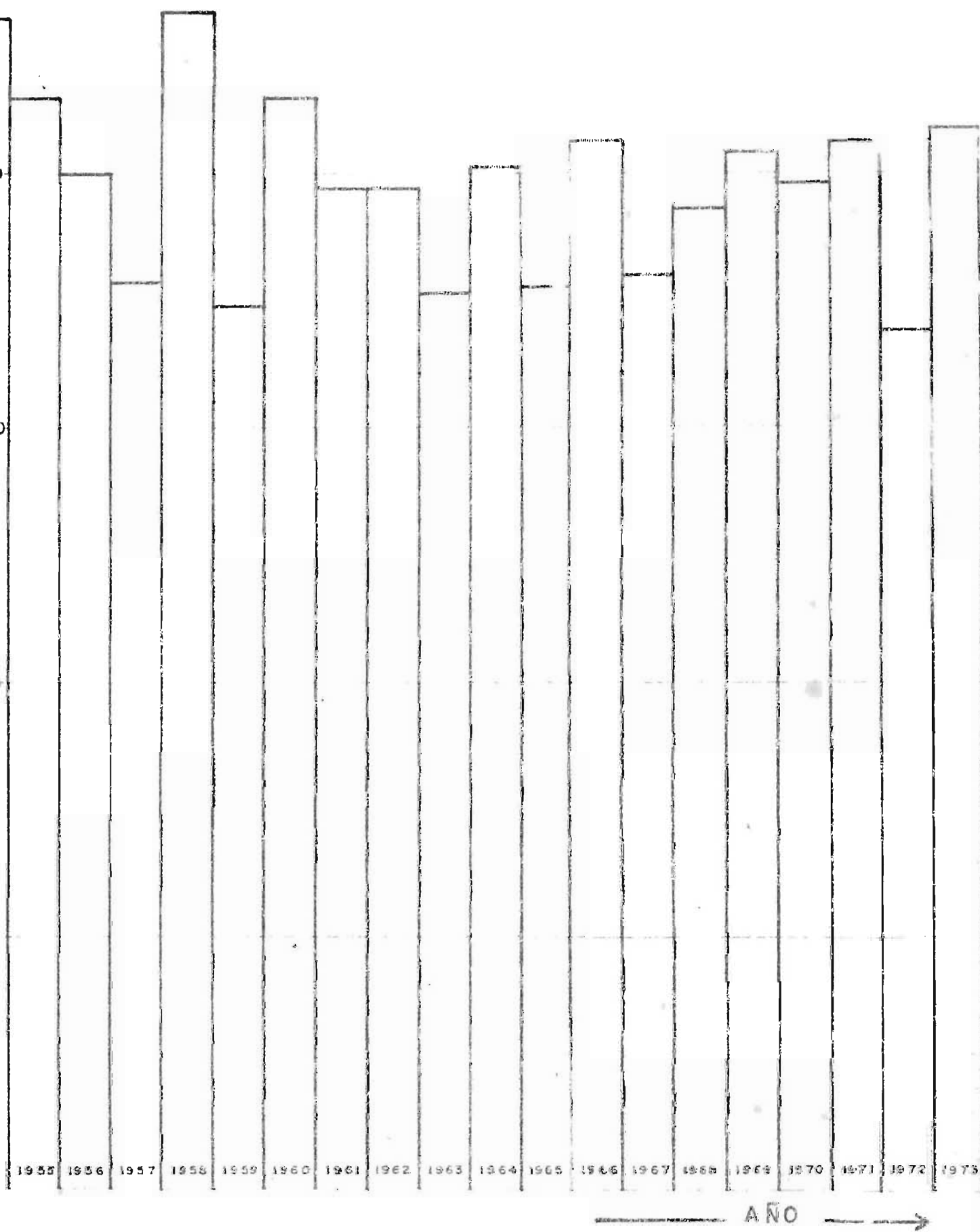
T A B L A No. 12

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 si--guiente gráfica.

# PRECIPITACION MEDIA ANUAL



## 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	M	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	18.17	11.64	1.84	0.39
ZONA CENTRAL	0.17	0.28	0.52	3.64	10.42	17.35	16.20	16.30	16.22	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 Septiembre

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 Ina, elevación 850 mts. sobre el n. del m. Período de registro 1961 - 1973 (13 años).

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

CHORRERA 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  $\geq 0.1$  mm. (#) Y DE LOS DIAS CON LLUVIA  $\geq 0.1$  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  $\geq 0.1$  mm (#) Y DE LOS DIAS CON LLUVIA  $\geq 0.1$  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	15.0	10.9	4.9	2.2	1.1	571.2	131.5
SAN ANDRES	1.0	0.7	2.4	1.2	2.5	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- TORTO	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	22.6	54.2	22.6	38.2	17.5	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	13.2	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 Dia con L L U V I A</u>												A Ñ O
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
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>												A Ñ O
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
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	h.min	h.min	h.min	h.min	h.min	h.min	h.min	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 37	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

PROMEDIO 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	hr min	hr min	hr min	hr min	hr min	hr min	hr min	hr min	hr min	hr min	hr min	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 56	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 48

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 Guija.

En total durante el año en las zonas de menor cantidad de precipitación, alrededor de Guija 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, son posiblemente las consecuencias de las lluvias de tipo temporal, que afectan con mayor frecuencia e intensidad la zona Sur del país.

## 7.4 CANTIDADES DIARIAS MAXIMAS 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.

TABLA No. 19

CANTIDADES DIARIAS MAXIMAS DE PRECIPITACION EN ( mm. )

ZONA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
ZONA OCCIDENTAL	30.0	38.1	71.0	68.9	99.7	87.4	110.3	91.8	120.2	203.2	66.6	64.8	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 ORIENTAL	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 que 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	2712	1304	1414
		OSCILACION PROMEDIO		1254



TABLA No. 21

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

E S T A C I O N

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.

ZONA OCCIDENTAL

GMÍJA	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

ZONA CENTRAL

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

ZONA ORIENTAL

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 LENPA	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	231 0 231	112 0 112

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.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	MAX-MIN-OSC.	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	231	0	231	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 del agua lluvia 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:

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

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

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

$$d = 1 + 0.34t$$

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.

En la Cuenca del Río Lempa, las estaciones que cuentan con los datos meteorológicos necesarios para la aplicación de esta fórmula son las siguientes:

INDICE	ESTACION	LAT. N	LONG. OESTE	ELEVACION
A 12	Santa Ana, El Palmar	13°58.6"	89°34.2"	725
A 31	Planes de Montecristo	14°23.9"	89°21.6"	1851
L 4	San Andrés	13°48.5"	89°24.4"	460
G 3	Nueva Concepción	14°07.5"	89°17.4"	320
S 5	San Salvador, Observ.	13°42.0"	89°12.0"	700
S 27	Estación Matriz	13°41.0"	89°09.0"	650
M 18	Sesori	13°43.0"	88°22.0"	195
Z 2	San Francisco Gotera	13°42.0"	88°06.0"	250
Z 4	La Galera	14°03.0"	88°05.0"	1900

Dado que para la verificación de la validez de los datos de evapotranspiración potencial obtenidos por la aplicación de la fórmula, necesitamos tener datos de evaporación tanque, se hizo una primera selección de las estaciones antes mencionadas, puesto que de ellas solamente cuentan con datos de evaporación tanque las estaciones A 31, G 3, S 27, M 18, Z 2 y Z 4 y de éstas solamente la G 3, la M 18 y la Z 2 cuentan con 4 ó más años de registro.

A fin de verificar esta fórmula en las distintas zonas de la cuenca se decidió incluir la estación de Güija A 15, situada en la Zona Nor-Occidental, que carece de datos de Duración de Luz Solar, pero en la que se asumen por su cer-

canía los datos correspondientes a la estación A 12 Santa Ana El Palmar, la estación de Nueva Concepción G 3, situada en la parte Central de la cuenca y la estación de Sesori M 18, situada en la Zona Oriental.

Hay que hacer notar que se recomienda para la aplicación de esta fórmula usar velocidades de viento a 2 mts. de altura. Dado que no existen mediciones a 2 mts., lo ideal sería aplicar un perfil de vientos a fin de poder calcular las velocidades a la altura recomendada.

En este trabajo no se ha realizado el cálculo antes mencionado, pero a fin de tener una idea de la influencia en los valores calculados según esta fórmula de la elevación a que se considera el valor de viento usado, se ha realizado su aplicación a la estación de Santa Cruz Porrillo que cuenta con valores de viento medidos con anemógrafo (10 mts. de altura) y con anemómetro (0.75 cms. de altura) para el período 1969 - 1974.

La siguiente tabla muestra los valores promedios mensuales de los elementos meteorológicos necesarios para la aplicación de la fórmula y correspondientes a la estación de Santa Cruz Porrillo.



TABLA No. 22

ESTACION: SANTA CRUZ PORRILLO

ELEMENTO: VALORES PROMEDIOS MENSUALES

1969	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
h(%)	.64	.66	.68	.73	.77	.84	.74	.83	.83	.87	.77	.67
v(m/s)	1.50	1.44	1.56	1.42	1.25	(.80)	(1.44)	(1.08)	1.19	0.92	1.14	1.50 Anemógrafo
v(km/día)	76.5	78.6	64.5	51.5	35.3	17.5	20.5	13.6	20.0	9.3	36.8	50.5 Anemómetro
t(°C)	26.0	26.4	28.1	28.5	29.4	27.2	28.2	27.2	26.8	26.0	26.2	26.2
R(mm/día)	12.0	13.3	14.5	15.2	15.3	15.2	15.2	15.1	14.7	13.7	12.2	11.7
D(hrs/día)	9.9	9.8	9.2	7.6	6.9	5.4	8.5	5.7	6.2	6.4	8.9	9.4
Da(hrs/día)	11.4	11.7	12.0	12.4	12.8	12.9	12.9	12.6	12.2	11.8	11.5	11.3
1970	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
h(%)	.57	.53	.67	.65	.71	.80	.81	.83	.84	.86	.72	.63
v(m/s)	1.78	3.22	1.83	1.67	1.69	(1.44)	1.39	1.22	1.28	1.11	1.61	1.97 Anemógrafo
v(km/día)	50.0	105.1	74.8	64.0	69.1	44.5	33.5	26.0	44.4	28.4	55.6	75.9 Anemómetro
t(°C)	26.0	27.7	27.3	(28.8)	(28.3)	(27.2)	25.6	26.3	26.0	26.0	25.7	26.2
R(mm/día)	12.0	13.3	14.5	15.2	15.3	15.2	15.2	15.1	14.7	13.7	12.2	11.7
D(hrs/día)	9.3	10.2	9.4	9.3	8.5	8.3	7.2	7.3	7.2	7.3	8.7	9.5
Da(hrs/día)	11.4	11.7	12.0	12.4	12.8	12.9	12.9	12.6	12.2	11.8	11.5	11.3
1971	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
h(%)	.62	.64	.65	.61	.77	.77	.73	.60	.87	.86	.78	.71
v(m/s)	1.94	1.86	1.94	2.47	1.63	1.44	1.56	1.36	1.25	1.08	1.03	1.39 Anemógrafo
v(km/día)	35.6	81.8	87.7	116.6	53.4	41.7	53.4	40.6	32.4	30.4	36.9	51.8 Anemómetro
t(°C)	36.1	26.0	27.0	27.3	27.8	26.5	27.3	26.3	25.5	26.0	25.3	25.2
R(mm/día)	12.0	13.3	14.5	15.2	15.3	15.2	15.2	15.1	14.7	13.7	12.2	11.7
D(hrs/día)	9.4	9.6	9.7	9.9	7.6	8.0	8.6	6.9	6.4	7.5	8.0	9.4
Da(hrs/día)	11.4	11.7	12.0	12.4	12.8	12.9	12.9	12.6	12.2	11.8	11.5	11.3

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1972													
h(%)	.69	.63	.67	.62	.70	.70	.71	.75	.82	.82	.81	.66	
v(m/s)	1.53	2.30	1.89	1.72	1.71	1.47	1.69	1.67	1.36	1.11	1.14	2.00	Anemógrafo
v(km/dfa)	59.5	101.3	75.2	62.9	50.2	46.4	56.2	46.4	33.4	18.5	21.5	62.7	Anemómetro
t(°C)	25.5	26.2	26.7	27.0	27.5	27.4	28.3	27.2	26.9	26.4	26.8	26.7	
R(mm/dfa)	12.0	13.3	14.5	15.2	15.3	15.2	15.2	15.1	14.7	13.7	12.2	11.7	
D(hrs/dfa)	9.6	9.9	9.8	8.3	6.3	7.7	8.8	8.8	7.9	8.3	8.3	9.4	
Da(hrs/dfa)	11.4	11.7	12.0	12.4	12.8	12.9	12.9	12.6	12.2	11.8	11.5	11.3	
1973													
h(%)	.61	.57	.69	.72	.78	.82	.77	.82	.85	.86	.77	.68	
v(m/s)	2.58	(2.50)	1.64	1.61	1.44	1.28	1.33	1.33	1.14	1.06	0.89	2.03	Anemógrafo
v(km/dfa)	89.0	78.2	50.6	41.9	28.8	20.2	21.8	16.0	10.4	8.8	21.9		Anemómetro
t(°C)	26.3	27.6	28.0	28.5	27.7	26.9	27.0	26.5	26.1	25.0	26.7	24.4	
R(mm/dfa)	12.0	13.3	14.5	15.2	15.3	15.2	15.2	15.1	14.7	13.7	12.2	11.7	
D(hrs/dfa)	9.8	9.8	9.5	8.0	6.6	5.7	7.0	7.3	7.1	5.7	9.5	9.4	
Da(hrs/dfa)	11.4	11.7	12.0	12.4	12.8	12.9	12.9	12.6	12.2	11.8	11.5	11.3	
1974													
h(%)	.68	.61	.67	.62	.74	.82	.74	.77					
v(m/s)	2.56	2.17	1.64	1.78	1.58	1.36	1.47	1.44					Anemógrafo
v(km/dfa)			66.5	50.0	42.5	24.2	24.0	33.6					Anemómetro
t(°C)	25.5	25.9	27.1	28.0	27.7	26.5	27.1	27.1					
R(mm/dfa)	12.0	13.3	14.5	15.2	15.3	15.2	15.2	15.1					
D(hrs/dfa)	5.5	10.3	9.2	9.7	7.5	5.9	8.7	8.5					
Da(hrs/dfa)	11.4	11.7	12.0	12.4	12.8	12.9	12.9	12.6					

Para facilitar los cálculos se elaboró para la aplicación de la fórmula el siguiente programa para computadora, - mediante el cual se obtuvieron los valores de evapotranspiración media mensual para el período de registro de la estación Santa Cruz Porrillo.

```

10 REM PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL
20 DIM A$25,B$4
30 DISP "ESCRIBA EL NOMBRE DE LA ESTACION"
40 WAIT 1500
50 INPUT A$
60 DISP "ESCRIBA EL AÑO QUE LE INTERESA "
70 WAIT 1500
80 INPUT B$
90 PRINT "EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL , MEDIA MENSUAL "
100 PRINT
110 PRINT
120 PRINT "ESTACION:"A$
130 PRINT
140 WRITE (15,150)"an",8,126,"o"B$
150 FORMAT 4B,1F1.0
160 PRINT
170 PRINT
180 READ H,V,T,R,D,D1
190 A=0.02*(1-H)*(2+V)*(60+T)
200 B=0.4*R*(0.33+D/D1)
210 C=D/D1*(6-H*T/5)
220 F=1+8.34/T
230 E=(A+B-C)/F
240 PRINT "Etp="E"      (mm/dia)"
250 DATA .....
350 GOTO 180
360 END

```

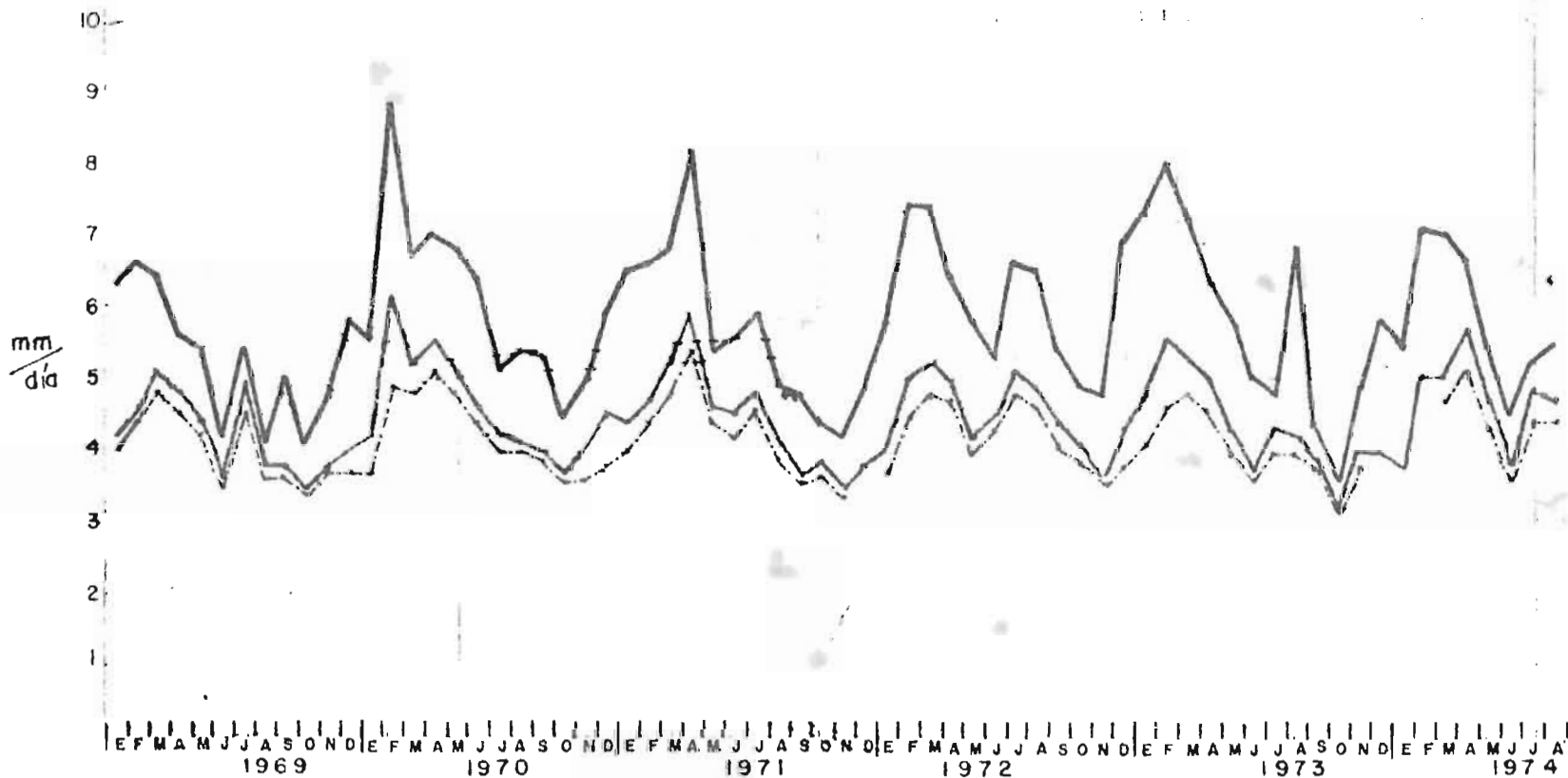
```

370 REM H= HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO (%/100)
380 REM V= VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO (M SEG.)
390 REM T= TEMPERATURA PROMEDIO (°C)
400 REM R= RADIACION DE LUZ SOLAR (MM/DIA)
410 REM D= HORAS DE LUZ SOLAR (H/DIA)
420 REM D1=DURACION ASTRONOMICA DE LUZ SOLAR (H/DIA)

```

# ESTACION: SANTA CRUZ PORRILLO

— Evaporación Tanque  
 — Evapotranspiración Potencial Fórmula con "ANEMOGRAFO" 10 m. sobre suelo  
 - - - " " " " "ANEMOMETRO TANQUE 0.75 mt



BIBLIOTECA CENTRAL  
 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

De la observación del gráfico de la estación Santa Cruz Porrillo, podemos ver que los valores de Promedios Mensuales de Evapotranspiración Potencial obtenidos mediante la aplicación de la fórmula utilizando valores de viento de anemógrafo (10 mts. sobre el suelo) y anemómetro (0.75 mts. sobre el suelo) no presentan diferencias significativas, por lo que en primera instancia podríamos decir que la elevación a que se considera el valor del viento tiene poca influencia en los valores calculados.

Para llegar a una comprobación de lo anteriormente expuesto se realizó la aplicación de la fórmula con valores de viento de anemógrafo y anemómetro en la estación de Nueva Concepción que cuenta con registros de viento de anemógrafo y anemómetro, pero que solamente cuenta con 6 años de registro, por lo que sería necesario para una verdadera comprobación, contar con estaciones que tengan un mayor número de años de registro y reúnan las condiciones para la explicación de la fórmula.

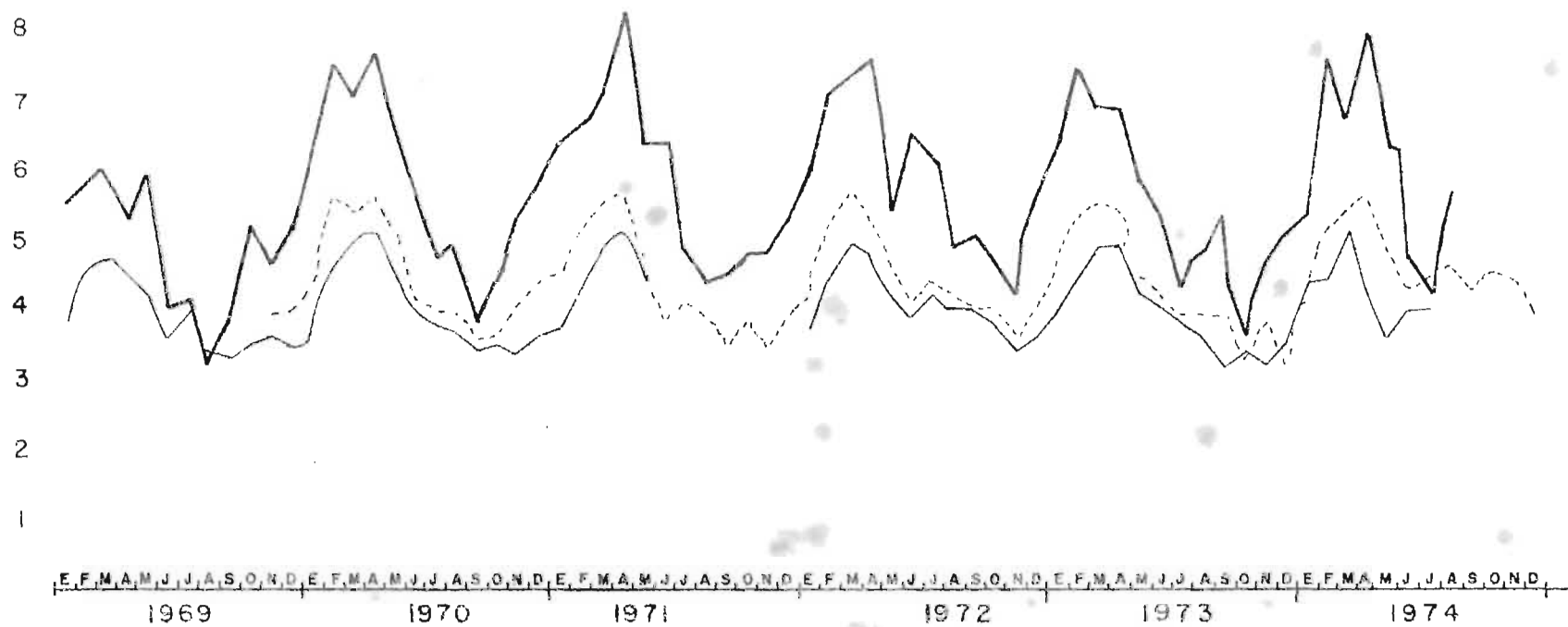
Los resultados obtenidos y representados en la siguiente gráfica no presentan grandes diferencias por lo que podemos concluir que es indiferente usar en la aplicación de esta fórmula los valores de viento de anemógrafo o anemómetro.

— Evaporación tanque.

— Evapotranspiración Potencial Fórmula con Anemómetro Tanque 0.75 mt. Sobre Suelo.

- - - Evapotranspiración Potencial Fórmula con Anemógrafo 10 mt. Sobre Suelo.

ESTACION: NUEVA CONCEPCION G3



A fin de obtener el coeficiente de correlación, o sea el grado de relación entre los datos medidos de evaporación tanque y los datos calculados de evapotranspiración potencial con la fórmula, se aplicó el programa de correlación presentado en la página 28, a los datos de la estación Santa Cruz Porrillo obteniéndose los siguientes resultados:

COEFICIENTE DE CORRELACION = 0.87

(Aplicando la fórmula con datos de viento de anemógrafo)

COEFICIENTE DE CORRELACION = 0.76

(Aplicando la fórmula con datos de viento de anemógrafo)

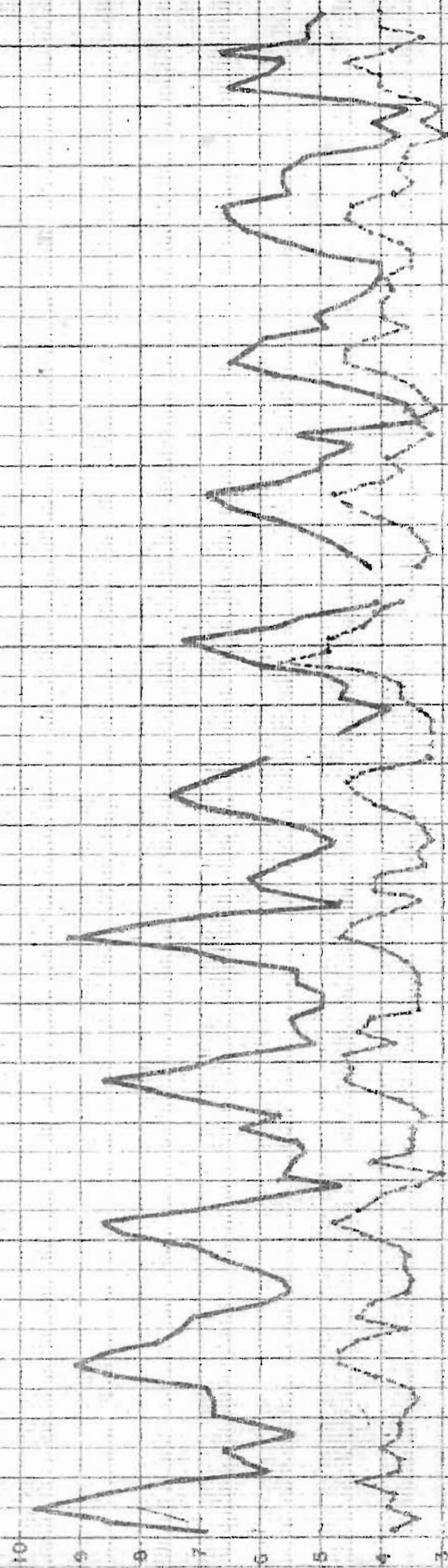
Para poder obtener mayor número de datos de comparación, a fin de poder sacar conclusiones acerca de la validez de la fórmula, se aplicó ésta con datos de velocidad de viento de anemómetro a las estaciones de Güija, Nueva Concepción y Sesori, obteniéndose los valores presentados en las siguientes gráficas.

# ESTACION GÜJUA

Evaporación Tonque

Evapotranspiración potencial fórmula con Anemómetro Tonque 0.75 mt. sobre suelo

Coefficiente de Correlación r = 0.57



1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974

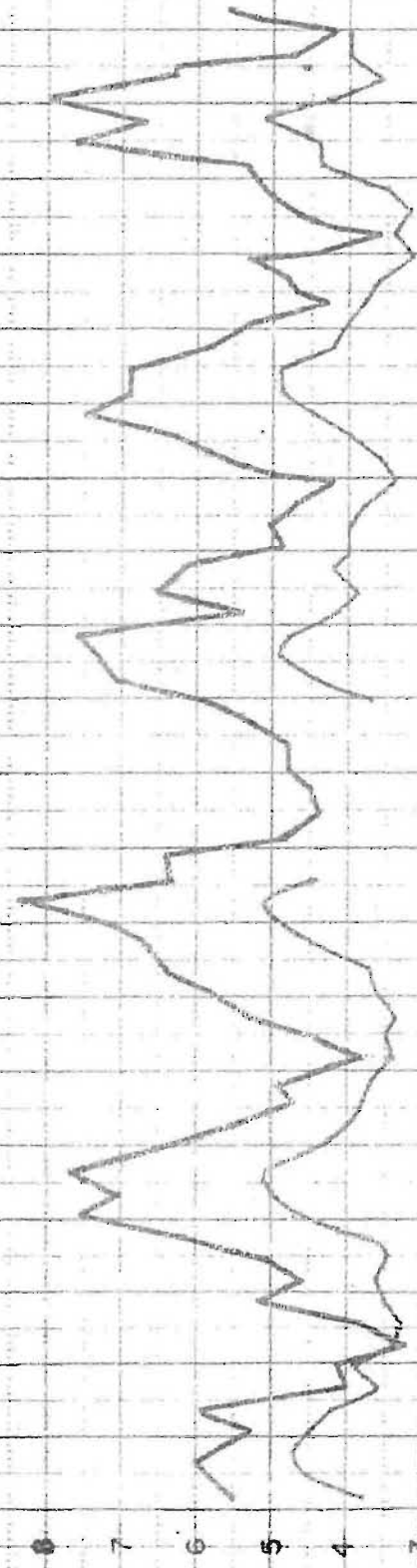


— Evaporación tanque.

— Evapotranspiración Potencial Formula con Anemometro Tanque 0.75mt Sobre Suelo.

ESTACION: NUEVA CONCEPCION 63

Coefficiente de Correlación  
 $r = 0.81$



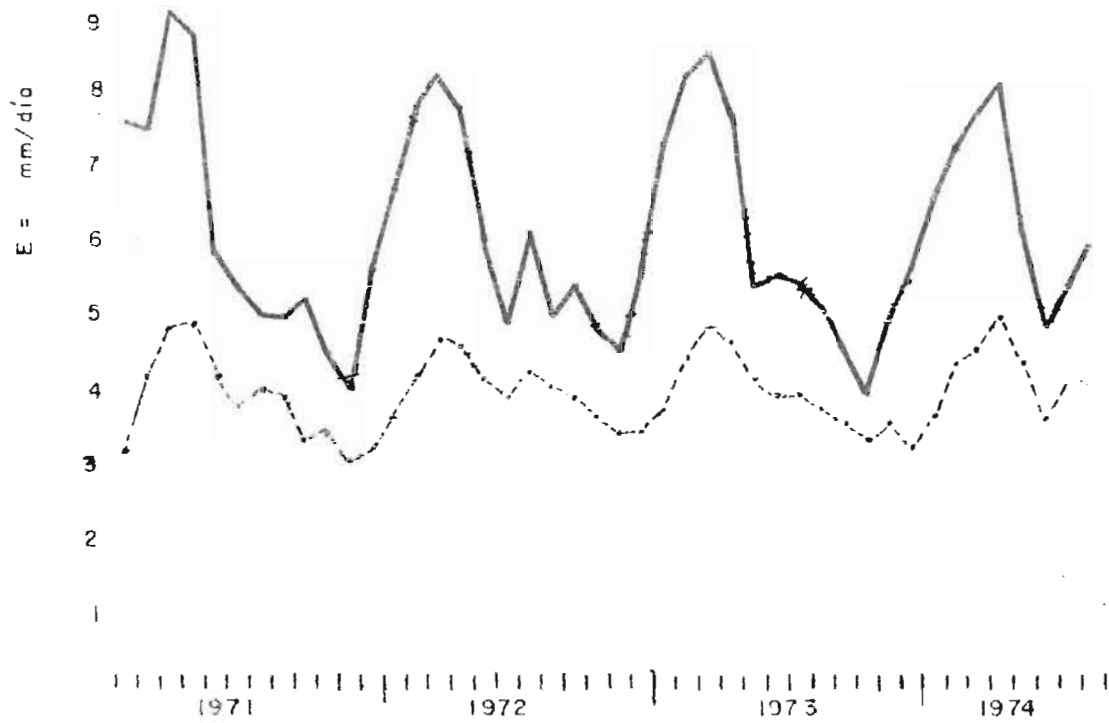
1969 1970 1971 1972 1973 1974

# SESORI

— E Evaporación

- - - - - Evapotranspiración Potencial Fórmula con "ANEMOMETRO TANQUE 0.75 ml. sobre suelo

$r = 0.75$  Coeficiente de Correlación



La semejanza de los gráficos obtenidos demuestra que los valores de Evaporación Tanque y los valores de Evapotranspiración Potencial calculados con la fórmula tienen una distribución cronológica semejante.

Los coeficientes de correlación obtenidos y que andan alrededor de 0.7 parecen indicar la solidez de aplicación de la fórmula, sin embargo, es el coeficiente de determinación el que indica el porcentaje de los datos que cumplen la condición estudiada, en nuestro caso 0.49 o sea el 49% de los datos.

Para investigar con un mayor grado de seguridad el valor de la Evapotranspiración Potencial y llegar a tener idea de su valor exacto sería necesario tener un registro adecuado de observaciones de lisímetros.

A continuación se presenta un cuadro de valores promedio de evapotranspiración potencial calculados para distintas estaciones.

TABLA No. 23

PROMEDIOS MENSUALES, EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm/día)

	<u>ENE</u>	<u>FEB</u>	<u>MAR</u>	<u>ABR</u>	<u>MAY</u>	<u>JUN</u>	<u>JUL</u>	<u>AGO</u>	<u>SEP</u>	<u>OCT</u>	<u>NOV</u>	<u>DIC</u>	<u>AÑOS DE REGISTRO</u>
SANTA CRUZ PORRILLO Indice V 6 Elev. 30 m.s.n.del M.	4.29	5.22	5.22	5.34	4.60	4.17	4.73	4.34	4.01	3.72	3.84	4.13	6
SAN FRANCISCO GOTERA Indice Z 2 Elev. 250 m.s.n.del M.	3.92	4.43	4.86	5.04	4.40	4.12	4.41	4.14	3.79	3.74	3.62	3.65	6
SANTA ANA (EL PALMAR) Indice Z 12 Elev. 725 m.s.n.del M.	3.87	4.27	4.60	4.64	4.24	3.59	3.92	3.86	3.45	3.48	3.43	3.34	6
SAN ANDRES Indice L 4 Elev. 460 m.s.n.del M.	3.84	4.49	4.71	4.94	4.21	3.74	4.20	3.96	3.72	3.53	3.51	3.61	4
SESORI Indice M 18 Elev. 195 m.s.n.del M.	3.50	4.24	4.71	4.76	4.16	3.80	4.06	3.90	3.54	3.41	3.30	3.30	4
GÜIJA Indice A 15 Elev. 485 m.s.n.del M.	3.62	4.27	4.60	4.64	4.24	3.59	3.92	3.86	3.45	3.48	3.43	3.35	11

Como puede observarse, de acuerdo a estos datos preliminares, no existen diferencias considerables en la distribución de la evapotranspiración a lo largo de la cuenca: únicamente Santa Cruz Porrillo presenta valores bastante altos. La combinación de factores que intervienen en este complejo proceso inducen a diferencias locales que dependen del factor más predominante. Lamentablemente no existen registros de lugares montañosos, los cuales posiblemente si acusen diferencias más notables.

En el transcurso del año, marzo y abril son los meses con mayor evapotranspiración y los mínimos mensuales corresponden a octubre y noviembre. En los meses intermedios se observa una disminución progresiva con excepción de julio que presenta con respecto a junio.

IV.- ZONAS CLIMATICAS EN LA CUENCA DEL RIO LEMPA

A fin de poder distinguir las zonas climáticas de la -  
cuenca del Río Lempa, usaremos como base la clasificación -  
climática de Köppen.

Esta clasificación, indica las diferentes regiones cli-  
máticas por medio de combinaciones de letras y elige como e-  
lementos climáticos la precipitación y la temperatura, pues  
son los de mayor importancia y de los cuales se tienen más -  
registros y estadísticas que de cualquier otro elemento.

La clasificación de Köppen define 5 clases climáticas  
y 11 tipos climáticos principales:

CLASE DE CLIMA	LETRA	PERIODO SECO EN	GRADO
TROPICAL LLUVIOSO	A	falta (verano)	INVIERNO Bosque Sabana Trop. Lluv.
ARIDOS	B		Estepa Desierto
TEMPLADOS LLUVIO- SO	C	falta (verano)	INVIERNO
BOREALES	D	falta (verano)	INVIERNO
NIVALES	E		Tundra Hielo eterno

( ) = en la práctica no existe.

Subíndices utilizados:

f = falta estación seca

s = estación. seca en verano

w = estación seca en invierno

S = estepa; W = desierto; T = tundra

F = hielo eterno

Resultan los siguientes 11 tipos climáticos:

- |       |       |       |       |                   |        |
|-------|-------|-------|-------|-------------------|--------|
| 1) Af | 3) Bs | 5) Cf | 7) Cw | 9) D <sub>w</sub> | 11) Ef |
| 2) Aw | 4) Bw | 6) Cs | 8) Df | 10) Et            |        |

Ej.: Aw Clima tropical lluvioso con período seco en invierno.

Las zonas A, C, D, están separadas de la zona E por la  $\bar{T}$  del mes más caliente = 10°C y la E está dividida en ET y EF por  $\bar{T}$  del mes más caliente = 0°C.

Las zonas A, C, D, están subdivididas por las siguientes temperaturas medias del mes más frío.

+ 18°C	Límite entre clima A y C	16°	17°	18°	19°	20°	21°
			C	↑		A	
- 3°C	Límite entre clima C y D						

Con estos límites definidos y basándonos en el gráfico de elevación vrs temperatura (ver gráficos pág. 29), elaborado con los promedios mensuales de las distintas estaciones para el mes de Enero (mes más frío): observamos que todas las zonas comprendidas entre los 0 y los 1250 mts. de elevación S.N. del M. tienen una  $\bar{T}$  para este mes >18°C (clima A) y todas las comprendidas entre 1250 y 2700 mts. (elevación más alta, El Pital, Depto. de Chalatenango). Una  $\bar{T}$  < 18°C y > -3°C (clima C). Por otra parte, la estación seca en nuestro país es en invierno (subíndice W): con lo anteriormente expuesto, podemos hacer una primera clasificación diciendo:

Zonas entre 0 y 1250 mts. S.N. del M. pertenecen (según Köppen) al clima Aw = Tropical lluvioso con período seco en invierno o Sabanas Tropicales y Zonas de la cuenca entre 1250

y 2770 mts. S.N. del N. al clima  $C_w$  = Templado lluvioso invierno seco.

A fin de lograr una diferenciación más fina, la clasificación de Köppen introduce entre otros los subíndices siguientes:

- A.
- a:  $\bar{T}$  mes más caliente  $> + 22^\circ\text{C}$
  - b:  $\bar{T}$  mes más caliente  $< + 22^\circ\text{C}$  y hay a lo menos 4 meses con una  $T > 10^\circ\text{C}$
  - c:  $\bar{T}$  mes más frío  $> - 38^\circ\text{C}$
  - d:  $\bar{T}$  mes más frío  $< - 38^\circ\text{C}$
  - i: isotermía, ( $\bar{T}$  mes más caliente -  $\bar{T}$  mes más frío)  $< 5^\circ\text{C}$
  - g: mes más caliente antes del solsticio de verano (21 de junio)

De la observación de los cuadros de temperaturas promedios mensuales y de las gráficas de elevación vrs. temperatura, tenemos que el mes más caliente es el mes de abril, siendo en la gráfica para ese mes que la  $\bar{T} > 22^\circ\text{C}$  corresponde a las zonas comprendidas entre 0 y 1000 mts. de elevación aproximada subíndice (a) y a las zonas entre 1000 y 2700 mts. cuya  $\bar{T}$  mes más caliente es  $> + 22^\circ\text{C}$  y tienen por lo menos 4 meses con una  $\bar{T} > 10^\circ\text{C}$  les corresponde el subíndice (b) podríamos decir ahora que tenemos la siguiente clasificación:

Zonas entre 0 y 1000 mts.  $A_w_a$

Zonas entre 1000 y 1250 mts.  $A_w_b$

Zonas entre 1250 y 2770 mts.  $C_w_b$

Por otra parte en todas las zonas la diferencia entre la  $\bar{T}$  mes más caliente y la  $\bar{T}$  del mes más frío es menor que



5°C y el mes más caliente que hemos dicho que es abril, es - antes del solsticio de verano (21 de Junio) por lo que podemos agregar los subíndices i y g pudiendo entonces diferenciar 3 Zonas climáticas en la Cuenca del Lempa:

$$Aw_{aig} - Aw_{big} \text{ y } Cw_{big}$$

Zonas 0-1000 mts. S.N. del M.  $Aw_{aig}$ : Clima Tropical - lluvioso, con período seco en invierno, temperatura promedio del mes más caliente (Abril)  $\geq + 22^\circ\text{C}$ , diferencia entre las temperaturas medias de los meses extremos (el más caliente - Abril y el más frío Enero, menos que  $5^\circ\text{C}$ : y mes más caliente antes del solsticio de verano (21 de Junio).

1000-1250 mts. S.N. del M.  $Aw_{big}$  Clima Tropical lluvioso, con período seco en invierno, temperatura promedio del mes más caliente  $< + 22^\circ\text{C}$  pero por lo menos 4 meses con una  $\bar{T} > 10^\circ\text{C}$ ; i y g idénticos conceptos que el anterior.

1250-2700 mts. S.N. del M.  $Cw_{big}$ : Clima Templado lluvioso, con período seco en invierno: b, i y g idénticos conceptos que el anterior.

## V INCIDENCIA DE LAS ZONAS CLIMATICAS EN LOS RECURSOS NATURALES DE LA CUENCA.

Entre los recursos naturales de una región se pueden citar la vegetación, el suelo, las aguas superficiales, las aguas subterráneas, la fauna y naturalmente la atmósfera.

En la planificación de la utilización eficaz de casi todos los recursos naturales es indispensable el conocimiento de las condiciones climáticas predominantes.

Casi todas las actividades agrícolas, desde la planificación del aprovechamiento de las tierras, pasando por las labores diarias hasta el transporte y almacenamiento de las cosechas, dependen del clima y del tiempo.

El clima de una región determina las variedades de plantas que han de cultivarse, los períodos favorables para la siembra y recolección, las necesidades de riego, la prevención de las heladas, etc.

La mayor parte de los recursos hidrológicos provienen de la lluvia y en este sector la aplicación de la información meteorológica constituye un factor esencial, y es indispensable para la planificación, construcción y funcionamiento de centrales hidroeléctricas, embalses y otras instalaciones de control del agua.

La seguridad, eficacia y buen funcionamiento de toda clase de transportes dependen del tiempo. En el emplazamiento de un aeropuerto es de gran importancia la información climatológica, debiendo tomar en cuenta principalmente la frecuencia de nieblas, nubosidad y vientos fuertes.

La vivienda debe estar adaptada a las condiciones climatológicas locales.

La salud está íntimamente ligada con el tiempo y el clima, y las actividades recreativas dependen también en gran medida de los mismos factores, por lo que los factores meteorológicos desempeñan una función considerable para el progreso de la industria y turismo. Estos pocos ejemplos pueden contribuir a demostrar la importancia y la incidencia de las condiciones climáticas en el eficaz aprovechamiento de los recursos naturales de una región.

Dado que nuestro país es eminentemente agrícola, y dado que en el capítulo anterior se han definido las distintas zonas climáticas y conocemos los parámetros meteorológicos que las caracterizan, en el presente capítulo se trata de dar recomendaciones a uno de los problemas fundamentales que se plantean en materia de planificación agrícola y que es la elección de especies agrícolas que mejor se adaptan al clima.

Incluso los pequeños cambios climáticos del medio ambiente tales como los que se producen desplazando los cultivos pueden afectar las cosechas, la velocidad del crecimiento y la aparición de enfermedades. La adaptación de los cultivos a una determinada región depende en gran parte de las condiciones climáticas de la misma y el cultivo presenta requerimientos climáticos para su adaptación y desarrollo.

En el siguiente cuadro se presentan estos requerimientos para distintos cultivos.

## REQUERIMIENTOS CLIMATICOS DE DIFERENTES CULTIVOS

CULTIVO	Temperatura del Suelo °C			Desarrollo Foliar Temperatura Ambiente °C			Humedad Relativa (%)	Duración del Día	Altura sobre el nivel del mar (metros)	Precipitación Anual (mm)
	Mínima	Optima	Máxima	Mínima	Optima	Máxima				
Aguacate.....	-	-	-	-	13-15	-	-	-	300 - 900	
Ajonjolí.....	-	-	-	16	27	38	-	-	-	
Algodón.....	19	28	40	16	27	38	-	Indiferente	0 - 400	
Arveja.....	5	24	30	-	13-18	-	-	-	-	
Arroz.....	10	20	30	16	30-33	38	-	Largo	-	
Banano.....	-	-	-	12	16-27	38	-	-	0 - 1000	
Berenjena.....	-	-	-	18	21	35	Alta (85-90)	-	300 - 1300	
Brócoli.....	10	24	30	15	18-23	40	-	-	300 - 2000	
Apio.....	4	15	21	-	15-18	-	Alta (90-95)	-	600 - 1500	
Cacao.....	-	-	-	15	25	38	-	-	0 - 500	
Camote.....	-	-	-	10	21-24	30	Alta (70-85)	-	100 - 800	
Caña de Azúcar.....	16	28	40	16	27	38	-	Corto	-	
Cebolla.....	10	22	30	13	24	35	Alta (70-75)	Largo	400 - 1300	
Cítricos.....	15	28	38	7	17	38	Alta	-	300 - 1100	1200 - 1800
Cañé.....	13	23	38	10	20-26	30	-	-	500 - 1400	1000 - 2000
Coliflor.....	10	24	30	15	18-23	40	-	-	300 - 2000	
Cocotero.....	-	-	-	16	25-30	38	-	-	0 - 600	
Chile.....	-	21-24	-	18	21-24	30	-	Indiferente	0 - 1300	

CULTIVO	Temperatura del Suelo °C			Desarrollo Foliar Temperatura Ambiente °C			Humedad Relativa (%)	Duración del Dfa	Altura sobre el nivel del mar (metros)	Precipitación Anual (mm)
	Mínima	Optima	Máxima	Mínima	Optima	Máxima				
Frijol.....	15	24	34	10	15-22	27	Alta (90)	Indiferente	0 - 2000	-
Lechuga.....	20	24	26	7	15-18	27	46-58	-	400 - 1200	-
Nafz.....	15	24	36	10	30-35	45	-	Indiferente	0 - 2000	-
Narañón.....	-	-	-	-	18	-	-	Largo	0 - 750	500 - 4000
Nelón.....	-	-	-	10	18-25	32	Alta	Largo	0 - 600	-
Ocra.....	-	24-30	-	10	21	30	-	-	0 - 1000	-
Papa.....	-	18	-	15	18-21	27	Alta	Largo	300 - 2000	-
Papaya.....	-	-	-	16	27	38	-	-	100 - 700	1250 - 1750
Piña.....	6	29	40	-	24-27	-	Alta	-	300 - 800	1000 - 1500
Pepino.....	-	21-32	-	10	18-25	32	Alta	-	0 - 800	-
Repollo.....	10	24	30	15	18-23	40	-	-	300 - 2000	-
Soya.....	18	27	36	-	-	-	-	Indiferente	-	-
Tabaco.....	18	26	32	16	27	38	-	Corto	-	-
Tomate.....	18	20-24	35	-	17-26	-	-	Indiferente	200 - 1500	-
Sandía.....	-	-	-	10	18-25	32	Alta	Largo	0 - 600	-
Zanahoria.....	-	16-21	-	7	15-18	30	Alta (90-95)	-	300 - 1500	-

Es necesario aclarar que en nuestro país mucha de esta información no está disponible, por lo que se ha recolectado en gran parte de publicaciones extranjeras, por lo que no se puede asegurar que los requerimientos climáticos de nuestros cultivos sean exactamente los consignados en los cuadros anteriores.

Trataremos de definir en base a estos requerimientos, las zonas de la cuenca en los que mejor se adaptan los cítricos, cultivos que se han elegido debido a que se conocen en su mayoría los requerimientos climáticos que presentan.

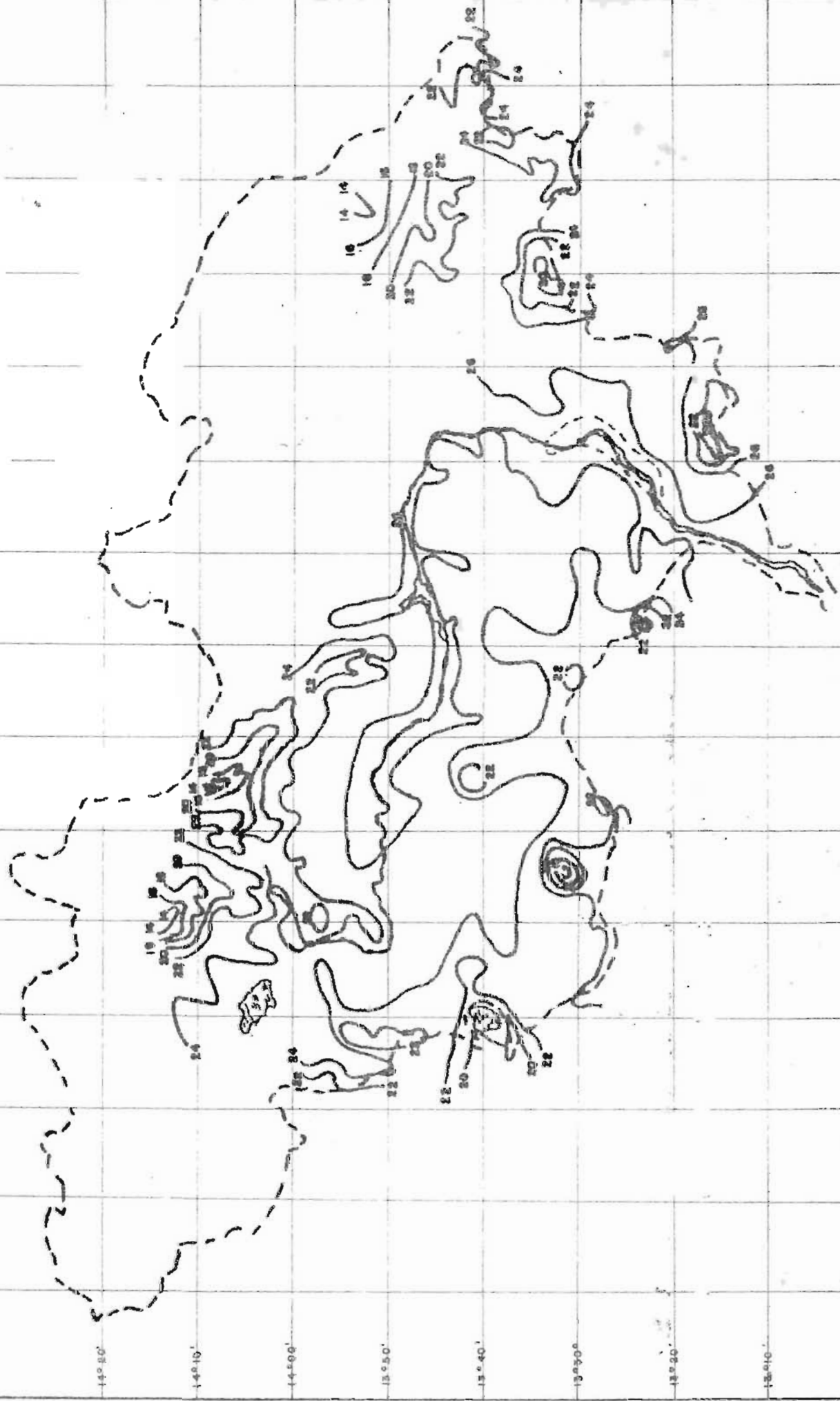
Por supuesto que la adaptación de estos cultivos depende también de otros factores tales como la naturaleza de los suelos, por lo que es necesario aclarar también que en el presente trabajo solo estamos considerando el factor clima, para determinar las zonas de la cuenca en las que los cultivos mencionados puedan adaptarse mejor.

El procedimiento seguido, se detalla a continuación:

- a) Se hizo una primera selección de zonas considerando las alturas sobre el nivel del mar más recomendables para los cítricos y que siguen el cuadro de requerimientos climáticos de los 300 a los 1100 mts.
- b) De estas zonas se seleccionaron las que tenían un promedio anual de precipitación comprendido entre 1200 y unos 1800 mm. que según el cuadro de requerimientos, son las precipitaciones medias anuales favorables al cultivo considerado. Para ésto se utilizó el siguiente mapa de isohietas anuales para la cuenca, construido con los datos promedios anuales de precipitación que se presen-

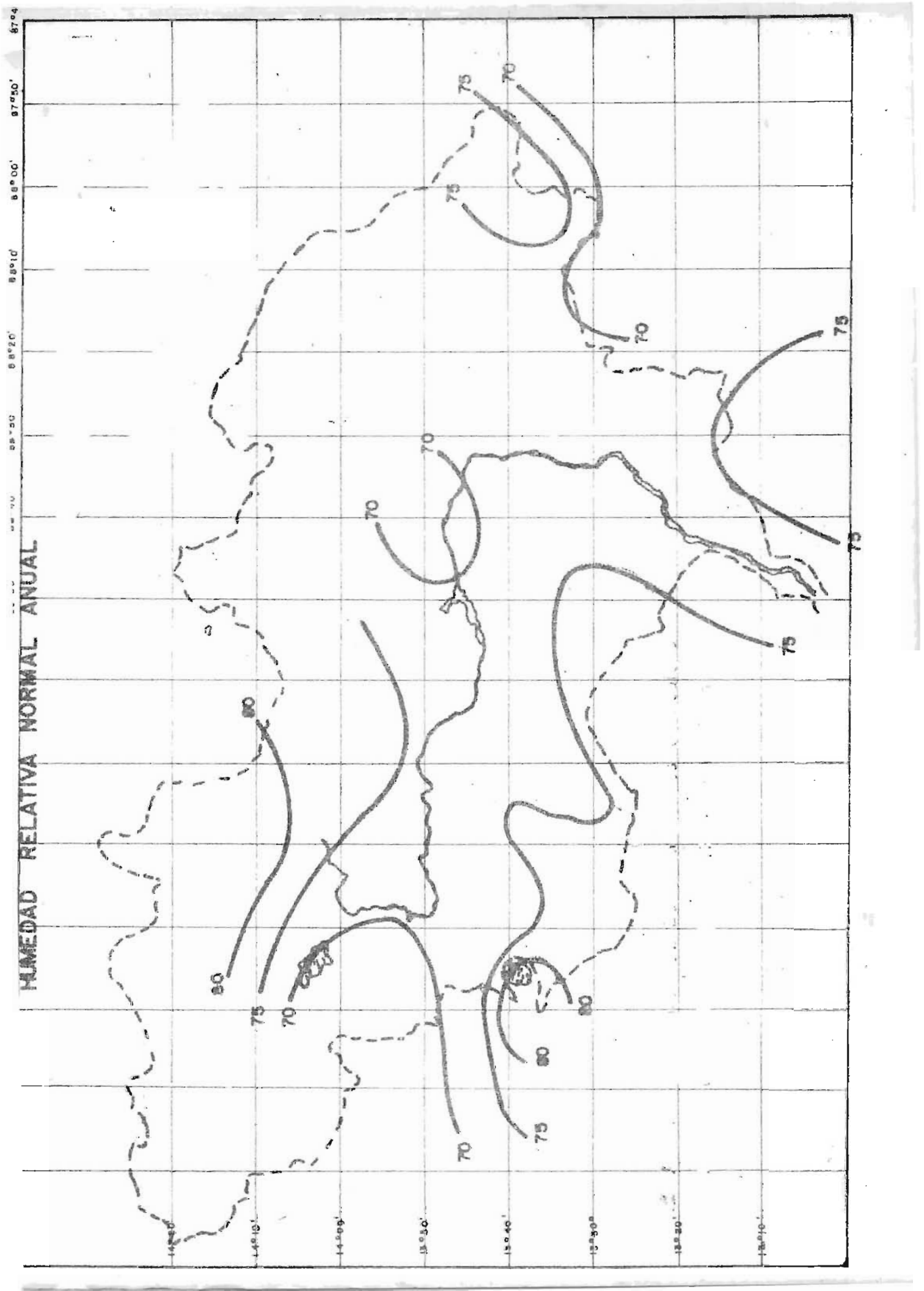
tan en la Tabla No. 11 de la página 58.

- c) Considerando los requerimientos de humedad y temperatura, se realizó la última selección de zonas, para lo que se utilizaron los mapas de temperatura y humedad que se presentan a continuación.





HUMEDAD RELATIVA NORMAL ANUAL

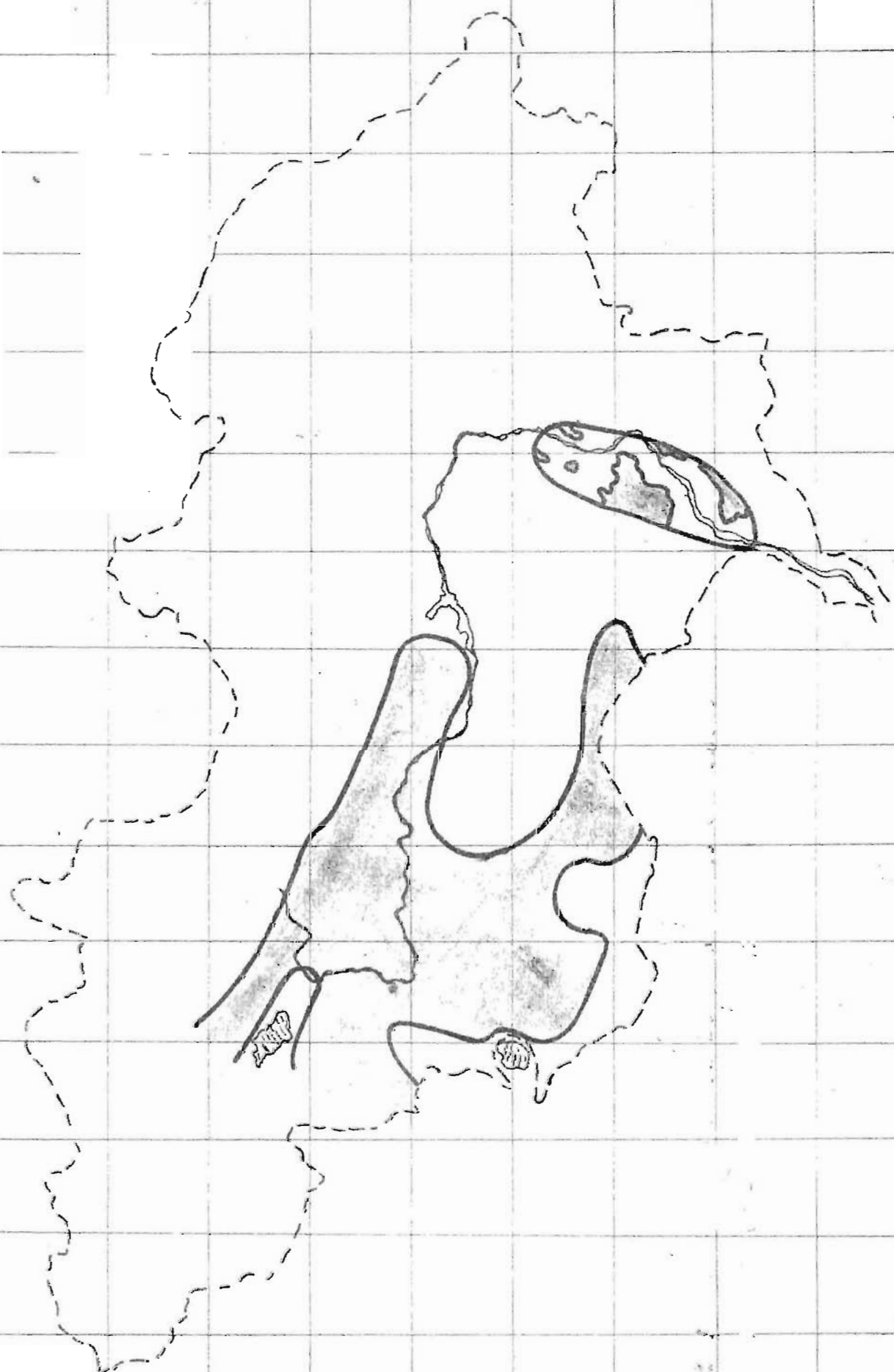


Las zonas que se determinaron como más favorables para los cultivos de cítricos aparecen en el siguiente mapa.

Este es solamente un ejemplo de la metodología a seguir y se deberá poner énfasis en los índices bioclimáticos para nuestros cultivos. La determinación realizada es una determinación macroclimática y que no es excluyente para condiciones puramente locales que pueden mostrar condiciones favorables.

Igual procedimiento puede seguirse con los otros cultivos, y cuando se conozcan los requerimientos climáticos de cada uno de ellos y se logre combinar este trabajo con un estudio de suelos, se podrá lograr una mejor definición de las zonas óptimas para su desarrollo.

ZONAS FAVORABLES PARA EL COLECCION DE LOS CITRINOS



B I B L I O G R A F I A

- 1) Archivo Climatológico del Servicio Meteorológico de El Salvador.
- 2) Informe Preliminar sobre el Clima en la Cuenca del Río Grande de San Miguel. Publicación Técnica No. 1, Servicio Meteorológico de El Salvador, Ing. H. Lessmann.
- 3) Some Methods of Climatological Analysis, Technical Note No. 81 - OMM, H.C.S. Thom.
- 4) A Note on Climatological Normals, Technical Note No. 84 - OMM, P.Jagannathan, R.Arlery.
- 5) Aspectos Climatológicos de la Precipitación en Honduras, marzo 1973. Tesis de Nabil Kawas.
- 6) Meteorología Sinóptica y Climatología de Centro América especialmente de El Salvador. Publicación Técnica No. 10, Servicio Meteorológico de El Salvador. Dr.Ing.Gelio Guzmán.
- 7) Almanaque Salvadoreño 1974. Publicación del Servicio Meteorológico de El Salvador.
- 8) Clima y Tiempo - Biblioteca para el hombre actual. Madrid, 1963. Herman Flohn.
- 9) Manual de Instrucciones: Estudios Hidrológicos. Publicación No. 34. Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.
- 10) Red Nacional de Estaciones Meteorológicas en El Salvador. Publicación del Servicio Meteorológico.

- 11) Some Applications of Statistics to Meteorology. Technical Note OMM.
- 12) Mathematical Methods of Statistics. Princenton University, 1946. H.Cramer.
- 13) Hidrología para Ingenieros. Mc.Graw Hill, 1968. Linsley, Kohler, Paulhus.
- 14) Guía de Prácticas Climatológicas, Publicación Técnica No. 100 - OMM. TP 44.
- 15) Statistical Analysis and Prognosis in Meteorology. Technical Note No. 71 - OMM.
- 16) Un Método para la Determinación del Valor de la Evapotranspiración - Servicio Hidrológico de El Salvador - 1974, Carlos Manuel Arita.
- 17) Introducción a la Meteorología, Espasa Celpe, México. S. Pettersen.
- 18) Climatology Mc.Graw Hill - 1944, B.Haurwitz - J.M.Austin.
- 19) Frutales de Hoja Perenne, UTEHA 1962. W.E. Chandler.
- 20) Frutas y Verduras. Editorial Acribia 1968. R.B. Duckworth.
- 21) Boletín Informativo No. 1-97. ISIC, Santa Tecla.
- 22) Climatología y Fenología Agrícolas. Eudeba 1973. A.L. Defina.

- 23) Edafología Tropical. Herrero Hermanos, México  
1970. F.Hardy.
- 24) El Cultivo de los Cítricos. CENITA - Boletín  
Técnico No. 57, Santa Tecla, 1973.