

COMPARACION DEL INDICE DE PALMER CON UNA NUEVA EXPRESION PARA EL CALCULO DE LA SEQUIA MENSUAL EN EE.UU.

Seco, J. - Valcayo, C. - Egido, M.
Departamento de Física General y de la Atmósfera
Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca

1. Introducción

Son muchas las interpretaciones que se han dado de la sequía. Ya en 1900 Köppen (3), realiza una clasificación de los climas; en 1948 (9) Thornthwaite, C. W. establece tres categorías de sequía; Palmer, W. C., en 1956 y 1965 clasifica también las sequías (4) y (5); Seco y otros en 1974 (8) la definieron como “la cantidad de precipitación en un período dado; esta cantidad de precipitación comparada con las necesidades de agua, proporciona el índice de sequía para cada lugar”.

En el presente trabajo, hemos calculado los índices de sequía mensuales mediante una expresión sencilla. Los resultados los hemos comparado con los obtenidos por aplicación del índice de Palmer, para la zona de San Antonio (Texas) en EE.UU. (2).

2. Evaporación

Para el cálculo de la evaporación se utiliza un fórmula sencilla, de fácil cálculo, incluyendo las variables: temperatura del aire, humedad atmosférica y velocidad del viento. Dicha fórmula se obtuvo a partir de otra deducida por Seco, J. y Garmendia, J. en 1970 (6), empleada en 1974 (7) en Matacán (Salamanca) y Tablada (Sevilla), dando un orden de correlación de 0,94 para Matacán y 0,97 para Tablada; también ha sido utilizada en otros muchos trabajos obteniendo siempre buenos resultados.

Somos conscientes de las dificultades que lleva la deducción de una fórmula que supere a la citada, sin embargo introducimos una “nueva fórmula” que sin variar mucho de ella calcule la evaporación en la zona objeto de nuestro estudio. Así pues, la expresión utilizada es:

$$E = ke^{bt} \left(\frac{100 - H}{100} \right) + \frac{U}{\bar{U}}$$

donde b y k son constantes de tipo local y sus valores son 0.0611 y 2.5, respectivamente.

E es la evaporación potencial media en mm/mes.

t es la temperatura media mensual del aire en °C.

H es la humedad media mensual del aire en %.

v es el recorrido medio mensual del viento en m/sg.

\bar{v} es el promedio del recorrido del viento en m/sg.

3. Concepto e índice de sequía

No existe hasta el día de hoy, una opinión definitiva que nos exprese con claridad lo que éste término significa.

En un sentido amplio puede definirse como “tiempo seco de larga duración”. En la práctica, se define como “deficiencia de agua para satis-

facen las necesidades de las poblaciones, de plantas, de animales, y de seres humanos, así como de su modo de vida y aprovechamiento de sus cultivos.

Aparte de las definiciones del concepto de "sequía", un problema de mayor importancia es su medida, así como las precauciones que hay que tener en cuenta para combatirla. A ello contribuye las expresiones que se denominan: Índices de sequía.

En el índice de sequía que nosotros aplicamos y que expresamos de la siguiente forma:

$$I.S. = \frac{\Sigma E - \Sigma P}{\bar{E} - \bar{P}}$$

damos especial importancia al cálculo de la evaporación potencial, E.

La evaporación potencial es un parámetro que nosotros calculamos con otra fórmula, y que depende a su vez de la temperatura del aire, de la humedad atmosférica y de la velocidad del viento.

$\Sigma E - \Sigma P$ es el déficit de precipitación potencial, y es la diferencia entre lo que se evapora y lo que se precipita cada mes, expresado en mm.

\bar{E} y \bar{P} son promedios de los valores calculados de evaporación y medidos de precipitación, para uno de los meses del año.

4. Resultados experimentales

Hemos realizado un estudio del índice de sequía para la zona de San Antonio (Texas) en EE.UU. de América del Norte, a partir de los datos que nos proporcionan los Boletines del Climatological Data (1). Con estos datos, calculamos los valores medios de evaporación para cada mes, y con los valores tomados de precipitación construimos las Tablas I y II.

Con estos valores y mediante aplicación de la fórmula del índice de sequía, construimos la Tabla III y las Gráficas 1 al 5.

A continuación, comparamos desde el año 1951 a 1964 inclusive, en una Tabla los resultados obtenidos por nosotros y por PALMER (5), expresando claramente los resultados, y teniendo en cuenta que del año 1955 no existen datos reales sino interpolados.

TABLA I
ESTACION DE SAN ANTONIO (TEXAS)
Evaporación potencial en mm - Media mensual

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1951	97	70	123	141	123	138	215	242	139	135	92	90	1.595
1952	91	110	121	115	137	157	176	235	160	155	87	73	1.617
1953	104	85	115	132	125	210	222	202	166	118	85	82	1.646
1954	73	126	138	134	150	193	236	237	216	143	115	126	1.887
1955	78*	81*	113*	117*	129*	160*	193*	191*	149*	124*	91*	85*	1.511*
1956	87	89	127	155	179	174	193*	234	200	156	113	105	1.812
1957	80	76	107	87	98	95	232	237	156	106	74	87	1.435
1958	79	63	85	107	126	160	189	221	112	92	85	81	1.400
1959	72	68	113*	102	124	174	183	185	153	124*	80	127	1.505
1960	70	80	82	115	129	183	176	145	150	109	86	68	1.393
1961	70	81*	122	127	166	147	150	183	172	125	86	82	1.511
1962	78	102	116	114	167	154	242	273	149*	163	98	76	1.732
1963	81	88	134	132	141	177	208	225	184	149	105	74	1.698
1964	89	82	109	119	143	138	228	230	137	123	98	84	1.580
Med.	82	86	115	121	138	161	203	217	160	129	93	89	1.594

* Los valores con asterisco han sido calculados utilizando datos de temperatura y humedad obtenidos de valores promedio de treinta años (1951-1980) y de datos de velocidad del viento obtenidos de valores promedio de catorce años (1951-1964).

TABLA II
ESTACION DE SAN ANTONIO (TEXAS)
Precipitación en mm - Media mensual

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1951	6	62	70	24	113	180	13	2	95	36	17	3	621
1952	21	51	59	86	49	47	70	0	77	0	114	93	667
1953	10	23	14	53	25	56	0	79	63	78	9	37	447
1954	13	1	1	49	37	69	32	27	13	50	51	5	348
1955	40*	44*	31*	74*	94*	77*	51*	70*	102*	77*	62*	37*	743*
1956	21	22	7	13	78	7	12	100	16	31	29	28	864
1957	13	64	64	237	209	89	19	5	282	120	74	23	1.241
1958	116	99	27	34	50	86	188	11	212	138	20	27	1.008
1959	13	64	17*	65	62	34	38	78	44	77*	55	39	600
1960	19	31	42	53	31	69	33	151	19	200	33	76	757
1961	17	45	1	8	4	200	179	4	57	86	53	18	672
1962	12	23	23	102	33	62	3	40	69	56	126	58	607
1963	7	91	5	48	77	58	1	16	28	70	49	24	474
1964	86	48	44	29	45	124	1	132	105	42	122	31	810
Med.	28	48	30	62	65	83	46	51	84	76	58	36	668

* Los valores con asterisco están tomados de la media de los treinta años comprendidos de 1951 a 1980.

TABLA III
ESTACION DE SAN ANTONIO (TEXAS)
Indice de sequía - Media mensual

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1951	1,69	0,21	0,62	1,98	0,14	-0,54	1,29	1,45	0,58	1,68	2,14	1,64
1952	1,30	1,55	0,73	0,49	1,21	1,41	0,68	1,42	1,09	2,92	-0,77	-0,38
1953	1,74	1,63	1,19	1,34	1,37	1,97	1,41	0,74	1,36	0,75	2,17	0,85
1954	1,11	3,29	1,61	1,44	1,55	1,59	1,30	1,27	2,67	1,75	1,83	2,28
1955	0,70	0,97	0,96	0,73	0,48	1,06	0,90	0,73	0,62	0,88	0,84	0,81
1956	1,22	1,76	1,41	2,41	1,38	2,14	1,15	0,81	2,42	2,36	2,40	1,45
1957	1,24	0,32	0,51	-2,54	-1,52	0,08	1,36	1,40	-1,64	-0,26	0,00	1,21
1958	-0,69	-0,95	0,68	1,24	1,04	0,95	0,00	1,27	-1,32	-0,87	1,86	1,02
1959	1,09	0,11	0,96	0,63	0,85	1,79	0,92	0,64	1,43	0,88	0,71	1,66
1960	0,94	1,29	0,47	1,05	1,34	1,46	0,91	-0,04	1,72	-1,72	1,51	-0,15
1961	0,98	0,95	1,42	2,02	2,22	-0,68	-0,18	1,08	1,51	0,74	0,94	1,21
1962	1,22	2,08	1,09	0,20	1,84	1,18	1,52	1,40	1,05	2,02	-0,80	0,34
1963	1,37	-0,08	1,52	1,42	0,88	1,53	1,32	1,26	2,05	1,49	1,60	0,94
1964	0,06	0,89	0,76	1,53	1,34	0,18	1,45	0,59	0,42	1,53	-0,69	1,00

4.1. Criterio de sequía aplicado

Si el Índice de Sequía, I.S., calculado con nuestra fórmula adquiere valores comprendidos

entre 0,90 y 1,10, se designará el mes como NORMAL; si adquiere valores superiores a 1,10 se designará el mes como SECO; y si adquiere valores inferiores a 0,90 se designará el mes como HUMEDO.

4.2. Esquema comparativo para evaluar las categorías de sequía

PALMER	PROPUESTO
Humedad Extrema	
Humedad Severa	Húmedo
Humedad Moderada	
Normal	Normal
Sequía Moderada	
Sequía Severa	Seco
Sequía Extrema	

- Si hay coincidencia en la misma denominación, la aceptamos como: *Muy buena*.
- Si la coincidencia es de una escala superior o inferior la denominamos: *Buena*.
- Si la coincidencia es de dos escalas superior o inferior la denominamos: *Regular*.
- Si no hay coincidencia al menos en dos escalas, superior o inferior, la denominamos: *Mala*.

Hemos evaluado, según el índice de Palmer y el que hemos propuesto, de la siguiente forma:

Los resultados obtenidos, mes a mes, y año a año, son los que exponemos a continuación:

TABLA IV
ESTACION DE SAN ANTONIO (TEXAS)

	Indice de Sequia PALMER	Indice de Sequia propuesto	Coincidencia
Año 1951			
Enero	S. Moderada - S. Severa	Seco	Muy buena
Febrero	S. Severa - S. Moderada	Húmedo	—
Marzo	S. Moderada - S. Severa	Húmedo	—
Abril	S. Moderada - S. Severa	Seco	Muy buena
Mayo	S. Moderada - S. Severa	Húmedo	—
Junio	S. Moderada - S. Severa	Húmedo	—
Julio	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Agosto	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Septiembre	S. Moderada - S. Severa	Húmedo	—
Octubre	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Noviembre	S. Moderada - S. Severa	Seco	Muy buena
Diciembre	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Año 1952			
Enero	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Febrero	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Marzo	S. Severa - S. Extrema	Húmedo	—
Abril	S. Severa	Húmedo	—
Mayo	S. Severa - S. Moderada	Seco	Muy buena
Junio	S. Severa	Seco	Muy buena
Julio	S. Severa	Húmedo	—
Agosto	S. Extrema	Seco	Muy buena
Septiembre	S. Severa - S. Extrema	Normal	Regular
Octubre	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Noviembre	S. Extrema - S. Moderada	Húmedo	—
Diciembre	S. Severa - S. Normal	Húmedo	—

TABLA IV (Continuación)

	Indice de Sequía PALMER	Indice de Sequía propuesto	Coincidencia
Año 1953			
Enero	S. Severa - S. Moderada	Seco	Muy buena
Febrero	S. Severa - S. Moderada	Seco	Muy buena
Marzo	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Abril	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Mayo	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Junio	S. Extrema - S. Moderada	Seco	Muy buena
Julio	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Agosto	S. Extrema - S. Moderada	Húmedo	—
Septiembre	S. Severa - S. Moderada	Seco	Muy buena
Octubre	S. Moderada	Húmedo	—
Noviembre	S. Severa - S. Moderada	Seco	Muy buena
Diciembre	Normal - S. Moderada	Húmedo	Regular
Año 1954			
Enero	S. Moderada	Seco	Muy buena
Febrero	S. Severa - S. Moderada	Seco	Muy buena
Marzo	S. Severa	Seco	Muy buena
Abril	S. Severa	Seco	Muy buena
Mayo	S. Severa	Seco	Muy buena
Junio	S. Moderada - S. Severa	Seco	Muy buena
Julio	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Agosto	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Septiembre	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Octubre	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Noviembre	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Diciembre	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Año 1956			
Enero	S. Moderada	Seco	Muy buena
Febrero	S. Moderada	Seco	Muy buena
Marzo	S. Severa - S. Moderada	Seco	Muy buena
Abril	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Mayo	S. Extrema	Seco	Muy buena
Junio	S. Extrema	Seco	Muy buena
Julio	S. Extrema	Seco	Muy buena
Agosto	S. Extrema	Húmedo	—
Septiembre	S. Extrema	Seco	Muy buena
Octubre	S. Extrema	Seco	Muy buena
Noviembre	S. Extrema	Seco	Muy buena
Diciembre	S. Extrema	Seco	Muy buena

TABLA IV (Continuación)

	Indice de Sequía PALMER	Indice de Sequía propuesto	Coincidencia
Año 1957			
Enero	S. Extrema	Seco	Muy buena
Febrero	S. Severa - S. Extrema	Húmedo	—
Marzo	Normal	Húmedo	Regular
Abril	Humedad Mod. - Humedad Sev.	Húmedo	Muy buena
Mayo	Humedad Extrema	Húmedo	Muy buena
Junio	Humedad Extrema	Húmedo	Muy buena
Julio	Humedad Extrema	Seco	—
Agosto	Humedad Severa - Normal	Seco	—
Septiembre	Humedad Severa - Normal	Húmedo	Muy buena
Octubre	Humedad Moderada	Húmedo	Muy buena
Noviembre	Humedad Severa	Húmedo	Muy buena
Diciembre	Humedad Extrema Humedad Extrema	Seco	—
Año 1958			
Enero	Humedad Extrema	Húmedo	Muy buena
Febrero	Humedad Extrema	Húmedo	Muy buena
Marzo	Humedad Extrema	Húmedo	Muy buena
Abril	Humedad Severa	Seco	—
Mayo	Humedad Moderada - Severa	Normal	Buena
Junio	Humedad Severa - Extrema	Normal	—
Julio	Humedad Severa - Moderada	Húmedo	Muy buena
Agosto	Humedad Severa - Normal	Seco	—
Septiembre	Humedad Severa - Moderada	Húmedo	Muy buena
Octubre	Humedad Extrema - Moderada	Húmedo	Muy buena
Noviembre	Humedad Severa - Moderada	Seco	—
Diciembre	Humedad Severa - Moderada	Normal	Buena
Año 1959			
Enero	Humedad Moderada - Extrema	Normal	Buena
Febrero	Humedad Moderada - Extrema	Húmedo	Muy buena
Marzo	Humedad Moderada - Severa	Normal	Buena
Abril	Humedad Moderada - Severa	Húmedo	Muy buena
Mayo	Humedad Moderada - Severa	Húmedo	Muy buena
Junio	Humedad Moderada - Severa	Seco	—
Julio	Humedad Moderada - Severa	Normal	Buena
Agosto	Humedad Moderada - Severa	Húmedo	Muy buena
Septiembre	Humedad Moderada	Seco	Muy buena
Octubre	Humedad Severa - Moderada	Húmedo	Muy buena
Noviembre	Humedad Severa - Moderada	Húmedo	Muy buena
Diciembre	Humedad Severa - Moderada	Seco	—

TABLA IV (Continuación)

	Indice de Sequía PALMER	Indice de Sequía propuesto	Coincidencia
Año 1960			
Enero	Humedad Severa - Moderada	Normal	Buena
Febrero	Humedad Severa - Moderada	Seco	—
Marzo	Humedad Severa - Moderada	Húmedo	Muy buena
Abril	Humedad Moderada	Normal	Buena
Mayo	Normal - Humedad Moderada	Seco	Regular
Junio	Normal - Humedad Moderada	Seco	Regular
Julio	Normal - Humedad Moderada	Normal	Buena
Agosto	Humedad Moderada	Húmedo	Muy buena
Septiembre	Normal	Seco	Regular
Octubre	Humedad Severa - Moderada	Húmedo	Muy buena
Noviembre	Humedad Severa - Moderada	Seco	—
Diciembre	Humedad Severa - Extrema	Húmedo	Muy buena
Año 1961			
Enero	Humedad Extrema - Severa	Normal	—
Febrero	Humedad Extrema - Moderada	Normal	—
Marzo	Normal	Seco	Regular
Abril	Normal	Seco	Regular
Mayo	S. Moderada - Normal	Seco	Muy buena
Junio	Normal	Húmedo	Regular
Julio	Normal - Humedad Extrema	Húmedo	Buena
Agosto	Normal	Normal	Muy buena
Septiembre	Normal	Seco	Regular
Octubre	Normal	Húmedo	Regular
Noviembre	Normal	Normal	Muy buena
Diciembre	Normal	Seco	Regular
Año 1962			
Enero	Normal	Seco	Regular
Febrero	S. Moderada	Seco	Muy buena
Marzo	S. Moderada	Normal	Buena
Abril	S. Moderada	Húmedo	—
Mayo	S. Moderada - S. Severa	Seco	Muy buena
Junio	S. Moderada	Seco	Muy buena
Julio	S. Severa - S. Moderada	Seco	Muy buena
Agosto	S. Severa	Seco	Muy buena
Septiembre	S. Severa	Normal	Regular
Octubre	S. Severa	Seco	Muy buena
Noviembre	S. Severa	Húmedo	—
Diciembre	S. Moderada - S. Severa	Húmedo	—

TABLA IV (Continuación)

	Indice de Sequía PALMER	Indice de Sequía propuesto	Coincidencia
Año 1963			
Enero	S. Severa - S. Moderada	Seco	Muy buena
Febrero	S. Moderada	Húmedo Seco	—
Marzo	S. Moderada - S. Severa	Seco	Muy buena
Abril	S. Severa	Húmedo	Muy buena
Mayo	S. Severa - S. Extrema	Seco	—
Junio	S. Severa - S. Extrema	Seco	Muy buena
Julio	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Agosto	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Septiembre	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Octubre	S. Extrema - S. Severa	Seco	Muy buena
Noviembre	S. Extrema - S. Severa	Normal	Muy buena
Diciembre	S. Extrema - S. Severa		—
Año 1964			
Enero	S. Severa - S. Moderada	Húmedo	—
Febrero	S. Severa - S. Moderada	Húmedo - Normal	—
Marzo	S. Moderada	Húmedo	—
Abril	S. Moderada	Seco	Muy buena
Mayo	S. Moderada	Seco	Muy buena
Junio	S. Moderada	Húmedo	—
Julio	S. Moderada - S. Severa	Seco	Muy buena
Agosto	S. Moderada - S. Normal	Húmedo	—
Septiembre	S. Moderada - S. Normal	Húmedo	—
Octubre	S. Moderada - S. Normal	Seco	Muy buena
Noviembre	S. Moderada - S. Normal	Húmedo	—
Diciembre	S. Moderada - S. Normal	Normal	Buena

5. Conclusiones

Del análisis de los resultados que anteceden, sacamos las siguientes conclusiones:

1. Se ha realizado un estudio de la sequía en EE.UU. reflejando los resultados solamente en la estación de San Antonio (Texas).
2. Se ha comparado con los valores dados por Palmer y observamos que se obtiene una aproximación del 74 %, cantidad que se considera *buenas* para la utilización de este índice de sequía.

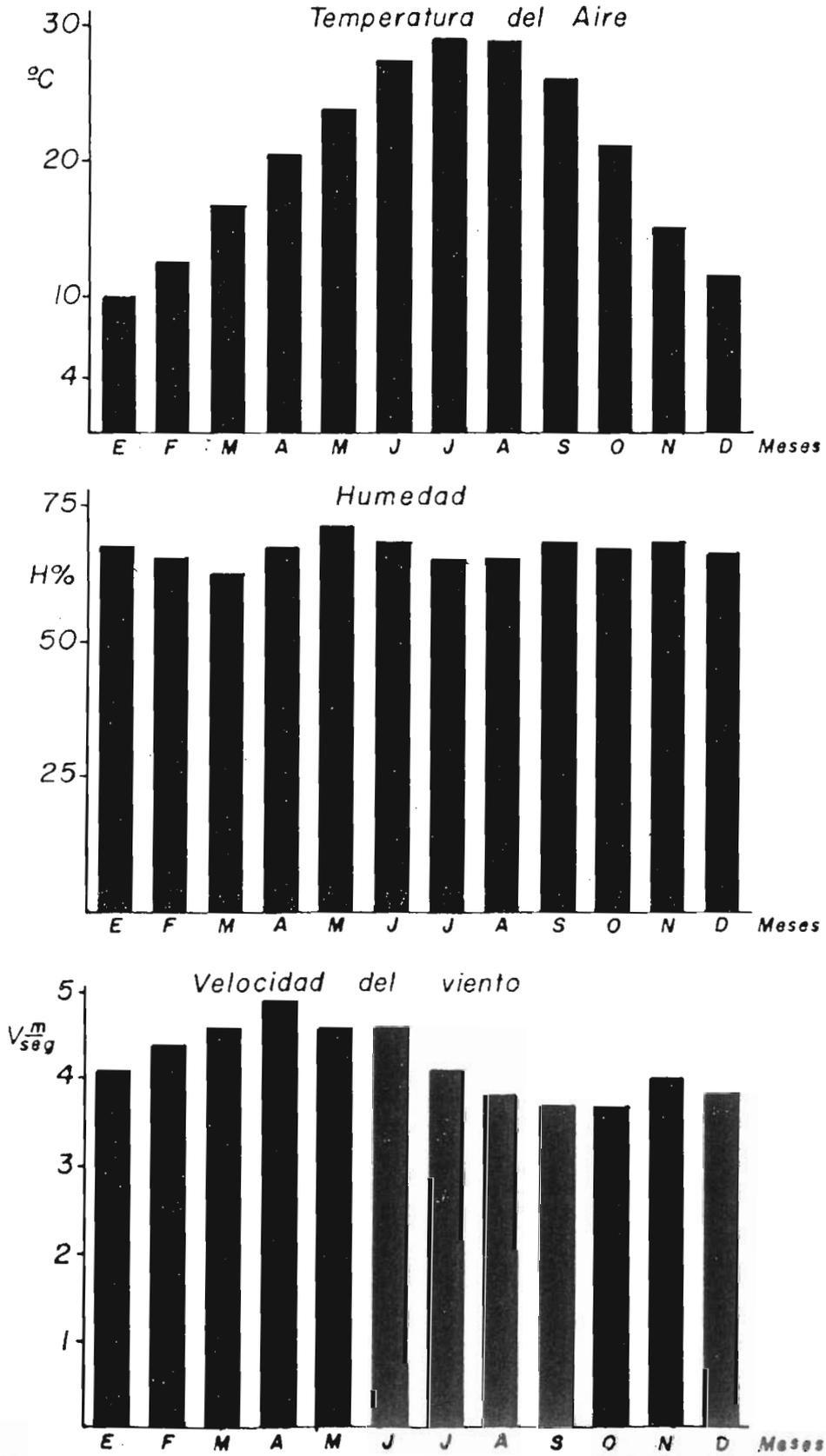
3. Resaltamos que la fórmula por nosotros empleada es bastante más sencilla de aplicar que la de Palmer.

6. Bibliografía

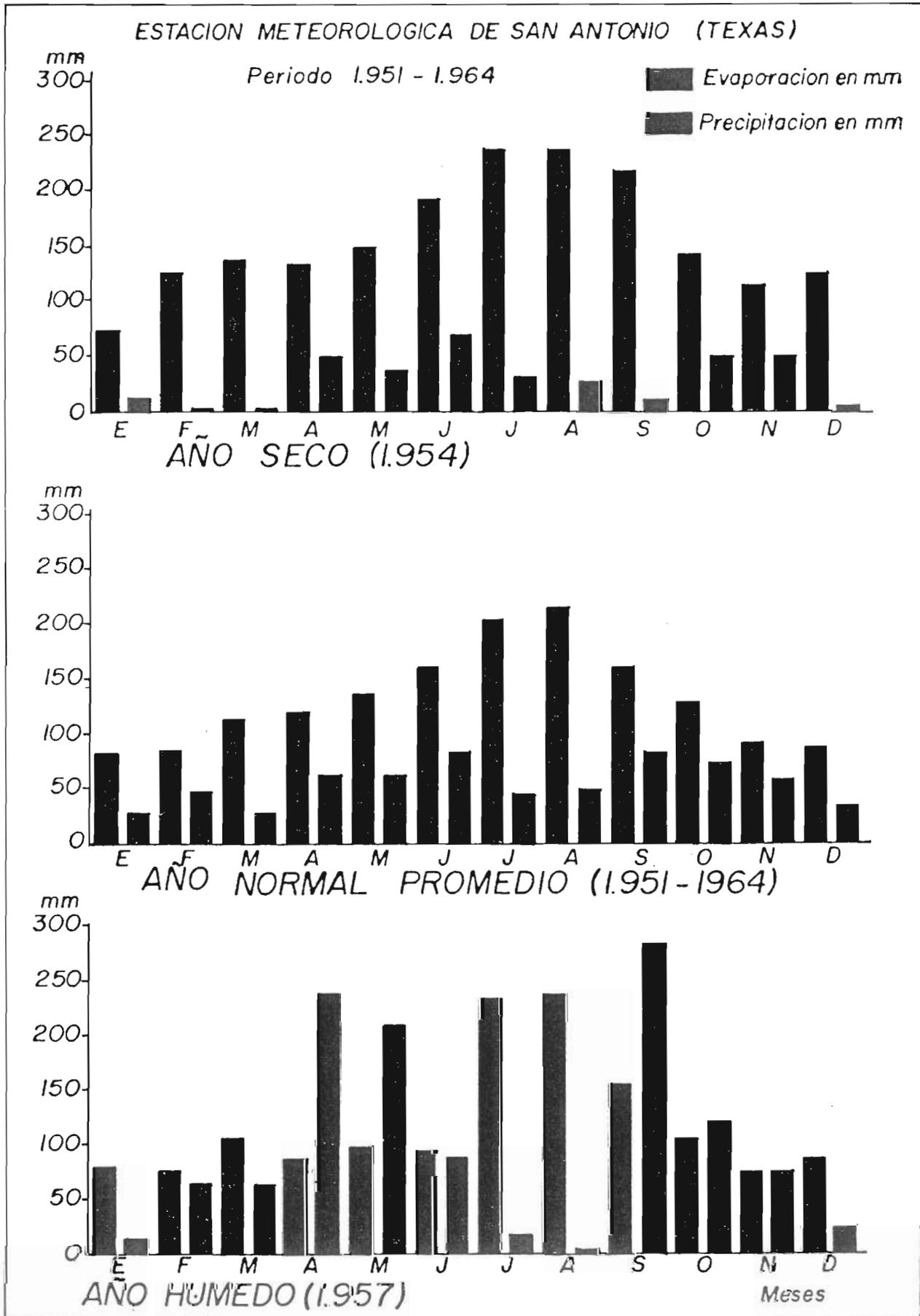
1. CLIMATOLOGICAL DATA-US. Department of Commerce Weather Bureau United States of América.
2. KARL, T. T. (1985): "Atlas of Monthly Palmer Drought Severity Index (1931-1983) for the contiguous United States". National Climatic Data Center Asheville, North Carolina.
3. KÖPPEN, W. (1900): "Versuche einer Klassifikation der Klimate". *Geogr. Zeitschr.* Band 6 Seiten. 593-611, 657, 679.

4. PALMER, W. C. (1956): "Drought in western Kansas, Weekly Weather and Crop". Bulletin, n.º 43, pp. 7-8.
5. — (1965): "Meteorological drought". Wather Bureau Res. Paper n.º 45, U.S. Dep. of Commerce Washington, D.C.
6. SECO, J. y GARMENDIA, J. (1970): "Nueva fórmula para el cálculo de la evaporación". Rev. de Geof., n.º 1, pp. 49-72. Madrid.
7. — (1970): "Empleo de una nueva fórmula de cálculo de evaporación en Matacán (Salamanca) y Tablada (Sevilla)". Rev. de Geof. XXIX, n.º 2, 139-147.
8. SECO, J. y otros, (1974): "Posibilidades de previsión de condiciones de sequedad de los continentes". I Asamblea. Nac. de Geod. y Geofísica; pp. 419-460. Madrid.
9. THORNTHWAITE, C. W. (1948): "An approach toward a rational classification of climate". Geogr. Rev., Vol. 8, n.º 1.

ESTACION DE SAN ANTONIO (Texas)
periodo 1.951 - 1.980



Gráfica 1.



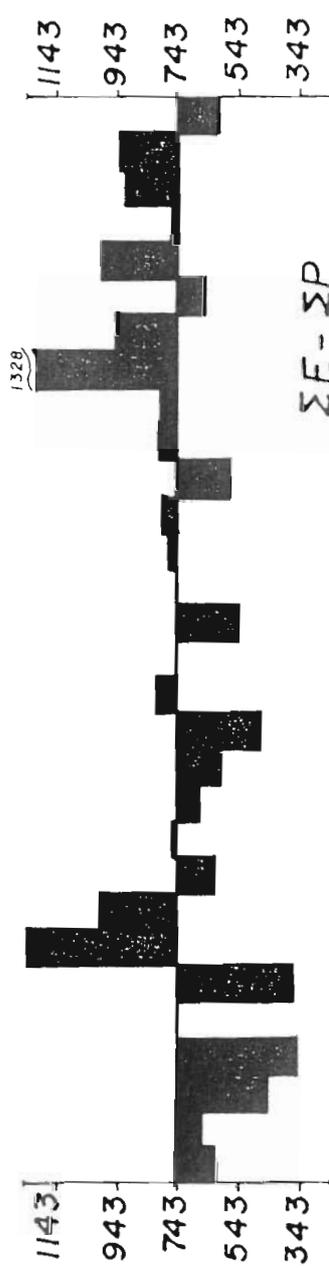
Gráfica 2.

ESTACION DE SAN ANTONIO (TEXAS)

E: EVAPORACION EN mm.



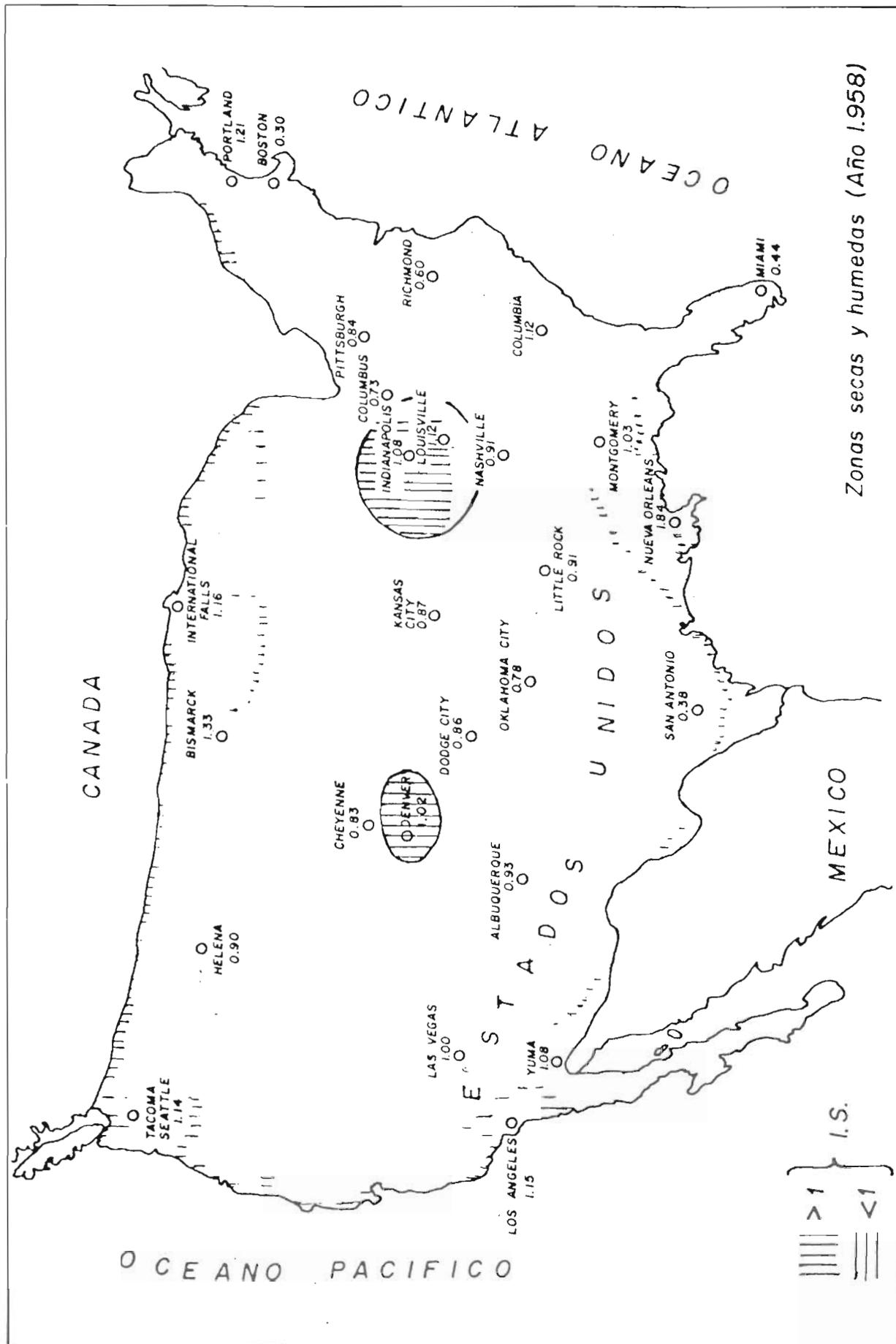
P: PRECIPITACION EN mm



INDICE DE SEQUIA: $IS = \frac{\sum E - \sum P}{\bar{E} - \bar{P}}$

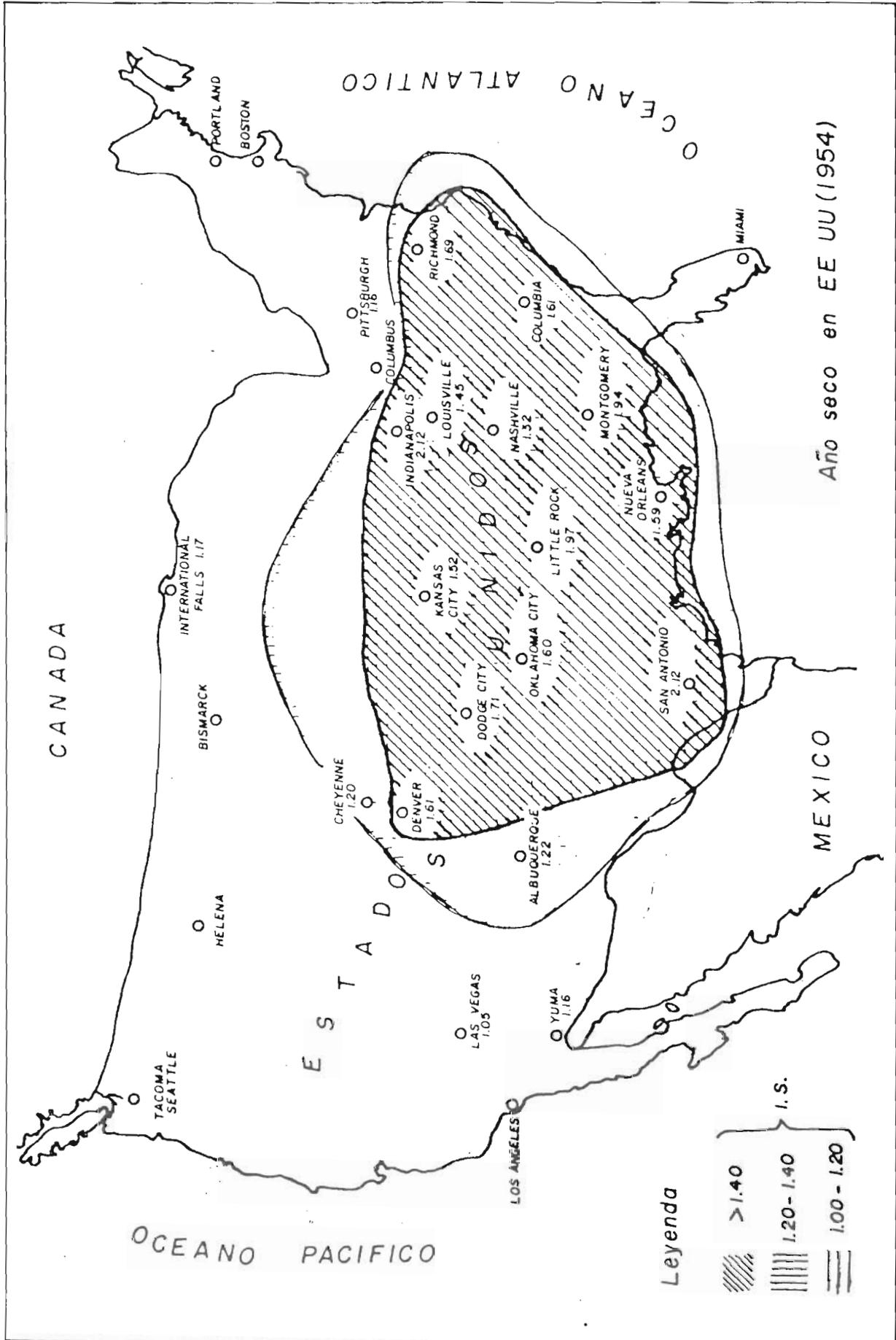


Gráfica 3.



Zonas secas y húmedas (Año 1.958)

Gráfica 4.



Gráfica 5.

