

# ESTUDIO DE LA EVAPORACION Y SEQUIA EN LA ZONA DE LA RIOJA. POSIBLE RELACION CON LA CALIDAD DE SUS VINOS

Jesús Seco Santos

## 1. INTRODUCCION

Las sequías han sido el azote del género humano desde la antigüedad causadas por prolongadas necesidades de precipitación. No existe una definición universal de sequía, ya que son muchos los criterios según las áreas geográficas teniendo en cuenta aspectos tales como, rendimiento de las cosechas, niveles de los pantanos, retención del agua por el suelo, características de las zonas, etc.

En la práctica, puede decirse que sequía es un término generalmente restringido a ciertas áreas de terreno donde de alguna forma la agricultura u horticultura son posibles.

En la bibliografía se encuentra un gran número de índices de sequía, que podemos cifrar, casi en tantos como países que se dedican a estos estudios, lo que nos proporciona una idea, de lo complejo que es el problema objeto de nuestro estudio.

Todos los investigadores que tratan este tema, la primera pregunta que se plantean es: ¿qué es sequía?

Aunque es difícil definir con precisión la sequía, en general, puede calificarse como una situación en la cual existe una falta de agua suficiente para satisfacer las necesidades de la misma, aunque esta depende de la distribución de las poblaciones de las plantas, animales y seres humanos así como de su modo de vida y del aprovechamiento de las tierras.

En sentido técnico, la sequía se define como un período de deficiencias en la precipitación. El impacto social y económico de la sequía resulta de los efectos de esta deficiencia de precipitación dentro de la región afectada.

Nosotros creemos que en sequía hay que introducir el concepto de evaporación, con las variables que lleva consigo.

Los parámetros principales relacionados con la sequía son:

- Suministro de agua por precipitación.
- Evapotranspiración.
- Alteraciones en la circulación general de la atmósfera.

- Pérdida de humedad del suelo.
- Características físicas y geológicas del suelo.

## 2. DEFINICIONES DE SEQUIA

Generalmente, todas las definiciones sobre sequía se basan en la precipitación, aunque la combinación de dos o más parámetros puede dar lugar a diferentes definiciones, alguna de las cuales expondremos a continuación.

### 2.1. *Sequía meteorológica*

La mayoría de los autores la definen como un período de precipitación anormalmente bajo y a menudo coincidiendo con un potencial de evapotranspiración extraordinariamente alto. Otros la definen únicamente como una deficiencia en la precipitación.

La Organización Británica de lluvia la define en tres apartados:

- a) Sequía parcial, un período consecutivo de 24 días durante los cuales la media diaria de lluvia no excede de 0,01 pulgadas.
- b) Sequía absoluta, un período consecutivo de 15 días de ausencia de lluvias, ninguno de los cuales haya recibido más de 0,01 pulgadas de lluvia.
- c) «Golpe seco», como un período de 15 días consecutivos ninguno de los cuales haya recibido más de 0,04 pulgadas de lluvia.

### 2.2. *Sequía climatológica*

Es corriente definir esta sequía como una ocasión de lluvia que durante una semana llueve la mitad o menos de lo normal y en consecuencia se describe esta sequía diciendo que existe donde la precipitación es siempre tan baja que raramente puede satisfacer las necesidades locales de agua.

Otros autores la relacionan con el % de agua caída:

50-60 % inferior a la media mensual ó 50 % menos de lo normal durante tres meses.

### 2.3. *Sequía hidrológica*

Cuando de esta definición se trata, los autores señalan que una definición de sequía basada solamente sobre la ausencia de lluvia no es hidrológicamente

hablando realista, la cual comparada con las definiciones de sequía meteorológica está mejor concebida en términos hidrológicos. La sequía hidrológica proviene del resultado de una deficiencia de lluvias en períodos precedentes; las alteraciones de suelo se hacen sentir en la zona superficial con escape hacia las aguas subterráneas más profundas.

La duración de la sequía hidrológica depende de la superficie de la región y del tipo de fuentes de agua afectadas.

#### 2.4. *Sequía agrícola*

Tal vez el aspecto más importante de la sequía sea el referido a la agricultura.

Los autores, cuando estudian este tipo de sequía afirman que la humedad del suelo es una buena reserva de agua, que contribuye al almacenamiento de la misma y evita en parte la evapotranspiración; la humedad del suelo se refleja en unas condiciones agronómicas ideales para el crecimiento de las plantas.

Todos los fenómenos que se sucedan tienen el denominador común para los agricultores de que las condiciones de sequía vienen dadas por el pobre rendimiento de las cosechas, de la poca producción en los pastos y en el caso que nosotros estudiamos de la poca cantidad o lo que es peor, calidad de los vinos.

#### 2.5. *Sequía socio-política*

Hoy día, está muy en boga, hablar de este tipo de sequía, que se define como el resultado de una escasez de agua que proviene de una mala administración de las diferentes fuentes de agua de la región. Para paliar en lo posible sus efectos se construyen embalses que proporcionan el agua necesaria para aquellas épocas en que hay defecto, y los desastres sean menores para la economía de las naciones.

#### 2.6. *Causas de la sequía*

Las causas que pueden originar la sequía se pueden plantear desde dos puntos de vista:

- a) Cambio climático.
- b) Cambio en la circulación general de la atmósfera.

Si la sequía es el resultado de un cambio climático es una cuestión difícil de responder. Especialmente en las tierras áridas e improductivas la

diferencia entre las precipitaciones normales sucesivas de 30 años quizá no sea debida mas que a efectos de muestreo. Es interesante a veces distinguir entre sequía y aridez. En las tierras improductivas que limitan las zonas de aridez la variabilidad normal en la lluvia significa que la sequía debe ser considerada como una ocurrencia climática normal.

Teniendo presente los actuales conocimientos científicos y tecnológicos que se poseen, parece que existe poca esperanza de mejorar las sequías mediante la modificación artificial del tiempo o el clima, ya que los períodos de sequía se caracterizan habitualmente por una subsidencia en gran escala y por la existencia de cielo despejado.

El efecto de la sequía puede quedar disminuido si los agricultores y autoridades gubernamentales conocen su naturaleza y extensión, que les permita establecer unos planes oportunos a escala mundial.

Dentro de los planes mundiales establecidos para luchar contra las catástrofes naturales se podría estudiar la posibilidad de incluir un servicio mundial de las sequías, posiblemente contando con una oficina principal en cada continente que transmitiese la información a otro organismo central que muy bien pudiera ser la Secretaría de la Organización Mundial de la Meteorología (OMM) a través de la Secretaría de las Naciones Unidas.

La respuesta al segundo apartado no se ha dado de una forma muy precisa:

Algunos investigadores consideran que la sequía es una manifestación regional de una fluctuación climática general, asociada con persistentes cambios de la circulación de la atmósfera y otros consideran que los cambios en la circulación general de la atmósfera son rítmicos y por tanto la ocurrencia de sequías puede predecirse por métodos estadísticos.

Mientras que las causas últimas («esenciales») de las fluctuaciones no están identificadas ciertamente, se barajan un número de interesantes hipótesis que podemos agrupar en dos modelos:

a) Los que requieren de fuerzas extraterrestres variables para los cambios de la circulación.

b) Los que tratan de cambios dentro del sistema formado por tierra-océano-atmósfera.

Otras hipótesis consideran que el aumento de la radiación solar varía continuamente con ciclos de 80-90 años habiendo ciclos en el número de manchas solares aunque no hay una evidencia positiva de tal ciclo en la producción de energía del sol. Si existiera tal ciclo la circulación atmosférica podría estar en constante reajuste de acuerdo con la mayor o menor continuidad de energía solar llegada a la tierra.

### 3. OBJETO DE ESTE TRABAJO

Consta este trabajo de tres partes:

a) En la primera tratamos de proponer una nueva fórmula para el cálculo de la evaporación en la zona de La Rioja a partir de los datos meteorológicos siguientes: temperatura, humedad y velocidad del viento.

La fórmula propuesta hemos intentado que cumpla estas condiciones:

- Que sea sencilla y de fácil manejo.
- Que las variables empleadas sean fácilmente medibles en las estaciones meteorológicas.

- Que se adapte lo mejor posible a la realidad.

b) En la segunda parte del trabajo se efectúa el cálculo del índice de sequía para todos los años comprendidos entre 1958 y 1982, ambos inclusive, los datos empleados están tomados de los boletines del Servicio Meteorológico Nacional, para la zona de La Rioja y el observatorio es el de Agoncillo.

c) Una vez hecho el estudio de la sequía, hemos intentado relacionar los períodos secos o húmedos que ha habido en estos 25 años, con la calidad de los vinos de La Rioja y poder sacar algunas relaciones al respecto.

Se introduce el concepto de año agrícola, que creemos mucho más real, para estos estudios que el año meteorológico civil.

### 4. EVAPORACION

#### 4.1. Factores que influyen en su cálculo

Se define la evaporación como el agua que escapa de la superficie de la tierra hacia la atmósfera en forma de vapor, bien libremente de una superficie de agua (evaporación), o a través de la vegetación (transpiración), el fenómeno conjunto se denomina evapotranspiración.

Los factores que más influyen en ella son:

- Temperatura, ya sea del aire, suelo o agua.

- Humedad.

- Velocidad o recorrido del viento.

- Radiación neta recibida sobre la superficie de la tierra.

Para el cálculo de la evaporación existen numerosos métodos que podemos agrupar en tres grandes bloques:

a) Métodos basados en términos aerodinámicos.

b) Métodos basados en términos de balance de calor o energía.

c) Métodos basados en términos de turbulencia.

En nuestro trabajo hemos escogido el método basado en términos aerodinámicos y nuestra fórmula la compararemos con otras ya conocidas basadas en los mismos términos.

#### 4.2. Fórmulas que calculan la evaporación

De entre las numerosas fórmulas que existen en la bibliografía hemos tomado dos de las más representativas con el objeto de comparar los resultados obtenidos con ellas y los que nosotros obtuvimos.

##### 4.2.1 Ecuación de Penman:

Penman (1954) propuso para el cálculo de la evaporación la fórmula:

$$E_o = 0,35 \left( 0,5 + \frac{u}{100} \right) (e_a - e_d) \text{ mm/día}$$

donde:

$E_o$  es la evaporación potencial.

$u$  es el recorrido medio del viento en km/día.

$(e_a - e_d)$  es el déficit de saturación.

##### 4.2.2 Ecuación de Ivanov:

Ivanov en 1954 emplea la siguiente expresión:

$$E = 0,0018 (t + 25)^2 (1 - h)$$

donde:

$E$  es la evaporación media mensual en mm/día.

$t$  es la temperatura media mensual.

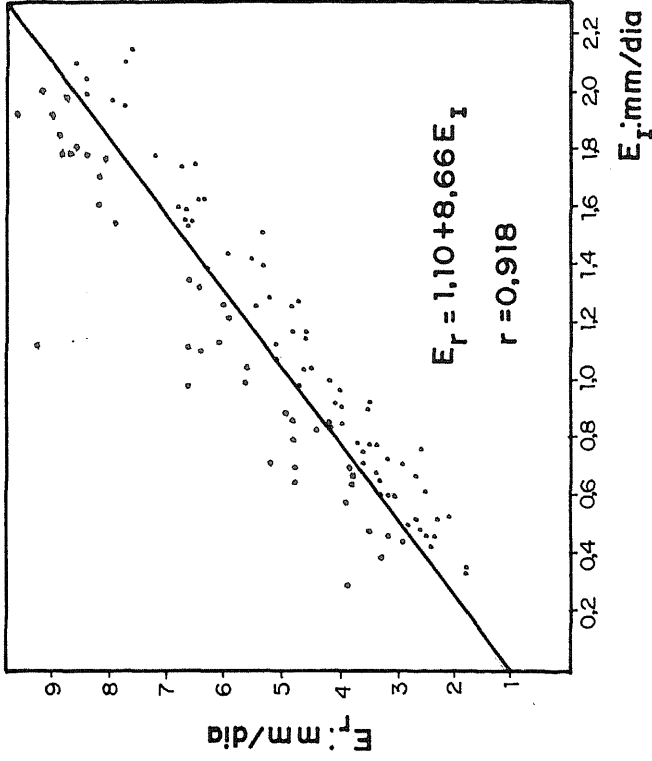
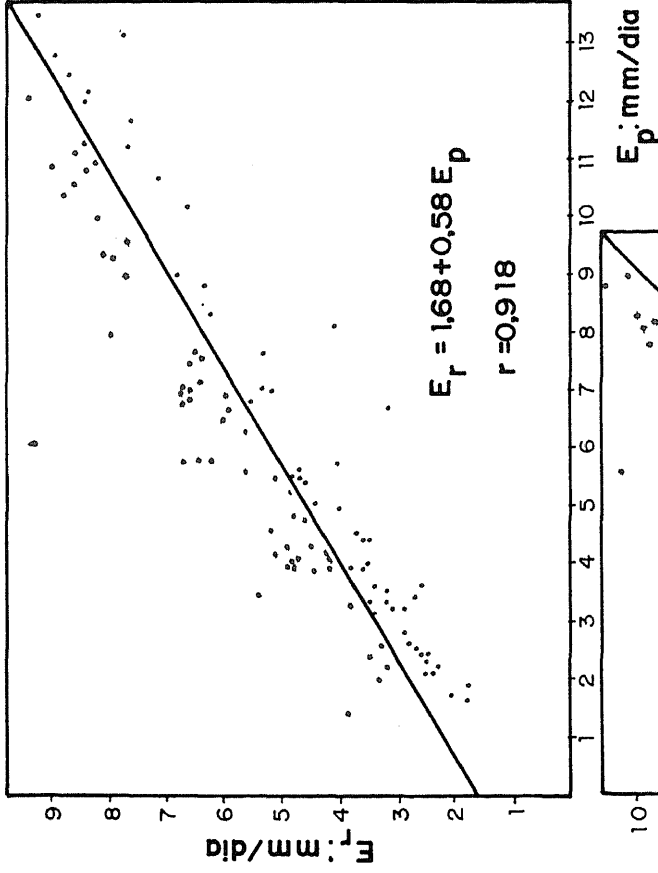
$h$  es la humedad relativa en tanto por uno.

##### 4.2.3 Fórmula propuesta en este trabajo

La expresión propuesta para la zona de La Rioja es de la forma:

$$E_c = 3,756 e^{0,0611 T} \left( \frac{100-H}{100} \right) + 0,003 u + 0,55$$

cuyas variables son la temperatura del aire, la humedad y el recorrido del viento.



ECUACIONES UTILIZADAS

PENMAN

$$E_p = 0.35 (e_s - e_a) \left(0.5 + \frac{U}{100}\right)$$

$$E_i = 0.0018 (\bar{t} + 25)^2 (1 - h)$$

IVANOV

$$E_c = 3.756 e^{0.0611 \bar{t}} \left(\frac{100 - H}{100}\right) + 0.003 \bar{U} + 0.55$$

PROPUESTA

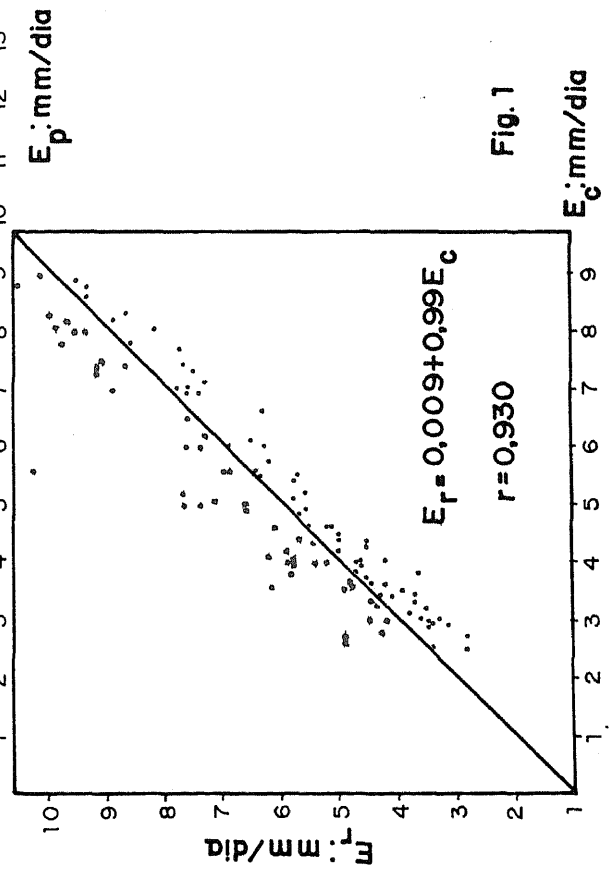


Fig. 1

#### 4.3. Comparación de las fórmulas que calculan la evaporación

Una vez medidas las variables que intervienen en las fórmulas, calculamos la evaporación y realizamos la regresión lineal entre estos valores y los de la evaporación real, medida en las estaciones con un evaporímetro Piché, y obtenemos el coeficiente de correlación, lo que nos dará una idea de la fiabilidad de las fórmulas empleadas, según su aproximación a la unidad.

Los resultados obtenidos con estas tres fórmulas se comparan entre sí y de ahí deducimos cuál de ellas es la que mejor calcula la evaporación en el lugar objeto del estudio.

Se hace un estudio comparativo de las fórmulas de Ivanov y Penman con la fórmula que proponemos nosotros, a fin de demostrar, cuál de ellas es la más representativa en esta zona de La Rioja.

Todo lo anteriormente expuesto viene reflejado en el gráfico n.º 1, donde se observa que la fórmula que mejor se ajusta a la realidad es la nuestra, pues proporciona el menor error de cálculo y el mayor coeficiente de correlación cuyos valores son los siguientes:

Ivanov:	$r = 0,918$
Penman:	$r = 0,918$
Propuesta:	$r = 0,930$

Con estos alentadores resultados, es obvio, que no necesitamos de ninguna expresión de autores extranjeros, para calcular la evaporación potencial, ya que la fórmula propuesta por nosotros da mejores resultados.

Pues bien, con esta expresión hacemos el cálculo de la sequía, que seguidamente pasamos a detallar.

#### 5. INDICES DE SEQUIA

Un examen de las definiciones que existen en Bibliografía sobre el concepto de sequía indican que pueden ser clasificadas de acuerdo con el criterio utilizado.

Normalmente suelen emplearse combinaciones de factores tales como:

- Lluvia caída.
- Temperatura del aire
- Humedad del aire.
- Evaporación del agua libre.
- Transpiración de las plantas.
- Humedad del suelo.

En nuestro trabajo el índice de sequía que utilizaremos se basa en la combinación de los factores de evaporación y precipitación.



Generalmente la precipitación es el factor simple que más influye en la sequía y prácticamente todas las definiciones de índices usan esta variable simplemente o combinada con otros elementos meteorológicos.

Nosotros exponemos un nuevo índice de sequía en el que hacemos intervenir, la humedad, la temperatura del aire y el recorrido del viento, conjuntamente, bajo una expresión que hemos llamado evaporación potencial.

Estudiaremos «el índice de sequía» para la zona de La Rioja.

Definimos en primer lugar el «déficit de precipitación potencial» como la diferencia entre la evaporación potencial, calculada con nuestra fórmula, y la precipitación habida en el período estudiado.

Su expresión es:

$$D.P.P. = \sum E - \sum P \dots \text{ en mm}$$

Como las oscilaciones son muy grandes, es mejor definir el «Índice de Sequía» cuya expresión es:

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

en la que intervienen los valores medios de evaporación y precipitación del período estudiado.

Este índice de sequía que acabamos de expresar comprende, no solamente la precipitación, que es el agente de mayor importancia, sino también la evaporación con los agentes meteorológicos que conlleva. Pensamos que es un buen índice para estudiar la sequía en períodos prolongados de al menos 25 años.

Los datos que se han manejado para este estudio, aparecen en el Apéndice al final del trabajo, pero no obstante hemos representado, para mejor comprensión, en unas gráficas la evolución de los parámetros meteorológicos, así como los histogramas que a continuación pasamos a detallar.

El análisis de los datos lo hacemos en los siguientes cuadros:

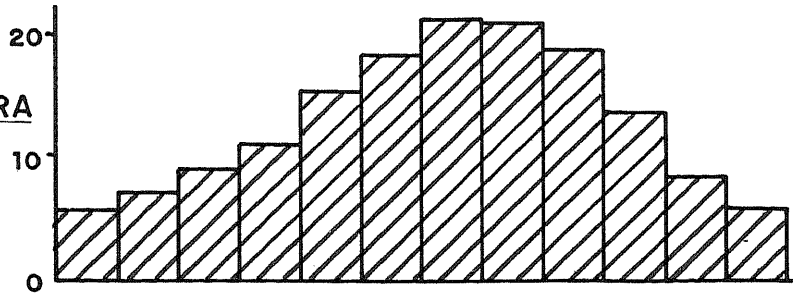
1) *Promedios mensuales de temperatura, humedad y viento*; representamos los promedios mensuales de estas variables en la Fig. n.º 2.

2) *Histograma general*. Representamos en el centro de la Fig. n.º 3 rayada los valores de la evaporación calculada con ayuda de nuestra fórmula rayada en color rojo. Los valores de la precipitación están representados por la zona rayada en color azul.

En el histograma observamos que la zona de rayado simple es la diferencia entre la evaporación y la precipitación que es la que hemos denominado: «déficit de precipitación potencial».

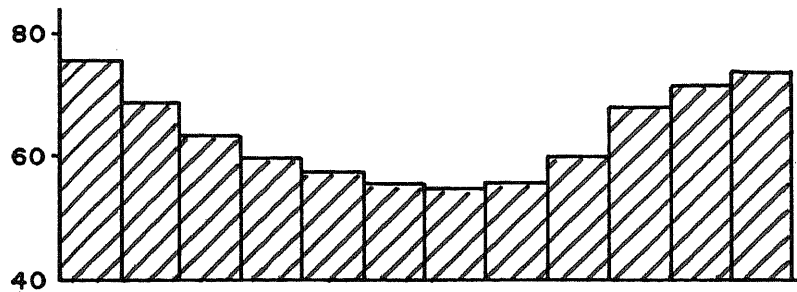
3) *Histograma de un año seco*. Hemos representado a la derecha de la Fig. n.º 3 un año seco, es decir aquél en el cual la evaporación ha sido superior a la media normal y la precipitación está por debajo de la media

TEMPERATURA  
EN °C



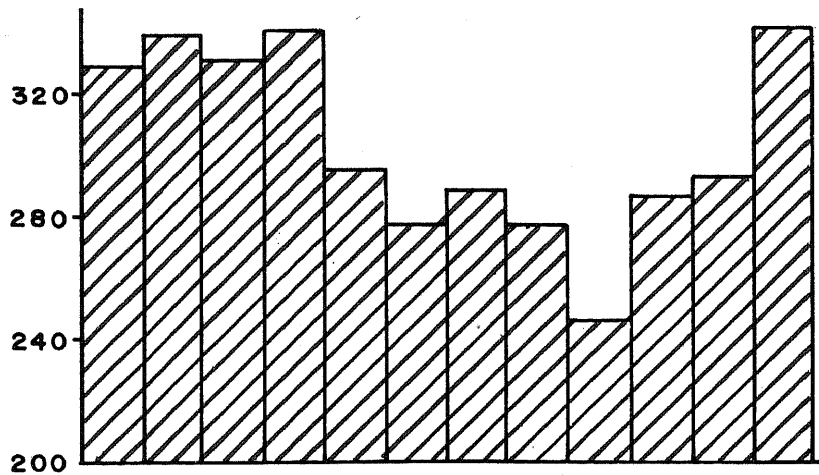
PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA

HUMEDAD  
EN %



PROMEDIO MENSUAL DE HUMEDAD

VIENTO  
EN Km/dia



PROMEDIO MENSUAL DE RECORRIDO DEL VIENTO

E F M A M J J A S O N D MESES

Fig.2

normal; como consecuencia de esto el área en rayado sencillo es mayor que la del histograma general; en nuestro caso corresponde al año 1973.

4) *Histograma del año húmedo.* Finalmente, a la izquierda de la Fig. n.º 3 hemos representado un año húmedo que se caracteriza porque ha llovido más de lo normal y ha evaporado menos de lo normal, como consecuencia de ello el área en rayado sencillo es menor que en el histograma general, y mucho menor aún que en un año seco; en nuestro estudio corresponde al año 1959.

5) *Cuadro resumen del promedio anual de La Rioja (año civil).* En el gráfico n.º 4 representamos los valores de la precipitación, evaporación e índice de sequía para cada uno de los años comprendidos desde 1958 hasta 1982, ambos inclusive. Hay que hacer constar que los valores se refieren a lo acaecido en el año civil, o sea, desde primero de Enero hasta 31 de Diciembre. Hacemos esta observación, ya que en un estudio posterior se define el año agrícola que comprende desde primero de Octubre, de un año, hasta el 30 de Setiembre del año siguiente.

6) *Cuadro resumen del índice mes por mes.* En estas seis gráficas que comprenden las Fig. 5, 6, 7, 8, 9 y 10 se representan, la evaporación, precipitación e índice de sequía de cada uno de los meses de todos los años, objeto de nuestro estudio, así podemos ver qué meses son los que más influyen en el cálculo de la sequía de una forma más separada.

7) *Criterio sobre el índice de sequía.* Antes de pasar a definir el índice más representativo, cual es el de sequía, vamos a definir algunos conceptos como son: año normal, seco, muy seco, húmedo y muy húmedo:

*Año normal: ausencia de sequía:* Lo definimos como aquel año en el cual el I.S. no se desvía del valor medio más de un 5% por exceso o por defecto.

*Año seco: sequía severa:* Se establece que el I.S. sea mayor del 5% de lo normal y no supere el 15%, ambos en exceso.

*Año muy seco: sequía muy severa:* Sería aquel año en el cual el I.S. exceda al valor medio en un 15% del valor de éste.

*Año húmedo:* Es aquel en el cual el índice de sequía sea menor al 5% de lo normal pero no inferior al 15% , siempre en defecto.

*Año muy húmedo:* Es aquel en el cual el I.S. sería inferior al 15% del valor medio por defecto.

El siguiente esquema nos resume todo lo anteriormente dicho:

#### INDICES DE SEQUIA

Año muy seco:	IS > 1,15
Año seco:	1,15 > IS > 1,05
Año normal:	1,05 > IS > 0,95
Año húmedo:	0,95 > IS > 0,85
Año muy húmedo:	0,85 > IS

Según este criterio se han confeccionado las gráficas que resumen todo lo que llevamos expuesto y que hemos comentado anteriormente.

## 6. ESTUDIO PARA LA ZONA DE LA RIOJA

El análisis de los datos que aparecen en el Apéndice y su representación en los diferentes gráficos, en la estación de Agoncillo, La Rioja, nos lleva a las siguientes consideraciones:

### 6.1. *Promedios mensuales de las variables meteorológicas*

Los datos para la interpretación de la Fig. 2, están en el Apéndice, y la simple observación del mismo, nos conduce fácilmente a ver que:

- a) La temperatura en la estación de Agoncillo pasa por dos mínimos en los meses de Enero y Diciembre con valores de 5,9 y 6,3 °C.
- b) Los máximos de temperatura se producen en los meses de Julio y Agosto con un valor medio de 21,8 y 21,6 °C, respectivamente.
- c) El valor medio de la temperatura anual es de 13,3 °C.
- d) La humedad relativa tiene sus máximos en los meses de Enero y Diciembre con valores de 76% y 75%, respectivamente, el valor de la misma va decreciendo hasta alcanzar un mínimo en el mes de Julio del 55%.
- e) El valor medio anual de la humedad relativa es 64%.
- f) Los vientos más fuertes se producen en los meses que van desde Diciembre hasta Abril con valores máximos de valor medio de 347 y 344 km/día precisamente en Diciembre y Abril.
- g) Los valores mínimos de los vientos se producen en los meses que van desde Mayo a Noviembre, siendo Setiembre y Agosto los que alcanzan su valor más pequeño con solamente 252 y 280 km/día respectivamente.
- h) El valor medio del recorrido del viento anual es de 310 km/día.

### 6.2. *Histogramas*

A la vista de la Fig. 3 que comprende un período de 25 años de observación y cuyos datos aparecen en el Apéndice, destacamos los siguientes apartados:

#### 6.2.1. Histograma general:

Es el resumen de lo acaecido en todos los años, objeto de nuestro estudio y en él destacamos:

- a) La evaporación potencial tiene un máximo en el mes de Julio con un valor de 244,5 mm/mes.
- b) La evaporación mínima se produce en los meses de Enero y Diciembre con valores de 88,3 y 95,2 mm/mes respectivamente.

ESTACION DE AGONCILLO, LA RIOJA

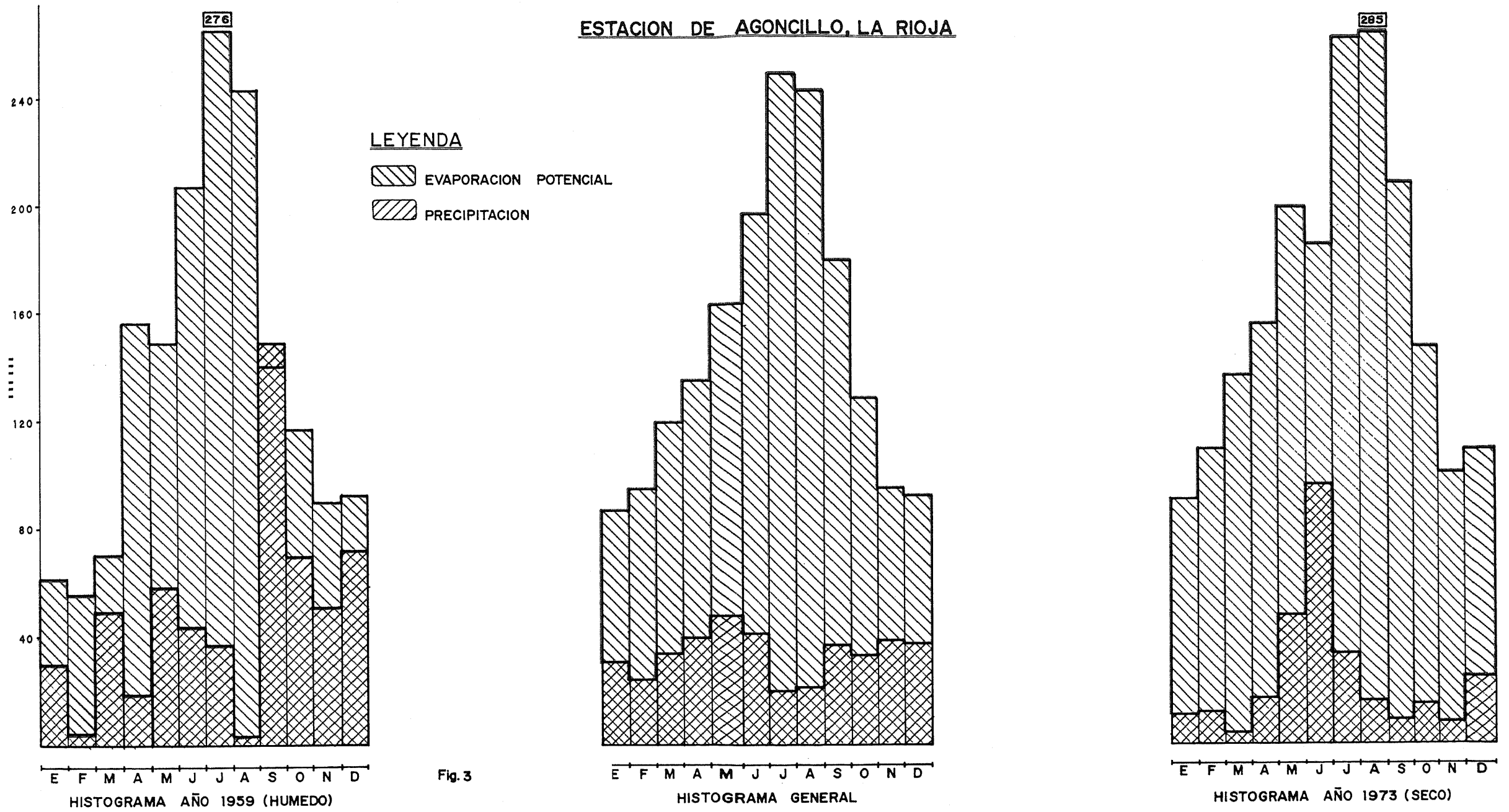


Fig. 3

- c) La evaporación anual media es de 1.785 mm/año.
- d) La precipitación alcanza su valor máximo en los meses de Mayo, Junio, Noviembre y Abril, con valores de 47,5, 41,1, 39,8 y 38,7 mm/mes respectivamente.
- e) El período menos lluvioso es el de los meses de Julio y Agosto que sólo alcanzan los valores de 20,9 y 21,2 mm/mes respectivamente.
- f) La lluvia cae con un promedio anual de 406,8 mm.

#### 6.2.2. Histograma de un año seco:

Presentamos a continuación un año (1973) que se caracterizó por llover menos de lo normal, 299,4 mm/año y evaporó más de lo normal 1.961,7 mm/año.

Fueron meses extremos de evaporación Agosto y Julio con valores de 265,3 y 243,6 mm/mes respectivamente; en lo que se refiere a la precipitación el mes más lluvioso fue Junio con un valor de 96,9 mm/mes. No obstante destacamos que los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre, ocho en total, estuvieron por debajo de la media mensual respectiva de precipitación.

#### 6.2.3. Histograma de un año húmedo:

Presentamos uno de los años más húmedos de los que hemos estudiado y que corresponde al año 1959 en el que evaporó menos de lo normal con 1.675,1 mm/año y por el contrario llovió más de lo normal con 591,1 mm/año.

Los meses extremos en evaporación fueron Febrero con 56 mm/mes cuando la media de este mes son 95,2 y en precipitación Setiembre con 149,2 mm/mes muy por encima del valor medio de este mes que es: 36,6 mm/mes.

### 6.3 Promedio anual de La Rioja

Hacemos una valoración conjunta y presentamos un cuadro resumen que titulamos «Promedio anual de La Rioja». Los datos aparecen en el Apéndice y con ayuda de ellos se observa la marcha en el período estudiado de la precipitación, la evaporación y por último del índice de sequía que hemos deducido en el capítulo 5.

Los valores a partir de los cuales se ha confeccionado la Fig. n.º 4 son los siguientes:

La Tabla I ha sido confeccionada:

a) En lo que a «Déficit de precipitación» se refiere, restando de las evaporaciones anuales las precipitaciones del mismo año y así hemos obtenido el numerador de la expresión:

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

El denominador de la misma, es la diferencia de los valores medios anuales de los 25 años de estudio.

b) Referente al índice de sequía de cada año, se ha dividido el «Déficit de precipitación» de cada año por el valor medio del mismo, deducido de todos los años de observación.

Todo lo cual dibujado en la Fig. 4, proporciona las siguientes conclusiones:

a) Respecto al agua caída en los 25 años y en vista de que el valor medio de la precipitación anual es de 406,6 mm, observamos como años prácticamente normales: 1960, 1966, 1975 y 1980 principalmente.

Como años de poca lluvia tenemos: 1964, 1968, 1970, 1973, 1981 y 1982 principalmente.

Como años de mucha lluvia destacamos 1959, 1961, 1971 y 1979 principalmente.

b) Respecto al agua que potencialmente puede escapar desde la tierra a la atmósfera y como el valor medio de la evaporación es de 1785 mm/año. Destacamos como años normales 1961, 1967, 1969 y 1980, principalmente.

Como años de poca evaporación, 1958, 1960, 1962 y 1977 principalmente.

Como años de mucha evaporación destacamos 1964, 1965, 1968, 1970, 1973, 1976, 1981 y 1982 principalmente.

c) Respecto al índice de sequía y según los criterios expuestos en el capítulo 5 los agrupamos de la siguiente forma:

N: *Años normales*: 1963, 1966, 1967, 1969, 1978 y 1980 ya que sus valores están comprendidos entre 0,95 y 1,05.

S: *Años secos, sequía severa*: 1965, 1974 y 1976 los cuales tienen valores comprendidos entre 1,05 y 1,15.

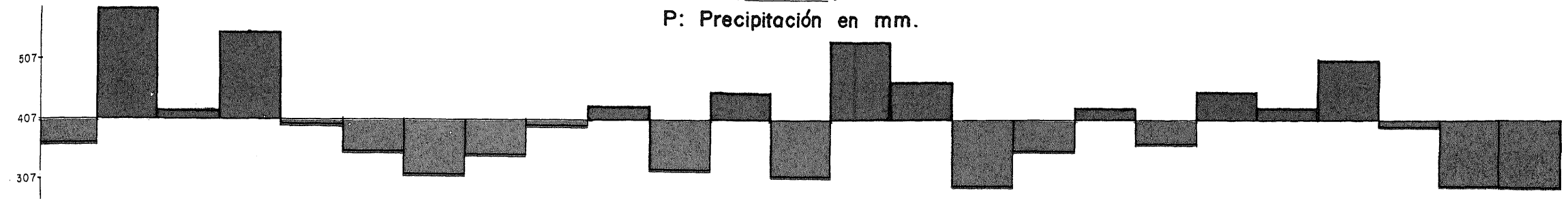
MS: *Año muy seco, sequía muy severa*: son los años cuyo índice de sequía es superior a 1,15. Para este período nos encontramos con los años: 1964, 1968, 1970, 1973, 1981 y 1982. En total seis años en el período estudiado.

H: *Año húmedo*: son los que presentan valores comprendidos entre 0,95 y 0,85. Lo forman los siguientes años 1958, 1961, 1962, 1971, 1972, 1975, 1977 y 1979.

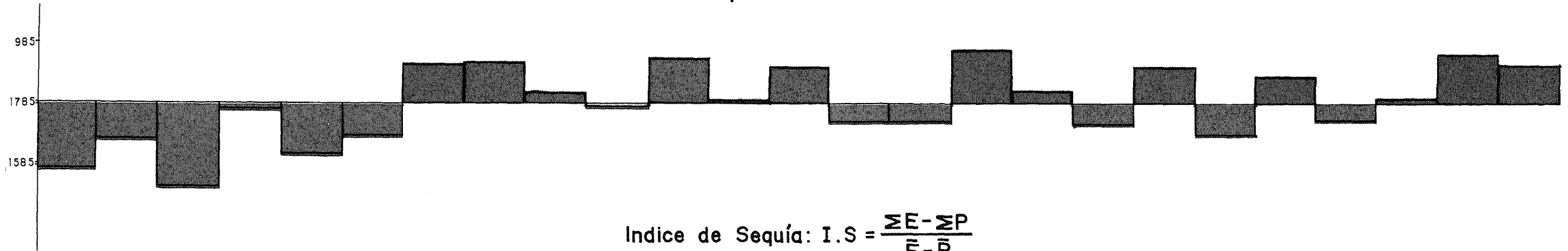
**PROMEDIO ANUAL DE LA RIOJA**

(AÑO CIVIL)

P: Precipitación en mm.



E: Evaporación en mm.



Indice de Sequía:  $I.S = \frac{\sum E - \sum P}{\bar{E} - \bar{P}}$

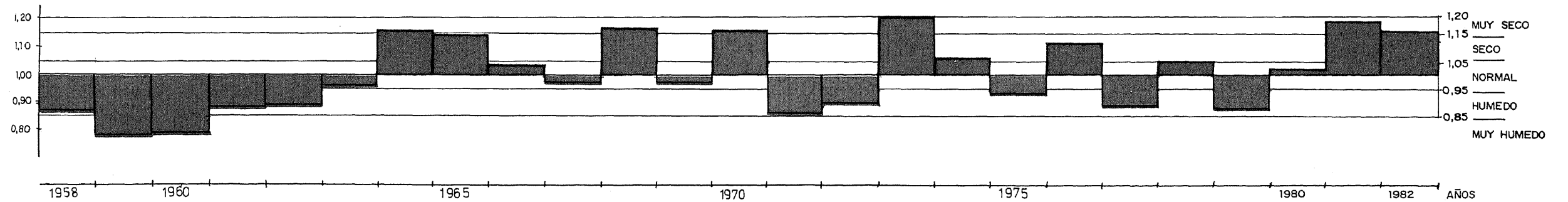


Fig. 4



MH: *Año muy húmedo*: cuando el índice de sequía es menor de 0,85; en este período encontramos los años siguientes: 1959 y 1960.

Es obvio que nuestro principal objetivo es sacar conclusiones de lo que llevamos expuesto, pero lo vamos a dejar para el capítulo especial, dedicado a la calidad de los vinos de La Rioja, aunque el lector puede ya intuir si es conocedor de las buenas cosechas de esta tierra, cómo influye el «índice de sequía» que hemos definido en las cosechas. En el capítulo posterior hablaremos del «Año Agrícola» que es, a nuestro juicio, mucho más real que lo que se conoce con el nombre de «año civil».

d) Finalmente, el análisis de la Fig. 4, nos hace destacar lo siguiente:

*Primer Período Húmedo*: Abarca los años que van desde 1958 al 1963 ambos inclusive.

*Segundo Período Seco*: Abarca los años que van desde 1964 al 1970 ambos inclusive.

*Tercer Período Húmedo-Seco*: Abarca los años que van desde 1971 al 1979 ambos inclusive, y alterna en estos nueve años, unos que son húmedos con otros secos.

*Cuarto Período Seco*: Es el período en que nos encontramos, iniciado en 1980 y que dura hasta nuestros días.

#### 6.4. Estudio de la precipitación, evaporación e índice de sequía mes a mes.

Hemos efectuado también un estudio de cada uno de los meses del período de 25 años para ver si un mes cualquiera de un determinado año, es seco, normal o húmedo resaltando también los valores extremos que se han sucedido en todos los años de observación. Todo lo cual aparece en las Figs. 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Comentaremos alguna de ellas ya que su simple observación es suficiente para su entendimiento.

La precipitación máxima que ha habido en un mes se produjo en el año 1967 en Noviembre con 197,7 mm que supuso casi la mitad de la media anual. Le sigue en cantidad de precipitación el mes de Setiembre de 1959 con 149,2 mm.

El mes que menos ha llovido, lógico, debía ser uno de los de verano y así sucede con Julio de 1965 que sólo se registraron 0,7 mm que prácticamente no cayó ni una gota de agua en todo el mes. Le sigue también en poca lluvia Julio de 1978 y 1965 que con sus 0,9 y 1,5 mm podemos decir casi lo mismo.

En lo relativo a evaporación, es obvio también que las mayores se suceden en los meses de verano destacando el mes de Julio de 1964 con 300,0 mm y en los meses de invierno la evaporación más pequeña sucede en Febrero de 1959 con 56,0 mm. En lo que a cantidades anuales se refiere el año más lluvioso fue el 1959 con 591,1 mm muy por encima de la media y menos

lluvioso fue 1982 con sólo 296,7 también muy bajo sobre la media anual. El año en que mayor fue la evaporación tenemos el 1973 con 1961,7 mm y el de menos evaporación es 1960 con 1503,0 mm.

Los índices de sequía mes por mes son menos representativos que los anuales, ya que las oscilaciones pueden ser muy grandes por eso no destacamos a ninguno de ellos, y recomendamos solamente detenerse en sus valores anuales.

## 7. AÑO AGRICOLA

Después de todo el estudio que llevamos realizado conviene aplicarlo a la zona de La Rioja, preferentemente buscando la relación que tenga con la calidad de sus famosos vinos.

El análisis de los datos, nos lleva a la determinación de expresar lo que sería un año agrícola, y que podemos definir:

*Año agrícola:* Son los 12 meses comprendidos, desde el 1.º de octubre de un año al 30 de Setiembre del año siguiente.

Con esta definición creemos que nos acercamos mucho más a la realidad que cuando usamos el año civil de 1.º de Enero a 31 de Diciembre.

La razón de proponer este año agrícola es obvia, pues es claro que las variables meteorológicas que se sucedan en Octubre, Noviembre y Diciembre, no pueden afectar a las cosechas que ya se han recogido en Setiembre.

Para un cálculo de la sequía de una mancha general, el índice que hemos definido es correcto, pero para ver la relación existente entre la sequía y las cosechas de la región, habremos de definir otro índice, que no variando sustancialmente del que ya hemos definido, puesto que el denominador es el mismo, sí varía el numerador, pues son tres los meses nuevos que entran en la expresión, que ponemos a continuación:

$$(I.S.)_{ag} = \frac{\sum E_{(ag.)} - \sum P_{(ag.)}}{E - P}$$

así por ejemplo, cuando hablemos del año 1964, nos referiremos a lo acaecido desde Octubre de 1963 a finales de Setiembre de 1964.

Con los mismos datos que aparecen en el apéndice TABLA II se ha construido la Fig. n.º 11 que nos representa la oscilación del índice de sequía para un año agrícola.

La Fig. n.º 11 es lo suficientemente elocuente para que su sola observación nos indique la relación existente entre el índice de sequía del año agrícola y la calidad de los vinos de La Rioja en los años de buenas cosechas.

La pregunta que lógicamente se le presenta al estudioso o investigador cuando aborda estos temas de inusitado interés regional es la siguiente:

¿Qué años se pueden considerar de cosecha excelente? Cuando una cosecha de vinos es excelente ¿lo es para todas las regiones?

Las mismas preguntas podríamos hacer para cosechas buenas, regulares y malas. Nosotros para realizar nuestro trabajo hemos consultado las siguientes informaciones o publicaciones:

a) «Cuadro de cosechas» de la Estación de Viticultura y Enología de Haro. Calificación de añadas de los vinos de Rioja.

b) Añadas excelentes de vinos de Rioja Alavesa. Unión de Cosecheros de Rioja Alavesa.

c) «Los Vinos» Bodegas Berberana. Clasificación de los vinos según cosecha y calidad.

d) Calificación de cosechas de las principales zonas vinícolas: «Guía práctica de los vinos de España».

El examen de ellas nos lleva a una conclusión, en el sentido de que no hay unanimidad de criterios al clasificar las cosechas de las diferentes zonas de La Rioja y menos aún, de todos los de España.

Nuestro objetivo ha sido, en vista de esta diversidad de criterios, referirnos a aquellas cosechas que ha habido en La Rioja, en los últimos 25 años más concretas y sobre las cuales hay mayor unanimidad y que a continuación exponemos:

Cosecha EXCELENTE .....	años 1964, 1970 y 1976.
Cosecha BUENA .....	años 1973 y 1974.
Cosecha REGULAR .....	años 1961, 1966, 1975, 1977 y 1979.
Cosecha MALA .....	años 1971 y 1972.

Pues bien, con este cuadro, que resume un poco la calidad de las cosechas y teniendo a la vista la Fig. 11 podemos emitir los siguientes juicios en lo que a Año Agrícola Vitivinícola se refiere:

a) Las cosechas que hemos denominado EXCELENTE, se suceden con un intervalo de aproximadamente 5 años.

b) Las cosechas EXCELENTE, coinciden con años agrícolas en los que ha habido menos precipitación de lo normal, mayor evaporación de la normal y por consiguiente con un índice de sequía cuyo valor es superior a 1,10, es decir, un año de los que hemos definido SECO O MUY SECO, se observa también que son los años con mayor déficit de precipitación; el lector observará que hay años como por ejemplo el 1965 que cumple estas condiciones y no nos consta que la cosecha fuera EXCELENTE, lo que nos induce a pensar que otros factores, que no se han tenido en cuenta, influyen también, lo cual sería objeto de otro estudio posterior.

c) Las cosechas denominadas BUENAS tienen mucha semejanza en su Año Agrícola, con las denominadas EXCELENTE, y también se observa

que coinciden con años de precipitación menor de lo normal, evaporación superior a lo normal y con índice de sequía de alrededor de 1,10, que hemos definido como año SECO.

d) Las cosechas que hemos denominado REGULAR suelen tener una precipitación y evaporación, cercana a los valores normales, con lo cual los índices de sequía oscilan alrededor de la unidad, con lo cual el Año Agrícola que las caracteriza, casi siempre está comprendido en lo que hemos llamado año NORMAL.

e) Finalmente las cosechas denominadas como MALA, suelen coincidir con años en que llueve más de lo normal, evapora menos de lo normal y el índice de sequía está comprendido entre lo que hemos definido como año HUMEDO.

f) Como resumen de todo este apartado se nos ocurre terminar de esta forma:

«Para que el vino de Rioja sea excelente no necesita agua».

Los cosecheros de Rioja, cuando oigan hablar muy a menudo, de que la sequía de un año va a agudizar los problemas económicos en otras regiones, él podrá pensar con cierto optimismo que su cosecha al menos va a ser de buena calidad.

Para terminar este apartado, nos vamos a referir a lo que puede ocurrir en el año 1981 y 1982. Si las previsiones se cumplen y el estudio realizado tiene su fundamento es de esperar y así lo desea el autor de este modesto artículo, que el vino que en la actualidad se encuentra en las barricas, sea uno de los mejores que se ha cosechado jamás en La Rioja, si otros factores ajenos a los estudiados no ejercen su influencia negativa; como esperamos que esto último no se cumpla, es posible que en los años venideros podamos hablar de una cosecha que realce, si cabe aún más, los famosos caldos de esta rica región de España que es LA RIOJA.

## 8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Como ya hemos escrito todo lo que este estudio se proponía hacer, lo podemos esquematizar en los siguientes puntos:

a) Hemos realizado un estudio de evaporación, precipitación y sequía en la zona de La Rioja, con los datos recogidos en el Observatorio de Agoncillo del S.M.N., para el período que va desde 1958 a 1982, ambos inclusive, un total de 25 años y que aparecen en el Apéndice.

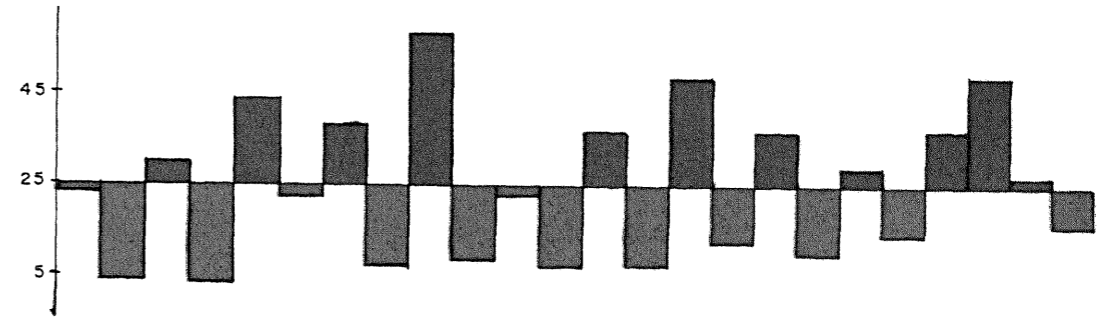
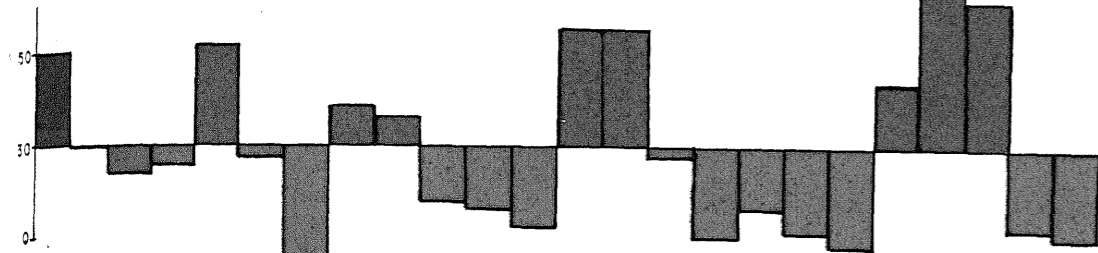
b) Se han definido años secos, normales y húmedos y se han representado en gráficas, bastante intuitivas bajo forma de Histogramas.

c) Se ha definido un índice de sequía y se ha procedido a la evaluación de los períodos, bajo esta denominación para un año civil, desde primero de Enero a 31 de Diciembre.

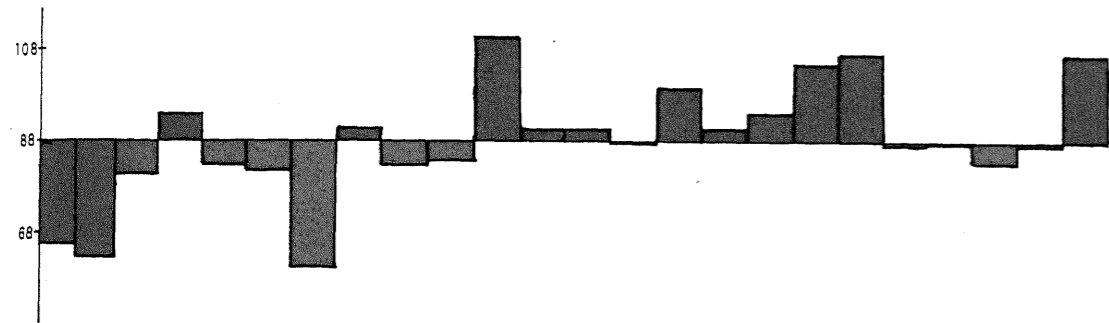
**ENERO**

P: Precipitación en mm.

**FEBRERO**



E: Evaporación en mm.



I.S = Índice de Sequía

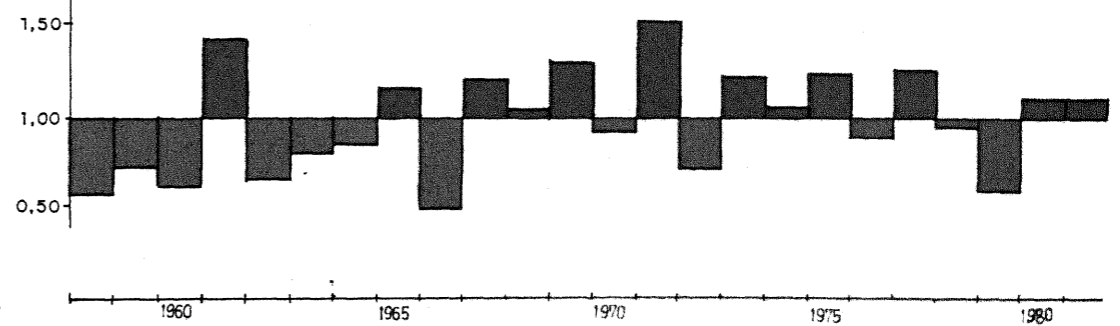
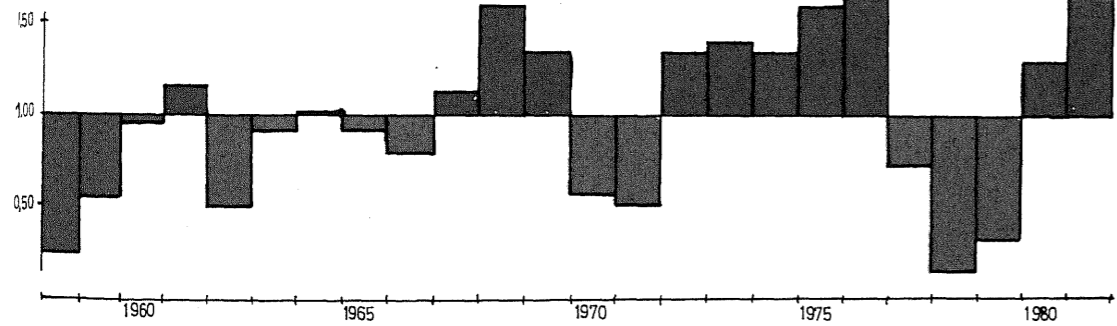


Fig. 5

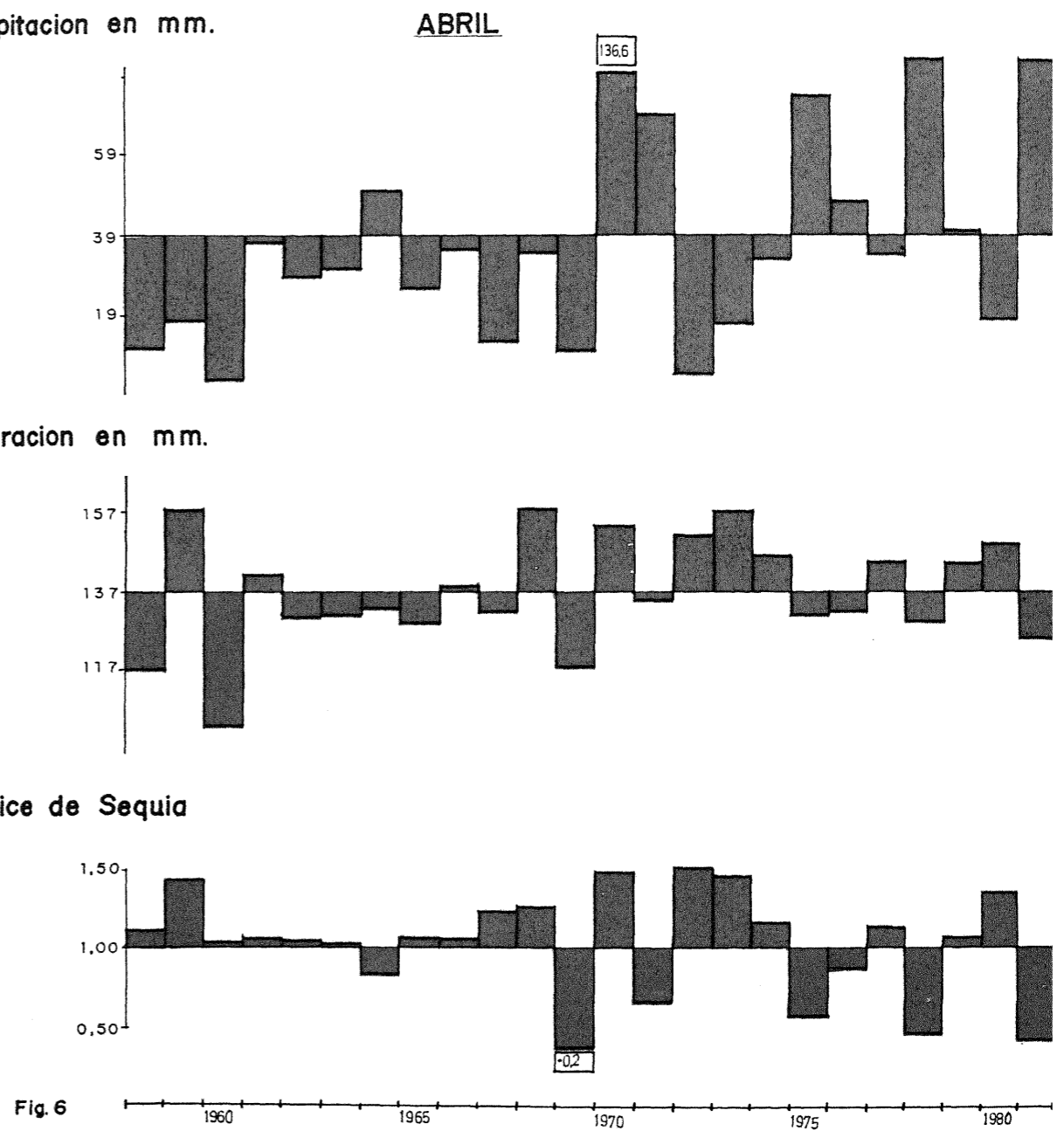
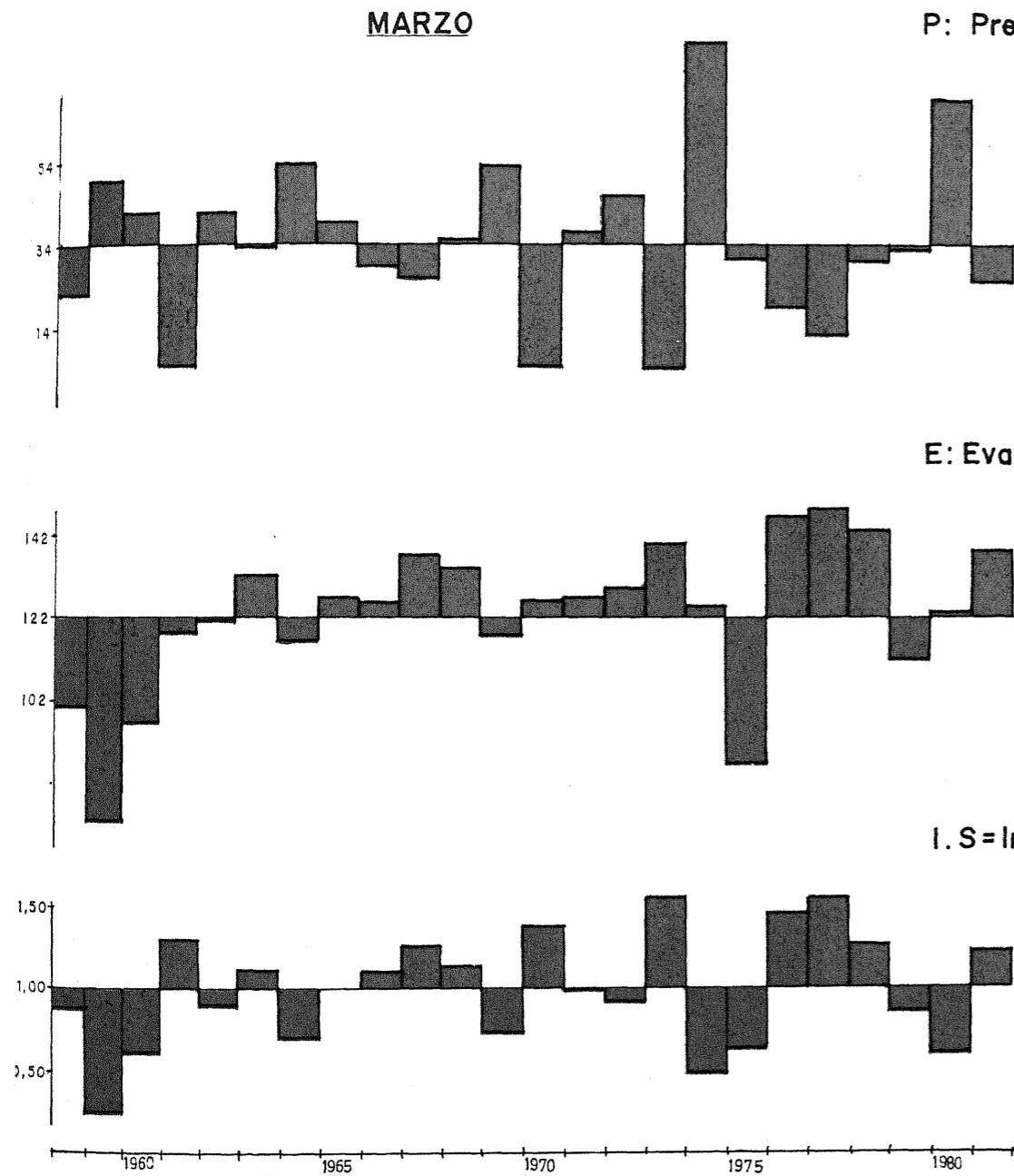


Fig. 6

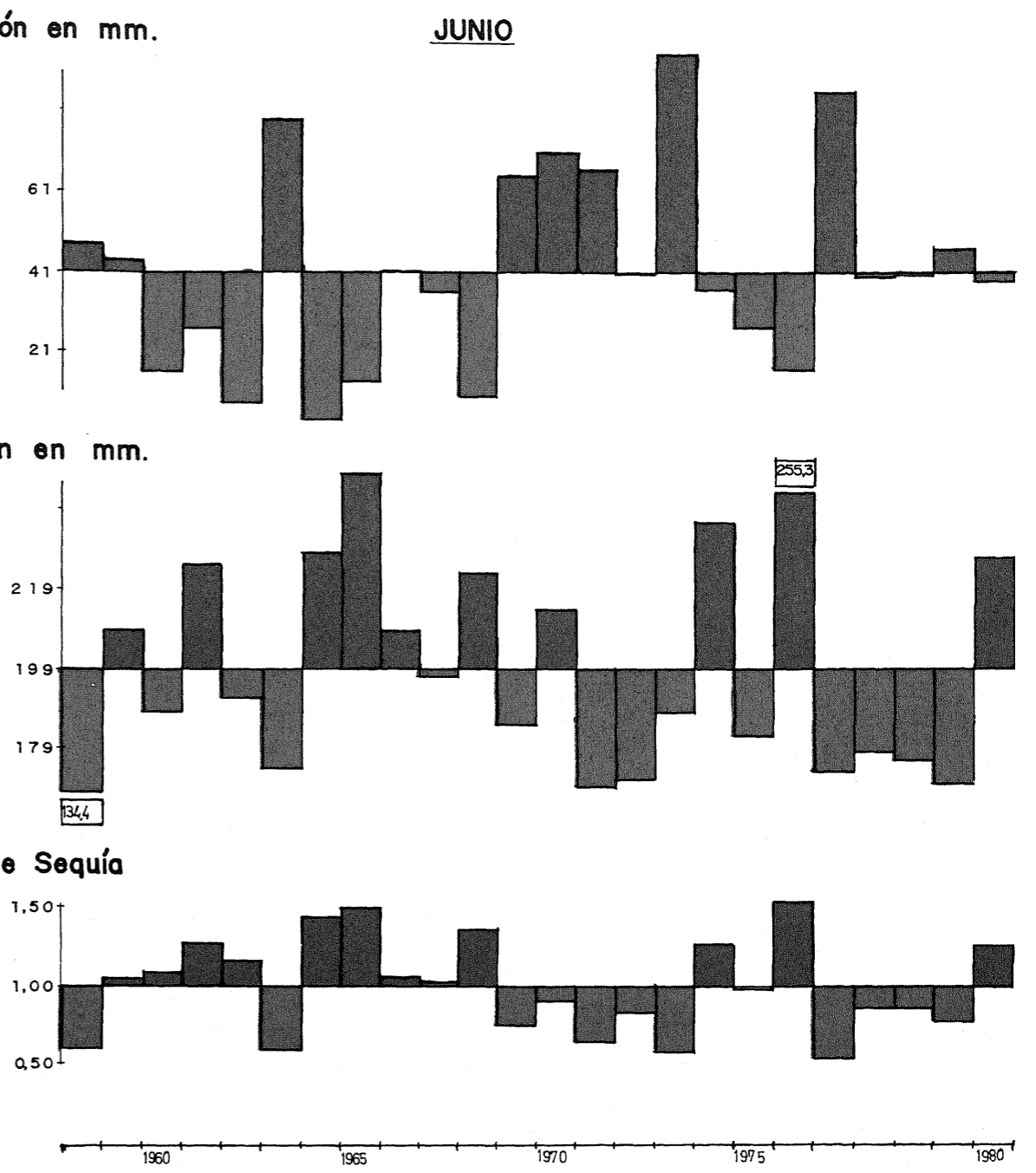
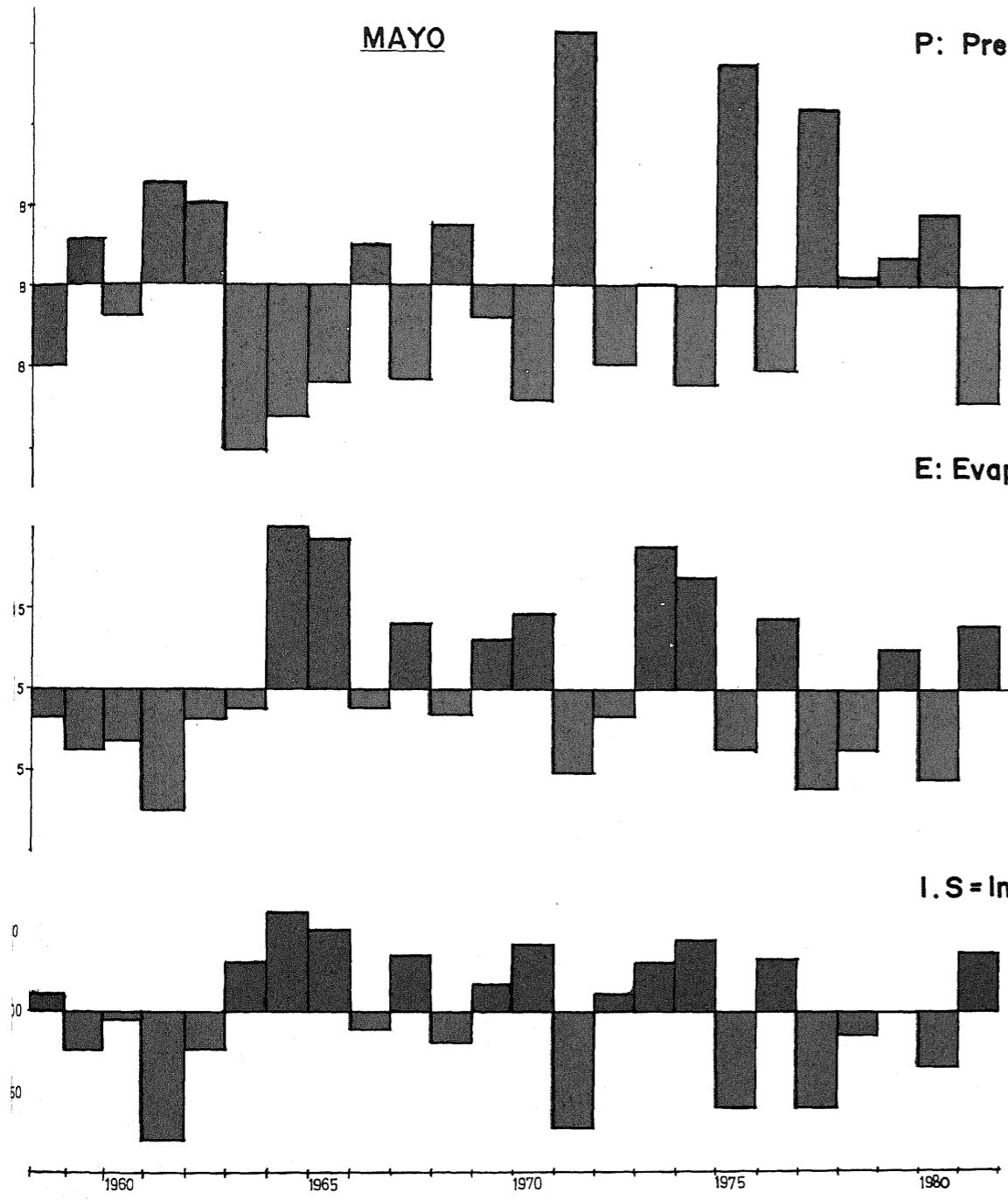
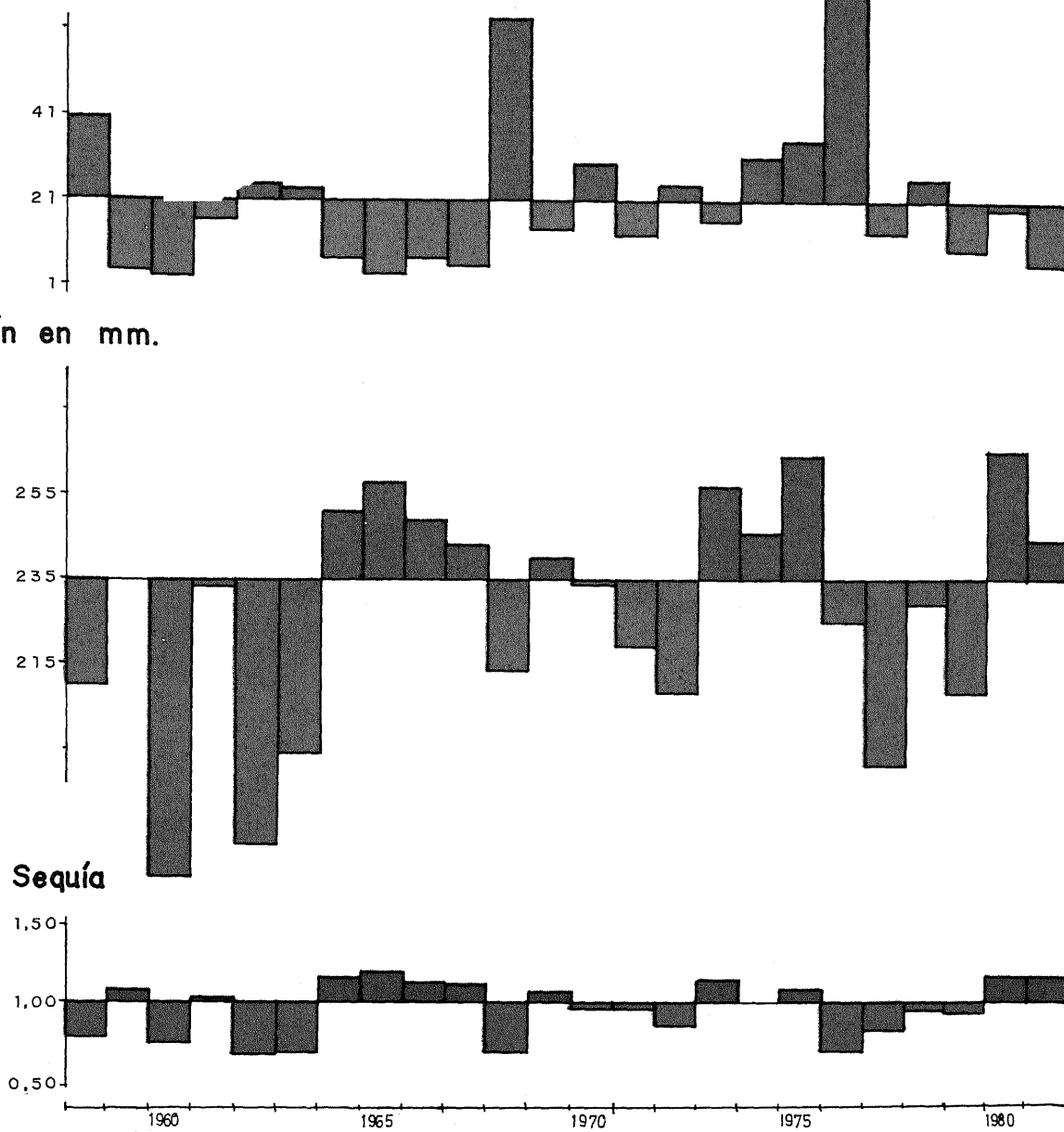
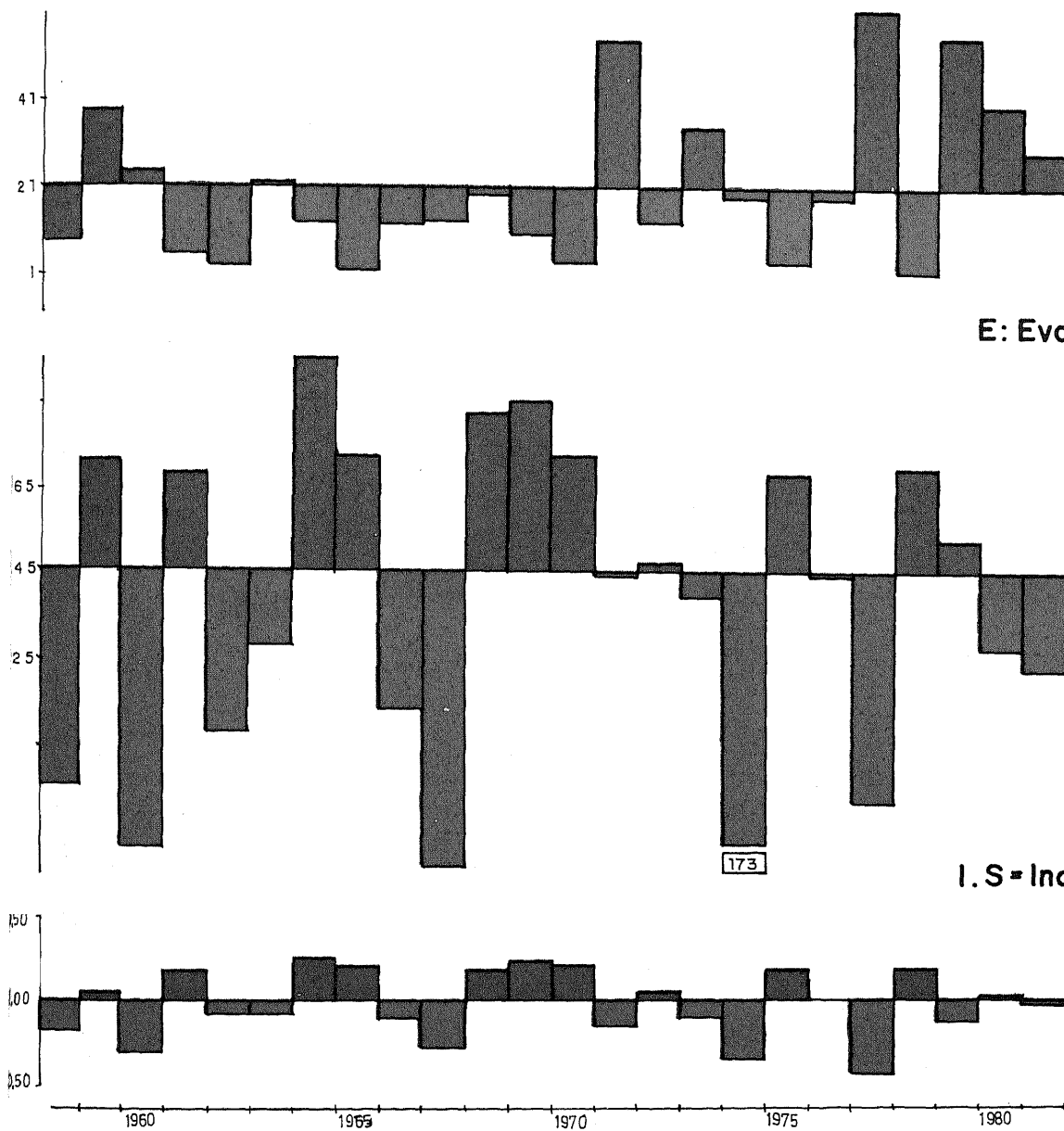


Fig. 7

**JULIO**

**P: Precipitación en mm.**

**AGOSTO**



**Fig 8**



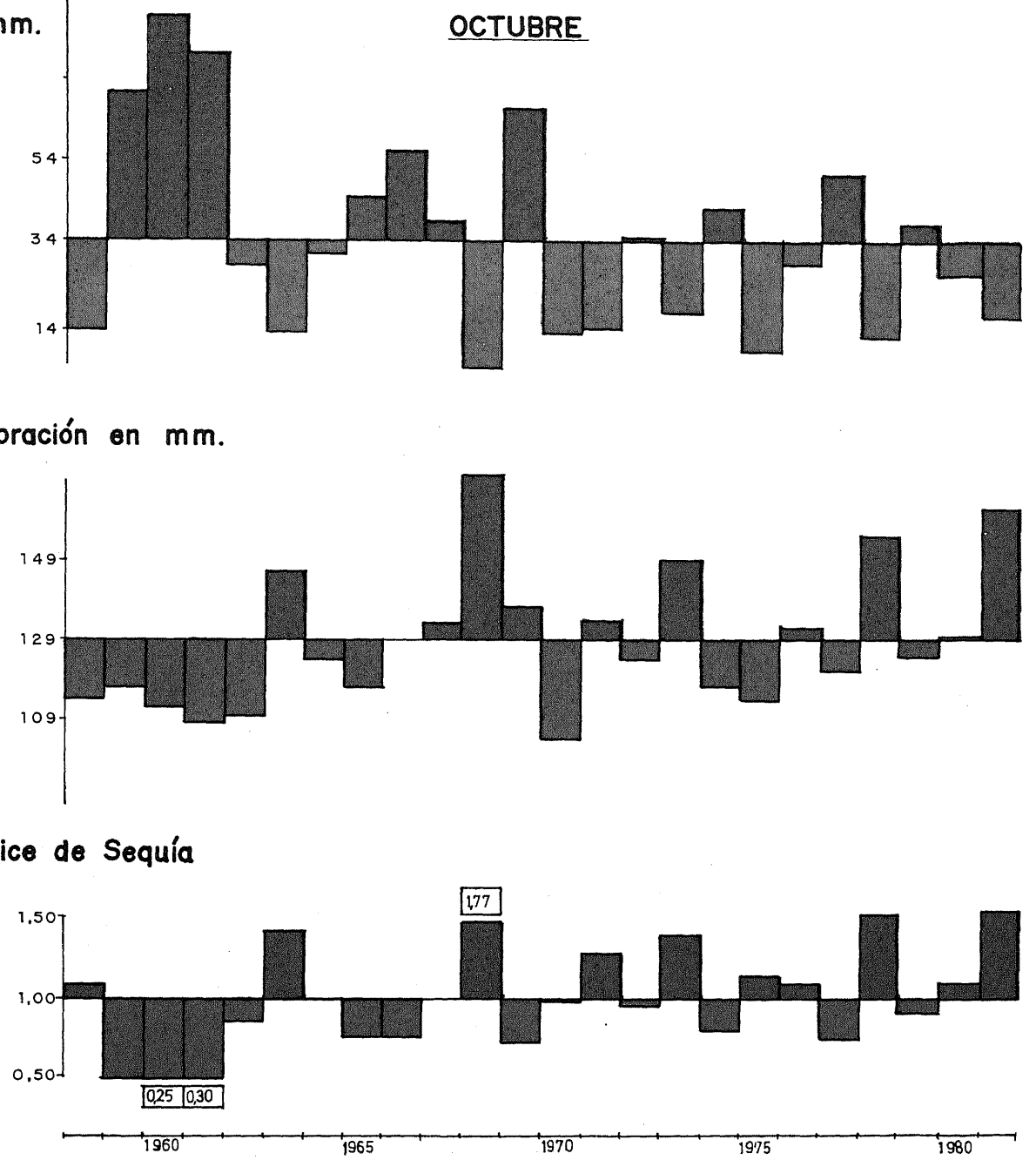
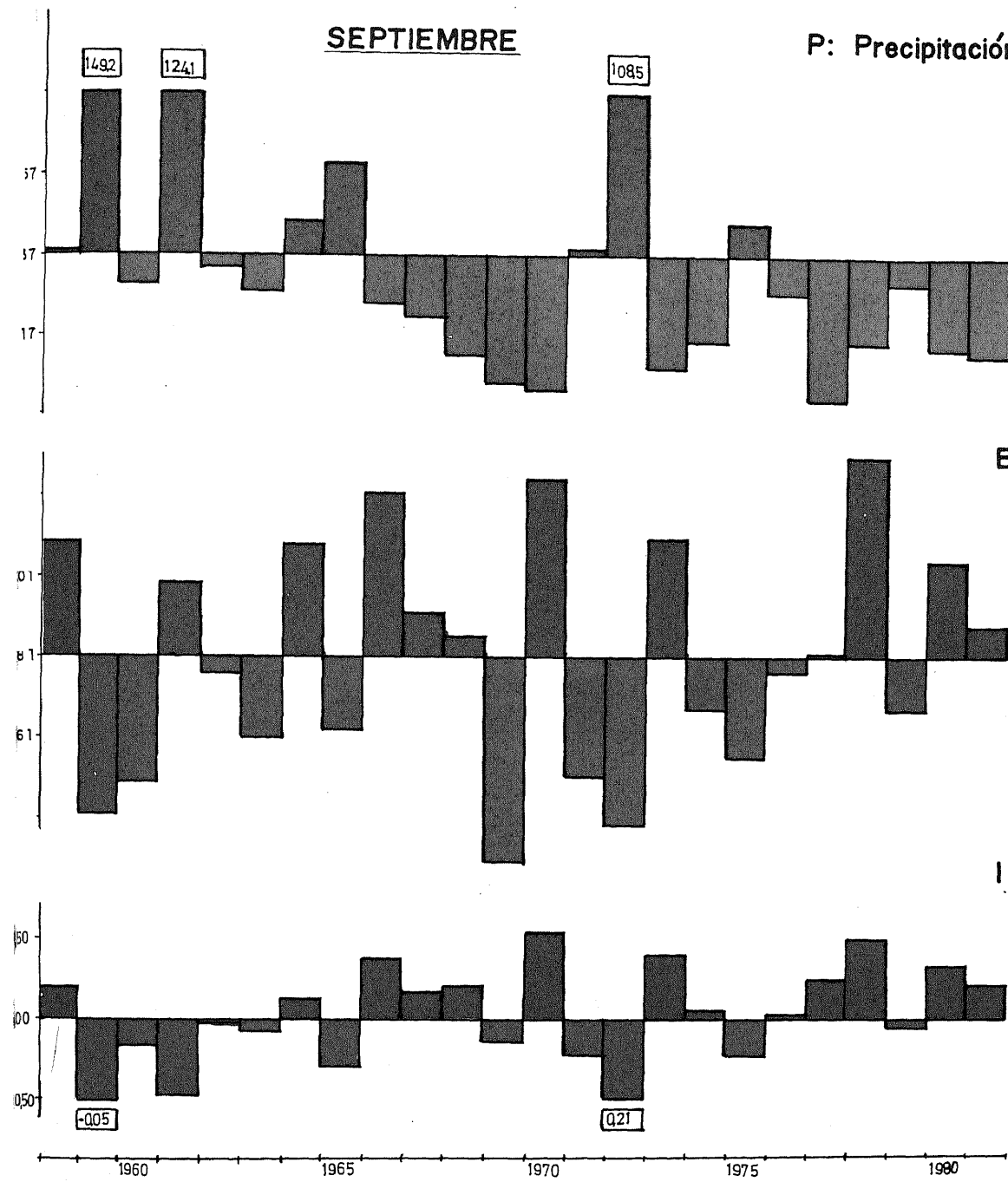
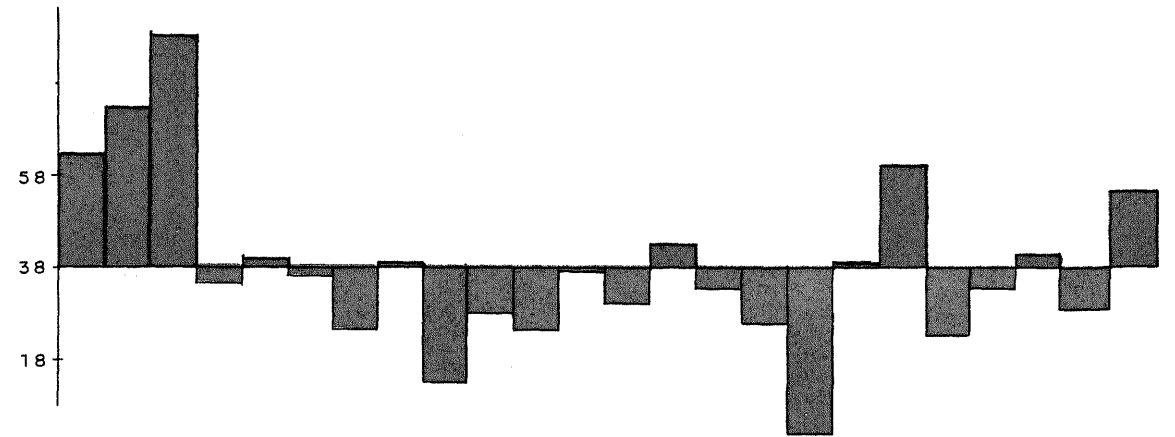
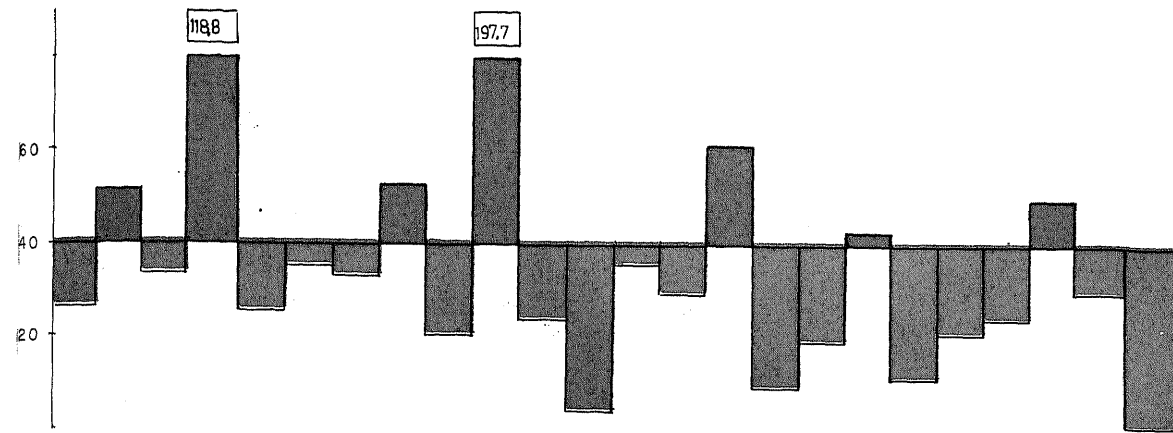


Fig. 9

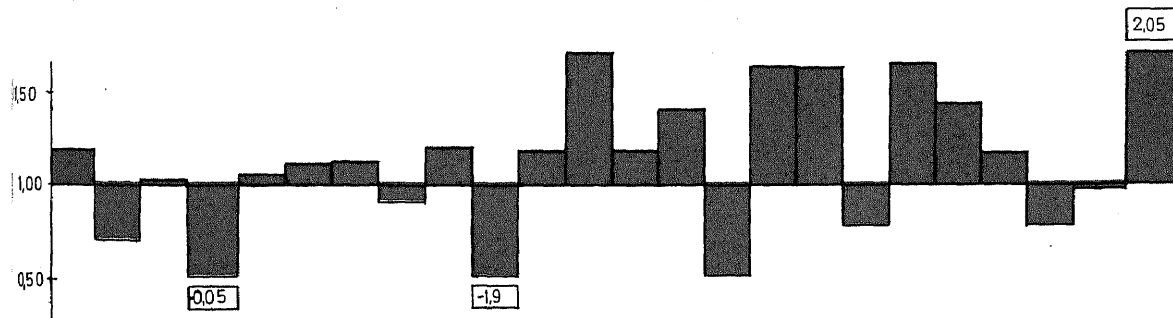
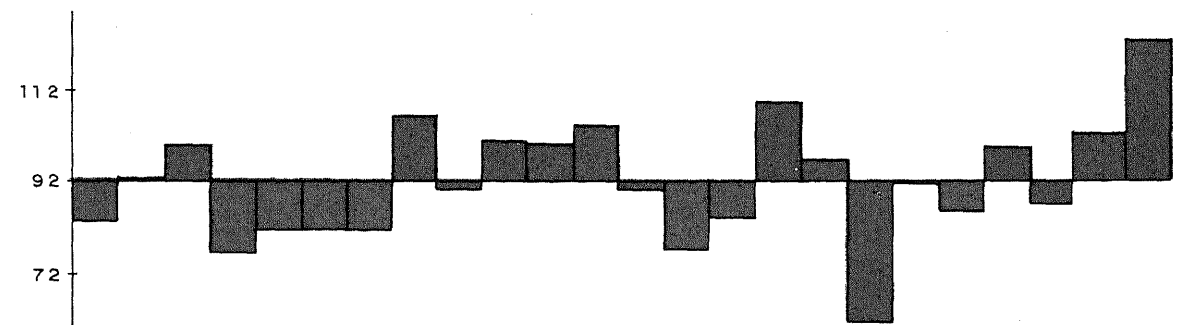
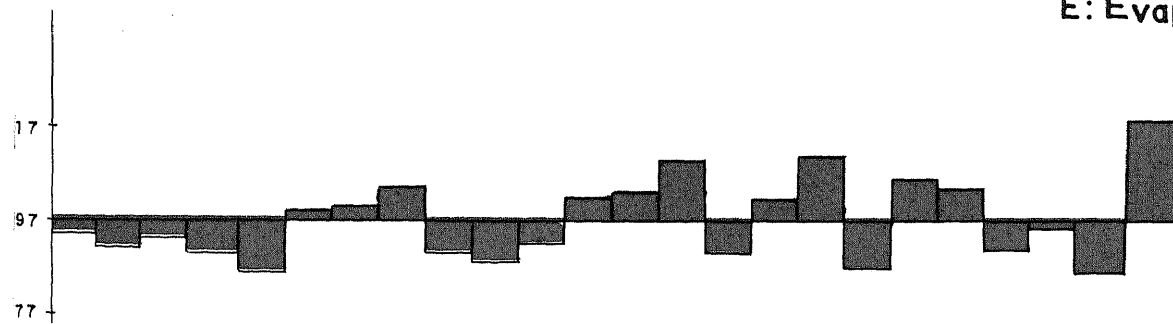
**NOVIEMBRE**

P: Precipitación en mm.

**DICIEMBRE**



E: Evaporación en mm.



I.S = Índice de Sequía

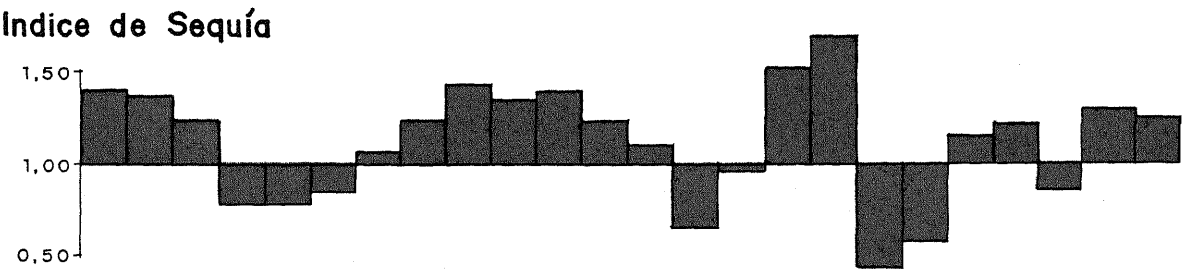


Fig. 10

d) Finalmente se ha definido el Año Agrícola, que abarca desde primero de Octubre hasta 30 de Setiembre, nos ha parecido más representativo que el año civil y se ha relacionado la calidad de los vinos de La Rioja con el índice de sequía, llegando a unos resultados que en principio y con toda modestia aparecen como satisfactorios.

e) Queremos haber contribuido con este trabajo al mejor conocimiento de esta hermosa región de España que es La Rioja.

## 9. BIBLIOGRAFIA

IVANOV, N.N., 1954: *On Determining the Evaporability Values*. Izvestia of the All-Union Geogr. Soc., 86, No. 2.

PENMAN, H.L., 1948: *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Proc. R. Soc. London, A (193): 120-145.

SECO, J. y GARMENDIA, J., 1970: *Nueva fórmula para el cálculo de la evaporación*. Rev. de Geog., 29, No. 1: 49-72.

WMO, 1975: *Drought and Agriculture*. Technical Note No. 138. WMO No. 392.

WMO, 1975: *Drought*. Special Enviromental Report No. 5, WMO No. 403.

**PROMEDIO ANUAL DE LA RIOJA  
(Año Agrícola Vitivinícola)**

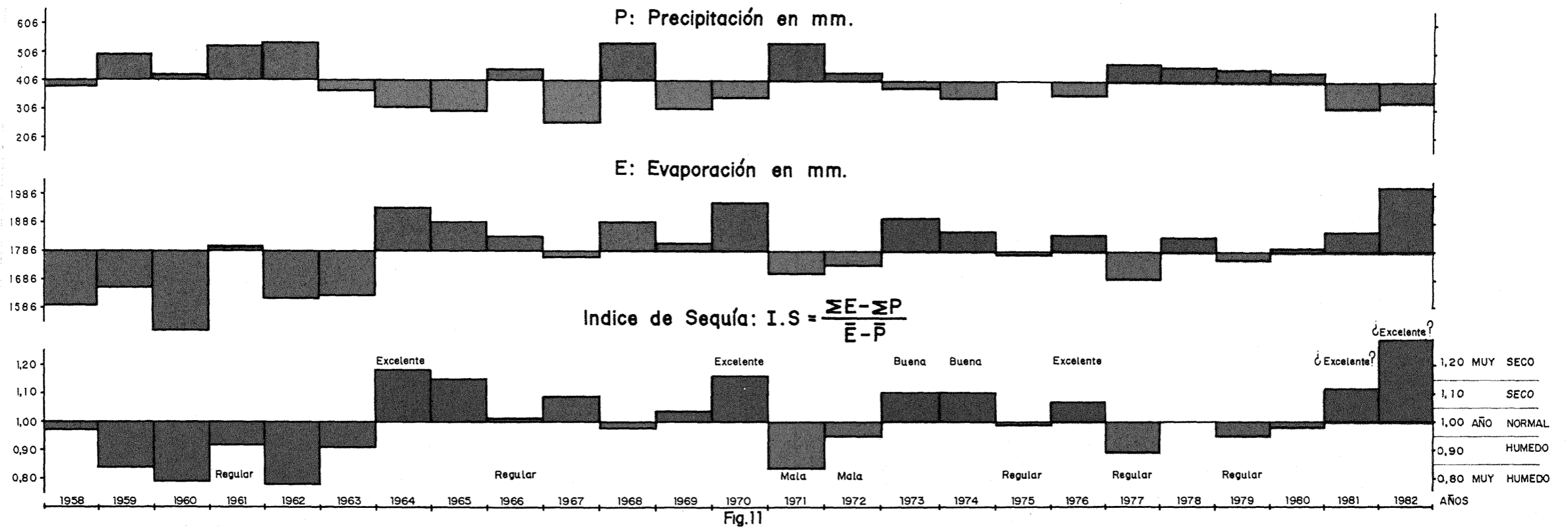


Fig.11

## 10. APENDICE

TABLA I AÑO CIVIL

Año	Evaporación anual en mm	Precipitación anual en mm	Déficit de preci- pitación en mm	Indice de sequía: IS	Criterio
1958	1.566,5	371,1	1.195,4	0,87	H
1959	1.675,1	591,1	1.084,0	0,79	MH
1960	1.503,0	422,7	1.080,3	0,78	MH
1961	1.763,8	552,6	1.211,2	0,88	H
1962	1.615,8	399,3	1.216,5	0,88	H
1963	1.674,5	357,9	1.316,6	0,96	N
1964	1.913,1	316,8	1.596,3	1,16	MS
1965	1.917,0	352,1	1.564,9	1,14	S
1966	1.814,8	396,2	1.418,6	1,03	N
1967	1.773,4	431,8	1.341,6	0,97	N
1968	1.931,6	327,6	1.604,0	1,16	MS
1969	1.795,4	454,8	1.340,6	0,97	N
1970	1.907,4	315,2	1.592,2	1,16	MS
1971	1.723,0	541,1	1.181,9	0,86	H
1972	1.711,5	474,6	1.236,9	0,90	H
1973	1.961,7	299,4	1.662,3	1,21	MS
1974	1.824,2	359,3	1.464,9	1,06	S
1975	1.713,8	430,2	1.283,6	0,93	H
1976	1.904,6	370,6	1.534,0	1,11	S
1977	1.678,3	458,3	1.220,0	0,89	H
1978	1.877,6	431,4	1.445,7	1,05	N
1979	1.724,4	513,4	1.211,0	0,88	H
1980	1.805,4	399,6	1.405,8	1,02	N
1981	1.946,9	303,9	1.643,0	1,19	MS
1982	1.906,9	296,7	1.610,2	1,17	MS
MEDIA	1.785,0	406,8	1.378,2	1,00	

TABLA II AÑO AGRICOLA

Año	Evaporación anual en mm	Precipitación anual en mm	Déficit de precipitación en mm	Índice de sequía: IS
1958	1.590,8	384,0	1.356,4	0,98
1959	1.660,6	496,0	1.164,6	0,84
1960	1.497,9	406,1	1.091,8	0,79
1961	1.795,1	530,3	1.264,8	0,92
1962	1.612,6	540,6	1.072,0	0,78
1963	1.625,6	368,4	1.257,2	0,91
1964	1.933,7	311,9	1.621,8	1,18
1965	1.894,4	302,4	1.592,0	1,15
1966	1.832,9	443,7	1.389,2	1,01
1967	1.761,9	256,2	1.505,7	1,09
1968	1.889,9	542,1	1.347,8	0,98
1969	1.816,0	395,7	1.420,3	1,03
1970	1.953,4	348,3	1.605,1	1,16
1971	1.698,6	533,9	1.164,7	0,84
1972	1.733,9	429,5	1.304,4	0,95
1973	1.900,7	378,3	1.522,4	1,10
1974	1.860,1	346,8	1.513,3	1,10
1975	1.775,0	404,7	1.370,3	0,99
1976	1.838,1	359,4	1.478,7	1,07
1977	1.697,0	462,7	1.234,3	0,89
1978	1.842,0	459,6	1.382,4	1,00
1979	1.763,1	450,8	1.312,3	0,95
1980	1.793,7	445,0	1.348,7	0,98
1981	1.861,5	317,4	1.544,1	1,12
1982	2.020,6	234,4	1.786,2	1,29
MEDIA	1.786,0	405,9	1.380,1	1,00

TABLA III TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE EN °C

MESES AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1958	5,3	8,1	9,2	10,0	10,6	17,9	21,2	21,3	21,8	13,6	9,1	7,7	13,5
1959	6,2	6,7	10,5	12,1	14,6	19,3	21,3	21,6	18,7	14,0	8,6	7,4	13,6
1960	6,0	7,2	10,5	11,5	17,2	20,6	20,5	21,4	17,8	12,0	9,3	5,1	13,3
1961	5,6	9,7	11,5	14,1	16,8	20,1	21,8	21,0	20,8	14,1	9,0	7,3	14,3
1962	6,6	6,5	8,4	11,8	15,1	19,2	20,0	23,4	19,9	15,1	7,4	4,0	13,3
1963	3,9	3,8	9,6	11,4	14,1	18,6	22,1	19,6	17,7	15,3	10,1	4,1	12,5
1964	3,1	7,5	8,9	11,9	18,5	19,5	23,8	21,8	21,5	12,7	8,7	4,8	13,6
1965	5,5	4,4	9,6	11,2	16,8	20,2	21,4	21,8	16,4	15,3	9,2	8,0	13,3
1966	7,0	9,7	8,5	12,7	15,4	19,4	19,7	21,7	21,0	14,2	7,6	7,4	13,7
1967	4,8	7,3	10,6	10,6	14,6	17,9	23,7	21,7	18,6	16,2	9,6	5,9	13,5
1968	7,0	7,4	8,4	12,3	13,8	19,0	22,1	21,0	19,0	16,8	9,2	7,2	13,6
1969	6,6	5,1	9,1	11,4	15,4	17,6	23,5	21,9	16,6	14,9	7,8	5,8	13,0
1970	7,1	6,8	7,3	11,0	14,8	20,2	22,4	21,7	20,6	12,9	11,0	4,3	13,3
1971	4,1	7,5	6,0	13,0	14,4	17,4	22,6	21,9	19,1	15,9	7,3	6,1	12,9
1972	4,3	6,8	9,6	10,8	13,4	16,7	21,4	19,9	15,5	13,2	9,6	5,6	12,2
1973	5,2	6,6	7,8	10,8	16,2	18,6	21,1	23,2	19,3	13,2	8,4	6,1	13,0
1974	7,0	7,0	9,1	10,5	15,6	19,3	21,1	21,2	17,3	10,5	9,6	7,2	13,0
1975	7,3	8,2	7,6	11,3	13,6	18,6	23,5	22,1	18,1	13,7	8,8	4,2	13,1
1976	6,2	7,5	9,8	10,0	16,1	21,4	21,4	21,5	17,4	12,7	8,4	6,4	13,2
1977	5,6	9,3	10,6	11,9	13,5	16,9	19,3	19,5	18,4	14,7	9,0	7,6	13,6
1978	4,7	9,0	10,5	10,2	13,6	16,9	21,4	21,7	19,8	14,0	8,3	7,6	13,1
1979	6,6	7,6	9,1	10,2	15,0	18,6	22,1	20,8	19,0	14,1	8,0	6,0	13,1
1980	5,7	8,8	8,6	10,0	13,2	16,7	20,2	23,1	20,9	13,3	7,5	5,1	12,8
1981	6,5	5,8	11,6	11,7	14,7	19,7	20,9	22,2	19,5	15,4	10,6	8,7	13,9
1982	8,5	7,1	9,3	12,3	16,0	21,1	23,7	21,1	19,5	13,2	9,1	7,0	14,0
MEDIA	5,9	7,3	9,3	11,4	15,2	18,9	21,8	21,6	19,0	14,0	8,8	6,3	13,3

TABLA IV. HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE EN %

MESES AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1958	89	85	77	67	64	69	63	59	59	72	74	80	72
1959	89	85	89	54	63	53	51	53	71	74	75	75	69
1960	80	79	77	67	66	63	65	69	66	71	72	67	70
1961	72	64	51	61	54	52	48	52	60	74	77	77	62
1962	76	70	62	62	60	59	62	71	62	75	75	77	68
1963	76	71	61	61	58	61	57	58	63	63	71	71	64
1964	83	67	65	60	54	50	48	51	59	67	68	75	62
1965	74	66	61	61	50	46	45	49	59	74	68	69	60
1966	75	72	58	59	60	54	55	50	54	67	73	74	63
1967	73	67	58	59	51	54	71	51	56	69	78	72	63
1968	69	67	58	54	58	50	46	57	59	59	75	72	60
1969	74	62	66	68	56	57	50	54	70	66	65	71	63
1970	75	64	57	51	52	57	50	56	54	66	75	74	61
1971	76	62	61	67	67	61	56	59	70	70	68	80	66
1972	74	71	63	57	58	59	52	57	66	72	75	79	65
1973	76	63	55	52	52	60	53	54	55	60	70	67	60
1974	73	62	66	56	53	49	70	52	62	71	68	73	63
1975	72	77	84	63	61	61	54	55	66	75	81	86	70
1976	65	69	55	63	55	49	53	56	59	68	69	77	62
1977	75	65	57	58	64	59	60	59	58	73	69	82	65
1978	78	66	58	62	62	59	47	55	50	64	74	74	62
1979	81	73	70	60	57	63	53	59	65	73	73	74	67
1980	77	68	65	57	64	60	54	52	60	68	77	70	64
1981	72	65	60	67	56	52	58	54	60	61	64	68	61
1982	75	75	58	53	58	53	53	57	59	69	73	79	64
MEDIA	76	69	64	60	58	56	55	56	61	69	72	75	64



TABLA V. VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN km/día

MESES AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1958	328	276	376	351	262	252	276	278	193	247	290	328	288
1959	286	201	321	354	289	209	270	228	244	312	297	328	278
1960	317	261	296	370	227	252	274	236	216	271	226	344	274
1961	327	252	220	220	232	258	290	243	240	216	310	198	251
1962	249	336	302	275	248	262	280	236	172	215	275	322	264
1963	306	304	341	282	286	208	235	249	233	207	237	241	261
1964	220	300	290	247	236	278	251	282	224	259	241	286	260
1965	330	335	310	305	237	243	234	265	220	255	269	340	279
1966	223	317	268	233	245	242	278	231	198	230	293	293	254
1967	-	300	272	293	269	274	219	217	223	203	290	416	271
1968	408	256	362	331	295	283	287	259	236	220	287	369	299
1969	302	364	328	312	305	271	294	295	221	284	240	416	303
1970	308	353	308	314	304	-	334	346	284	275	343	375	295
1971	369	457	448	393	367	261	296	307	287	268	404	301	347
1972	462	417	344	440	321	280	309	333	259	375	243	370	346
1973	391	440	390	390	354	327	287	293	307	396	321	404	358
1974	313	440	404	392	355	342	318	354	311	387	321	341	357
1975	385	523	417	314	302	300	330	321	257	326	371	263	342
1976	-	309	345	419	270	293	311	280	288	367	338	385	328
1977	303	286	363	318	297	276	290	268	211	293	290	388	299
1978	387	-	-	360	334	337	300	254	379	428	283	381	334
1979	353	378	326	476	-	313	300	317	275	361	317	297	338
1980	345	373	380	474	344	303	326	292	290	317	311	419	348
1981	449	377	269	353	405	316	369	300	265	313	272	469	346
1982	-	374	397	381	349	316	371	312	363	270	378	406	356
MEDIA	335	343	337	344	297	279	293	280	252	292	298	347	309

TABLA VI. EVAPORACION REAL (PICHE) EN mm/día

MESES AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2,6 1958	2,2	2,3	4,5	2,3	4,5	4,9	5,9	6,2	8,0	6,7	5,6	4,3
1959	2,5	2,3	3,8	5,8	4,7	5,8	7,4	6,2	3,7	3,1	2,5	2,7
1960	1,2	2,3	3,1	5,7	6,1	7,8	7,5	7,5	5,0	3,4	3,0	2,5
1961	3,2	3,5	4,6	5,1	5,9	6,7	8,4	6,8	5,3	2,9	2,5	2,4
1962	1,0	3,2	3,6	4,3	5,2	7,2	9,2	8,8	5,3	3,7	3,1	-
1963	-	-	5,0	5,1	6,2	5,8	7,2	6,4	5,2	4,2	3,4	3,4
1964	-	-	-	4,7	6,6	8,1	9,4	9,0	6,6	4,4	3,3	-
1965	-	-	-	4,9	6,6	7,9	8,6	8,4	4,8	2,6	-	3,1
1966	-	3,3	4,2	4,5	4,8	6,4	6,8	7,7	6,5	4,0	-	3,5
1967	-	-	5,1	4,9	6,5	7,6	8,1	7,0	6,5	3,6	2,3	-
1968	3,9	2,5	4,2	4,6	5,1	7,7	7,6	6,3	5,5	4,7	2,3	-
1969	2,5	-	3,8	3,6	5,2	5,3	7,7	8,6	3,5	4,0	2,7	-
1970	2,4	3,8	4,8	6,2	6,7	6,6	9,2	7,6	8,2	4,8	3,4	-
1971	-	5,2	-	4,0	4,1	5,4	7,2	8,2	5,6	3,5	3,2	1,8
1972	-	2,7	3,7	6,7	6,4	6,0	8,9	7,9	4,2	3,2	2,1	1,8
1973	2,5	4,2	5,6	7,0	7,4	7,2	8,9	8,0	6,8	5,2	3,4	3,3
1974	2,6	4,8	3,6	5,6	6,3	8,8	9,3	8,7	5,9	4,8	3,4	2,8
1975	-	-	3,9	4,4	4,7	6,4	9,6	8,4	6,7	3,8	3,3	-
1976	-	3,2	5,1	4,7	7,1	7,6	7,2	5,8	4,4	2,9	3,1	2,6
1977	2,0	3,1	4,1	5,0	3,7	5,0	5,7	5,7	4,7	2,4	2,6	1,2
1978	1,8	3,8	5,0	3,6	4,1	4,2	5,4	4,8	5,1	3,3	1,6	2,5
1979	1,5	2,3	3,4	4,2	4,1	4,1	5,2	4,9	3,3	2,6	2,1	1,6
1980	1,7	2,3	2,7	3,8	3,3	4,1	5,5	6,0	4,1	2,8	1,6	-
1981	2,2	2,1	3,8	2,8	4,5	7,0	5,9	5,6	4,5	3,7	2,4	3,5
1982	2,3	1,7	3,3	4,3	3,9	4,7	6,3	4,4	4,1	2,5	1,6	1,7
MEDIA	2,2	3,2	4,1	4,8	5,4	6,4	7,6	7,0	5,2	3,6	2,7	2,5

TABLA VII. EVAPORACION POTENCIAL (CALCULADA) EN mm/día

MESES AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1958	2,1	2,3	3,1	3,8	5,0	4,7	6,4	7,0	6,9	3,7	3,1	2,7
1959	2,0	2,0	2,2	5,2	4,8	6,9	8,9	7,8	4,6	3,7	3,0	3,0
1960	2,5	2,5	3,0	3,4	4,8	6,1	5,9	5,5	4,9	3,6	3,0	3,2
1961	3,0	3,7	3,7	4,6	6,0	7,4	8,8	7,7	6,6	3,5	2,9	2,4
1962	2,6	3,2	3,8	4,3	5,0	6,3	6,8	5,8	5,8	3,5	2,8	2,6
1963	2,6	2,8	4,2	4,3	5,1	5,7	7,4	6,5	5,3	4,7	3,2	2,6
1964	1,9	3,4	3,6	4,4	6,6	7,5	9,6	8,3	6,9	4,0	3,3	2,6
1965	2,9	3,1	4,0	4,2	6,5	8,2	8,9	8,6	5,4	3,8	3,4	3,4
1966	2,6	3,4	4,0	4,5	5,1	6,9	7,0	8,3	7,3	4,1	2,9	2,9
1967	2,7	3,3	4,3	4,3	5,8	6,5	5,8	8,1	6,3	4,2	2,9	3,3
1968	3,5	3,2	4,2	5,2	5,1	7,3	9,2	7,1	6,1	5,5	3,0	3,2
1969	2,9	3,5	3,7	3,8	5,7	6,0	9,3	8,0	4,3	4,5	3,3	3,3
1970	2,9	3,6	3,9	5,0	5,9	7,0	8,9	7,8	7,4	3,3	3,4	2,9
1971	2,8	4,1	4,0	4,4	4,6	5,5	8,0	7,3	5,0	4,3	3,6	2,5
1972	3,2	3,4	4,0	4,9	5,0	5,6	8,1	6,9	4,6	4,0	2,9	2,7
1973	2,9	3,9	4,4	5,2	6,4	6,2	7,8	8,5	6,9	4,8	3,3	3,5
1974	3,0	4,0	3,9	4,8	6,1	7,8	5,5	8,1	5,5	3,7	3,6	3,1
1975	3,3	3,5	2,7	4,3	4,8	6,0	8,8	8,0	5,1	3,6	2,8	2,0
1976	3,4	3,3	4,6	4,3	5,8	8,5	8,0	7,5	5,8	4,2	3,5	2,9
1977	2,7	3,7	4,7	4,7	4,5	5,7	6,3	6,4	6,0	3,9	3,4	2,7
1978	2,8	3,7	4,5	4,2	4,8	5,8	8,8	7,6	7,6	5,0	3,0	3,2
1979	2,6	3,2	3,4	4,7	5,6	5,8	8,2	6,9	5,5	4,0	3,1	2,8
1980	2,8	3,7	3,9	4,9	4,6	5,6	7,4	8,8	6,8	4,2	2,8	3,3
1981	3,4	3,5	4,4	4,1	5,8	7,5	7,3	8,1	6,2	5,2	3,9	4,0
1982	2,8	3,1	4,5	5,4	5,8	7,9	9,2	7,3	6,7	4,0	3,4	3,0
MEDIA	2,8	3,3	3,9	4,5	5,4	6,6	7,9	7,5	6,0	4,1	3,2	3,0

TABLA VIII  
EVAPORACION MENSUAL EN mm CALCULADA CON LA  
FORMULA PROPUESTA

MESES AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1958	65,3	64,5	99,0	116,6	157,0	143,5	200,0	218,3	208,9	114,9	93,7	84,8	1.566,5
1959	62,3	56,0	71,2	157,0	149,4	207,5	276,2	243,1	140,9	117,3	90,9	93,3	1.675,1
1960	80,1	74,2	95,4	102,1	151,4	186,0	185,1	172,5	149,6	112,6	92,5	101,5	1.503,0
1961	93,4	105,1	116,9	140,3	95,1	224,4	273,4	241,3	198,6	108,7	89,3	77,3	1.763,8
1962	82,3	90,6	119,1	129,3	157,3	189,4	212,8	180,1	176,4	110,3	85,5	82,7	1.615,8
1963	81,0	79,4	130,4	130,1	159,4	172,1	232,1	202,2	160,4	146,0	98,4	83,0	1.674,5
1964	61,4	98,9	114,2	132,0	204,9	227,0	300,0	259,4	208,5	124,6	99,5	82,7	1.913,1
1965	90,1	89,0	125,4	128,8	201,6	247,4	276,4	266,7	162,2	117,9	104,0	107,5	1.917,0
1966	82,4	95,3	124,2	137,9	159,2	207,9	217,5	257,8	221,3	129,9	89,5	91,9	1.814,8
1967	87,3	94,9	135,8	131,2	181,3	195,9	181,1	252,1	191,0	133,1	87,2	102,5	1.773,4
1968	110,3	94,7	132,4	156,2	158,1	221,9	286,4	221,8	185,3	170,8	91,7	102,0	1.931,6
1969	90,5	100,5	116,6	116,9	176,7	182,9	289,1	248,7	129,6	137,3	101,6	105,0	1.795,4

Siguer

MESES AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1970	90,6	102,4	123,9	152,9	183,4	212,7	276,9	242,1	224,6	104,1	102,5	91,3	1.907,4	
1971	87,3	117,0	124,3	134,2	143,8	167,2	248,4	227,6	150,9	134,3	109,2	78,8	1.723,0	
1972	99,4	100,1	126,5	150,0	157,8	169,9	252,4	216,9	138,6	125,0	89,0	85,9	1.711,5	
1973	91,8	110,6	137,7	156,2	200,3	186,3	243,6	265,3	209,0	148,9	101,9	110,4	1.961,7	
1974	94,4	113,6	123,7	146,0	192,1	234,2	173,4	254,1	167,7	117,2	110,2	97,6	1.824,2	
1975	103,8	99,3	85,5	130,4	149,4	180,4	272,9	272,9	155,4	114,6	86,6	62,6	1.713,8	
1976	107,3	96,2	144,5	131,0	182,3	255,3	248,3	233,7	176,2	132,1	105,3	92,4	1.904,6	
1977	86,2	104,4	146,5	143,0	140,3	171,1	195,5	199,1	181,1	121,5	103,1	86,5	1.678,3	
1978	87,2	105,9	141,1	128,8	149,7	176,6	273,1	238,0	230,5	155,4	90,6	100,7	1.877,6	
1979	83,0	92,3	108,3	143,4	174,8	174,6	256,1	216,7	167,2	125,0	94,6	88,4	1.724,4	
1980	87,1	108,1	121,3	148,4	142,9	168,8	231,4	273,5	204,2	130,5	85,5	103,7	1.805,4	
1981	107,3	99,5	136,7	124,3	180,5	225,2	226,7	252,9	188,7	162,5	118,5	124,1	1.946,9	
1982	94,6	87,4	140,3	163,1	179,5	237,2	284,4	227,8	201,2	123,0	103,6	64,8	1.906,9	
MEDIA	88,3	95,2	121,6	137,2	165,1	198,6	244,5	235,4	181,1	128,7	97,0	92,0	1.785	

TABLA IX. PRECIPITACION MENSUAL EN mm.

MESES AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1958	51,3	22,8	22,4	11,4	28,6	48,5	7,5	41,2	38,2	11,0	25,7	62,5	371,1
1959	30,6	4,4	49,7	18,8	59,0	44,0	37,6	3,5	149,2	70,3	51,2	72,8	591,1
1960	24,7	29,6	42,0	3,8	40,1	16,6	22,4	2,4	30,2	89,6	33,3	88,0	422,7
1961	26,7	2,6	5,4	38,6	73,1	27,3	4,2	17,4	124,1	80,4	118,8	34,0	552,6
1962	53,0	43,7	42,2	29,6	68,7	8,9	1,5	25,5	34,3	27,0	25,2	39,7	399,3
1963	28,1	22,2	33,7	31,7	7,8	80,4	20,5	23,5	28,6	10,6	34,9	35,9	357,9
1964	3,5	38,0	53,8	51,3	15,6	4,6	11,9	5,8	46,0	30,0	32,9	23,4	316,8
1965	39,7	6,7	39,7	26,7	25,3	14,1	0,7	3,2	60,0	44,8	52,4	38,8	352,1
1966	37,0	59,4	29,3	36,5	58,1	42,0	11,9	7,9	25,6	56,2	19,8	12,5	396,2
1967	19,0	7,9	26,5	13,1	24,8	36,5	13,2	5,0	21,7	38,6	197,7	27,8	431,8
1968	17,4	22,1	35,0	35,8	63,1	10,1	18,1	64,4	12,0	1,6	23,8	24,2	327,6
1969	13,5	6,5	53,1	136,6	40,5	66,4	9,1	14,7	5,7	66,8	5,0	37,0	454,8
1970	57,3	36,7	5,6	11,3	19,4	71,8	2,7	30,4	4,3	10,7	35,1	29,9	315,2
1971	57,4	7,0	37,5	70,4	111,7	67,8	54,1	13,2	39,1	11,4	28,9	42,6	541,1

Sigae

MESES AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1972	28,9	48,4	46,4	5,0	28,7	41,2	12,0	27,5	108,5	34,1	60,9	33,0	474,6
1973	11,7	12,1	4,7	17,3	48,1	96,9	34,0	16,4	9,1	15,3	8,4	25,4	299,4
1974	17,6	37,1	83,1	33,7	23,6	37,2	17,6	31,8	16,0	41,9	18,3	1,4	359,3
1975	12,4	9,3	31,0	75,2	103,7	27,7	2,6	35,7	45,5	5,9	42,2	39,1	430,2
1976	9,7	28,8	19,5	48,3	27,2	17,1	17,8	75,7	28,1	27,9	10,4	60,1	370,6
1977	45,2	13,6	12,7	35,1	92,2	87,3	62,1	14,4	1,7	50,8	20,4	22,8	458,3
1978	77,6	37,3	30,9	84,9	50,5	40,9	0,9	26,9	15,7	9,8	23,5	33,0	431,9
1979	63,9	50,2	33,6	41,5	57,9	41,1	55,8	9,7	30,8	38,3	49,9	40,7	513,4
1980	13,3	26,8	69,8	18,9	66,5	47,6	39,3	19,4	14,5	25,6	29,4	28,5	399,6
1981	11,8	16,0	25,6	84,6	19,6	29,2	28,7	5,6	12,8	14,5	1,2	54,3	303,5
1982	8,9	24,7	11,3	6,5	32,9	23,3	34,6	8,8	13,4	39,4	44,9	48,0	296,7
MEDIA	30,4	24,6	33,8	38,7	47,5	41,1	20,9	21,2	36,6	34,1	39,8	38,2	406,8