

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



DURACION Y CALIDAD DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO
PARA MAIZ EN EL MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

FRANCISCO CAMACHO ROSALES

Las Agujas, Zapopan, Jal. Noviembre 1992



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION ESCOLARIDAD

EXPEDIENTE _____

NUMERO 0888/91

27 de noviembre de 1991

C. PROFESORES:

M.C. JESUS N. MARTIN DEL CAMPO MORENO, DIRECTOR
ING. RAMON CEJA RAMIREZ, ASESOR
ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MAORIGAL, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

DURACION Y CALIDAD DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA MAIZ EN EL MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO

presentado por el (los) PASANTE (ES) FRANCISCO CAMACHO ROSALES

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"
"AÑO LIC. JOSE GUADALUPE ZUNO HERNANDEZ"
EL SECRETARIO


ING. M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA

mam



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD
Expediente
Número 0888/91.....

27 de noviembre de 1991

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)
FRANCISCO CAMACHO ROSALES

titulada:

DURACION Y CALIDAD DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO PARA MAIZ EN EL
MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

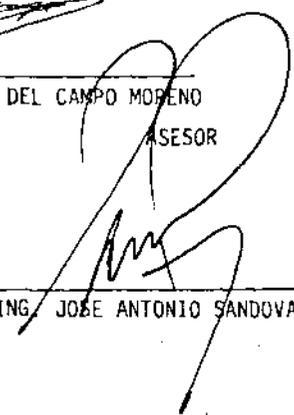
DIRECTOR


M.C. JESUS N. MARTIN DEL CAMPO MORENO

ASESOR

ASESOR


ING. RAMON CEJA RAMIREZ


ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

srd'

man

Al contestar este oficio cite: fecha y número

DEDICATORIA

A MIS PADRES

PROFR. Y LIC. FRANCISCO CAMACHO ROBLES

PROFRA. MA. ANTONIETA ROSALES PADILLA

A MIS HERMANOS

ING. SAUL F. CAMACHO ROSALES

PROFRA. RUTH M. CAMACHO ROSALES

ING. HECTOR H. CAMACHO ROSALES

DR. IVAN E. CAMACHO ROSALES

A MI ESPOSA

MA. IMELDA PATRICIA MALDONADO VELEZ

A MIS MAESTROS

A MI ESCUELA

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACION

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.C. Jesús N. Martín Del Campo Moreno por su dirección en la terminación del presente trabajo y revisión del manuscrito.

Al Ing. Ramón Ceja Ramírez por el asesoramiento y revisión del manuscrito.

Al Ing. José Antonio Sandoval Madrigal por el asesoramiento y revisión del manuscrito.

Al Dr. Francisco Villalpando Ibarra por la sugerencia del tema y por sus valiosos consejos.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas por su apoyo y gran ayuda en la recopilación de los datos.

A Omar E. Montero Camacho por su valiosa colaboración en la impresión por computadora de los cuadros estadísticos.

INDICE

	PAGINA
LISTA DE CUADROS	V
LISTA DE FIGURAS	VII
RESUMEN	IX
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISION DE LITERATURA	4
3.1 Temperatura	4
3.2 Radiación solar	5
3.3 Evapotranspiración	7
3.4 Precipitación	8
3.5 Heladas	10
3.6 Materia seca	11
3.7 Suelo	11
3.8 Estación de crecimiento	12
3.8.1 Inicio del período de crecimiento	12
3.8.2 Período húmedo	13
3.8.3 Terminación de la estación lluviosa	13
3.8.4 Terminación del período de crecimiento	14
3.8.5 Tipos de estación de crecimiento	15
IV. MATERIALES Y METODOS	17
4.1 Localización	17
4.2 Suelos	17
4.3 Clima	19
4.3.1 Precipitación	19
4.3.2 Temperatura	19
4.3.3 Otros fenómenos meteorológicos	19
4.4 Calculo de índices climáticos	19
4.4.1 Temperaturas	19

4.4.2	Radiación solar	21
4.4.3	Precipitación	32
4.4.4	Evapotranspiración	32
4.4.5	Heladas	39
4.4.6	Humedad aprovechable	39
4.4.7	Lámina de humedad aprovechable	43
4.4.8	Estación de crecimiento	43
4.5	Cálculo de índice biológico	47
4.5.1	Cálculo de rendimiento de grano, paja y biomasa total	47
4.5.2	Cálculo de rendimiento potencial	50
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	54
5.1	Indices climáticos	54
5.1.1	Temperaturas	54
5.1.2	Radiación solar	56
5.1.3	Precipitación	56
5.1.4	Evapotranspiración	57
5.1.5	Heladas	57
5.1.6	Humedad aprovechable	57
5.1.7	Lámina de humedad aprovechable	57
5.1.8	Estación de crecimiento	58
5.2	Indices biológicos	59
5.2.1	Rendimiento de grano, paja y biomasa total	59
5.2.2	Rendimiento potencial	59
VI.	CONCLUSIONES	61
VII.	BIBLIOGRAFIA	63

LISTA DE CUADROS

<u>No. Cuadro</u>	<u>PAGINA</u>
1.- Coeficiente (K_p) de tanque evaporímetro clase "A" para diferentes cubiertas de suelo, niveles de humedad relativa promedio y 24 horas de recorrido de viento (Doorenbos y Pruitt, 1977).	9
2.- Temperatura mínima decenal y mensual en °C.	22
3.- Temperatura media a nivel decenal y mensual en °C.	23
4.- Temperaturas diurnas y nocturnas en °C para los años 1983 a 1986 en el Carmen, mpio. de Zapopan.	26
5.- Duración media diaria de insolación máxima posible en horas (N) para diferentes meses y latitudes.	28
6.- Radiación solar sobre una superficie horizontal al límite de la atmósfera (R_a) expresado como mm de agua evaporable para una constante solar = $2.00 \text{ cal/cm}^2 / \text{min}$ (datos a mitad de mes).	29
7.- Radiación solar por insolación en $\text{cal/cm}^2 / \text{min}$ a nivel decenal y mensual.	30
8.- Precipitación pluvial en mm decenal y mensual.	33
9.- Evaporación en mm/ día a nivel decenal y mensual.	36
10.- Evapotranspiración potencial (ETP) en mm/ día a nivel decenal y mensual.	37
11.- .5 de evapotranspiración potencial media en mm/ día a nivel decenal.	38
12.- .33 de evapotranspiración potencial media en mm/ día a nivel decenal.	40

- 13.- Distribución acumulativa para el cálculo de probabilidades de ocurrencia de primera y última helada de los datos climáticos de la estación de el Carmen, mpio. de Zapopan, Jalisco. 41
- 14.- Lámina de humedad aprovechable en mm de 0.90 cm de profundidad, bajo cultivo de maíz, en el Carmen, mpio. de Zapopan, Jalisco 1983. 44
- 15.- Lámina de humedad aprovechable en mm de 0.90 cm de profundidad, bajo cultivo de maíz, en el Carmen, mpio. de Zapopan, Jalisco 1984. 44
- 16.- Lámina de humedad aprovechable en mm de 0.90 cm de profundidad, bajo cultivo de maíz, en el Carmen, mpio. de Zapopan, Jalisco 1985. 45
- 17.- Lámina de humedad aprovechable en mm de 0.90 cm de profundidad, bajo cultivo de maíz, en el Carmen, mpio. de Zapopan, Jalisco 1986. 45
- 18.- Radiación fotosintéticamente activa para días despejados (Ac) en $\text{cal} / \text{cm}^2 / \text{día}$ y tasa diaria de fotosíntesis bruta para cultivos en días despejados (bc) y días nublados (bo) en $\text{Kg} / \text{ha} / \text{día}$ para una fotosíntesis máxima (Pm) de $20 \text{ Kg} / \text{ha} / \text{hora}$ (fuente : de Wit). 52
- 19.- Temperaturas máximas en $^{\circ}\text{C}$ a nivel decenal y mensual. 24

LISTA DE FIGURAS

<u>No. Figura</u>	<u>PAGINA</u>
1.- Representación esquemática de cuatro tipos de estaciones de crecimiento (F.A.C.1978).	16
2.- Localización del municipio de Zapopan, Jalisco.	18
3.- Gráfica de temperaturas medias a nivel decenal y mensual en el Carmen,mpio. de Zapopan, en el año. 1983.	25
4.- Gráfica de temperaturas medias a nivel decenal y mensual en el Carmen,mpio. de Zapopan, en el año 1984.	25
5.- Gráfica de temperaturas medias a nivel decenal y mensual en el Carmen,mpio. de Zapopan, en el año 1985.	25
6.- Gráfica de temperaturas medias a nivel decenal y mensual en el Carmen,mpio. de Zapopan, en el año 1986.	25
7.- Gráfica de radiación solar por insolación a nivel decenal y mensual en el Carmen,mpio. de Zapopan, en el año 1983.	31
8.- Gráfica de radiación solar por insolación a nivel decenal y mensual en el Carmen,mpio. de Zapopan, en el año 1984.	31
9.- Gráfica de radiación solar por insolación a nivel decenal y mensual en el Carmen,mpio. de Zapopan, en el año 1985.	31
10.- Gráfica de radiación solar por insolación a nivel decenal y mensual en el Carmen,mpio. de Zapopan, en el año 1986.	31
11.- Gráfica de estación de crecimiento para el Carmen mpio. de Zapopan, Jalisco de acuerdo al temporal de lluvias para el año 1983	34

No. Figura

PAGINA

12.-	Gráfica de estación de crecimiento para el Carmen,mpio.de Zapopan, Jalisco de acuerdo al temporal de lluvias para el año 1984.	34
13.-	Gráfica de estación de crecimiento para el Carmen,mpio.de Zapopan, Jalisco de acuerdo al temporal de lluvias para el año 1985	34
14.-	Gráfica de estación de crecimiento para el Carmen,mpio.de Zapopan, Jalisco de acuerdo al temporal de lluvias para el año 1986.	34
15.-	Gráfica de humedad aprovechable bajo maíz de 0.90 cm de profundidad en el Carmen,mpio.de Zapopan, Jalisco, para el año 1983.	46
16.-	Gráfica de humedad aprovechable bajo maíz de 0.90 cm de profundidad en el Carmen,mpio.de Zapopan, Jalisco, para el año 1984.	46
17.-	Gráfica de humedad aprovechable bajo maíz de 0.90 cm de profundidad en el Carmen,mpio.de Zapopan, Jalisco, para el año 1985.	46
18.-	Gráfica de humedad aprovechable bajo maíz de 0.90 cm de profundidad en el Carmen,mpio.de Zapopan, Jalisco, para el año 1986.	46
19.-	Estación de Crecimiento (Frere y Popov 1979)	48
20.-	Gráfica de distribución acumulativa de última y primera helada para el Carmen, Zapopan,Jal.	42

RESUMEN

El maíz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial ya que lo encontramos sembrado desde al nivel del mar hasta más de 2000 mt de altitud y desde los 0° hasta 60° de latitud.

Es en america latina donde las culturas florecieron a la par del maíz, razón por la cual le dedican una mayor extension de suelo para su cultivo aún en regiones deficientes para su buen desarrollo.

México es un país donde la principal fuente de alimento la obtiene del maíz gracias a los múltiples subproductos que de él utiliza como es: el pinole, tortillas, tamales, harinas, aceites, mieles, etc.

En Jalisco, en especial el municipio de Zapopan, el de mayor producción y superficie dedicada al cultivo del maíz, ya que, dicho municipio se encuentra dentro de la zona de eficiencia teroplúvionométrica eficiente además de contar con un suelo adecuado para el desarrollo radicular y que permite un buen almacenamiento de agua, el único inconveniente es la baja cantidad de materia orgánica.

Los requerimientos climáticos del maíz son variados y diversos por lo que se hace necesario ampliar el presente trabajo para determinar los factores limitativos y aprovechar aquellos que favorecen su desarrollo.

El objetivo del presente trabajo fue el de determinar la " Estación de Crecimiento del Maíz en el Mpio. de Zapopan, Jal. "

Para determinar el período de crecimiento se procedio al cálculo de los índices climáticos y biológicos que de alguna manera influyen en el desarrollo del cultivo del maíz.

Dichos cálculos se hicieron a nivel decenal, mensual y obteniendo los promedios. Las variables manejadas fueron: temperatura, radiación solar, precipitación, evapotranspiración, heladas, humedad y lámina de humedad aprovechable, estación de crecimiento y rendimiento de grano, paja y biomasa y rendimiento potencial.

El objetivo que se persiguió en el presente trabajo fue logrado , pero se hace necesario contar con más estaciones climatológicas, equiparlas con lo más avanzado en cuanto a instrumentos, contar con personal responsable y capacitado en la recolección de los datos climáticos, y no menos necesario es contar con un buen y sistemático almacenamiento de los

datos climáticos, obtener series climáticas que abarquen una serie de años bastante amplia.

En resumen, el presente estudio pretende dar a conocer la importan
cia que reviste el conocer la estación de crecimiento para un cultivo da
do ya que con ello se evitarían pérdidas y se obtendrían altos rendimien
tos y un mejor aprovechamiento de los factores climáticos y biológicos.

INTRODUCCION

El maíz a nivel mundial ocupa uno de los primeros lugares en producción, superficie y valor, ya que da una superficie de 118 millones de has. se obtienen aproximadamente 450,000 toneladas. El maíz por su gran adaptabilidad lo encontramos en distintas regiones del mundo, desde los climas templados hasta los tropicales. En América Latina ocupa un lugar importante, ya que la base de alimentación está fundamentada en toda la gama de subproductos que del maíz se obtienen (pinole, tamales, tortillas harinas, aceites, etc.).

También es importante debido a los nutrientes contenidos en el grano y que son: Carbohidratos (65-70%), Proteínas (10-12%), - Grasas (4-8%), Vitaminas A E y C, Aminoácidos, Etc.

La importancia del maíz es clara y definida ya que desde los tiempos prehispánicos era consumido por los indígenas mexicanos, por lo tanto, siendo originario de Mesoamérica llegó a formar parte integral de la dieta del mexicano.

Del total de la superficie dedicada al maíz el 78% se desarrolla bajo condiciones de temporal, 12% de riego y 10% de siembra de humedad residual, estos porcentajes pertenecen a la zona del Bajío. Este temporal es favorable solamente en un 58% y el otro 20% es escaso y errático. (INIA, 1981) .

El Mpio. de Zapopan, Jal. debido a las características físicas del suelo y encontrarse en una región de eficiencia termoplumiométrica adecuada, son factores que lo hacen una zona de alta productividad en maíz.

Las características climáticas de Zapopan lo hacen en lugar que no presentan grandes variaciones en la temperatura, sino que son constantes (18 a 22°C , anual).

El temporal no es limitativo ya que es el adecuado para el desarrollo del cultivo. Si acaso la lluvia es escasa ésta se presenta a los 30-40 días después de la siembra.

Un factor que pudiera ser limitativo y que afectará la realización de la fotosíntesis es la radiación solar en los meses de Jul - Sep.

Sin la presencia de un buen temporal, las condiciones imperantes van a mermar las actividades fisiológicas de la plantas que se van a -- traducir en bajos rendimientos, que debido al aumento constante de la -- población mexicana provoca un déficit en la disponibilidad de alimentos.

Conociendo la necesidad de producir más, es de suma importancia que se conozca el período adecuado en el cual se desarrolla el cultivo del maíz para determinar las variedades más adecuadas y rendidoras.

Por lo tanto, el presente trabajo dará a conocer la gran influencia que tiene la disponibilidad de agua y de radiación solar para que -- las plantas puedan realizar sus funciones vitales con mayor eficiencia.

También dará a conocer el período de crecimiento más adecuado -- para el máximo aprovechamiento de agua, temperatura y radiación solar.

Y por último aprovechar la humedad residual que queda en el -- suelo después de la cosecha, para la posible implantación de otros -- cultivos (invernales) .

II OBJETIVOS

El presente trabajo tiene por objetivo determinar la estación de crecimiento para maíz en el municipio de Zapopan, Jalisco así como también los factores climáticos que influyen en la calidad de la estación de crecimiento que son la temperatura, la radiación solar, la evapotranspiración potencial, la precipitación, lámina de humedad aprovechable, - almacenamiento de agua, período libre de heladas y por último determinar el rendimiento potencial del maíz.

III REVISION DE LITERATURA

El maiz es un cultivo de crecimiento rápido, que rinde más con temperaturas moderadas y un suministro abundante de agua. La temperatura ideal es de 23.9° C. El maiz difícilmente crece a temperaturas inferiores de 12.8° C. Son ideales las noches frescas, los días soleados y las temperaturas moderadas, ALDRICH, (1974).

3.1 TEMPERATURA

En las diferentes partes del globo, la temperatura y la disponibilidad de agua procedente de las precipitaciones limitan en distintas proporciones la producción de los cultivos de secano a lo largo del año. El clima a través de la temperatura y de la humedad, es el factor fundamental que determina la producción de biomasa y de materia seca aprovechable, mientras el suelo y los sistemas de cultivo de la tierra actúan como modificadores de la acción del clima. En general los efectos modificadores del suelo y del sistema de cultivo aumenta a medida que las condiciones climáticas de una zona se apartan del nivel óptimo para el crecimiento de un cultivo, FAO, (1981).

El maiz germina muy lentamente a temperaturas inferiores a los 10°C. A temperaturas inferiores a los 13°C las plántulas del maiz son extremadamente susceptibles a la invasión de hongos que producen enfermedades, MILTON (1981).

El maiz exige un clima relativamente cálido y agua en cantidades adecuadas, no se adapta a regiones semiáridas, el granizo y las heladas afectan considerablemente el cultivo. Se cultiva en regiones de temporal, de clima caliente y de clima tropical húmedo (ver cuadro) PARSONS, (1983).

TEMPERATURAS PARA UNA BUENA REPRODUCCION

	MINIMA	OPTIMA	MAXIMA
GERMINACION	10 °C	20-25 °C	40 °C
CRECIMIENTO VEGETATIVO	15 °C	20-30 °C	40 °C
FLORACION	20 °C	21-30 °C	30 °C

A la temperatura se le ha considerado como la esencia del clima y del cual mejor se conoce sus relaciones con el desarrollo de las plantas.

La mayoría de los procesos fisiológicos que se realizan para el crecimiento y desarrollo de las plantas están fuertemente influenciados por la temperatura. En términos generales la temperatura ejerce su influencia principal controlando la proporción de reacciones químicas involucradas en varios procesos de crecimiento dentro de la planta. También, la solubilidad de los minerales, la absorción de agua, nutrientes y gases por la planta y varios procesos de difusión que ocurren dentro de la planta, dependen de la temperatura.

La temperatura, además, afecta los mecanismos hormonales involucrados en la floración y fructificación de las plantas.

Este elemento climático es muy importante para establecer la distribución y adaptación de plantas, ORTIZ, (1984).

3.2 RADIACION SOLAR

En fisiología vegetal el termoperiodismo se refiere a la reacción que tiene las plantas a una alternancia de temperaturas que en la naturaleza corresponden al día y la noche, por tanto, no se puede concebir exclusivamente como reacción a las temperaturas, sino que se ha descubierto que está íntimamente relacionada con las reacciones que requieren la presencia de la luz (fotosíntesis), lo mismo que con la velocidad y tipo de reacciones que tienen en la obscuridad, WENT, (1984) y (1961) y NAPP-ZINN, (1961) .

La radiación es la fuente de energía para los procesos biológicos que ocurren en la naturaleza, a estos pertenecen la actividad vital de las plantas. El crecimiento y desarrollo de las plantas de los cultivos agrícolas es un proceso de asimilación y transformación de la energía solar y por ese motivo, la producción agrícola es posible solamente bajo determinado mínimo de energía solar sobre la superficie terrestre, VASILII-RUDNEV, (1980).

El maíz germina sin problema en la obscuridad. Para su crecimiento requiere pleno sol. En cuanto a floración, el maíz es una planta de días cortos. Florece rápido durante los días cortos. Su floración se tarda durante los días largos del año. Sin embargo, los mayores rendimientos se obtienen con 11 o 14 horas luz por día, o sea, cuando el maíz florece tardíamente, PARSONS, (1983).

La temperatura y el agua son los principales factores climáticos que regulan la distribución y adaptabilidad (en tiempo y espacio a la vez) de los cultivos. En unión con la radiación solar, estos factores condicionan la fotosíntesis neta y permiten a las plantas acumular materia seca (y llevar adelante sus fases sucesivas de desarrollo) de acuerdo con los ritmos y las pautas específicas de los principales grupos de plantas cultivadas, FAO, (1981) .

Best (1962) citado por Ortiz (1984) clasificó los efectos de la radiación sobre las plantas verdes en dos tipos de procesos, de la siguiente forma:

I. Procesos foto-energéticos: como en la fotosíntesis.

II. Procesos foto-estimulantes:

A. Procesos de movimientos, como el fototropismo.

B. Procesos formativos: como elongación de estomas, expansión de las hojas, formación de pigmentos, etc. De lo anterior podemos inferir lo significativo que resulta la evaluación de la radiación solar.

La radiación es un proceso físico por medio del cual se transmite energía en forma de ondas electromagnéticas.

La radiación solar que llega al límite superior de la atmósfera está formada por rayos de distinta longitud de onda, principalmente por:

a) Rayos luminosos y su longitud de onda varía entre 0.36 y 0.76 micrones, son visibles.

b) Rayos ultravioleta o químicos, su longitud de onda es pequeña, menor de 0.36 micrones, no son visibles.

c) Rayos térmicos o caloríficos, tampoco son visibles y su longitud de onda es mayor a 0.76 micrones.

Los rayos ultravioleta causan efectos detrimentales o germicidas sobre las plantas, los rayos luminosos intervienen en muchos procesos metabólicos y sobre los rayos térmicos no se conocen efectos específicos sobre las plantas, aparentemente son absorbidos por la planta y transformados en calor sin interferir con los procesos bioquímicos, ORTIZ, (1984) .

La radiación solar es un proceso por el cual la energía solar es transferida de un sitio a otro a la velocidad de la luz. La energía solar es prácticamente la fuente de toda la energía para los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren sobre la tierra.

Se puede decir que la agricultura es una explotación de la energía solar, ya que, la radiación comprendida entre la banda de 0.40 a 0.70 micrones, y que corresponde a la luz visible, es utilizada en la fotosíntesis, Shaw (1982), lo cual es posible con el adecuado suministro de agua y nutrientes que en conjunto mantienen el desarrollo de las plantas.

Bajo condiciones óptimas de agua, nutrientes y manejo es factible mediante valores de radiación solar calcular la cantidad de materia seca total y eventualmente el rendimiento potencial de un cultivo. El conocimiento de la cantidad potencial de materia seca total para uno o varios cultivos proporciona una base cuantitativa para estimar el potencial agrícola de una región. Aun más, el contar con datos del régimen y distribución de radiación solar a nivel regional permitiría la zonificación de cultivos en base a sus requerimientos de radiación solar estacionales, por lo que, en base de la radiación solar permite estimar: a) tasa de acumulación de materia seca la cual es proporcional a la cantidad de radiación solar interceptada por un cultivo.

A la cantidad de energía recibida en el límite de la atmósfera terrestre sobre una superficie perpendicular a los rayos solares en un cm^2/min se le llama constante solar y tiene un valor de $2 \text{ cal}/\text{cm}^2/\text{min}$, Johanson, (1954). y

b) Evapotranspiración potencial a través del uso de fórmulas empíricas (ejem. Penman), VILLALFANDO, (1985).

3.3. EVAPOTRANSPIRACION

El clima es una de los factores más importantes que determinan el volumen de las pérdidas de agua por evapotranspiración de los cultivos, la evapotranspiración correspondiente a un cultivo dado, queda determinada por el propio cultivo, al igual que sus características de crecimiento, FAO, (1976).

Para una mejor comprensión de este tema se presentan algunas definiciones y que son:

1) Evaporación.- Se define como la tasa de pérdida de agua de la fase líquida a la fase gaseosa de una superficie abierta de agua o suelo húmedo a través de procesos físicos y se mide en mm/ día.

2) Transpiración.- Se explica como la tasa de pérdida de agua a través de una planta, la cual es regulada por procesos físicos y fisiológicos. Se estima en mm/ día.

3) Evapotranspiración.- Es la tasa de pérdida de agua de la planta por transpiración más la evaporación del suelo. Se calcula en mm/día.

4) Evapotranspiración potencial.- Es la tasa de ET de un cultivo de altura uniforme, sano y que cubra completamente el suelo y sin limitaciones de humedad en el suelo.

En el presente trabajo se utilizó para estimar la evaporación el Método del Tanque Evaporímetro Tipo A. Este método se utiliza para estimar la ETP siempre y cuando se hagan ajustes. Doorenbos y Pruitt (1977) presentan un cuadro (Tabla 1) donde tales ajustes dependen del lugar de ubicación del tanque evaporímetro, así como de las condiciones climáticas imperantes durante el periodo para el cual desea convertir la evaporación a ETP, VILLALPANDO, (1985).

3.4 PRECIPITACION

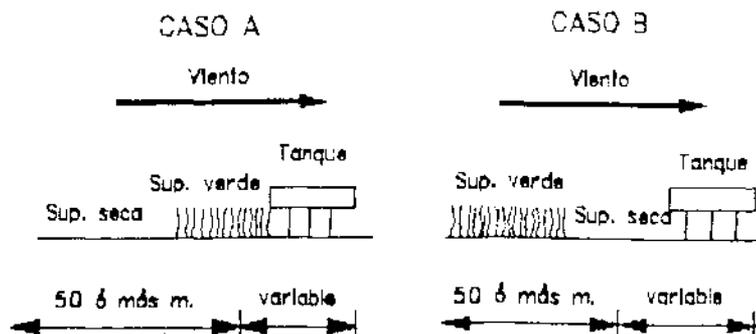
Las temperaturas diurnas, la radiación y la humedad determinan en gran parte la eficiencia de la lluvia recibida por el cultivo. La cantidad de agua disponible para un cultivo de maíz equivale a la lluvia más la humedad almacenada en el suelo. Cuando las temperaturas y la radiación son altas y la humedad relativa es baja se produce una mayor evaporación del suelo y la planta (evapotranspiración, ALDRICH, (1974)).

Los mejores híbridos de maíz pueden producir cosechas sumamente altas. Son aún magníficos cuando la precipitación pluvial es buena y bien distribuida (buen temporal) como sucede en el área de Zapopan, Jalisco. Ortiz, (1984).

Los elevados niveles de producción dependen de la utilización de agua almacenada en el perfil del suelo. La distribución de la lluvia escasa o mala afecta adversamente el rendimiento. El calor y la sequía durante la polinización causa desecación del tejido foliar y formación de-

CUADRO: 1 COEFICIENTE (Kp) DE TANQUE EVAPORIMETRO CLASE "A" PARA DIFERENTES CUBIERTAS DE SUELO, NIVELES DE HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO Y 24 HORAS DE RECORRIDO DE VIENTO (GORENBOS Y PRUITT, 1977).

TANQUE Clase A	CASO A Tanque rodeado de cubierta verde baja				CASO B Tanque con barbecho de secano			
	RH media %				baja media alta < 40 40-70 > 70			
Uientos Km/día	Distancia a barlovento de la cubierta verde. (en m).				Distancia a barlovento del barbecho de secano. (en m).			
Débiles < 175	0	0.55	0.65	0.75	0	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
Moderados 175-425	0	0.50	0.60	0.65	0	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
Fuertes 425-700	0	0.45	0.50	0.60	0	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.50
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.55
Muy fuertes >700	0	0.40	0.50	0.50	0	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.60	0.60	10	0.45	0.50	0.55
	100	0.50	0.65	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.55	0.65	0.65	1000	0.35	0.40	0.45



ficientes del grano. Lluvias excesivas ocasionan lixiviación de nutrientes e incrementa enfermedades. La humedad afecta la evaporación y por lo tanto la eficiencia de la lluvia. La humedad varía con la temperatura, viento y cantidad de lluvia, JUNGENHEIMER, (1981).

La condición ideal de humedad del suelo, para el desarrollo del maíz, es el estado de capacidad de campo. La cantidad de agua durante la temporada de crecimiento no debe ser menor de 300 mm. La cantidad óptima de lluvia es de 550 mm, la máxima de 1000 mm. Las variedades precoces ne cesitan menos agua que las tardías, FARSONS, (1983).

La producción de cultivos en áreas de temporal está determinada en gran parte por la cantidad y oportunidad del agua de lluvia. La lluvia es un factor clave para determinar el potencial de producción de una región.

La precipitación es un sinónimo de lluvia y la cantidad de la misma se expresa como la altura de una capa de agua que se forma sobre un suelo completamente horizontal e impermeable, suponiendo que sobre dicha capa no se produce ninguna evaporación.

La medición de la altura se expresa en milímetros y décimos de milímetro. Es importante tener en mente que 1 mm de lluvia precipitada en una hectárea, representa 10 m³ de agua.

La lluvia se mide con pluviómetros. La lluvia es una variable que no puede estimarse con otras variables meteorológicas, ya que la cantidad de lluvia varía en el espacio y en el tiempo, ORTIZ, (1984).

A través del cálculo de probabilidades de lluvia es posible determinar y optimizar varias actividades agrícolas, tales como : fechas de siembra, fechas de cosechas, duración del periodo húmedo disponible para el desarrollo de cultivos, selección de especies dependiendo de su tolerancia a la sequía, prácticas de captación de agua de lluvia, dosis de fertilizantes para aplicar a un cultivo y otras más, VILLALPANDO, (1985).

3.5 HELADAS

La información probablemente más importante es la fecha de heladas, sobre todo de la primera y la última helada, ya que a partir de ellas podríamos obtener el periodo libre de heladas y de acuerdo con la disponibilidad de agua, sería posible establecer el periodo de crecimiento para algún cultivo de interés, ORTIZ, (1984) .

En regiones templadas o templadas - frías, es importante conocer la estación de crecimiento. En estas regiones la estación de crecimiento comúnmente es determinada por la ocurrencia de la última (primavera) a la primera helada (otoño) , VILLALPANDO, (1985).

3.6 MATERIA SECA

Una de las aplicaciones tal vez más importantes de la agrometeorología es la evaluación de la potencialidad para la producción de diferentes cultivos en una zona.

El rendimiento máximo de un cultivo está determinado por sus características genéticas y por buena adaptación del cultivo al ambiente predominante.

El rendimiento máximo se define, según Doorenbos (1979) citado por Ortiz, (1984), como el rendimiento cosechado de una variedad de gran producción, bien adaptada al ambiente vegetativo que se trate, incluyendo el tiempo disponible para llegar a su madurez, en condiciones tales que su rendimiento no esté limitado por el agua, los nutrientes, las plagas o las enfermedades.

Los factores climáticos, que determinan el rendimiento máximo son la temperatura, la radiación y la duración de la estación vegetativa to tal además de las necesidades específicas del cultivo, en cuanto a tempe ratura y duración del día, para su desarrollo, ORTIZ, (1984).

La tasa de acumulación de materia seca depende de la especie vegetal y del medio ambiente. La tasa de desarrollo de una especie bajo condicio nes óptimas de suelo, fertilidad, humedad y práctica de protección, depen derá de la temperatura y radiación solar disponible. VILLALPANDO, (1985).

3.7 SUELO

El maíz necesita suelos profundos y fértiles para dar una buena co secha. El suelo de textura franca es preferible para el maíz. Esto permite un buen desarrollo del sistema radicular con una mayor eficiencia de absor ción de la humedad y de los nutrientes del suelo. Los suelos con estruc tura granular proveen un buen drenaje y retienen el agua. Además, son preferibles con un alto contenido de materia orgánica. Se obtiene una mejor producción cuando la alcalinidad y la acidez del suelo están balan ceadas. El Ph óptimo se encuentra entre 6 y 7, PARSONS, (1983).

El maíz se desarrolla mejor en suelos bien drenados y fértiles, en regiones con temperaturas de verano moderadamente elevadas, noches cálidas y lluvias adecuada y bien distribuida la estación de crecimiento. El cultivo se da mejor en terrenos arcillosos bien aerados y profundos, que contengan abundante materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. JUGEN HEIMER, (1985).

3.8 ESTACION DE CRECIMIENTO

Para hacer posible una evaluación cuantitativa del período de crecimiento, es necesario entender lo que es el período (en días) del año durante el cual las precipitaciones son superiores a la mitad de la evapotranspiración potencial, más el período necesario para evapotranspirar hasta 100 mm de agua procedente de las precipitaciones sobrantes y (supestatamente almacenada) en el perfil del suelo. Los calculos del período de crecimiento se basan en un modelo sencillo de balance hídrico, en el cual se comparan las precipitaciones (P) con la evapotranspiración potencial (ETP), FAO, (1976).

Más allá de cuando el agua es aprovechable y las condiciones de temperatura pueden permitir el crecimiento de los cultivos de los grupos II (frijol tropical, soya, arroz, algodón, naranja y limón) y III (sorgo, maíz, caña de azúcar, mijo y pastos) solamente. Sin embargo cuando el período de humedad aprovechable es largo y la temperatura variable es estacional, parte de la humedad aprovechable puede ser conveniente para el crecimiento de los cultivos II y III únicamente. FAO , (1976).

La estación de crecimiento está determinada por la disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo y producción de cultivos. En las regiones tropicales la estación de crecimiento está delimitada por el período de tiempo que existe humedad en el suelo para el desarrollo de cultivos. Mientras que en regiones templadas, además de la disponibilidad de humedad la estación de crecimiento esta definida por la disponibilidad de temperatura favorable, VILLALPANDO, (1985).

3.8.1 INICIO DEL PERIODO DE CRECIMIENTO

El fijamiento del inicio del período de crecimiento está basado en el comienzo de la estación lluviosa. Específicamente se obtiene cuando $P > 0.5$ ETP. El valor de 0.5 ETP fue dispuesto considerando las necesi-

dades de agua para la germinación de cultivos y cuando P es igual o mayor a 0.5 ETP se satisface ese hecho. El inicio de la estación de crecimiento también puede señalarse al inicio de la estación de la lluvia, concretamente cuando la lluvia recibida para un período corto (7-10 días) es ≥ 25 mm. ORTIZ, (1984), VILLALPANDO, (1985).

Las primeras precipitaciones sobre el suelo, que generalmente está seco en la superficie y que, tiene un déficit de humedad residual en el perfil del suelo. En ausencia de reservas de humedad residual, mejor preparación de siembra, germinación de la semilla y el crecimiento inicial del cultivo son por lo tanto, enteramente dependientes en su totalidad y frecuencia de la distribución de esas lluvias tempranas.

Si el comienzo de la estación de crecimiento (y el inicio de la estación de lluvias) es tomando como el tiempo cuando la precipitación es igual a la mitad de la ETP ($P = .5$ ETP). Adicionalmente esta premisa toma dentro de la relación, el dato que la cantidad de humedad requerida para mantener la germinación de los cultivos es mucho menos que la proporción de evaporación y durante la emergencia del cultivo es aproximadamente .5 ETP, por lo tanto, la precipitación caída que es igual a (o más que) .5 ETP, ha sido considerada como suficiente para encontrar el agua requerida para el establecimiento de los cultivos. En consecuencia en el modelo, el tiempo cuando $P = .5$ ETP, es tomado como el comienzo de la estación de crecimiento, FAO, (1976).

3.8.2 PERIODO HUMEDO

Un período de crecimiento normal se define cuando existe un período húmedo. El período húmedo es el intervalo de tiempo en el cual la precipitación es mayor a la evapotranspiración potencial ($P > ETP$). Cuando existe un período húmedo, no solamente se satisfacen las demandas de la evapotranspiración de los cultivos a una completa o máxima cobertura, sino que también el déficit de humedad en el perfil del suelo, FAO, (1976 y 1981), ORTIZ, (1984). VILLALPANDO, (1985).

3.8.3 TERMINACION DE LA ESTACION LLUVIOSA

Después del período húmedo, la precipitación es de nuevo menor que la ETP y los cultivos comienzan a extraer el agua almacenada en el suelo.

Posteriormente la frecuencia y cantidad de la precipitación decrece y aumenta el déficit.

La estación lluviosa termina cuando la $P = 0.5$ ETP, después del período húmedo.

3.8.4 TERMINACION DEL PERIODO DE CRECIMIENTO

La estación de crecimiento para los cultivos continuos aún después de la estación de lluvias y para una mayor o menor extensión, los cultivos frecuentemente maduran con las reservas almacenadas en el perfil del suelo. La humedad residual almacenada debe ser, por lo tanto, considerada como una extensión de la estación de crecimiento. No obstante la humedad almacenada en el perfil del suelo y el aprovechamiento para un cultivo varía con la profundidad del suelo, las características físicas del suelo, patrón de desarrollo radicular del cultivo y otros factores.

Para el modelo, de una forma general, de 100 mm de agua almacenada ha sido considerada como aprovechable por los cultivos. En consecuencia el tiempo que toma evapotranspirar esos 100 mm de agua almacenada (o menos si esos 100 mm de exceso no es aprovechable en el período húmedo) ha sido añadido a la duración de la estación de lluvias, para poner fin a la estación de crecimiento. La elección de 100 mm esta basada en pruebas experimentales del este y oeste de Africa, el cual indica que los cultivos en estudio pueden utilizar la humedad almacenada en el suelo en los rangos de 75 - 125 mm hasta la cosecha.

La fecha de terminación de la estación de crecimiento depende de la cantidad de humedad almacenada en el suelo al finalizar la estación de lluvias. La duración de esta reserva de humedad dependerá de : a) profundidad del suelo b) características físicas del suelo c) patrón de desarrollo radical del cultivo.

Luego, la fecha de terminación dependerá de la metodología usada en la determinación de la duración de las reservas de humedad, para cada suelo, cultivo en particular. Cuando no existe período húmedo, entonces la terminación del período de crecimiento coincide con la terminación de la estación lluviosa. FAO, (1976 y 1980), ORTIZ, (1984) y VILLALPANDO (1985).

3.8.5 TIPOS DE ESTACION DE CRECIMIENTO

Los periodos de crecimiento de acuerdo a disponibilidad de agua fueron clasificados por el grupo de trabajo de la FAO (1978) como sigue:

Estación de crecimiento normal. Corresponde a la estación de crecimiento descrita anteriormente.

Estación de crecimiento intermedia. Se define como aquella donde la $P < ETP$ pero $P > 0.5 ETP$. Es decir, no tiene periodos húmedos. En otras palabras son aquellas en las que a través del año la precipitación (promedio mensual) no excede a la evapotranspiración potencial, pero sí excede a la mitad de la evapotranspiración potencial

Estación de crecimiento húmedo todo el año. La precipitación media mensual excede la ETP mensual. $P > ETP$ todos los meses del año. La estación de crecimiento es de 365 días.

Estación de crecimiento seco todo el año. La precipitación media mensual, para cada mes del año, nunca excede a 0.5 ETP. Es decir, la estación de crecimiento es de 0 días.

La figura 1 muestra los tipos de estación de crecimiento.

Velázquez (1985) menciona que es necesario establecer las características de distribución de los fenómenos meteorológicos (radiación, temperatura y precipitación) para conocer mejor las posibilidades de desarrollo agrícola de una región, de esta forma, un estudio que relacione el clima y su impacto sobre el desarrollo y producción de cultivos, ya que es de gran ayuda para llevar a cabo una planeación agrícola mas eficiente y al mismo tiempo indicar alternativas de cultivos con mejores posibilidades de éxito.

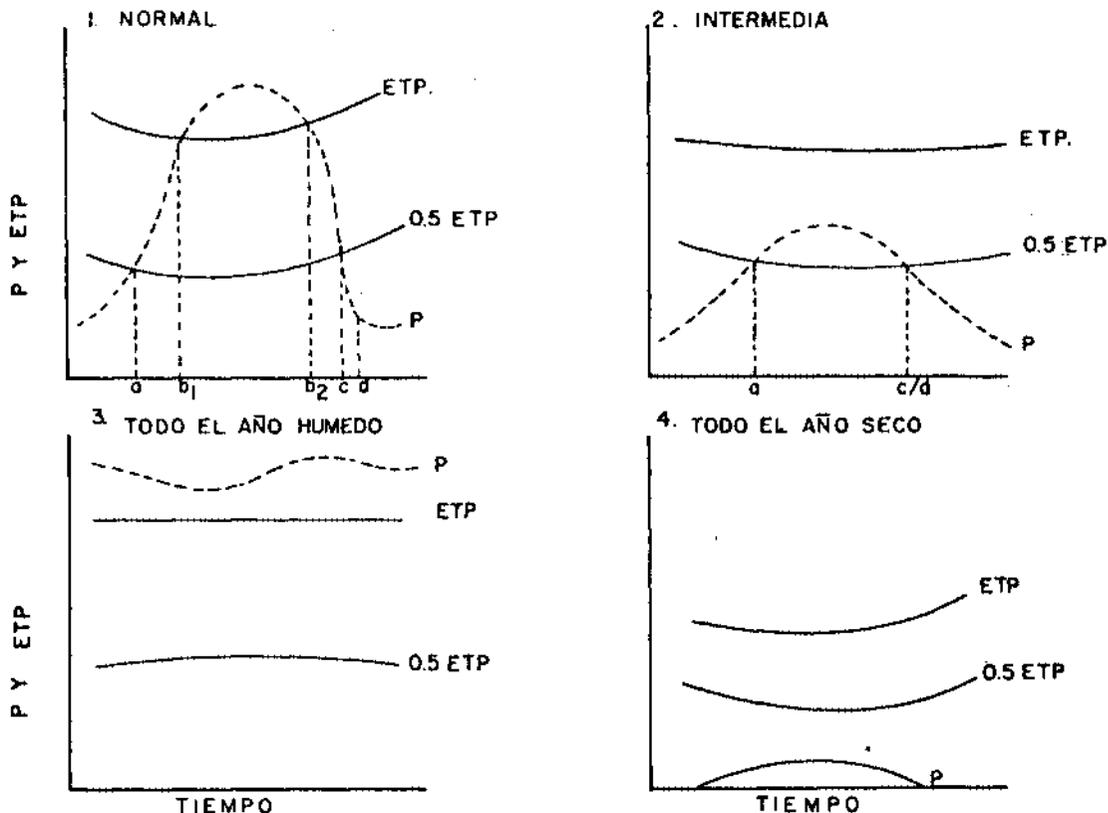


FIG. 1 REPRESENTACION ESQUEMATICA DE CUATRO TIPOS DE ESTACIONES DE CRECIMIENTO (F.A.O. 1978)

a: INICIO DE LAS LLUVIAS DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO

d: TERMINACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO

b₁ y b₂: INICIO Y TERMINACION DEL PERIODO HUMEDO

P: PRECIPITACION

c: TERMINACION DE LA ESTACION LLUVIAS

ETP: EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

IV . MATERIALES Y METODOS

4.1 LOCALIZACION

El municipio de Zapopan se encuentra ubicado en el centro del estado de Jalisco. Teniendo la siguiente ubicación geográfica: latitud norte de $20^{\circ} 43' 30''$; una longitud de $103^{\circ} 28' 00''$ oeste y con una altitud promedio de 1575 msnm. Ver figura 2 .

4.2 SUELOS

El suelo de Zapopan ha sido regionalizado fisiográficamente presentando las siguientes características: se localiza dentro de la provincia del eje neovolcánico en la subprovincia de Guadalajara y que tiene relieve suave y asociado con cañadas (X 5 L₁ V).

Los suelos Zapopan texturalmente están clasificados de acuerdo con las claves que utiliza el Instituto de Estadística , Geografía e Informática (I.N.E.G.I., S.P.F.) , de la siguiente manera:

$$\frac{Re + Hh}{2} \text{ suelo predominante + suelo secundario} \\ \text{clase textural}$$

en donde Re representa al Regosol Eutrico; Hh es el Feozem Háptico y el número 2 indica que son suelos de textura gruesa.

Las características que presenta el regosol eutrico son: no presenta capas distintas, son suelos someros y pedregosos. Tienen un horizonte A ócrico que es un horizonte superficial de color claro y con bajo contenido de humas.

Estos suelos del municipio de Zapopan tienen un origen sedimentario químico el cual se remonta a la era cenozoica y comprendida dentro del período terciario, el cual presenta material ígneo extrusivo. Además presentan una litología la cual, la componen calizas, rocas ígneas extrusivas, riolita, andesita, toba y brecha volcánica, INEGI, SPP, (1981).

4.3 CLIMA

El clima de Zapopan ha sido clasificado de acuerdo al método de Koppen y es

(A) C (w 1) (w)

por lo que, éste municipio pertenece al grupo de climas templados, semicálido, subhúmedo. Es el menos húmedo de los semicálidos.

4.3.1 PRECIPITACION

Presenta una época de lluvias en verano y un porcentaje de lluvias invernales menor del 5 % .

Este clima es intermedio en cuanto a humedad. La precipitación mé- dia anual fluctua entre los 800 y 1000 mm y se presenta de junio a octu- bre. Su mayor precipitación la tiene durante el mes de julio, registrando una cifra promedio de 250 a 260 mm y febrero es el mes con menos lluvia (menos de 5 mm).

4.3.2 TEMPERATURA

La temperatura media anual oscila entre los 18° C a los 22° C. La temperatura más elevada se presenta en mayo y es del orden de los 24° C y la mínima en enero con un promedio de 16° C.

4.3. 3 OTROS FENOMENOS METEOROLOGICOS

También se presentan los siguientes fenómenos climáticos:

- 1.- Granizadas.- Se dan de 2 a 4 al año durante los meses de julio y agosto.
- 2.- Heladas.- En promedio se presentan de 0 a 5 anuales en los me- ses de enero y febrero principalmente.
- 3.- Vientos dominantes.- Estos tienen una dirección de oriente a poniente.

4.4 CALCULO DE INDICES CLIMATICOS

4.4.1 TEMPERATURAS

Se tomaron los valores diarios de las temperaturas mínimas y máxi- mas de diversas publicaciones (Normales Climatologicas, 1976 ; Departa-

mento de Hidrometría, 1983; Instituto de Astronomía y Meteorología, 1983 y Programa de Meteorología del I.N.I.A., Zapopan, 1983- 1986), y que corresponden a la localidad de El Carmen, municipio de Zapopan.

Enseguida, se procedió a obtener la temperatura media a nivel decenal y mensual - a partir del año de 1983 hasta 1986 - mediante la aplicación de la fórmula

$$\bar{t} = \frac{t_{\text{max}} + t_{\text{min}}}{2}$$

en donde

\bar{t} = temperatura media

t_{max} = temperatura máxima del día

t_{min} = temperatura mínima de la noche

Obtenidas las temperaturas medias de cada día se procede a calcular las correspondientes a las temperaturas medias decenales

A) Para los meses de 30 días

\bar{t} del día 1^o al 10^o día \div 10

\bar{t} del día 11^o al 20^o día \div 10

\bar{t} del día 21^o al 30^o día \div 10

B) Para los meses de 31 días se procede de la misma manera que para los meses de 30 días, con la aclaración de que en la tercera decena se suma la temperatura media del día 31 y el resultado se divide entre 11.

C) Para el mes de febrero es igual que los anteriores pero en la tercera decena se divide entre 8 o 9 según si es año bisiesto o no.

La temperatura media mensual se obtuvo sumando las temperaturas medias correspondientes a las 3 decenas y el resultado se divide entre 3.

El cuadro 2 muestra los valores decenales y mensuales de las temperaturas mínimas. Los valores decenales y mensual de las temperaturas medias se localizan en el cuadro 3, así mismo el cuadro 19 da a conocer los valores de las temperaturas máximas a nivel decenal y mensual.

En las figuras 3, 4, 5 y 6 aparecen las gráficas que corresponden a los valores del cuadro 3.

También se calculó la temperatura media diurna y media nocturna de cada mes de los años 1983 a 1986 con la aplicación de la siguiente fórmula

$$\bar{t}_{\text{dia}} = \frac{(\bar{t}_{\text{max}} - \bar{t}_{\text{min}})(11 + t_0)}{(4)(3.14)(12 - t_0) \text{ Sen} \left[3.14 \left(\frac{11 - t_0}{11 + t_0} \right) \right]}$$

en donde

\bar{t}_{max} = temperatura máxima del día

\bar{t}_{min} = temperatura mínima de la noche

$t_0 = 12 - 0.5 N$

$N =$ duración del día (según la latitud).

por lo que

$\bar{t}_{\text{diurna}} = \bar{t}_{\text{dia}} + \bar{t}_{\text{nocturna}}$

$\bar{t}_{\text{nocturna}} = \bar{t}_{\text{dia}} - \bar{t}_{\text{diurna}}$

El cuadro 4 muestra las temperaturas diurnas y nocturnas para cada mes de los años 1983 - 1986.

4.4.2 RADIACION SOLAR

Los valores de la insolación fueron tomados del Programa de Agrometeorología del I.N.I.A., Zapopan y del Instituto de Astronomía y Meteorología.

La estimación de la radiación solar a partir de la insolación fue

CUADRO: 2 TEMPERATURA MINIMA A NIVEL DECENAL Y MENSUAL EN °C

MES	AÑO : 1983			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	9.75	10.95	5.86	9.85
FEB	2.28	2.59	2.90	2.57
MAR	3.43	2.86	5.16	3.81
ABR	6.60	6.05	8.80	7.15
MAY	10.00	11.05	12.72	11.25
JUN	13.40	14.40	15.80	14.50
JUL	15.60	15.80	15.00	15.45
AGO	15.00	14.40	15.45	15.28
SEP	16.30	15.65	14.35	15.43
OCT	14.45	12.60	10.95	12.61
NOV	11.95	8.35	5.60	8.63
DIC	8.85	5.70	4.12	6.16

MES	AÑO : 1984			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	7.70	4.55	7.54	6.59
FEB	6.86	6.70	6.20	6.60
MAR	6.15	5.80	7.04	7.64
ABR	9.25	8.70	10.45	9.16
MAY	12.25	11.20	13.27	12.27
JUN	12.85	15.15	15.25	14.41
JUL	15.40	14.80	14.59	14.91
AGO	15.15	15.15	15.00	15.09
SEP	14.95	14.95	13.50	14.46
OCT	12.45	11.00	10.45	11.27
NOV	8.80	4.95	5.45	6.40
DIC	6.85	6.50	5.63	6.30

MES	AÑO : 1985			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	1.45	7.50	4.68	4.54
FEB	5.20	8.35	8.87	7.37
MAR	9.80	9.00	8.81	9.19
ABR	10.65	10.65	14.40	10.90
MAY	13.30	13.90	14.22	13.82
JUN	15.85	15.55	15.80	15.73
JUL	15.10	15.05	15.63	15.27
AGO	14.55	15.50	14.72	14.91
SEP	14.20	13.50	14.85	14.18
OCT	13.55	13.60	10.50	12.48
NOV	6.05	8.85	6.45	7.11
DIC	5.20	7.75	6.81	6.59

MES	AÑO : 1986			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	5.30	5.75	7.45	6.16
FEB	4.80	7.76	7.50	6.62
MAR	8.05	4.80	8.86	7.29
ABR	10.65	12.35	11.90	11.63
MAY	12.20	13.00	14.09	13.12
JUN	14.30	16.05	15.15	15.16
JUL	16.15	15.10	15.04	15.41
AGO	13.75	14.45	14.63	14.29
SEP	15.75	13.95	14.95	14.85
OCT	14.90	14.00	7.95	12.14
NOV	8.60	10.73	6.25	8.52
DIC	7.15	-----	-----	-----

CUADRO: 3 TEMPERATURA MEDIA EN °C A NIVEL DECENAL Y MENSUAL

MES	AÑO : 1983			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	-----	-----	-----	-----
FEB	12.44	12.41	12.87	12.57
MAR	15.63	13.93	16.33	15.30
ABR	16.55	17.82	20.47	18.28
MAY	21.90	22.47	20.20	21.52
JUN	22.45	22.85	22.25	22.51
JUL	21.25	20.82	20.86	20.97
AGO	20.62	20.97	21.59	21.06
SEP	21.25	20.97	20.77	21.00
OCT	21.70	19.72	19.13	20.18
NOV	18.62	16.82	15.30	16.91
DIC	17.55	16.20	14.81	16.18

MES	AÑO : 1984			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	15.22	14.40	16.04	15.41
FEB	15.35	16.37	15.63	15.78
MAR	18.30	19.42	17.88	18.53
ABR	19.80	19.50	21.37	20.22
MAY	22.05	20.12	22.09	21.42
JUN	21.95	20.95	21.20	21.36
JUL	19.87	19.20	20.25	19.77
AGO	20.77	20.30	20.56	20.54
SEP	20.40	19.42	20.17	20.00
OCT	19.67	18.67	18.34	18.89
NOV	17.92	15.90	16.37	16.73
DIC	16.06	15.52	15.79	15.79

MES	AÑO : 1985			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	12.60	13.92	15.04	13.85
FEB	14.77	17.07	17.56	16.47
MAR	19.42	18.77	18.40	18.86
ABR	19.82	19.92	20.25	20.00
MAY	22.57	22.87	23.52	22.99
JUN	22.97	21.02	20.15	21.38
JUL	19.70	19.77	20.43	19.96
AGO	20.80	20.17	20.38	20.45
SEP	20.55	20.27	20.87	20.56
OCT	20.40	20.55	18.54	19.83
NOV	15.22	18.38	15.95	16.50
DIC	15.30	16.27	16.04	15.87

MES	AÑO : 1986			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	15.30	14.05	16.36	15.23
FEB	13.87	17.50	17.78	16.28
MAR	17.87	16.32	18.11	17.45
ABR	21.45	22.47	20.77	21.56
MAY	21.65	23.72	21.08	22.15
JUN	22.52	21.62	20.10	21.42
JUL	20.60	20.02	21.17	20.62
AGO	20.52	20.55	20.54	20.53
SEP	21.25	20.42	20.50	20.72
OCT	20.12	20.12	16.08	18.63
NOV	17.17	19.71	15.85	17.58
DIC	16.05	-----	-----	-----

CUADRO: 19 TEMPERATURAS MAXIMAS EN °C A NIVEL DECENAL Y MENSUAL

MES	AÑO : 1983			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	22.75	19.75	23.18	21.89
FEB	22.61	22.23	22.81	22.55
MAR	27.83	24.37	27.50	26.76
ABR	26.50	29.60	32.15	29.41
MAY	33.75	33.55	27.72	31.80
JUN	31.60	31.10	28.70	30.46
JUL	26.90	25.85	26.72	26.49
AGO	26.25	26.55	27.72	26.84
SEP	26.20	26.20	27.20	26.53
OCT	28.95	26.85	27.31	27.70
NOV	25.10	26.30	25.00	25.46
DIC	26.25	25.70	25.50	25.81

MES	AÑO : 1984			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	22.75	24.25	24.54	23.84
FEB	23.95	26.05	25.72	25.24
MAR	27.10	29.05	28.72	28.29
ABR	30.45	30.30	32.30	31.01
MAY	31.85	29.05	30.63	30.51
JUN	30.95	26.75	27.15	28.28
JUL	24.35	23.60	25.90	24.61
AGO	26.50	25.45	26.13	26.02
SEP	25.85	23.90	26.75	25.50
OCT	27.10	26.50	26.68	26.64
NOV	27.05	26.85	25.20	26.36
DIC	25.25	24.55	25.95	25.25

MES	AÑO : 1985			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	22.75	21.35	25.40	23.16
FEB	24.35	25.75	26.25	25.45
MAR	29.05	28.55	28.09	28.56
ABR	28.95	29.20	29.10	29.08
MAY	31.85	31.75	32.31	32.13
JUN	31.45	26.50	24.05	27.33
JUL	24.30	24.70	25.22	24.74
AGO	25.05	25.05	26.04	25.38
SEP	26.85	27.05	26.90	26.93
OCT	27.25	27.50	26.59	27.11
NOV	24.40	27.65	25.45	25.83
DIC	25.40	24.70	25.27	25.12

MES	AÑO : 1986			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	25.30	22.35	25.27	24.30
FEB	22.95	27.25	28.18	26.12
MAR	27.70	27.85	27.36	27.63
ABR	32.25	32.60	29.65	31.50
MAY	31.10	34.40	30.27	31.92
JUN	30.75	27.25	25.05	27.68
JUL	25.05	24.95	27.31	25.77
AGO	27.30	26.65	26.45	26.80
SEP	26.75	26.90	26.15	26.60
OCT	25.35	26.25	24.22	25.27
NOV	25.75	28.70	25.45	26.63
DIC	24.95	24.66	-----	24.80

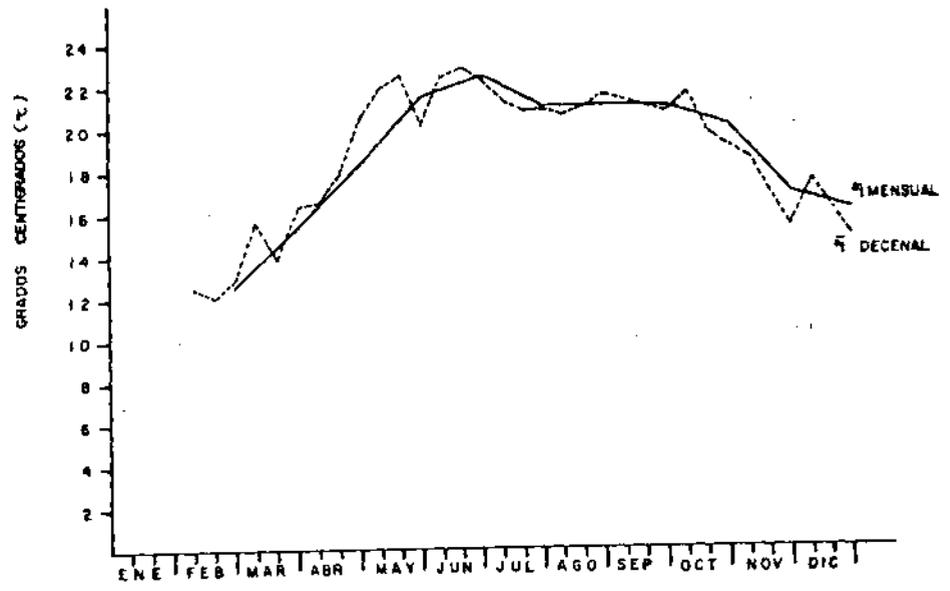


FIG. 3 GRAFICA DE TEMPERATURAS MEDIAS A NIVEL DECENAL Y MENSUAL EN EL CARMEN MPIO DE ZAPOPAN, JALISCO EN EL AÑO DE 1983.

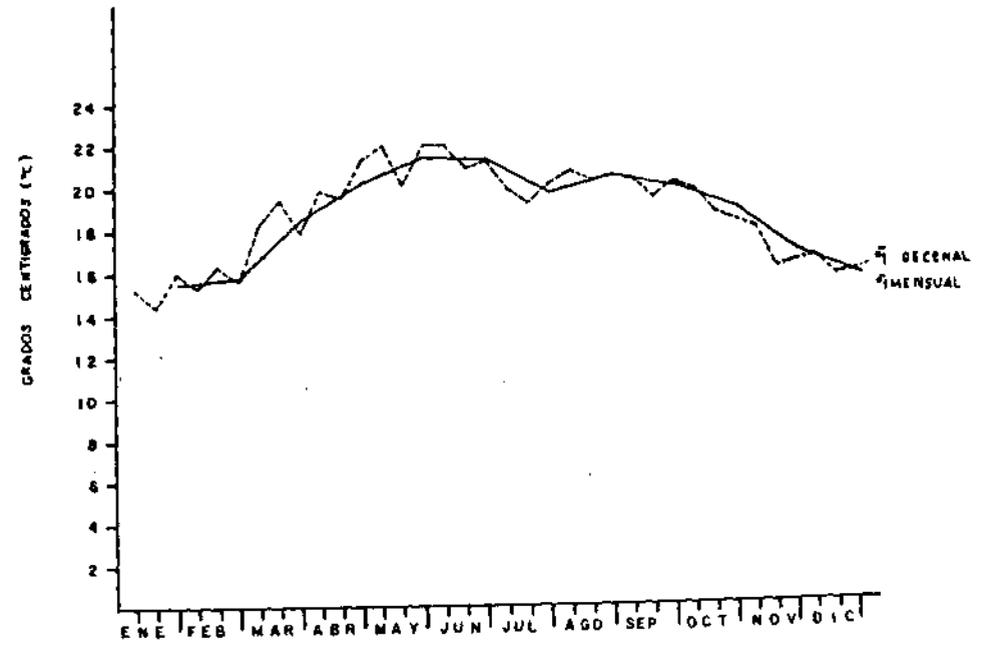


FIG. 4 GRAFICA DE TEMPERATURAS MEDIAS DECENAL Y MENSUAL EN EL CARMEN MPIO. DE ZAPOPAN JALISCO EN EL AÑO DE 1984.

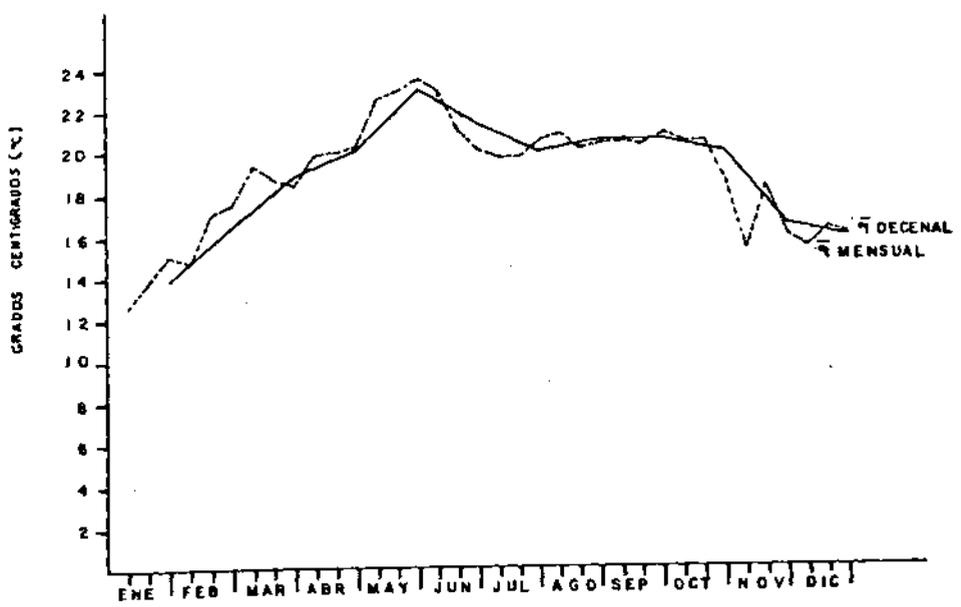


FIG. 5 GRAFICA DE TEMPERATURAS MEDIAS A NIVEL DECENAL Y MENSUAL EN EL CARMEN MPIO DE ZAPOPAN, JALISCO EN EL AÑO DE 1985.

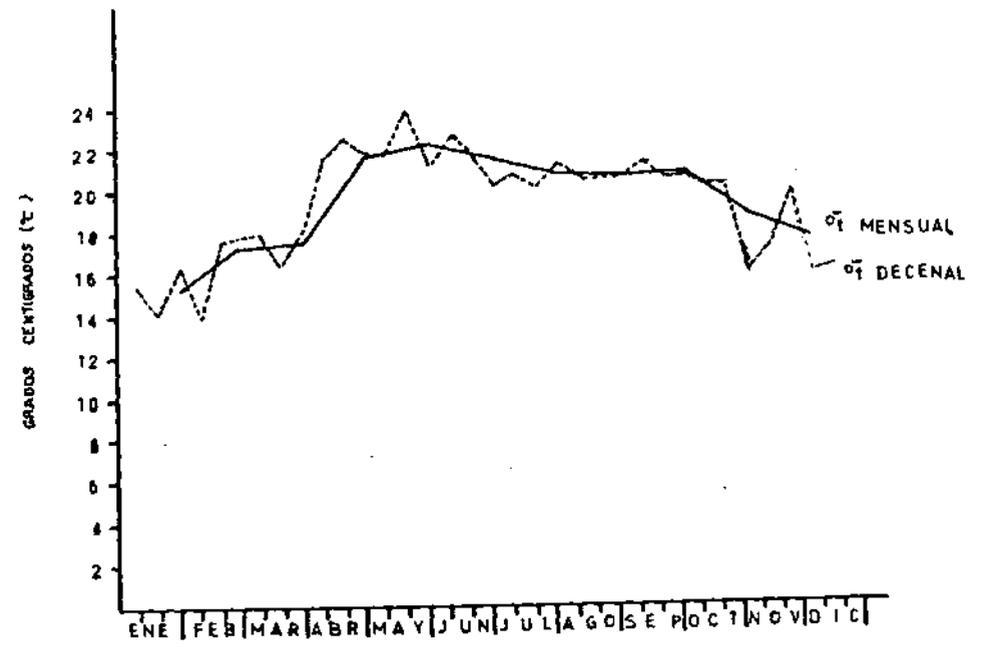


FIG. 6 GRAFICA DE TEMPERATURAS MEDIAS A NIVEL DECENAL Y MENSUAL EN EL CARMEN MPIO DE ZAPOPAN, JALISCO EN EL AÑO DE 1986.

CLASO : 4 TEMPERATURAS DIURNAS Y NOCTURNAS EN °C
PARA LOS AÑOS DE 1983 A 1986 EN EL CARMEN, MPIO. DE ZACAPÁN.

MES	AÑO : 1983	
	TEMP. DIURNA	TEMP. NOCTURNA
ENE	-----	-----
FEB	15.77	9.37
MAR	18.84	12.86
ABR	21.08	15.47
MAY	23.89	18.15
JUN	24.28	20.74
JUL	22.21	15.73
AGO	22.45	19.67
SEP	22.51	15.45
OCT	22.50	17.98
NOV	19.32	14.00
DIC	13.85	12.51

MES	AÑO : 1984	
	TEMP. DIURNA	TEMP. NOCTURNA
ENE	18.30	12.32
FEB	18.72	12.34
MAR	21.60	13.46
ABR	23.02	17.42
MAY	23.53	19.21
JUN	22.89	18.83
JUL	20.86	13.58
AGO	21.85	15.23
SEP	21.60	13.50
OCT	21.23	14.55
NOV	18.56	14.41
DIC	15.37	12.31

MES	AÑO : 1985	
	TEMP. DIURNA	TEMP. NOCTURNA
ENE	17.11	10.66
FEB	15.38	13.56
MAR	21.55	15.12
ABR	23.36	17.70
MAY	25.10	20.98
JUN	22.89	20.13
JUL	21.01	18.31
AGO	21.73	19.11
SEP	22.29	19.83
OCT	22.08	17.58
NOV	18.60	13.20
DIC	13.27	12.47

MES	AÑO : 1986	
	TEMP. DIURNA	TEMP. NOCTURNA
ENE	18.41	12.06
FEB	15.97	13.12
MAR	20.82	14.38
ABR	24.07	18.56
MAY	24.23	20.37
JUN	22.60	20.04
JUL	21.79	15.45
AGO	22.04	15.02
SEP	22.31	19.13
OCT	20.70	16.58
NOV	20.77	14.35
DIC	-----	-----

propuesta por primera vez, según menciona Villalpando, por Angstrom, (1924) citado por Chang, (1968) y propuso la fórmula siguiente

$$R_n = \left(a + b \frac{n}{N} \right) R_a$$

donde

R_n = radiación solar, expresada en cal/ cm²/ min o mm de agua aprovechable

n = número real de horas de insolación

N = duración máxima posible de la insolación

R_a = radiación solar teórica que recibiría la superficie terrestre en ausencia de atmósfera o valores de Angot.

a y b = son coeficientes de regresión, los cuales varían con la localidad.

Los cuadros 5 y 6 muestran valores para N y R_a respectivamente, para todos los meses de diferentes latitudes. Los valores de R_a están expresados como el valor promedio en mm de agua evaporable por día.

Para convertir calorías a mm de agua evaporable se usa la siguiente fórmula

$$\text{mm H}_2\text{O} = \text{calorías} / 58.6$$

$$\text{calorías} = \text{mm H}_2\text{O} \times 58.6$$

El cuadro 7 da a conocer la radiación solar, por insolación en cal/ cm²/ min, promedio a nivel decenal y mensual para los años 1983 a 1986.

Así mismo las figuras 7 8 9 y 10 representan los valores del cuadro 7 - por medio de gráficas - .

CUADRO : 5 DURACION MEDIA DIARIA DE INSOLACION MAXIMA POSIBLE
EN HORAS (H) PARA DIFERENTES MESES Y LATITUDES.

LAT. NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
25°	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.6	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20°	11.0	11.5	12.0	12.5	13.1	13.3	13.2	12.9	12.3	11.7	11.2	10.9

CUADRO : 6 RADIACION SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL AL LIMITE DE LA ATMOSFERA (R_a) EXPRESADO COMO mm DE AGUA EVAPORABLE PARA UNA CONSTANTE SOLAR = 2.00 Cal/cm²min (DATOS A MITAD DE MES).

LAT. NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
22°	10.70	11.30	14.16	15.51	16.32	16.47	16.37	15.81	14.64	12.98	11.11	10.20
20°	11.19	12.71	14.41	15.60	16.27	16.36	16.27	15.85	14.83	13.01	11.61	10.68

ENCARGO: 7 RADIACION SOLAR POR INSOLACION EN delivery from A NIVEL REGIONAL Y MENSUAL

MES	AÑO : 1983			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	244.18	298.39	411.61	311.69
FEB	416.30	441.64	450.49	436.34
MAR	501.55	480.30	509.33	509.78
ABR	515.31	593.14	494.33	579.28
MAY	530.39	582.33	445.80	519.49
JUN	512.43	543.58	414.71	523.70
JUL	482.19	348.06	472.40	469.21
AGO	399.33	455.53	491.33	449.29
SEP	413.34	398.45	450.33	419.09
OCT	448.45	385.30	441.13	419.31
NOV	317.13	378.38	352.33	349.34
DIC	243.33	298.33	247.37	249.34

MES	AÑO : 1984			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	257.37	354.34	399.35	346.32
FEB	331.36	413.18	452.33	404.33
MAR	475.74	432.33	457.34	448.34
ABR	548.38	363.11	404.02	571.35
MAY	548.33	385.74	553.36	557.01
JUN	541.53	402.14	515.33	491.47
JUL	377.33	374.21	483.33	411.66
AGO	470.22	432.33	483.34	449.71
SEP	440.24	357.37	472.33	419.37
OCT	448.55	467.43	415.33	441.37
NOV	414.41	416.11	393.37	399.13
DIC	243.33	244.33	247.33	249.33

MES	AÑO : 1985			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	247.17	293.42	314.32	301.17
FEB	443.31	413.33	419.37	419.33
MAR	503.43	417.47	414.33	419.33
ABR	517.33	461.33	484.33	489.37
MAY	531.33	571.33	553.33	553.33
JUN	543.31	443.31	370.33	458.34
JUL	414.31	413.33	413.33	413.33
AGO	512.33	413.33	413.33	413.33
SEP	413.33	443.33	443.33	413.33
OCT	443.33	413.33	443.33	413.33
NOV	413.33	413.33	373.37	413.33
DIC	244.33	293.33	247.33	249.33

MES	AÑO : 1986			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	400.33	350.33	400.33	411.67
FEB	400.33	400.33	414.33	401.33
MAR	573.33	343.33	333.34	382.33
ABR	573.34	333.33	333.33	382.33
MAY	573.34	343.33	313.33	382.33
JUN	573.34	343.33	313.33	382.33
JUL	373.33	373.34	393.37	413.33
AGO	413.33	393.33	413.33	413.33
SEP	413.33	413.33	393.33	413.33
OCT	413.33	413.33	393.33	413.33
NOV	413.33	413.33	393.33	413.33
DIC	243.33	243.33	243.33	243.33



FIG. 7 GRAFICA DE RADIACION SOLAR POR INSOLACION A NIVEL DECENAL Y MENSUAL EN EL CARMEN MPIO. DE ZAPOPAN, JALISCO. DEL AÑO 1983

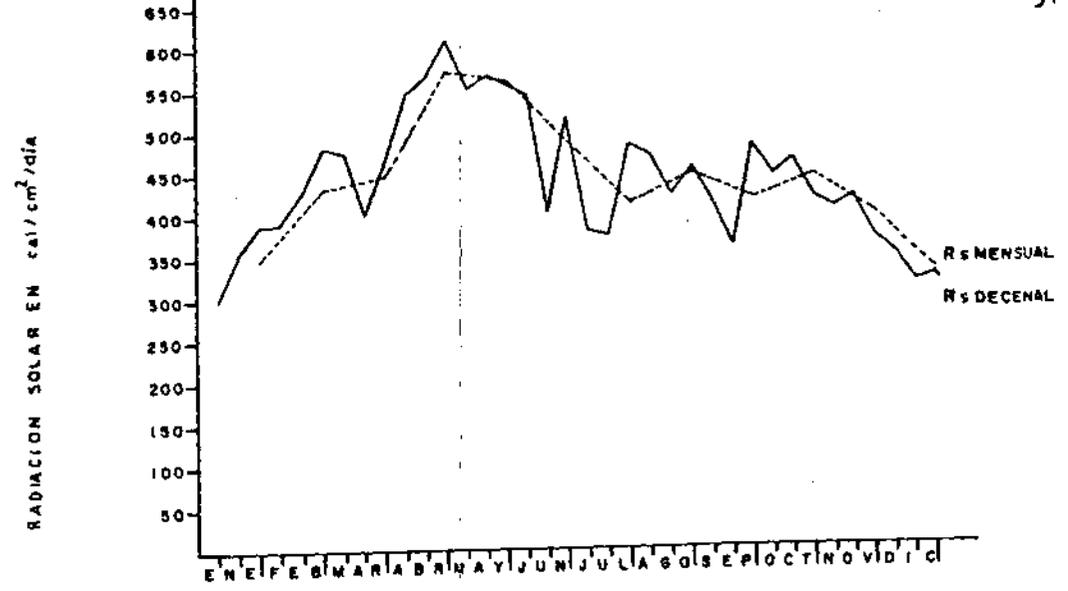


FIG. 8 GRAFICA DE RADIACION SOLAR POR INSOLACION A NIVEL DECENAL Y MENSUAL EN EL CARMEN MPIO. DE ZAPOPAN, JALISCO. DEL AÑO 1984

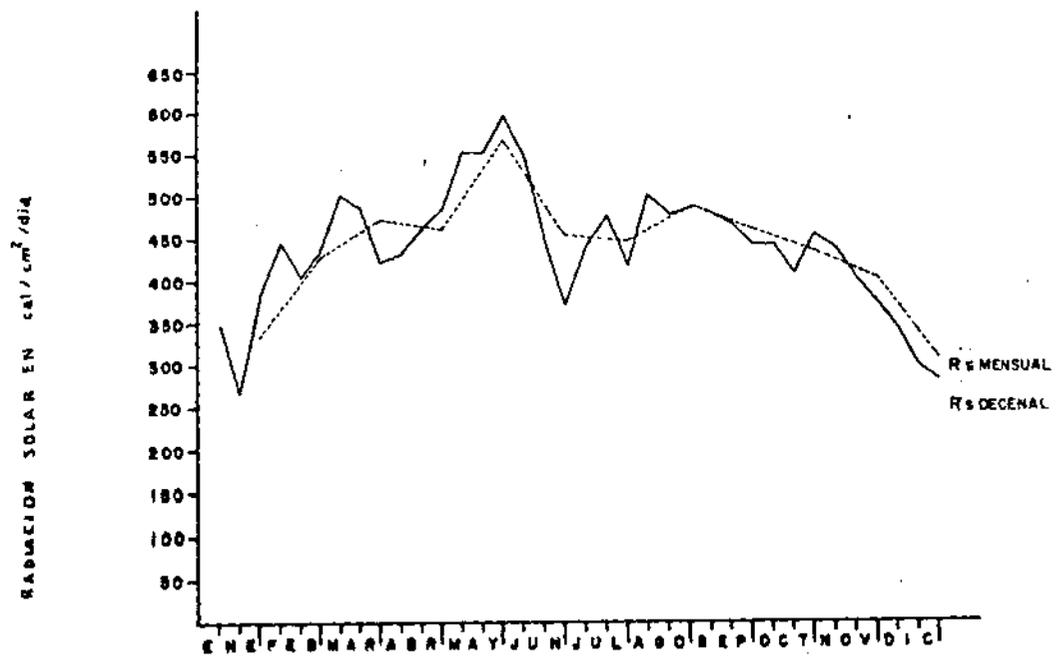


FIG. 9 GRAFICA DE RADIACION SOLAR POR INSOLACION A NIVEL DECENAL Y MENSUAL EN EL CARMEN MPIO. DE ZAPOPAN, JALISCO. EN EL AÑO 1985.

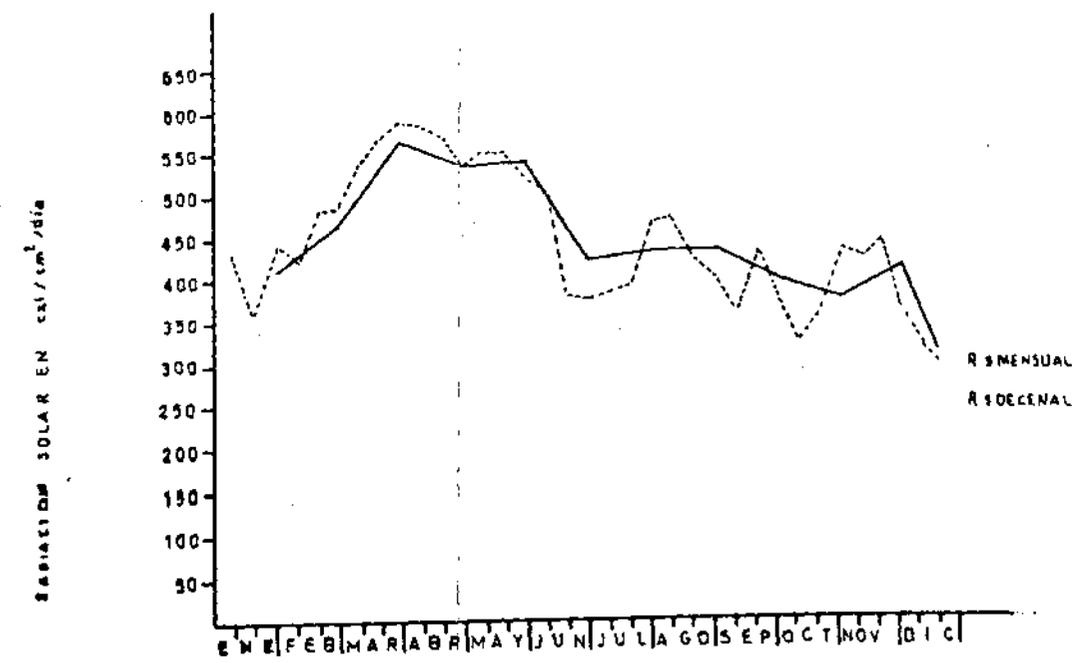


FIG. 10 GRAFICA DE RADIACION SOLAR POR INSOLACION A NIVEL DECENAL Y MENSUAL EN EL CARMEN MPIO. DE ZAPOPAN, JALISCO. EN EL AÑO 1986.

Villalpando, (1985) y Ortíz, (1984) citan que Frere y Popov, (1979) a partir de muchas mediciones hechas en diferentes zonas del mundo, indican que tres conjuntos de coeficientes pueden ser usados dependiendo principalmente de las condiciones climáticas de la zona. Los coeficientes a y b determinados por estos autores son los siguientes

<u>a</u>	<u>b</u>	<u>Zona</u>
0.18	0.55	zonas frías y templadas
0.25	0.45	zonas tropicales y secas
0.29	0.42	zonas tropicales húmedas

Para el presente trabajo se utilizaron los coeficientes de 0.25 y 0.45 para los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y noviembre y diciembre, mientras que, para los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre se recurrió a los coeficientes de 0.29 y 0.42.

4.4.3 PRECIPITACION

Los datos correspondientes a la precipitación se tomaron de las siguientes instituciones: Programa de Agrometeorología del I.N.I.A. Zapopan y se completaron con los datos estadísticos del Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara y del Departamento de Hidrometría de la S.A.R.H.

En la obtención de la precipitación decenal y mensual se tomó la lectura de cada día y enseguida se obtienen los valores para cada decena del mes y luego se procede a determinar la precipitación mensual.

Los promedios decenales y mensuales de la precipitación se encuentran en el cuadro 8 y en las figuras 11 12 13 y 14 se localizan las gráficas correspondientes a precipitación durante los años 1983 - 1986.

4.4.4 EVAPOTRANSPIRACION

Los valores de la evaporación se tomaron del Programa de Agrometeorología de I.N.I.A. Zapopan.

Teniendo los valores de la evaporación diaria se procedió al cálculo de la Evapotranspiración mediante el factor 0.8 propuesto por Doorenbos y

CUADRO: 8 PRECIPITACION PLUVIAL EN mm A NIVEL DECENAL Y MENSUAL

MES	AÑO : 1983			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	-----	-----	-----	-----
FEB	-----	-----	-----	-----
MAR	-----	-----	-----	-----
ABR	-----	-----	-----	-----
MAY	-----	-----	70.00	70.00
JUN	-----	87.00	39.50	126.50
JUL	126.50	83.70	124.60	334.80
AGO	50.10	71.60	76.20	197.90
SEP	5.20	111.90	11.60	128.70
OCT	-----	70.30	10.00	80.90
NOV	10.00	-----	0.40	10.40
DIC	-----	-----	-----	-----

MES	AÑO : 1984			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	17.5	-----	3.90	21.30
FEB	8.3	-----	-----	8.30
MAR	-----	0.90	-----	0.90
ABR	-----	-----	-----	-----
MAY	-----	3.00	9.20	12.20
JUN	60.3	214.20	88.40	362.90
JUL	94.7	87.50	40.00	222.20
AGO	18.5	99.80	55.00	173.30
SEP	122.4	28.30	34.70	185.40
OCT	52.4	31.20	-----	83.60
NOV	14.3	-----	-----	14.30
DIC	-----	0.80	1.60	2.40

MES	AÑO : 1985			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	-----	4.70	-----	4.70
FEB	-----	-----	-----	-----
MAR	-----	-----	-----	-----
ABR	-----	-----	-----	-----
MAY	22.20	-----	-----	22.20
JUN	17.00	144.70	120.80	282.50
JUL	30.40	71.80	62.20	164.40
AGO	108.00	54.30	24.20	186.50
SEP	33.50	31.30	56.00	120.80
OCT	64.80	43.40	15.40	123.60
NOV	12.20	2.30	0.50	15.00
DIC	-----	2.00	3.30	5.30

MES	AÑO : 1986			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	-----	-----	-----	-----
FEB	6.00	-----	-----	6.00
MAR	-----	-----	-----	-----
ABR	-----	-----	3.00	3.00
MAY	-----	-----	10.70	10.70
JUN	7.50	70.10	173.80	251.40
JUL	53.00	94.50	37.80	185.30
AGO	71.30	95.90	65.10	232.30
SEP	57.40	44.40	83.70	185.50
OCT	22.30	9.60	6.90	38.80
NOV	11.30	-----	-----	11.30
DIC	-----	-----	-----	-----

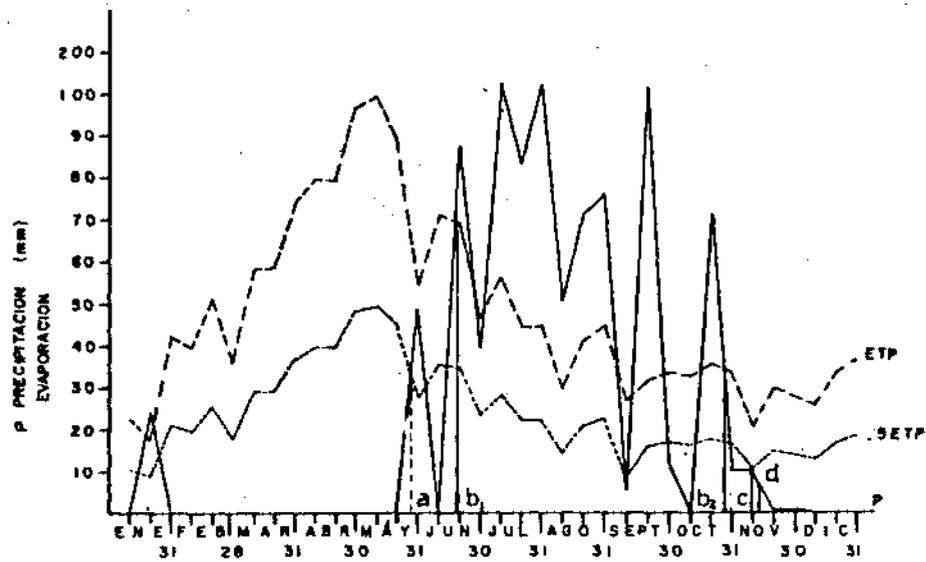


FIG.11 GRAFICA DE ESTACION DE CRECIMIENTO PARA EL CARMEN MPIO DE ZAPOPAN JALISCO DE ACUERDO AL TEMPORAL DE LLUVIAS (AÑO 1983)

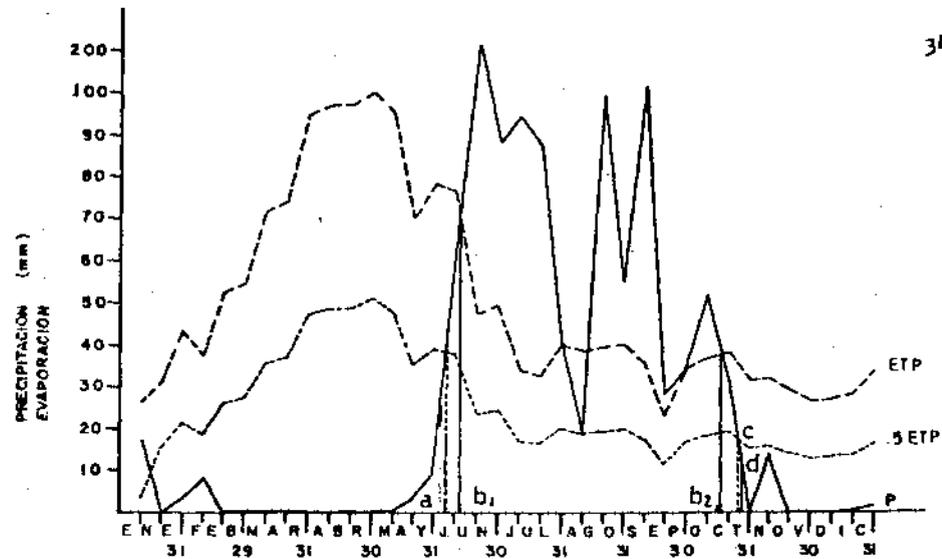


FIG.12 GRAFICA DE ESTACION DE CRECIMIENTO PARA EL CARMEN MPIO DE ZAPOPAN JALISCO DE ACUERDO AL TEMPORAL DE LLUVIAS (AÑO 1984)

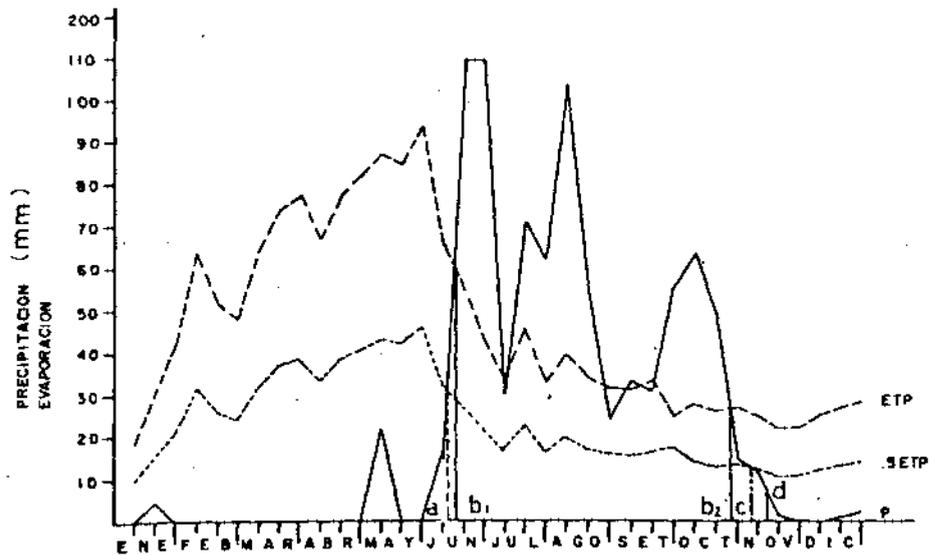


FIG.13 GRAFICA DE ESTACION DE CRECIMIENTO PARA EL CARMEN MPIO DE ZAPOPAN JALISCO DE ACUERDO AL TEMPORAL DE LLUVIAS (AÑO 1985)

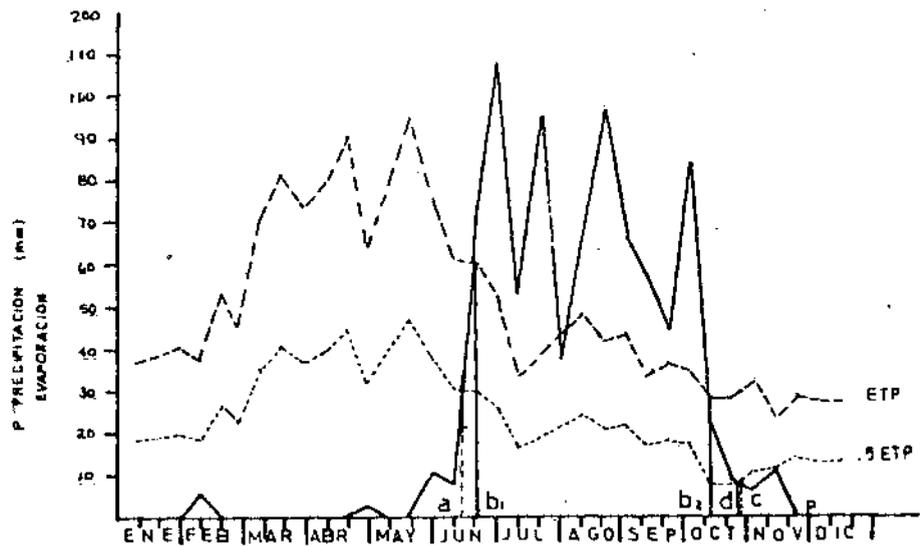


FIG.14 GRAFICA DE ESTACION DE CRECIMIENTO PARA EL CARMEN MPIO DE ZAPAL DE ACUERDO AL TEMPORAL DE LLUVIAS (AÑO 1986)

Fruitt y citado por Nuño 1988 tanto a nivel decenal como mensual mediante la siguiente fórmula

$$ETP = 0.8 \times Ev$$

donde

ETP = evapotranspiración

Ev = evaporación

Los cuadros 9 y 10 muestran los valores de evaporación y evapotranspiración potencial a nivel decenal y mensual respectivamente para los años 1983 - 1986.

La ETP anteriormente calculada se multiplicó por 0.5. El valor de 0.5 ETP no es casual, sino que fué determinado considerando las necesidades de agua para la germinación de cultivos y cuando la precipitación (P) es igual o mayor a 0.5 ETP se satisface ese hecho.

El cuadro 11 muestra los valores decenales y mensual de 0.5 de ETP. La fórmula utilizada fue

$$0.5 ETP = ETP \times 0.5$$

Así mismo para la estimación de la terminación de la estación de crecimiento normal se utiliza el valor de 0.33 ETP ya que la P = 0.33 ETP. Los valores de 0.33 ETP se localizan en el cuadro 12 y dichos resultados se obtuvieron mediante el uso de la fórmula

$$0.33 ETP = ETP \times 0.33$$

Cabe hacer la aclaración que el valor de 0.33 ETP se utiliza cuando hay suficiente humedad en el suelo (HR) y la precipitación pluvial no es factor limitante.

CUADRO: 9 EVAPORACION EN mm/mes A NIVEL GLOBAL Y MENSUAL

MES	AÑO : 1983			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE				
FEB	45.58	44.32	44.33	134.23
MAR	73.06	73.15	91.33	237.54
ABR	95.21	98.39	121.14	314.74
MAY	124.46	112.30	68.40	305.16
JUN	35.30	36.59	58.40	130.29
JUL	70.80	55.10	35.40	161.30
AGO	37.20	51.50	55.30	144.00
SEP	39.30	35.70	41.30	116.30
OCT	30.10	45.50	41.50	117.10
NOV	25.70	30.50	14.30	70.50
DIC	35.70	41.30	35.30	112.30

MES	AÑO : 1984			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE	50	39.50	64.70	154.20
FEB	46.6	65.10	68.30	180.00
MAR	90.2	92.70	118.20	301.10
ABR	121.9	121.70	128.20	371.80
MAY	115.3	37.50	38.70	301.50
JUN	35.7	55.20	42.30	133.20
JUL	42.5	41.60	50.40	134.50
AGO	48.4	49.60	30.30	128.30
SEP	43.1	29.10	49.20	121.40
OCT	48.7	48.50	39.60	136.80
NOV	41.1	37.10	33.70	111.90
DIC	34	38.20	41.50	113.70

MES	AÑO : 1985			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE				
FEB	11.30		33.30	44.60
MAR	32.10	44.30	50.30	126.70
ABR	35.50	31.30	53.30	119.10
MAY	88.30	38.70	122.30	249.30
JUN	115.20	118.20	117.40	350.80
JUL	112.20	65.40	44.30	221.90
AGO	51.30	31.30	14.30	96.90
SEP	50.30	41.30	41.30	132.90
OCT	38.30	41.30	31.30	110.90
NOV	38.40	31.30	14.30	84.00
DIC	31.40	36.30	18.30	86.00

MES	AÑO : 1986			
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.	Mensual
ENE				
FEB	45.50	48.30	50.20	144.00
MAR	48.70	49.20	52.30	150.20
ABR	38.45	111.34	31.45	281.24
MAY	55.60	112.70	30.60	298.90
JUN	98.30	113.30	94.30	315.90
JUL	74.40	58.40	63.70	296.50
AGO	41.10	43.70	54.30	139.10
SEP	50.20	52.30	34.20	136.70
OCT	41.30	48.30	42.20	131.80
NOV	15.30	32.30	40.70	88.30
DIC	39.60	38.10	34.30	112.00

GRUPO: 11 .S DE TRANSPIRACION POTENCIAL MEDIA EN Hoja A Nivel General.

MES	1983		
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.
ENE	10.13	9.82	21.43
FEB	19.33	25.60	17.37
MAR	29.22	29.25	36.76
ABR	35.70	39.59	48.45
MAY	49.73	44.33	27.35
JUN	35.92	34.64	29.44
JUL	28.92	22.64	22.14
AGO	14.08	20.70	22.12
SEP	13.52	15.88	18.76
OCT	16.36	17.82	16.60
NOV	15.28	14.72	13.92
DIC	12.98	14.72	13.32

MES	1984		
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.
ENE	9.20	16.16	21.88
FEB	16.64	26.36	27.32
MAR	34.08	37.03	47.63
ABR	43.72	46.68	51.23
MAY	47.72	38.04	33.46
JUN	39.28	23.68	24.30
JUL	17.00	16.64	21.16
AGO	13.36	13.84	23.60
SEP	13.04	11.84	17.18
OCT	13.64	13.36	23.84
NOV	14.04	14.32	21.46
DIC	13.60	14.00	14.74

MES	1985		
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.
ENE	8.84	-	21.24
FEB	32.04	28.44	24.12
MAR	32.24	33.12	33.68
ABR	33.52	38.68	41.18
MAY	43.68	42.48	46.68
JUN	33.36	27.84	21.30
JUL	16.72	23.72	16.68
AGO	23.52	17.84	18.40
SEP	18.56	14.84	18.74
OCT	14.16	12.24	13.68
NOV	12.56	11.28	11.40
DIC	12.68	13.68	14.32

MES	1986		
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.
ENE	13.60	13.32	21.08
FEB	19.68	26.52	27.72
MAR	35.88	40.61	43.54
ABR	35.84	40.73	44.23
MAY	38.84	47.20	37.32
JUN	30.84	30.16	24.28
JUL	16.36	13.44	21.72
AGO	24.32	21.16	21.68
SEP	14.76	13.12	17.36
OCT	14.16	13.16	14.28
NOV	11.84	14.44	13.92
DIC	12.72	-	-

4.4.5 HELADAS

Para el cálculo de probabilidades de ocurrencia de primera y última helada se utilizó el Método de la Distribución Acumulativa, Villalpando . (1985).

El método utiliza el procedimiento de cálculo de probabilidad de ocurrencia de primera y última helada

$$\text{Para última helada : } Fa = 1 - \frac{K}{m + 1}$$

$$\text{Para primera helada: } Fa = \frac{K}{m + 1}$$

donde

Fa = frecuencia acumulativa

K = número de orden

m = número de años con heladas

En el cuadro 13 aparece los valores de la distribución acumulativa. A estos valores obtenidos se multiplican por 100 para obtener el porcentaje, los valores se encuentran graficados en la figura 20 y a partir de estas se pueden calcular las probabilidades y el número de días al año sin heladas.

4.4.6 HUMEDAD APROVECHABLE

El valor de la humedad aprovechable del suelo fue determinado con el uso de la fórmula siguiente

$$HA = \frac{PH - PS}{PS}$$

donde

HA = humedad aprovechable

PH = peso húmedo

PS = peso seco

CUADRO: 12 .33 DE EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL MEDIA EN mm/día A NIVEL GENERAL

MES	AÑO : 1983		
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.
ENE	6.68	5.86	14.14
FEB	13.08	16.90	11.86
MAR	13.23	19.31	24.23
ABR	26.23	24.12	31.33
MAY	32.35	29.64	13.06
JUN	23.70	22.85	15.47
JUL	18.63	14.54	14.52
AGO	9.32	13.67	14.53
SEP	8.92	10.48	11.06
OCT	10.79	11.56	10.35
NOV	6.73	3.74	3.13
DIC	8.50	11.02	12.09

MES	AÑO : 1984		
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.
ENE	8.71	10.25	14.44
FEB	12.13	17.33	18.03
MAR	23.31	24.27	31.46
ABR	32.15	32.12	33.84
MAY	31.48	23.12	26.03
JUN	25.26	15.62	16.96
JUL	11.22	10.33	13.30
AGO	12.77	13.63	13.25
SEP	11.30	7.63	11.40
OCT	12.22	12.77	10.45
NOV	10.63	3.73	3.35
DIC	8.57	9.37	11.06

MES	AÑO : 1985		
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.
ENE	6.39	-----	14.04
FEB	21.14	17.45	15.31
MAR	21.27	24.44	25.66
ABR	32.12	35.52	37.16
MAY	28.90	33.03	30.99
JUN	21.36	13.32	14.38
JUL	11.08	15.23	11.00
AGO	13.20	11.24	10.32
SEP	10.36	11.13	3.42
OCT	3.34	3.73	3.00
NOV	3.23	7.43	7.32
DIC	3.26	8.34	3.45

MES	AÑO : 1986		
	1a. Dec.	2a. Dec.	3a. Dec.
ENE	13.27	13.75	13.25
FEB	13.32	17.30	14.35
MAR	23.35	24.90	24.33
ABR	26.63	33.75	21.37
MAY	23.35	21.33	24.34
JUN	20.14	13.30	17.34
JUL	11.23	12.33	14.43
AGO	13.33	13.33	14.20
SEP	11.06	12.01	11.46
OCT	3.37	3.33	10.74
NOV	7.31	3.33	3.13
DIC	3.02	-----	-----

CUADRO : 13 DISTRIBUCION ACUMULATIVA PARA EL CALCULO DE PROBABILIDADES DE OCURRENCIA DE PRIMERA Y ULTIMA HELADA DE LOS DATOS CLIMATICOS DE LA ESTACION DE EL CARMEN, MPIO. DE ZARAGOZA JALISCO.

PRIMERA HELADA			ULTIMA HELADA		
FECHA	K	Fa	FECHA	K	Fa
1 DE NOV.	1	0.0809	31 DE ENO.	1	0.9290
2 DE NOV.	2	0.1813	7 DE FEB.	2	0.8461
14 DE NOV.	3	0.2727	11 DE FEB.	3	0.7692
21 DE NOV.	4	0.3636	22 DE FEB.	4	0.6923
26 DE NOV.	5	0.4545	27 DE FEB.	5	0.6153
27 DE NOV.	6	0.5454	27 DE FEB.	6	0.5384
1 DE DIC.	7	0.6363	28 DE FEB.	7	0.4615
1 DE DIC.	8	0.7272	14 DE MAR.	8	0.3846
4 DE DIC.	9	0.8181	15 DE MAR.	9	0.3076
15 DE DIC.	10	0.9090	24 DE MAR.	10	0.2307
			27 DE MAR.	11	0.1538
			12 DE ABR.	12	0.0769

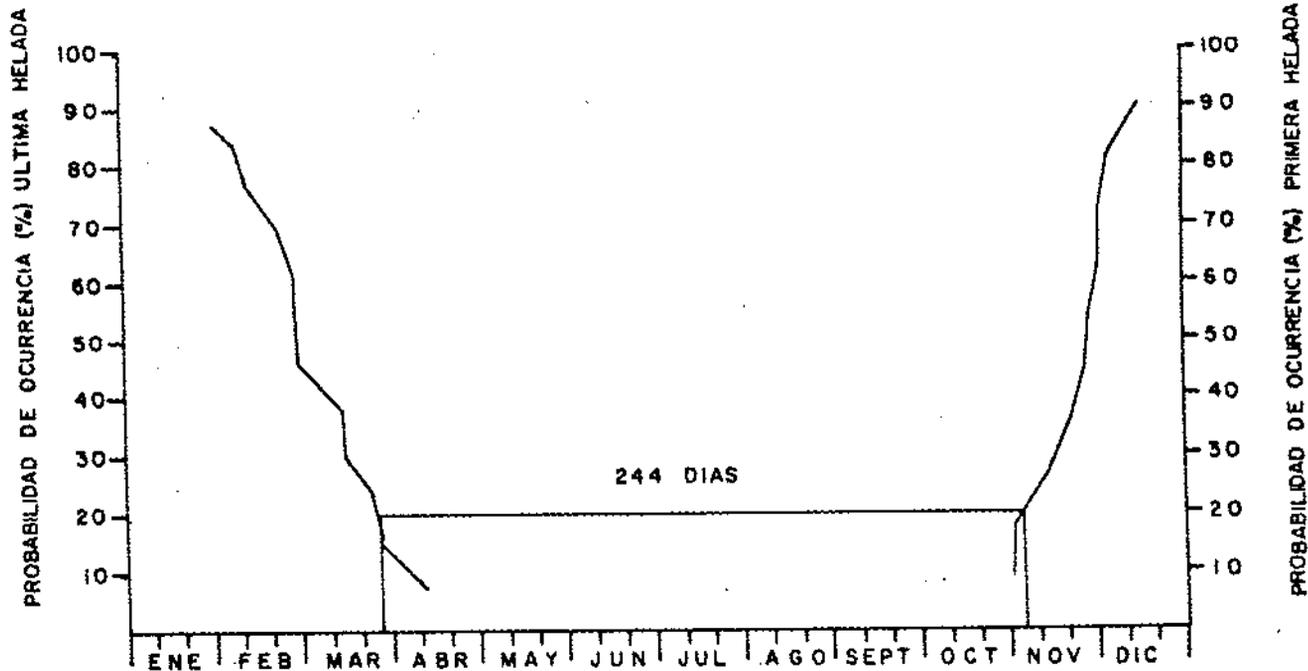


FIG. 20 GRAFICA DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE ULTIMA Y PRIMERA HELADA PARA EL CARMEN, ZAPOPAN, JALISCO.

La toma de las muestras se realizó a una profundidad de 90 cm y se colocó en envases de vidrio y se pesaron. Las muestras húmedas también se pesaron sin envase.

Tomando el peso húmedo se procede a secar la muestra en una estufa de secación, se pesa la muestra y luego se hace junto con el envase. Todos los pesos se hacen en gramos.

4.4.7 LAMINA DE HUMEDAD APROVECHABLE

En la determinación de la lámina de humedad aprovechable del perfil del suelo a una profundidad de 90 cm se hizo con la fórmula siguiente.

$$La = H.A. \times Da \times 150$$

donde

La = lámina aprovechable

Ma = humedad aprovechable

Da = densidad aparente

El cuadro 14 15 16 y 17 muestran los valores de la lámina de humedad y las figuras 15 16 17 y 18 dan a conocer las gráficas correspondientes a dichos valores.

En cuanto a la densidad aparente se procedió a elaborar una tabla de densidad de acuerdo a la profundidad y es la que sigue

$$Da = 1.3 \text{ gr / cc} \quad \text{-----} 0 \quad \text{---} 90 \text{ cm}$$

$$Da = .8 \text{ gr / cc} \quad \text{-----} 90 \quad \text{---} 105 \text{ cm}$$

$$Da = .7 \text{ gr / cc} \quad \text{-----} 105 \quad \text{---} 120 \text{ cm}$$

El valor de 1.3 gr / cc es el utilizado en el presente estudio y corresponde a la profundidad alcanzada por el sistema radicular del maíz.

4.4.8 ESTACION DE CRECIMIENTO

Los pasos a seguir en la determinación de la estación de crecimiento son:

1.- Se tabulan los totales de precipitación y evapotranspiración para cada 10 días de todos los años de la serie climática.

CUADRO : 14 LAMINA DE HUMEDAD AGRU. EN mm DE 0.50 cm DE PROFUNDIDAD.
BAJO CULTIVO DE MAIZ, EN EL CARMEN, MPIO. DE ZAPOCAN, JALISCO.

AÑO : 1983

CUADRO : 15 LAMINA DE HUMEDAD AGRU. EN mm DE 0.50 cm DE PROFUNDIDAD.
BAJO CULTIVO DE MAIZ, EN EL CARMEN, MPIO. DE ZAPOCAN, JALISCO.

AÑO : 1984

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1				277.61			194.67	
2								
3						245.04		
4			223.31					
5					254.89			
6		159.38						
7				289.52				
8								
9								
10						218.41		
11								
12			226.63		249.47			
13		189.94						
14								
15								151.99
16				284.69			209.69	
17	135.30							
18			243.31			241.38		
19					266.22			
20								
21		200.77						
22				271.77				
23								
24						243.73		
25			273.50					
26					259.53			
27								
28		210.99						
29				260.69			202.72	
30	213.58							
31								

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1												
2		217	173									
3	145.52			126.75			296.76					
4												
5									307.63			
6						242.35					276.22	
7								247.85				
8												
9										295.20		
10							295.79					
11									328.98			205.65
12						235.23						
13												256.24
14								267.75				
15												
16				174.06								
17		210.13	125.46				311.94			313.01		
18	217.19											
19							265.61					
20												
21									296.30			
22												
23									298.59		291.07	
24												
25								286.64				219.64
26												
27												
28									287.30	305.46		226.25
29												
30										273.10		
31								286.71				

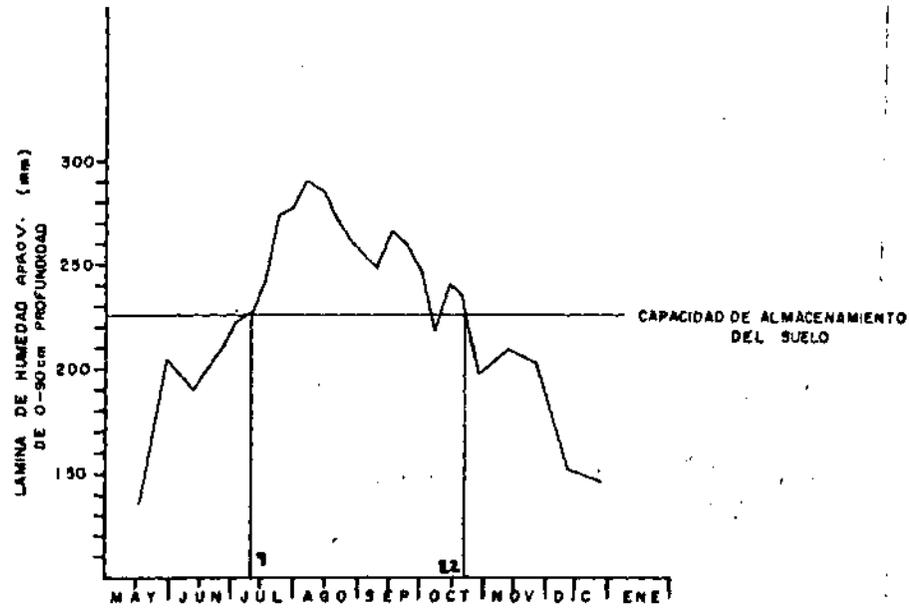


FIG. 15 GRAFICA DE HUMEDAD APROVECHABLE BAJO MAIZ DE 0-90 cm DE PROFUNDIDAD EN EL CARMEN MPIO. DE ZAPOPAN, JALISCO. AÑO 1983

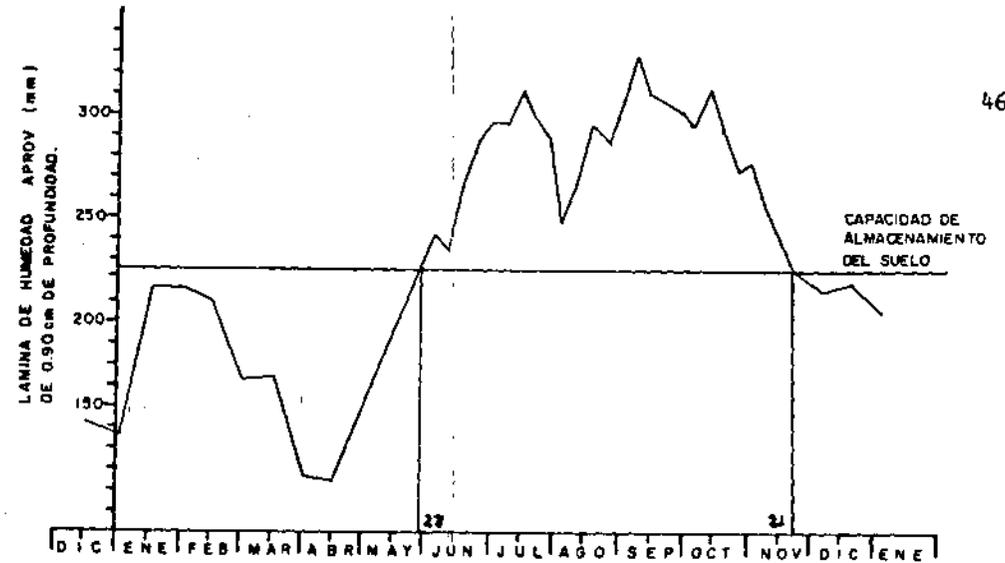


FIG. 14 GRAFICA DE HUMEDAD APROVECHABLE BAJO MAIZ DE 0-90 cm DE PROFUNDIDAD EN EL CARMEN MPIO DE ZAPOPAN, JAL. AÑO 1984.

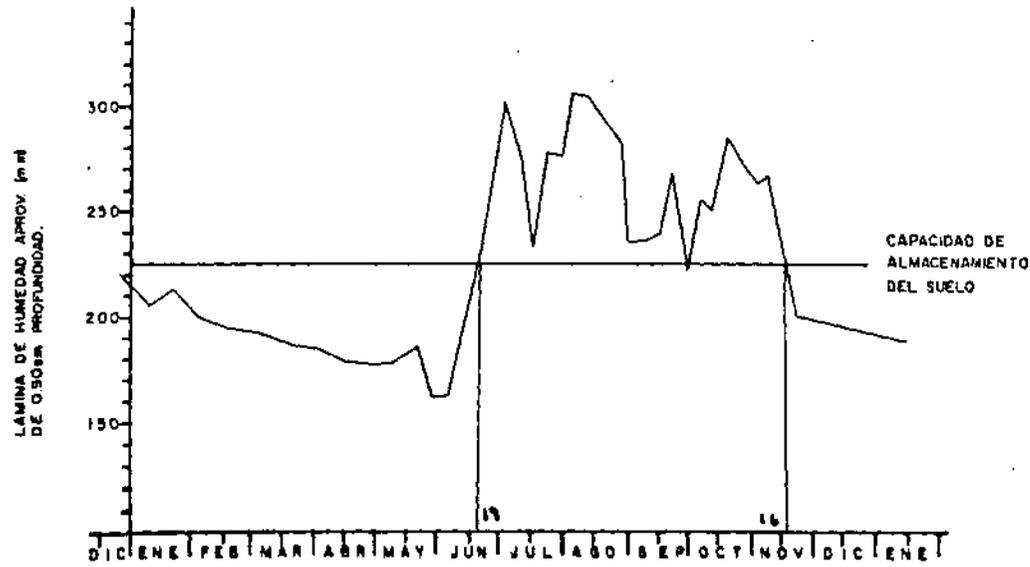


FIG. 17 GRAFICA DE HUMEDAD APROVECHABLE BAJO MAIZ DE 0-90 cm DE PROFUNDIDAD EN EL CARMEN MPIO. DE ZAPOPAN, JAL. AÑO 1985

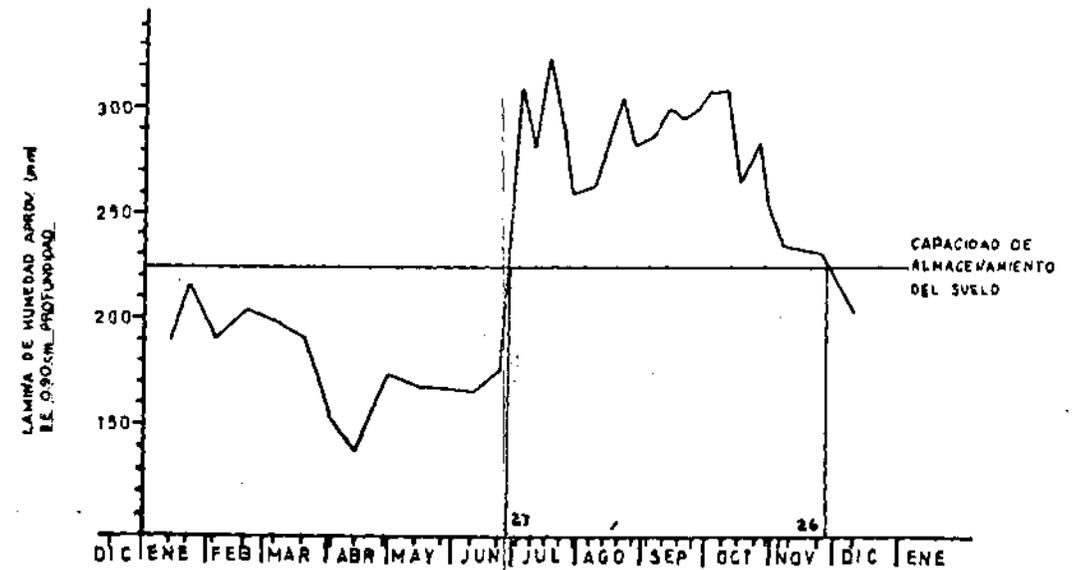


FIG. 18 GRAFICA DE HUMEDAD APROVECHABLE BAJO MAIZ DE 0-90 cm DE PROFUNDIDAD EN EL CARMEN MPIO DE ZAPOPAN, JAL. AÑO 1986.

2.- Calcular el inicio y terminación del período húmedo ($P = ETP$).

La figura 19 muestra los puntos cardinales de la estación de crecimiento y son:

a = inicio de la estación de crecimiento y la estación de lluvias

b_1 = inicio del período húmedo

b_2 = terminación del período húmedo

c = terminación de la estación de lluvias

d = terminación de la estación de crecimiento

La duración de la estación de crecimiento se calcula para la diferencia entre terminación e inicio ($d - a$). El lapso en el que la precipitación es mayor que la ETP se denomina período húmedo ($b_2 - b_1$).

4.5 CALCULO DE INDICES BIOLOGICOS

4.5.1 CALCULO DE RENDIMIENTO DE GRANO, PAJA Y BIOMASA TOTAL

Los rendimientos de grano, paja y biomasa total se estimaron en la densidad de 60,000 plantas por ha.

El rendimiento de paja se refiere a la suma del peso del rastrojo más el peso de clote, y el rendimiento de biomasa total a la suma del peso del grano más el peso de la paja.

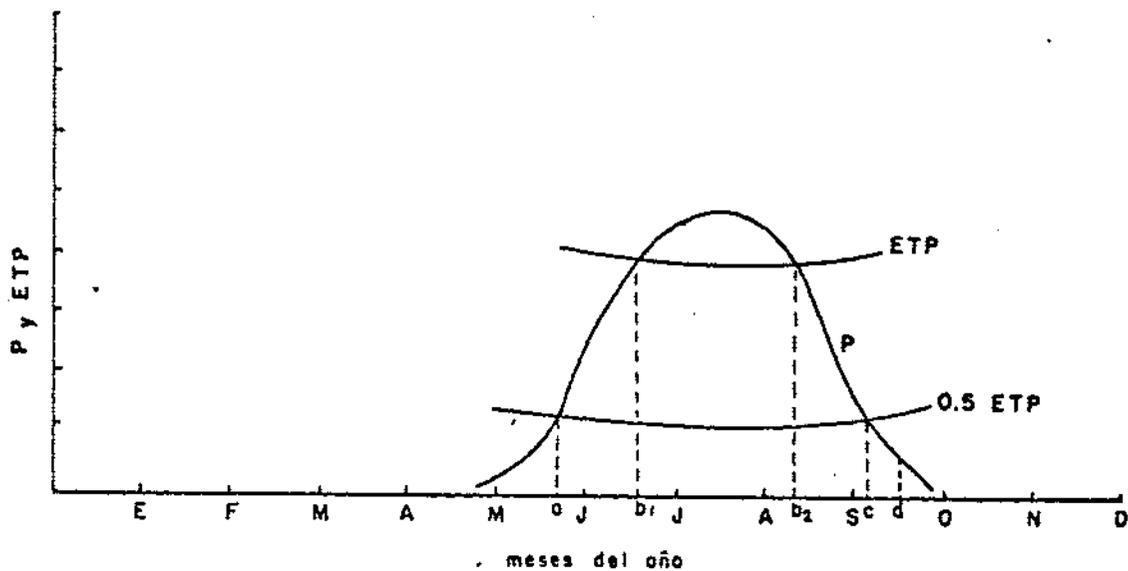
Los rendimientos se estimaron cosechando solamente dos surcos por parcela y siguiendo el procedimiento expuesto a continuación:

a) Se cortaron las plantas al ras del suelo y se pesaron, previa reducción a trozos pequeños, en una báscula de reloj.

b) Se pizaron y pesaron las mazorcas, anotándose las plantas vanas, con carbón, dañadas por ratas y las podridas. Las mazorcas dañadas también se pesaron. Se tomaron al azar unas cuantas mazorcas, se desgranaron y se estimó el porcentaje de humedad del grano con un determinador de humedad de resistencia eléctrica marca Steinlite.

FIGURA 19

ESTACION DE CRECIMIENTO (Frere y Popov, 1979)



Duración de la estación de crecimiento = $d - a$

Duración del periodo húmedo = $b_2 - b_1$

c) Se calculó el peso del rastrojo con la diferencia del peso total de rastrojo con mazorca y el peso de las mazorcas.

d) Se desgranaron todas las mazorcas pesándose el grano y el olote por separado.

e) Al peso del rastrojo se le sumó el peso de los olotes y se obtuvo el peso de paja. Con todos estos datos posteriormente se calculó el rendimiento de grano al 14% de humedad y el rendimiento de paja al 6% de humedad. El rendimiento de biomasa total se obtuvo de la suma de ambos.

El rendimiento de grano en Kg/ ha al 14 % de humedad se obtuvo con la siguiente fórmula

$$\text{Rend. de grano al } 14\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{Kg parcela}) (\text{FC humedad grano})}{(\text{FC tamaño de la parcela})}$$

donde

FC humedad grano = factor de corrección por humedad de grano.

FC tamaño parcela = factor de corrección por tamaño de la parcela.

$$\text{FC humedad grano} = \frac{100 - \% \text{ de humedad a la cosecha}}{100 - 14\% \text{ de humedad deseado}}$$

$$\text{FC tamaño parcela} = \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{superficie del área cosecha en m}^2}$$

El rendimiento de paja en Kg / ha al 6 % de humedad se calculó con la siguiente ecuación

$$\text{Rend. de paja al } 6\% \text{ de humedad} = \frac{1}{(\text{Kg parcela}) (\text{FC humedad rastrojo}) (\text{FC tamaño de la parcela})}$$

1/ se considera el peso del rastrojo más olote

donde

FC humedad rastrojo = factor de corrección por humedad rastrojo

$$\text{FC humedad rastrojo} = \frac{100 - \% \text{ de humedad de la cosecha}}{100 - 6\% \text{ de humedad deseado}}$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{peso húmedo muestra MS}) - (\text{peso seco muestra MS})}{\text{peso húmedo muestra MS}}$$

4.5.2 CALCULO DE RENDIMIENTO POTENCIAL

Una de las aplicaciones tal vez más importantes de la agronometeorología es la evaluación de la potencialidad para la producción de diferentes cultivos en una zona.

El rendimiento máximo de un cultivo esta determinado por sus características genéticas y por la buena adaptación del cultivo al ambiente predominante.

El rendimiento máximo se define, Doorenbos (1979), citado por Ortiz (1984), como el rendimiento cosechado de una variedad de gran producción, bien adaptada al ambiente vegetativo que se trate, incluyendo el tiempo disponible para llegar a su madurez, en condiciones tales que su rendimiento no esté limitado por el agua, los nutrientes, las plagas o las enfermedades. Ortiz, 1984.

La máxima producción bruta de materia seca / día se obtiene cuando el índice de área foliar es máximo. La tasa de acumulación de materia seca puede ser calculada con la siguiente fórmula, FAO, (1978) :

$$MS = F \times b_0 + (1 - F) b_c$$

donde

MS = producción máxima de materia seca en Kg / ha / día

b_c y b_0 = proporción de fotosíntesis bruta diaria para cultivos en días despejados y en días nublados respectivamente, para una fotosíntesis máxima (P_m) de 20 Kg / ha / hora.

$$F = (A_c - 0.5 R_s) \div 0.8 A_c$$

F = es la fracción del día con cielo nublado

A_c = radiación fotosintéticamente activa (radiación solar de longitud de onda (λ) de 0.4 a 0.7 μ) para días completamente despejados

R_s = radiación solar en cal / cm^2 / día

El cuadro 18 presenta valores de A_c , b_c y b_o para diferentes latitudes.

El valor obtenido de acumulación de materia seca promedio por día es para una fotosíntesis máxima (P_m) de 20 Kg/ ha/ día. Sin embargo, como la tasa de fotosíntesis máxima para maíz es mayor (65 Kg/ ha/ día), entonces hay un incremento de 225 % con respecto al valor de 20 Kg/ ha/ día. Luego, resulta necesario hacer un ajuste, éste se hace con la fórmula siguiente:

$$MS \text{ ajustada} = MS + \frac{y/5}{100} \times F \times b_o + \frac{y/2}{100} \times (1 - F) \times b_c$$

en donde $y = 225$

El valor se estimó considerando un índice de área foliar igual a 5 ($IAP = \text{área foliar en m}^2 / \text{superficie en m}^2$), es decir, un índice máximo donde se tenga una tasa máxima de desarrollo.

El siguiente paso es calcular la materia neta total (MS_n), para esto se utiliza la fórmula siguiente:

$$MS_n = 0.36 MS / \left[(1/N) + 0.25 \times C_t \right]$$

donde

N = duración en días del ciclo de cultivo

$$C_t = C_{30}(0.044 + 0.0019 T + 0.0010 T^2)$$

donde

C_t = factor de corrección por respiración del cultivo usando la temperatura.

T = temperatura media durante el ciclo vegetativo

C_{30} = constante:

CUADRO : 18 RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA PARA DIAS DESPEJADOS (Ac) EN cal/cm².día Y TASA DIARIA DE FOTOSINTESIS BRUTA PARA CULTIVOS EN DIAS DESPEJADOS (bc) Y DIAS NUBLADOS (ba) EN Kg/har/día PARA UNA FOTOSINTESIS MAXIMA (bm) DE 20 Kg/har-hora.
FUENTE : DE WTC.

LATITUD NORTE		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
20°	Ac	243	298	337	376	394	400	399	386	357	310	264	238
	bc	334	371	407	433	450	463	465	451	425	387	343	325
	ba	170	136	215	295	246	150	243	242	226	203	173	154
30°	Ac	191	245	303	363	400	417	411	394	333	270	210	173
	bc	261	333	385	437	471	489	483	456	412	356	299	269
	ba	137	163	200	232	251	261	259	243	216	182	148	130

Leguminosas = 0.0283

No leguminosas = 0.0108

El valor obtenido corresponde al total de biomasa seca acumulada para maíz de un ciclo de 150 días de siembra a madurez.

A partir de la biomasa total, es posible calcular el rendimiento potencial de la parte de mayor valor económico, por lo que se hace necesario conocer el índice de cosecha y se obtiene como sigue:

$$I.C = \frac{\text{rendimiento grano o económico}}{\text{rendimiento total o biológico}}$$

En donde ambos rendimientos se determinaron para un mismo porcentaje de humedad (14 %).

El rendimiento potencial será igual a

$$Y_p = MS_n \times I.C.$$

en donde

Y_p = rendimiento potencial

MS_n = materia seca neta

IC = índice de cosecha

Este rendimiento potencial sería aquel que se obtendría sin ningún tipo de restricción de suelo, de protección al cultivo, de manejo, de fertilidad o restricciones climáticas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1.1 TEMPERATURAS

Estudiando el cuadro 2, respecto a las temperaturas mínimas, se presenta lo siguiente:

	TEMP.MAS BAJA	PROM.MENS.BAJO	PROM. EST. CREC.
1983	11.05° C (2 ^a dec. may)	11.25° C (may.)	14.19° C
1984	11.00° C (2 ^a dec. oct.)	11.27° C (oct.)	13.81° C
1985	13.30° C (1 ^a dec. may.)	12.48° C (oct.)	14.58° C
1986	13.50° C (2 ^a dec. sep.)	12.14° C (oct.)	14.23° C

De acuerdo con los resultados la temperatura mínima no alcanza a perjudicar el desarrollo adecuado del cultivo del maíz, ya que, la mínima temperatura para su germinación es de aproximadamente 10 °C. El promedio durante los 4 años que comprendió el estudio es de 14.20° C.

Examinando el cuadro 3, referente a las temperaturas medias, se da a conocer lo siguiente:

	TEMP. MEDIA ALTA	PROM. MENS.ALTO	PROM. EST. CREC.
1983	22.85° C (2 ^a dec. jun.)	22.51° C (jun)	21.7° C
1984	22.09° C (3 ^a dec. may)	21.42° C (may.)	20.37° C
1985	23.52° C (3 ^a dec. may)	22.99° C (may.)	20.96° C
1986	23.72° C (2 ^a dec. may)	22.15° C (may.)	20.73° C

Conforme a los resultados obtenidos de la temperatura media esta se encuentra dentro del rango de lo óptimo, se alcanza a percibir un ligero descenso hacia el final del ciclo vegetativo. El promedio de los 4 años fue de 20.80° C.

Analizando el cuadro 19, tocante a las temperaturas máximas, se da a conocer lo siguiente:

	TEMP. MAX. ALTA	PRCM. MENS. ALTO	PROM. EST. CREC.
1983	33.95°C (2 ^a dec. may)	30.83°C (may.)	28.14° C
1984	30.95°C (1 ^a dec. may)	30.51°C (may.)	26.95° C
1985	32.81°C (3 ^a dec. may)	32.13 °C (may.)	27.81° C
1986	34.4° C (2 ^a dec. May)	31.92° C (may.)	27.40° C

La temperatura máxima no presenta algun inconveniente para el mejor desarrollo del cultivo del maíz en la localidad estudiada. La temperatura promedio de la máxima es de 27. 57° C .

Revisando el cuadro 4, en lo que toca a las temperaturas diurnas y nocturnas, se anota lo siguiente:

	TEMP. DIURNA ALTA	PROM. EST. CREC.
1983	24.28° C junio	22.97° C
1984	23.53° C mayo	21.97° C
1985	25.10° C mayo	22.48° C
1986	24.23° C mayo	22.31° C

	TEMP. NOCTURNA BAJA	PROM. EST. CREC.
1983	17.86° C octubre	19.44° C
1984	16.55° C octubre	18.68° C
1985	17.58° C octubre	19.24° C
1986	16.68° C octubre	19.06° C

La temperatura nocturna es adecuada para un desarrollo adecuado ya que temperaturas nocturnas inferiores a 13° C el maíz presenta problemas

para su crecimiento

Siendo Zapopan un municipio extenso es recomendable establecer más estaciones meteorológicas para el registro de temperaturas mínimas, máximas medias, diurnas, nocturnas y media de las 24 Hs, ya que actualmente se tiene que completar los datos con los de otras estaciones meteorológicas, haciendo estimaciones de los datos faltantes.

5.1.2 RADIACION SOLAR

La radiación media ($\text{cal/cm}^{-2}/\text{día}^{-1}$) durante la estación de crecimiento de cada año que duró el estudio es:

1983	456.12	$\text{cal/cm}^{-2}/\text{día}^{-1}$
1984	466.57	$\text{cal/cm}^{-2}/\text{día}^{-1}$
1985	487.43	$\text{cal/cm}^{-2}/\text{día}^{-1}$
1986	430.17	$\text{cal/cm}^{-2}/\text{día}^{-1}$

El maíz siendo un cultivo catalogado como de fotosíntesis C₄, requiere de altas intensidades de radiación solar aproximadamente mayor a $1.0 \text{ cal/cm}^{-2}/\text{min}^{-1}$.

Se recomienda hacer más estudios posteriores sobre la radiación solar en especial en los meses de julio y agosto que es cuando se presentan más nublados los cuales disminuyen la intensidad de la radiación solar.

5.1.3 PRECIPITACION

Examinando el cuadro se presentan los datos finales siguientes:

	PRECIFITACION ANUAL	PREC. EST. CREC.	PROM. MENSUAL ALTO
1983	949. 2 mm	812. 2 mm	334.80 mm (jul.)
1984	1086. 7 mm	1039. 6 mm	362.90 mm (jun.)
1985	931. 0 mm	862. 3 mm	282.50 mm (jun.)
1986	924. 9 mm	904. 6 mm	251.40 mm (jun.)

La precipitación es adecuada y suficiente en cuanto los promedios así lo indican. Se sugiere ampliar la relación que hay entre la cantidad de precipitación y la etapa fenológica para determinar de una manera más precisa las necesidades hídricas de cada etapa del desarrollo del cultivo del maíz.

5.1.4 EVAPOTANSPIRACION

Examinando el cuadro 10, se tienen los promedios de la ETP para la estación de crecimiento de los siguientes años.

1983	47.69 mm / mes
1984	52.32 mm / mes
1985	45.91 mm / mes
1986	48.39 mm / mes

El conocimiento de la ETP se hace necesario a fin de relacionarla con la precipitación a fin de establecer un adecuado balance hídrico del cultivo. Se recomienda hacer un estudio más exhaustivo de la ETP.

5.1.5 HELADAS

La última helada se presenta el 24 de marzo y la primera el día 5 de noviembre por lo que se tienen 224 días libres de heladas y de aquí se puede establecer que las heladas no presentan riesgo alguno para el maíz en la localidad de el Carmen, Municipio de Zapopan.

5.1.6 HUMEDAD AFROVECHABLE

Viendo las figuras 15 a 18 y revisándolas se observa lo siguiente:

	C.C.	DECRECE L.H.A	INICIO PERIODO HUMEDO	FINAL
1983	9 jul	22 oct.	17 jun.	23 oct.
1984	27 may	21 nov.	10 jun.	12 oct.
1985	19 jun	16 nov.	12 jun.	24 oct.
1986	27 jun	26 nov.	19 jun.	7 oct.

5.1.8 ESTACION DE CRECIMIENTO

Examinando la figura 11-14, se presentan los datos siguientes:

		1983	1984	1985	1986
Inicio de Est. de Lluvias	($P \geq 0.5$ ETP)	27 may	4 jun	11 jun	12 jun
Inicio del período Húmedo	($P \geq$ ETP)	17 jun	10 jun	12 jun	19 jun
Terminación del período Húmedo	($P =$ ETP)	23 oct	12 oct	24 oct	7 oct
Terminación de la Est. de Lluvias	($P \leq 0.5$ ETP)	26 oct	22 oct	4 nov	24 oct
Terminación de la Est. de Crecimiento	(0.33 ETP)	9 nov	19 nov	11 nov	23 oct
Duración de la Est. de Crecimiento	(0.5 ETP)	152 días	140 días	146 días	134 días
Duración de la Est. de Crecimiento	($P \geq$ ETP)	128 días	124 días	134 días	110 días

Como se observa, el período húmedo coincide generalmente con el 0.5 ETP, además el 0.5 ETP toma en cuenta las pequeñas precipitaciones antes de la normalización del temporal de lluvias ($P \geq$ ETP). En la finalización de la estación de crecimiento se utiliza 0.33 ETP, ya que, se consideran las reservas de agua que queda en el subsuelo después del período húmedo, ésta reserva de agua es propia de los suelos Zapopenos.

Cabe hacer la aclaración que la simbología utilizada corresponden a la figura 1.

Esto muestra que durante la estación de crecimiento del maíz en Zapopan, Jal. no se presenta ningún déficit de humedad del suelo, sino que, los niveles de humedad se mantienen arriba de la capacidad de campo. Incluso, al final del período húmedo el suelo sigue presentando la capacidad de campo de humedad. Esta humedad favorece la implantación de un cultivo de invierno, pero, la humedad decrecería y se presentaría el inconveniente de la siembra del maíz de primavera-verano ya que la fecha de siembra se recorrería por la falta de humedad en el suelo.

5.2.1. RENDIMIENTO DE GRANO, PAJA Y BIOMASA

Los rendimientos observados en el cuadro final muestra un rendimiento promedio de 19.7 ton / ha, cabe hacer la aclaración que no se cuenta con el rendimiento del año 1986, este promedio observado indica que los rendimientos son muy buenos. Convendría llevar un control más efectivo de todos aquellos factores que pudieran incidir en el rendimiento del maíz.

5.2.2. RENDIMIENTO POTENCIAL

El cálculo del rendimiento potencial del cultivo de maíz muestra que los rendimientos reales fueron muy superiores a los rendimientos potenciales, esto indica que Zapopan es un lugar muy apto para el cultivo del maíz.

COMO PARTE DE LA F.A.O. SE PRESENTA EL SIGUIENTE CUADRO FINAL

	1983	1984	1985	1986
VARIEDAD DE MAIZ	H-311	H-311	H-311	H-311
FECHAS DE SIEMBRA	17/05/83	30/04/84	8/05/85	16/05/86
DIAS A MADUREZ	164	177	161	154
TEMPERATURA MEDIA	21.17	20.37	20.96	20.73
RADIACION SOLAR	456.12	466.57	478.43	430.17
UNIDADES CALOR	1808	1831	1728	1736
UNIDADES FOTOTERMICAS	2311	2351	2225	2272
DENSIDAD PTAS/HA.	60,000	70,224	60,000	60,000
REND. GRANO 14 % HUM.	9,073.28	6,297.90	9,973.13	5,389.00
REND. RASTROJO 6 % HUM.	7,606.37	14,811.20	11,246.26	_____
REND. TOT.GRANTRAST. Kg	16,679.65	21,108.87	21,219.39	_____
INDICE AREA FOLIAR	6.2	7.6	5.02	_____
INDICE COSECHA	.55	.29	.45	.5
RENDIMIENTO POTENCIAL	16,682.94	9,506.45	14,163.73	18,330.96
GRUPO ADAPTABILIDAD	INTERMEDIO	ENTRE	GRUPO III Y	IV

VI CONCLUSIONES

- 1.- Las fechas de inicio y final del período de crecimiento varían en razón de la precipitación, lo cual afectaría únicamente al cultivo del maíz desde la siembra hasta el inicio del período húmedo.
- 2.- La estación de crecimiento en Zapopan es aproximadamente de 150 días, el cual no presenta problemas al final por una posible helada que afectara al cultivo del maíz.
- 3.- El tipo de estación de crecimiento en el Carmen Ampio, de Zapopan es de tipo normal.
- 4.- Las temperaturas mínimas, medias, máximas, diurnas y nocturnas resultan favorables para el desarrollo del cultivo del maíz.
- 5.- En cuanto a la radiación solar se hace necesario realizar más estudios en cuanto a la influencia de la radiación solar sobre el cultivo, en especial en los meses de junio, julio y agosto que es donde se presenta una mayor cantidad de nubosidad.
- 6.- La evapotranspiración potencial (ETP) es un índice climático que nos ayuda a determinar el inicio y final de la estación de crecimiento, por lo que se hace necesario realizar más investigaciones acerca de este factor y su influencia en la caracterización climática de una región.
- 7.- Respecto a las necesidades hídricas del cultivo del maíz, el período húmedo es adecuado para el buen desarrollo del maíz, se harían críticas las necesidades de agua entre el momento de la siembra y el inicio del período húmedo, ya que, en Zapopan se aprovecha la humedad residual y se siembra hasta con un mes de anticipación. Zapopan se encuentra en una región de eficiencia pluviométrica eficiente.
- 8.- Se hace necesario, debido a la irregularidad de la precipitación, manejar probabilidad de lluvias mediante el método distribución gama incompleta por su versatilidad en base al riesgo que se desea tomar.
- 9.- Se recomienda el cálculo del índice de humedad (IH = PRECIPITACION/ETP) para conocer las necesidades hídricas de un cultivo dado.
- 10.- La estación de crecimiento en Zapopan permite que el cultivo del maíz se encuentre en una zona de eficiencia alta.

11.- Es necesario conocer y estudiar más acerca de las reservas de humedad que queda en el suelo después de la estación de crecimiento y qué tan to afectan estas reservas la implantación de un cultivo invernal.

Por lo anteriormente mencionado se sugiere que haya estaciones meteoro lógicas mejor equipadas, contar con un buen control de funcionamiento de las mismas, contar con personal suficiente y capacitado para la toma de datos climáticos y no menos importante es contar con eficiente sistema de almacenamiento y control de datos.

VIII BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aldrich, S.R. y E.R. Leng. 1974. Producción Moderna del Maíz. Traducido de la Edición en Ingles por Oscar Martinez T. y Patricia Leguissamon. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 17 pag.
- 2.- Brauer, H. O. 1981. Fitogenética Aplicada. México, Limusa. 149 pag.
- 3.- Centro Nacional de Estudios Municipales. 1988. Los Municipios de Jalisco. Enciclopedia de Los Municipios de México. México, D.F., Secretaría de Gobernación, 809 - 810 pag.
- 4.- Coordinación de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, Centro de Documentación. 1981. Síntesis Geográfica de Jalisco. México, D.F., Secretaría de Programación y Presupuesto. 84 - 92 pag.
- 5.- _____ Síntesis Geográfica de Jalisco. Anexo Cartográfico. México, D.F., Secretaria de Programación y Presupuesto.
- 6.- Departamento de Hidrometría. 1983. Observaciones Climatológicas Hechas a las 8 Ha. Guadalajara, Jal., Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- 7.- Dirección General de Geografía y Meteorología. 1976. Normales Climatológicas Período 1941 a 1970. México, D.F., Secretaría de Agricultura y Ganadería. 30 y 347 pag.
- 8.- F.A.O. 1981. Informe del Proyecto de Zonas Agroecológicas, Metodología y Resultados para América del Sur y Central. Recursos Mundiales del Suelo. Roma. Reporte 48, Vol. 3
- 9.- _____ 1976. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. Roma. 31 - 41 pag.
- 10.- _____ 1978. Report on the Agroecological Zone Project, Methodology and Results for Africa. World Soil Resources. Report 48 Vol 1. Africa.
- 11.- Instituto de Astronomía y Meteorología. 1986. Factores Climáticos de Guadalajara. Datos Estadísticos. Guadalajara, Jal., Universidad de Guadalajara.

- 12.- Jara, I. A. 1988. Análisis de Crecimiento de Cuatro Variedades de Maíz (*Zea mays* L.) en el Municipio de Zapopan, Jal. Tesis Profesional. Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal.
- 13.- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 1981. Resultados y Avances Logrados durante el período de 1961 - 1981. México, I.N.I.A. Bajío.
- 14.- Jugenheimer, W. R. 1981. Maíz. Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. México, Limusa. 42 - 45, 256 - 274 pags.
- 15.- Nuño, R. R. 1988. Determinación de Zonas de Eficiencia Agroclimática para el Maíz. Tesis de Maestro en Ciencias. Escuela de Graduados de la Universidad de Guadalajara. 68 pags.
- 16.- Ortiz, S.C.A. 1984. Elementos de Agrometeorología Cuantitativa con Aplicaciones en la República Mexicana. Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo, México. 3 - 227 pags.
- 17.- Parsons, B. D. 1983. Maíz, Manuales para Educación Agropecuaria, Area: Producción Vegetal. México, Trillas. 19 - 22 pags.
- 18.- Poehlman, J. M. 1981. Mejoramiento Genético de las Cosechas. México, Limusa. 263 - 266 pags.
- 19.- Torres, B. E. 1983. Agro Meteorología. México, Diana. 39, 67, 81, 113 pags.
- 20.- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos. 1985. Informe Técnico de Estudio Agroclimatológico del Distrito de Temoral I, Zapopan, Jal. Componente Tecnológica. Trabajo Mimeográfico. Zapopan, Jal, S.A.R.H.
- 21.- Servicios de Economía, Estadística y Cooperativas del Departamento de Agricultura de los E.U.A. 1978. Técnicas de Muestreo para la Medición y Pronosticación de los Rendimientos de los Cultivos. E.U.A., U.S. Department of Agriculture, Agosto 1978. 31 pag.

- 22.- Vasili, A.K. y G. V. Rudnev. 1980. Agrometeorología Tropical.
Cuba, Científico - Técnica. 20 pag.
- 23.- Velazquez, G. J.J. 1985. Caracterización Agroclimáticas y Alternativas de Cultivo para una Región de Temporal Deficiente en el Estado de Hidalgo. Tesis Profesional. Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal.
- 24.- Villalpando, I. J. F. 1985. Metodología de Investigación en Agrometeorología, Curso para Aspirantes a Investigadores (INIA, INIF, INIP). México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 27 - 38, 48, 67, 93 - 100, 114 - 122 pags.