



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**ESTUDIO AGROCLIMATOLÓGICO DE LA ZONA
LERMA-XONACATLAN, EN EL ESTADO DE MEXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A:

Francisco Vázquez Ortiz



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	PAG.
LISTA DE TABLAS	I
LISTA DE GRAFICAS	III
LISTA DE PLANOS	VI
RESUMEN	VII
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	1
2.1 Objetivos	1
2.2 Hipótesis	2
3. LOCALIZACION DEL PROYECTO	2
3.1 Localización geográfica, política y extensión	2
3.2 Vías de comunicación	2
3.3 Tenencia de la tierra	3
3.4 Aspectos socioeconómicos	3
4. METODOLOGIA	3
4.1 Recopilación de información básica	3
4.1.1 Localización de las estaciones climatológicas	4
4.1.2 Registros y procesamiento de datos de clima	4
4.1.2.1 Precipitación	5
4.1.2.2 Evaporación	5
4.1.2.3 Temperatura	6
4.1.2.4 Humedad relativa	6
4.1.2.5 Viento	6
4.1.3 Información sobre suelos	7
4.1.3.1 Series existentes	7
4.1.3.2 Constantes de humedad y propiedades físicas	8

	PAG.
4.2 Area de influencia de las estaciones	10
4.3 Caracterización del clima	10
4.3.1 Clasificación	10
4.3.2 Cartografía de los fenómenos climáticos	12
- Régimen Térmico	13
4.4 Análisis de algunos elementos del clima	14
4.4.1 Heladas	14
4.4.2 Granizo	15
4.4.3 Viento	16
4.5 Cultivos actuales y cultivos probables	16
- Cultivos actuales	16
- Cultivos probables	17
- Determinación del período vegetativo	18
- Cultivos propuestos	18
4.5.1 Necesidades hídricas (evapotranspiración)	21
4.5.2 Fenología de los cultivos	22
4.6 Cálculo del índice agroclimático (en proyectos de tempo- ral)	23
4.6.1 Lluvia probable	23
4.6.2 Balance hídrico	25
- Capacidad de retención de humedad del suelo	25
- Balance hídrico seriado y balance hídrico con lluvia probable	25
- Balance hídrico suelo - cultivo	26
4.6.3 Afectaciones freáticas	27
4.7 Relación índice agroclimático - rendimiento	27
4.8 Deficiencias a cubrir mediante el riego	28

	PAG.
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
5.1 Conclusiones	29
5.2 Recomendaciones	31
6. BIBLIOGRAFIA	
ANEXO A (TABLAS)	
ANEXO B (GRAFICAS)	
ANEXO C (PLANOS)	

LISTA DE TABLAS

No.	TABLA
1	ESTACIONES METEOROLOGICAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO
2	REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS ESTACION ALMOLOYA DEL RIO
3	REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS ESTACION ATARASQUILLO
4	REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS ESTACION HACIENDA DE LA Y
5	REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS ESTACION LERMA
6	REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS ESTACION MIMIAPAN
7	REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS ESTACION SANTIAGO TIANGUISTENGO
8	REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS TEMDAYA
9	REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS TOLUCA (OFICINAS)
10	DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD RELATIVA A LAS 7 A. M. DIRECCION DEL VIENTO DOMINANTE DECENAL ESTACION LERMA VELOCIDAD DEL VIENTO
11	BALANCE HIDRICO ESTACION ALMOLOYA DEL RIO
12	BALANCE HIDRICO ESTACION ATARASQUILLO
13	BALANCE HIDRICO ESTACION HACIENDA DE LA Y
14	BALANCE HIDRICO ESTACION LERMA
15	BALANCE HIDRICO ESTACION MIMIAPAN
16	BALANCE HIDRICO ESTACION SANTIAGO TIANGUISTENGO
17	BALANCE HIDRICO ESTACION TEMDAYA
18	BALANCE HIDRICO ESTACION TOLUCA (OFICINAS)
19	FECHAS DE LA PRIMERA Y ULTIMA HELADAS
20	FECHAS DE LA ULTIMA Y PRIMER HELADAS Y DEL PERIODO LIBRE DE HELADAS
21	GRANIZO ESTACION LERMA
22	USO ACTUAL DEL SUELO
23	RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS ACTUALES DE LA ZONA Y RENDIMIENTOS PROMEDIOS NACIONALES (PARA VARIOS AÑOS)

No.
TABLA

- 24 NECESIDADES DE LOS CULTIVOS RESPECTO A SUELO, CLIMA Y AGUA
- 25 NECESIDADES HIDRICAS DE LOS CULTIVOS
- 26 PERIODOS CRITICOS CON RESPECTO A LA TENSION DE HUMEDAD DEL SUELO EN EL CASO DE DIFERENTES CULTIVOS
- 27 NIVELES DE AGOTAMIENTO DEL AGUA DEL SUELO, EXPRESADOS COMO TENSIONES DE HUMEDAD DEL SUELO, TOLERADOS POR DISTINTOS CULTIVOS PARA LOS QUE LA ET (cultivo) SE MANTIENE EN EL NIVEL PREVISTO Y SE OBTIENEN UNOS RENDIMIENTOS MAXIMOS
- 28 PRECIPITACION DECENAL EN LA ESTACION LERMA
- 29 VALORES DE PRECIPITACION DECENAL PARA DIFERENTES NIVELES DE PROBABILIDAD
- 30 VARIABLES EDAFICAS Y CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD DEL SUELO
- 31 EXCESOS DEL BALANCE HIDRICO SERIADO, DE LA ESTACION LERMA

LISTA DE GRAFICAS

No. GRAFICA	
1	TEMPERATURA MINIMA, MEDIA Y MAXIMA ESTACION ALMOLOYA DEL RIO
2	TEMPERATURA MINIMA, MEDIA Y MAXIMA ESTACION ATARASQUILLO
3	TEMPERATURA MINIMA, MEDIA Y MAXIMA ESTACION HACIENDA DE LA Y
4	TEMPERATURA MINIMA, MEDIA Y MAXIMA ESTACION LERMA
5	TEMPERATURA MINIMA, MEDIA Y MAXIMA ESTACION MIMIAPAN
6	TEMPERATURA MINIMA, MEDIA Y MAXIMA ESTACION SANTIAGO TIANGUIS TENGO
7	TEMPERATURA MINIMA, MEDIA Y MAXIMA ESTACION TEMOAYA
8	TEMPERATURA MINIMA, MEDIA Y MAXIMA ESTACION TOLUCA (OFICINAS)
9	PRECIPITACION Y EVAPORACION ESTACION ALMOLOYA DEL RIO
10	PRECIPITACION Y EVAPORACION ESTACION ATARASQUILLO
11	PRECIPITACION Y EVAPORACION ESTACION HACIENDA DE LA Y
12	PRECIPITACION Y EVAPORACION ESTACION LERMA
13	PRECIPITACION Y EVAPORACION ESTACION MIMIAPAN
14	PRECIPITACION Y EVAPORACION ESTACION SANTIAGO TIANGUISTENGO
15	PRECIPITACION Y EVAPORACION ESTACION TEMOAYA
16	PRECIPITACION Y EVAPORACION ESTACION TOLUCA (OFICINAS)
17	CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION ALMOLOYA DEL RIO
18	CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION ATARASQUI- LLO
19	CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION HACIENDA DE LA Y
20	CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION LERMA
21	CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION MIMIAPAN
22	CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION SANTIAGO TIANGUISTENGO
23	CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION TEMOAYA

No.
GRAFICA

- 24 CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION TOLUCA
- 25 A CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS ESTACION ALMOLOYA DEL RIO
- 25 B CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H. ESTACION ALMOLOYA DEL RIO
- 26 A CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS ESTACION ATARASQUILLO
- 26 B CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H. ESTACION ATARASQUILLO
- 27 A CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS ESTACION HACIENDA DE LA Y
- 27 B CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H. ESTACION HACIENDA DE LA Y
- 28 A CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS ESTACION LERMA
- 28 B CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H. ESTACION LERMA
- 29 A CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS ESTACION MIMIAPAN
- 29 B CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H. ESTACION MIMIAPAN
- 30 A CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS ESTACION SANTIAGO TIANGUISTEN
GO
- 30 B CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H. ESTACION SANTIAGO TIANGUISTENGO
- 31 A CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS ESTACION TEMOAYA
- 31 B CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H. ESTACION TEMOAYA
- 32 A CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS ESTACION TOLUCA (OFICINAS)
- 32 B CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H. ESTACION TOLUCA (OFICINAS)
- 33 CURVA DE COEFICIENTE DEL MAIZ
- 34 CURVA DE COEFICIENTE DEL FRIJOL
- 35 CURVA DE COEFICIENTE DEL CHICHARO
- 36 CURVA DE COEFICIENTE DEL HABA VERDE
- 37 CURVA DE COEFICIENTE DE LA COL
- 38 CURVA DE COEFICIENTE DE LA PAPA
- 39 CURVA DE COEFICIENTE DEL TRIGO
- 40 CURVA DE COEFICIENTE DE LA AVENA FORRAJERA
- 41 CURVA REPRESENTATIVA DE UNA DECENA HUMEDA
- 42 CURVA REPRESENTATIVA DE UNA DECENA SECA

No.
GRAFICA

- 43 CURVAS DE ISOPROBABILIDAD DE PRECIPITACION
- 44 CURVAS DE ISOPROBABILIDAD DE PRECIPITACION ACUMULADA
- 45 PLANILLAS DE EVAPOTRANSPIRACION DE VARIOS CULTIVOS
- 46 BALANCE HIDRICO SERIADO Y BALANCE HIDRICO CON LLUVIA PROBABLE
- 47 BALANCE HIDRICO SUELOS-CULTIVO
- 48 PROGRAMA DE CULTIVOS
- 49 DELIMITACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO EN FUNCION DEL PER-
RIGDO LIBRE DE HELADAS Y LA DISPONIBILIDAD DE AGUA

LISTA DE PLANOS

No.
PLANO

- 1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO
- 2 AREA DE INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS
- 3 ISOTERMAS DE MINIMA ANUAL
- 4 ISOTERMAS MEDIAS ANUALES
- 5 ISOTERMAS MEDIAS DEL MES MAS FRIO (ENERO)
- 6 ISOTERMAS MEDIAS DEL MES MAS CALIENTE (MAYO)
- 7 ISOTERMAS DE MAXIMA ANUAL
- 8 ISOYETAS MEDIAS ANUALES
- 9 ISOLINEAS DE EVAPORACION ANUAL
- 10 FECHA DE LA ULTIMA HELADA
- 11 FECHA DE LA PRIMERA HELADA
- 12 PERIODO LIBRE DE HELADAS
- 13 UNIDADES CALOR

RESUMEN

Una de las tareas prioritarias en el campo de la agrometeorología, es la de preparar documentación agroclimática a partir de la información climatológica. La aplicación de datos climatológicos a la agricultura, para que éstos tengan sentido y sean utilizados correctamente, es necesario que sean transformados a parámetros o índices agroclimáticos; por ejemplo, la temperatura a unidades calor; la lluvia promedio a probabilidad de lluvia, etc. La determinación de parámetros agroclimáticos en una región dada, puede ayudar en la planeación de la investigación agrícola, a interpretar mejor sus resultados, así como auxiliar en la toma de decisiones en los programas operativos.

El presente trabajo comprende una aplicación de los principales métodos de análisis de información climatológica, a partir de los cuales, se obtienen los parámetros o índices agroclimáticos, mismos que serán utilizados en la planeación de las diferentes actividades agrícolas.

Los métodos de análisis que se utilizaron tuvieron que adecuarse a la información climatológica que se tenía disponible, ya que uno de los problemas fundamentales que se presentan en la elaboración de este tipo de estudios, es la falta de información climatológica, causada por la poca densidad e irregular distribución de las estaciones meteorológicas.

Finalmente es importante señalar que se debe disponer de treinta años o más de información, pudiendo ser menos si el lugar es de un régimen climático estable; o si las circunstancias lo requieren por no contar con otra estación.

1. INTRODUCCION

En México la producción que se obtiene de la mayor parte de la Agricultura de Temporal está fuertemente influenciada por condiciones climáticas; principalmente por la mala e irregular distribución de la magnitud de sus precipitaciones pluviales. Sin embargo, mediante el conocimiento y análisis técnico de los fenómenos climatológicos, es posible obtener un mejor desarrollo de la agricultura de temporal, y en algunos casos, cuando se piensa en la creación de pequeñas obras de riego, el estudio agroclimatológico es de una importancia fundamental, pues permite optimizar el aprovechamiento del agua de riego, ya que proporciona información precisa sobre la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de los cultivos, el período en que debe suministrarse, y a la vez se puede determinar la conveniencia de retrasar o adelantar el período de siembra para evadir las heladas.

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 OBJETIVOS

- a) Determinar cuáles son las variables meteorológicas que más afectan a los cultivos, así como ocurrencia más probable de éstas, con el fin de optimizar el aprovechamiento del recurso clima, introduciendo especies con mejores alternativas de desarrollo.
- b) Definir cuál es la época más adecuada para el establecimiento de los cul-

tivos en función de la temperatura (período libre de heladas) y la disponibilidad de agua de lluvia.

2.2 HIPOTESIS

Tanto la temperatura (heladas) como la lluvia, limitan fuertemente el desarrollo y la producción, de los cultivos que se establecen en la zona de estudio.

3. LOCALIZACION DEL PROYECTO

3.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA, POLITICA Y EXTENSION

La zona de estudio se encuentra comprendida entre las coordenadas geográficas: 19° 17' 00" y 19° 24' 52" de latitud norte; 99° 27' 26" y 99° 33' 19" de longitud oeste; con altitudes entre 2570 y 2590 m.s.n.m. Los principales municipios que se encuentran dentro del área de estudio son: Lerma, Xonacatlán y Villa Cuauhtémoc, todos dentro del Estado de México. La zona estudiada tiene una superficie aproximada de 73000 ha. En el plano No. 1 se muestra la localización de la zona de estudio.

3.2 VIAS DE COMUNICACION

Se tiene acceso a tres importantes carreteras que bordean los límites de la misma y son: la carretera No. 15, que es una autopista que comunica a la Ciu

dad de México con la Ciudad de Toluca; la carretera No. 130 que comunica también a ambas Ciudades; y la carretera Amomolulco - Ixtlahuaca.

Además se cuenta con aeropuerto en la Ciudad de Toluca que se encuentra a unos 10 Km. de la zona de estudio.

3.3 TENENCIA DE LA TIERRA

El régimen de propiedad prevalecte es el ejidal, representado por el 80.8%; siguiéndole el federal (tierras inundables rentadas a campesinos), con un - - 17.6%; y el resto, el 1.6%, corresponde a la pequeña propiedad.

3.4 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

Se ha estimado que existe una densidad de población de unos 8526 habitantes - por Km2., con familias integradas por 7 miembros en promedio. Del total de - la población solo el 33% es económicamente activa; la ocupación principal es la agropecuaria, representada por un 50.4%, seguida del sector obrero con un 41.4%, mientras que el sector servicios representa el 8.2%.

4. METODOLOGIA

4.1 RECOPIACION DE LA INFORMACION BASICA

Para la realización de este estudio agroclimático el punto de partida fué la recopilación de la información climatológica básica. La información climatológica analizada fue proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional y la Suodirección de Hidrología de la S.A.R.H. También se obtuvo información del estudio climático de la cuenca hidrológica Lerma Santiago y se consultaron las cartas del Departamento de Estudios del Territorio Nacional.

4.1.1 LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

Para determinar cuáles estaciones se tomarían en cuenta para la realización del estudio, se investigó el área delimitada por las coordenadas $19^{\circ} 10'$ y $19^{\circ} 30'$ de latitud norte y $99^{\circ} 25'$ y $99^{\circ} 40'$ de longitud oeste, encontrándose un total de 20 estaciones de las cuales se seleccionaron 8 atendiendo a su:

- a) Antigüedad del registro de observaciones
- b) Continuidad del registro de observaciones
- c) Cuenca hidrográfica

Las características generales de estas 8 estaciones y su período de registro, se presentan en la tabla 1. La ubicación de ellas dentro del área de estudio, se puede observar en el plano 2.

4.1.2 REGISTROS Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE CLIMA

En la tabla 1 se consignan las coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio, así como su altitud y período de re

gistro. Los datos de clima utilizados fueron: temperatura (media, máxima y mínima), precipitación media y evaporación potencial media, tanto a nivel mensual y anual, a lo largo de todo su período de registro para cada una de las estaciones meteorológicas. Los resultados del procesamiento se presentan a continuación.

4.1.2.1 PRECIPITACION

En las tablas 2 a la 9 se presentan los valores medios máximos y mínimos de la precipitación a nivel mensual y anual, así como la fecha en que ocurrieron estos. Así por ejemplo, se puede observar que en la estación Lerma la precipitación media es de unos 845 mm.; y la mínima y máxima registradas fueron de 605 y 1301 mm., para los años 1957 y 1958, respectivamente.

En las gráficas 9 a la 16, se representan los valores medios mensuales y anuales de la precipitación para cada una de las estaciones.

4.1.2.2 EVAPORACION POTENCIAL

En la tabla 5, se puede observar que la evaporación media anual en la estación Lerma es de 1442 mm.; con valores máximo y mínimo de 1818 y 1026 mm., en los años 1960 y 1980, respectivamente. Esta misma información se puede observar en las tablas 2 a la 9 para las demás estaciones. En las gráficas 9 a la 16 se pueden observar los valores medios mensuales y anuales de la evaporación potencial.

4.1.2.3 TEMPERATURA

En las tablas 2 a la 9, se presentan los resultados obtenidos para cada estación, de la temperatura. Consignándose valores a nivel mensual y anual de la temperatura media mínima y temperatura media máxima, así como del promedio; también se encuentran tabulados los valores medios correspondientes a las temperaturas extremas.

En la tabla 5 se puede observar para la estación Lerma, que la temperatura media mínima en el período analizado fue de 11.8°C y la máxima de 13.6°C para una temperatura media anual de 12.8°C . En cuanto a las temperaturas extremas, el valor de la media anual es de 21.3°C y la mínima de 3.9°C .

Las gráficas 1 a la 8, corresponden a los valores promedios de las temperaturas mínimas, máximas y medias para cada una de las estaciones.

4.1.2.4 HUMEDAD RELATIVA

De las 8 estaciones climatológicas empleadas ninguna tiene registros de humedad relativa. Los valores que se presentan en la tabla 10 se obtuvieron de la figura 79 del estudio climático de la cuenca hidrológica Lerma Santiago,

4.1.2.5 VIENTO

En la tabla 10 se indica cuál es la dirección del viento dominante de la estación "Lerma" a nivel decenal. En los registros consultados no se especifica

can las horas en que se realiza dicha observación; se presentan valores mensuales de la velocidad del viento, tabla 10 del estudio climático de la cuenca hidrológica Lerma Santiago.

4.1.3 INFORMACION SOBRE SUELOS

De acuerdo al Estudio Agrológico Semidetallado de la zona Lerma - Temoaya - (24), se obtuvieron las características de los suelos comprendidos dentro del área de estudio, así como las constantes de humedad y propiedades físicas, (4.1.3.2). El nombre de las cinco series de suelos se determinó en base al poblado más cercano del pozo agrológico; así tenemos que por ejemplo, la serie de Xonacatlán se encuentra cerca de la población de Xonacatlán.

4.1.3.1 CLASIFICACION

Los suelos comprendidos dentro del área de estudio tienen las siguientes características:

Son suelos profundos, planos, con pendiente menor al 1%, la textura de la capa superficial puede ser fina o media, y el color de dicha capa en seco varía del gris al café amarillento, en humedad, va del café oscuro al negro.

De acuerdo a la clasificación del suelo en clases según su capacidad de uso agrícola, los podemos incluir dentro de la clase I y II, ya que presentan características muy favorables, principalmente de profundidad y de disponibilidad de agua. El único inconveniente que se encuentra en estos suelos es su lento drenaje interno, esto ocasiona que durante el tiempo de lluvias, el manto freático suba considerablemente.

En general son terrenos que no presentan limitaciones acentuadas para el desarrollo de cultivos, pero es necesario elegir plantas que requieran prácticas de manejo fáciles de aplicar. Además son aptos para uso pecuario, forestal y para vida silvestre.

4.1.3 2 CONSTANTES DE HUMEDAD Y PROPIEDADES FISICAS

A continuación se presentan las constantes y características de los suelos, en los primeros horizontes (24).

SERIE XONACATLAN

HORIZONTE (cm.)	0 - 38	38 - 65	61 - 110
CAPACIDAD DE CAMPO (%) C.C.	30.0	23.0	19.0
PUNTO DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE (%) P.M.P.	16.0	12.5	10.3
TEXTURA	franco arcillosa	franco arcillosa arenosa	franco arenosa
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	1.20	1.21	1.21

SERIE SAN LORENZO

HORIZONTE (cm.)	0 - 20	20 - 41	41 - 106
CAPACIDAD DE CAMPO (%) C.C.	24.0	16.0	27.0
PUNTO DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE (%) P.M.P.	13.0	6.6	14.6
TEXTURA	franco arcillosa arenosa	franco arcillosa arenosa	franco arcillosa arenosa
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	1.21	1.21	1.21

SERIE PUESLO NUEVO

HORIZONTE (cm.)	0 - 20	20 - 40	40 - 85
CAPACIDAD DE CAMPO (%) C.C.	29.0	32.0	29.0
PUNTO DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE (%) P.M.P.	16.0	17.0	15.7
TEXTURA	franco arcillosa	franco arcillosa	franco arcillosa
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	1.20	1.21	1.21

SERIE ALVARO OREGON

HORIZONTE (cm.)	0 - 20	20 - 60	60 - 93
CAPACIDAD DE CAMPO (%) C.C.	25.0	26.0	19.0
PUNTO DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE (%) P.M.P.	13.5	14.1	10.3
TEXTURA	franco arcillosa arenosa	franco arcillosa arenosa	franco arcillosa arenosa
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	1.20	1.21	1.21

SERIE LERMA

HORIZONTE (cm.)	0 - 20	20 - 80	80 - 167
CAPACIDAD DE CAMPO (%) C.C.	28.0	27.8	28.0
PUNTO DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE (%) P.M.P.	21.0	20.0	19.0
TEXTURA	franco arcillosa arenosa	franco arcillosa arenosa	franco arcillosa arenosa
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	1.21	1.20	1.21

4.2 AREA DE INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES

En el plano 2 se puede observar el área de influencia de cada estación determinada a partir de los polígonos de Thiessen (25). Se puede observar que el área de influencia que comprenden las estaciones de Lerma, Atarascuillo y Miniapan abarcan el área de estudio.

4.3 CARACTERIZACION DEL CLIMA

4.3.1 CLASIFICACION

De acuerdo a la metodología indicada en el manual (16) proporcionado por la Subdirección de Programas y Estudios Específicos de la S.A.R.H., se calculó el clima en base al segundo sistema de Thornthwaite. Este sistema de clasificación utiliza básicamente para la determinación del clima el valor de la evapotranspiración potencial; la cual se define como el fenómeno inverso de la precipitación, o sea el aporte de agua de la superficie terrestre a la atmósfera bajo condiciones de disponibilidad de agua suficiente y en una superficie con cubierta vegetal.

La evapotranspiración potencial es la cantidad de agua que transpira la cubierta vegetal, más la que se evapora de la superficie del suelo.

En este sistema, la evapotranspiración potencial se calcula a partir de la temperatura media y de la radiación solar; esta última representada por la duración del día luz, para la cual existen datos correspondientes a los diferentes lugares del mundo, en función del valor de la latitud.

Para la aplicación de este sistema, se utilizó el procesamiento electrónico, en base al programa CCHHO, elaborado por la Subdirección de Agrología.

En las tablas 11 a la 18 se presentan el balance hídrico - la clasificación climática y en las gráficas 17 a la 24 los climogramas correspondientes.

Se puede observar que el régimen térmico es el mismo en todas las estaciones: semi - frío, y con respecto a la categoría de humedad, se puede deducir que existe gran demasía de agua estival, hecho que pudo corroborarse - al observar en el campo que, al finalizar la época de lluvias, el nivel freático asciende considerablemente alcanzando profundidades hasta de 20 - centímetros con respecto a la superficie del terreno, por lo que se puede afirmar que en años de lluvia media o abundante el área del proyecto requiere de un sistema de drenaje para eliminar el excedente de agua provocado por la recuperación de la superficie freática.

A partir de la publicación de Enriqueta García (9), titulada "Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen", la clasificación climática es la misma para toda la zona y corresponde a: (CW2) (W) bCl', la cual es equivalente a la misma categoría de humedad (húmeda) y temperatura - (semi - frío) que la de Thornthwaite.

En función de que no existe variación climática significativa en el área de estudio, se tomó a la estación "Lerma" como representativa, dada su ubicación y por ser la que cuenta con el mayor período de observaciones sin interrupción y por presentar el régimen termo - pluviométrico más crítico, situación que permite trabajar con un mayor rango de seguridad. Las 7 estaciones restantes se tomaron como auxiliares para la cartografía de los diferentes fenómenos climáticos.

4.3.2 CARTOGRAFIA DE LOS FENOMENOS CLIMATICOS

REGIMEN TERMICO

a) Temperatura Mínima Anual (Plano 3)

Se puede observar que existe un descenso de temperatura muy acentuado en el área de influencia de las estaciones Almoloya del Río, Lerma y Hacienda de la Y. A partir de los datos registrados en esas estaciones se observa que las temperaturas ascienden tanto hacia el este como al oeste, infiriéndose que el descenso de temperatura mencionado es característico de un efecto local provocado por masas de aire frío originadas por la topografía del lugar. La temperatura baja varía de 3.5°C a 6.6°C .

b) Temperatura Media Anual (Plano 4)

Muestra prácticamente el mismo esquema que el anterior notándose que la variación de la temperatura es más marcada hacia el este. La temperatura media anual en el área es de 13°C .

c) Temperatura Media del mes más frío (enero) y del mes más caliente (mayo) (Planos 5 y 6)

En estos planos se observa que la diferencia que existe entre las temperaturas medias del mes de más frío con respecto a las del más caliente no es significativa, por lo que se puede asegurar que la variación del régimen térmico tanto en el espacio como en el tiempo es mínima; por ejemplo, pueden

citarse los datos registrados en la estación "Lerma": temperatura de 9.9° C en el mes más frío y 14.8° C en el mes más caliente.

A partir de las configuraciones de curvas de igual temperatura mostradas en estos 2 planos y, comparándolos con las temperaturas características de los cultivos de estación fría; que según Doorembos y Kassam (7) son: (temperatura mínima 0 - 5° C, óptima 25 - 31° C y máxima 31 - 37° C). Se determina - que el régimen térmico será uno de los factores limitantes en esta zona.

d) Temperatura Máxima Anual (Plano 7)

Este plano junto con el plano 3 muestran la distribución del régimen térmico anual. Las temperaturas máximas anuales se presentan en la porción sur-oriental del área.

REGIMEN HIDRICO

a) Precipitación Media Anual (Plano 8)

En el plano 8 se presentan las isoyetas medias anuales, donde puede observarse que la precipitación media anual varía de 800 a 1000 mm., encontrándose - los menores valores alrededor de la Ciudad de Toluca e incrementándose hacia el este, para alcanzar valores hasta de 1050 mm. en la porción nororiental - del área.

b) Evaporación Media Anual (Plano 9)

Del plano 9, donde se encuentran trazadas las isolíneas de la evaporación me

dia anual, se observa que tiene una variación entre 1450 y 1600 mm., partiendo en forma radial desde la estación Lerma.

4.4 ANALISIS DE ALGUNOS FACTORES DEL CLIMA

4.4.1 HELADAS

Con la información básica sobre heladas de la tabla 19 (fechas de la primera y última helada del año) y de acuerdo con la metodología propuesta por H.C.S. Thom (22), se efectuó el análisis probabilístico de la última helada (UH) y primera helada (PH) determinándose así el período libre de heladas (PLH). Como resultado de este análisis se presentan las curvas de las gráficas 25 a la 32 A y B, a partir de las cuales se formó la tabla 20 cuya interpretación es la siguiente:

Para la estación Lerma, la probabilidad de que la última helada se presente el 26 de mayo o después, es del 20%; la probabilidad de que la primera helada se presente el 27 de septiembre o antes, es del 20% y, la probabilidad de que el período libre de heladas sea menor o igual que 136 días es del 20%. Este período libre de heladas obtenido a partir de la curva probabilística tiene el inconveniente de no poder fijarse con precisión las fechas de su inicio y terminación, por lo que se calculó a partir de las fechas de la última y primera helada, obteniéndose de esta forma para la estación Lerma un período libre de heladas de 124 días.

Por otra parte se puede observar que la estación de "Lerma" es la que presenta el menor período libre de heladas y siendo esta, la estación representati

va, se tendrá un mayor margen de seguridad al proponer un programa de cultivos para esta zona, considerando las fechas de siembra y ciclo vegetativo de los mismos.

Con la información contenida en la tabla 20, se elaboraron los planos 10, 11 y 12 correspondientes a la fecha de la última helada, fecha de la primera helada y período libre de heladas, (P.L.H.). En estos planos se observa un incremento en P.L.H. de Lerma hacia Mimiapan y Atarasquillo, lo que indica que en el área de influencia de estas 2 últimas estaciones se contará con mayor disponibilidad de días para programar ampliamente el desarrollo de los cultivos que se propongan.

Es necesario recalcar que el período libre de heladas deducido de los datos de la estación representativa es el de menor número de días (124 días) período que permite satisfacer los ciclos de los cultivos propuestos. El análisis de las otras estaciones, indica que aun con períodos un poco más largos, también satisfacen los ciclos vegetativos de los cultivos propuestos. Véase gráfica 49.

4.4.2 GRANIZO

El granizo es un fenómeno climatológico que ocurre prácticamente puntual. - La información que se registra en una estación meteorológica puede no ser representativa de su área de influencia por lo que se recomienda tomar los datos registrados sólo como un indicador de la presencia del granizo.

En la tabla 21 se presenta un resumen de estas mediciones del granizo, en -

Él se observa que el mes de mayor número de granizadas es junio. Obsérvese que en ese cuadro, por ejemplo, se tiene 1.67% para junio, esto indica que la probabilidad de que un día granice en este mes del 1.67% lo que significa que en promedio ocurre una granizada cada 60 días de junio.

El valor límite de probabilidad diaria, que en promedio garantiza una granizada en un mes, es de 3.22%, 3.33% y 3.57% para meses con 31, 30 y 28 días respectivamente.

4.4.3 VIENTO

De la tabla 10 se deduce que la velocidad promedio del viento que se presenta no produce problemas en la zona.

4.5 CULTIVOS ACTUALES Y CULTIVOS PROBABLES

CULTIVOS ACTUALES

En la tabla 22 se presentan los cultivos actuales de la zona de estudio con sus respectivos porcentajes.

Los cultivos representativos en función del área que ocupan son: maíz (60%), haba (1.68%) y avena forrajera (.72%). (ref. 19).

Del análisis efectuado para heladas, se determinó que tanto las heladas tar-

días, (últimas heladas del año) como las heladas tempranas (primeras heladas del año) son un factor limitante de los cultivos que actualmente se tienen en la zona. Esto explica la práctica que realizan los agricultores, - que consiste en la siembra temprana, corriéndose un riesgo con las heladas tardías, pero esto, les permite a la vez, en caso de que se presentara una helada de estos tipos sembrar nuevamente; además el daño es menos severo, porque el punto de crecimiento en gramíneas no es dañado, lo cual permite - frecuentemente su recuperación. Si los agricultores no hicieran esta práctica y se esperaran a sembrar hasta la época en que no hubiera heladas tardías, correrían un riesgo mayor ya que se pudiera presentar una helada temprana que dependiendo de las características de esta y de la fase fenológica en que esté el cultivo (probablemente floración o llenado de grano), puede causar notables reducciones en el rendimiento, llegándose a perder incluso, el total de la cosecha.

De la comparación de los rendimientos de los cultivos actuales tabla 23, reportados de investigación de campo con los rendimientos promedios nacionales reportados en el anuario estadístico de 1980 y los del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de 1981, y tomando como base la clasificación de tierras labrables de temporal efectuadas por Delgado (1980), se puede considerar al temporal de la zona como bueno.

CULTIVOS PROBABLES

Tomando como base el análisis estadístico de las heladas, el régimen térmico dentro del período libre de heladas, el análisis probabilístico de la precipitación y el balance hídrico, se determinaron el período de crecimiento y los cultivos con las mejores posibilidades de desarrollo.

DETERMINACION DEL PERIODO VEGETATIVO

Los periodos de siembra y cosecha están delimitados por el periodo libre de heladas; con la ayuda de los planos 10, 11 y 12 se dateterminaron los periodos de siembra y de cosecha, así como la duración del periodo de crecimiento, variando estos en la zona de estudio: para el periodo de siembra de marzo 29 - hasta mayo 26, para el periodo de cosecha de septiembre 27 hasta octubre 11 y la duración del periodo de crecimiento de 124 a 196 días. En función de - estas variaciones la siembra deberá realizarse en orden de prioridad en las áreas de influencia de las estaciones, comenzando por Mimiapan, Atarasquillo y al final Lerma. Esto último podría establecerse como una regla, sin embargo se puede correr un mayor riesgo en esta fase cultural adelantando el periodo de siembra para el área de influencia de Lerma, pero con la gran ventaja de que si se presentara una helada tardía que perjudicara al cultivo, se podría volver a sembrar. En cuanto a la época de cosecha, el periodo que se tiene es considerablemente menor, con respecto a la época de siembra, siendo esta solo de 15 días.

La variación de la duración del periodo de crecimiento sirve como indicador para poder escoger los cultivos según la duración de su ciclo vegetativo.

CULTIVOS PROPUESTOS

Dado que el maíz es básico en la alimentación del pueblo mexicano, los campesinos de la zona lo siembran por tradición y para autoconsumo, obteniendo según la información de campo, buenos rendimientos, producto que se destina en parte, para satisfacer sus necesidades alimenticias y la otra, a la comercialización. Por otra parte, cabe mencionar que el cultivo satisface sus requerimientos edafoclimáticos tabla 24, como lo demuestra el análisis del -

régimen térmico e hídrico y las condiciones edáficas de la zona, por lo que se recomienda continuar sembrando este cultivo.

Las variedades mejoradas de maíz (13) que se siembran son el H-28 (ciclo - 180 días), H-30 (ciclo 173 días), H-32 (ciclo 165 días) y las variedades - criollas.

El análisis mediante el cual se vió que el maíz satisfacía sus requerimientos edafoclimáticos se realizó de la siguiente manera:

Primero se compararon los ciclos vegetativos que presentan las variedades - mejoradas recomendadas para la zona, las cuales son de 180, 173 y 165 días, con los períodos libres de heladas de las 3 estaciones que abarcan la mayor parte del área de estudio que son 124, 167 y 196 días, donde se observa que en el área de influencia de la estación Lerma, ninguno de los ciclos vegeta tivos es menor que su período libre de heladas, por lo que el riesgo que se tendrá en la siembra, será mayor al 20% que se tiene considerando las otras áreas de influencia.

Los valores de necesidades de temperaturas para el desarrollo óptimo del - maíz reportados en la tabla 24 oscilan de 15° C a 34° C, tomando en cuenta - que al compararlos con los valores de la temperatura media de la zona, se - observa una deficiencia para el desarrollo óptimo del cultivo, sin embargo es necesario aclarar que estas variedades recomendadas son para valles al - tos por lo que sus exigencias de temperatura son menores. Como es sabido, la temperatura está determinada principalmente por la altitud.

En cuanto a las necesidades de duración del día (fotoperíodo) para la flora ción, el maíz es una planta neutra (ref.2).

Las condiciones climáticas específicas para el maíz varían dependiendo de la etapa fenológica. En la germinación, floración y fructificación las temperaturas letales son de: -1, -2 y 2°C respectivamente, que al compararlas con las temperaturas mínimas registradas (tablas 3, 5 y 6), solo en la estación Lerma se tendrían temperaturas que pudieran eliminar a la planta, aunque la probabilidad de ocurrencia de estas temperaturas (temperatura mínima extrema) es muy baja.

En forma general las necesidades hídricas del cultivo son de 400 a 800 mm. (ref. 6); en esta zona se tiene una probabilidad de excedencia del 80% para una precipitación de 425 mm. lo que garantiza que 4 de cada 5 años se presentará una precipitación igual o mayor que esta.

En forma análoga se analizaron varios cultivos, de los cuales, los que se recomiendan para la zona de estudio por presentar las mejores perspectivas de desarrollo son: FRIJOL, CHICHARDO, HABA VERDE, COL, PAPA, TRIGO y AVENA FORRAJERA.

En la Guía para la Asistencia Técnica Agrícola para el Valle de México - (14) se puede consultar las especificaciones para varios de estos.

En el plano 13 se presentan cartografiadas las unidades de calor (grados-día) comprendidos entre la fecha de la última y primera helada, este plano sirve como un indicador para poder introducir cultivos en la zona. Por ejemplo si se tiene un cultivo, el cual requiere 2000 grados - día, se puede determinar en qué área es factible su desarrollo.

4.5.1 NECESIDADES HIDRICAS (Evapotranspiración)

El método utilizado, para determinar las necesidades hídricas de los cultivos propuestos fue el que se basa en la evaporación del tanque, propuesto por Doorenbos y Pruitt (16), ya que estos indican que dicho método se justifica para predecir las necesidades de agua de los cultivos para períodos de 10 días.

Estos mismos investigadores señalan que para varios climas debería aplicarse preferentemente el método de Blaney - Criddle para períodos de un mes o más, y no se justifica su uso para períodos más cortos. Además según Grassi (10), después de haber analizado varias fórmulas para el cálculo de la evaporación, concluye que la fórmula de Blaney - Criddle ha arrojado valores superiores en condiciones de bajas exigencias evapotranspiratorias ($< 5 \text{ mm/día}$) y valores inferiores con altas exigencias ($> 5 \text{ mm/día}$); en cambio, indica que la evaporación del tanque es un proceso similar a la evapotranspiración ya que integra la mayor parte de los factores que intervienen en el mismo, y parece ser hasta el presente el procedimiento más confiable.

Por las razones expuestas es que en este trabajo se utilizó el método del tanque de evaporación. En la tabla 25 se consignan las necesidades hídricas (evapotranspiración del cultivo) de los cultivos propuestos, deducidas a partir de este método.

Considerando los datos referentes a la humedad relativa (tabla 10) y al viento (tabla 10), se escogieron los coeficientes de tanque (K_p) que modifican la evaporación de tanque (E) para obtener la evapotranspiración de referencia (ET_o), a la vez se elaboraron las curvas de los coeficientes de cultivo (K_c) (gráficas 33 a la 40), de las cuales se pueden obtener sus K_c que multi

plicados por la ET_0 , dan como resultado la evapotranspiración del cultivo - (ET).

4.5.2 FENOLOGIA DE LOS CULTIVOS

En las gráficas 33 a la 40 se presenta la fenología de cada cultivo, por ejemplo la del maíz se divide en crecimiento vegetativo (período vegetativo), floración, formación de granos y maduración.

Con el auxilio de las tablas 26 y 27 tomados del trabajo de Oorembos y Pruitt (6) obtiene el período crítico con respecto a la tensión de humedad del suelo para un cultivo y el nivel mínimo de agua en el suelo, expresado como tensión de humedad del suelo, con el cual se obtiene el rendimiento máximo para un cultivo (tabla 27).

La forma como se comprueba si un cultivo no sufrirá por deficiencias de agua en su(s) etapa(s) crítica(s) es la siguiente:

Tomando como ejemplo el maíz, cuyo período crítico se presenta antes de la formación y hasta fines de la formación de grano, con una hoja transparente se calcan las etapas fenológicas (escalas de tiempo) y esta se sobrepone en la gráfica 43 (curvas de probabilidad de precipitación) y se puede observar si existe o no deficiencia durante el período crítico del maíz, que para este ejemplo en particular no se presenta. Si no se pudiera detectar satisfactoriamente con este criterio la existencia o no de deficiencias, con el balance hídrico puede despejar esta incógnita.

Para todos los cultivos propuestos no existen deficiencias dentro de sus períodos críticos.

4.6 CALCULO DEL INDICE AGROCLIMATICO (en proyectos de temporal)

4.6.1 LUVIA PROBABLE

Se tienen un gran número de funciones probabilísticas de distribución que pueden usarse para el ajuste de series de precipitación, pero el problema básico radica en averiguar qué función probabilística de distribución puede emplearse en cada caso particular, con el objeto de garantizar una precisión tal que permita el cálculo probabilístico de ocurrencia de determinados niveles de precipitación con confiabilidad.

Las funciones probabilísticas de distribución más comunes en cuanto a su aplicación son la normal, transformaciones de la normal (log. normal, raíz cúbica, etc.) y la gamma. La experiencia del uso y ajuste de tales distribuciones a distintas series de precipitación indican que la elección dependen principalmente de:

- 1) Régimen de Lluvia
- 2) Longitud de la serie
- 3) Intervalo de tiempo considerado

El intervalo de tiempo considerado (días, decenas, meses, años, etc.) es fundamental en una selección a priori de la distribución de ajuste. En general, si la frecuencia de ceros dentro de la serie de precipitación es diferente de cero ($F_{co} \neq 0$), se hace necesario el uso de una función gamma. Lo anterior ocurre para datos diarios de precipitación y aún en semanales. A medida que el intervalo de tiempo considerado aumenta (quincenas, meses, años), un ajuste de la muestra a la distribución normal se hace cada vez más

evidente, esto dentro de un mismo régimen de lluvias; si este variara, también variaría el patrón de comportamiento de las distribuciones.

Dado que el régimen de lluvias de la zona de estudio es húmedo, la longitud de la serie es grande (32 años) y el intervalo de tiempo es de 10 días, véase tabla 28; se optó por utilizar la función normal en este trabajo, la cual mostró muy buen ajuste en las decenas húmedas (gráfica 41) y aceptable en las decenas secas (gráfica 42). La prueba de bondad de ajuste que se utilizó fue la de Kolmogorov - Smirnov (21).

Para cada decena se calcularon los valores de precipitación para los siguientes niveles de probabilidad de excedencia: 80, 60, 40 y 20% (véase tabla 29). Con los datos de este cuadro se hicieron 2 gráficas, en la primera (gráfica 43) se presentan las curvas de isoprobabilidad de precipitación, gráfica que indica la decena a partir de la cual se puede sembrar, la época del ciclo vegetativo y la cosecha, dependiendo de la ocurrencia de lluvia. Cabe hacer la aclaración que en este caso se delimita el período de crecimiento en función de la disponibilidad del agua y puede coincidir con el período libre de heladas.

En la segunda (gráfica 44), se presentan las curvas de isoprobabilidad de precipitación acumulada. Estas sirven como un criterio para determinar los períodos de deficiencias de los cultivos. La forma para determinar este es la siguiente:

Conocida la fecha de siembra para el cultivo en cuestión se sobrepone la plantilla de evapotranspiración acumulada del cultivo (ver gráfica 45), sobre la curva de isoprobabilidad acumulada al 80%, haciendo coincidir la decena en que se desea sembrar; se observa si existe o no deficiencia por precipitación y en qué época; si no existe deficiencia con la curva de isoprobabilidad al 80%, -

quiera decir que 4 de cada 5 años el cultivo en cuestión no presentará deficiencias. En el caso de observar deficiencias se puede comparar la plantilla del cultivo con la curva de isoprobabilidad al 60%, si todavía siguiera presentando deficiencia, esto daría para conocer la época en la cual el cultivo necesitaría riego de auxilio.

En este estudio al comparar las plantillas de los cultivos con las curvas de isoprobabilidad acumulada, se determinó que 7 cultivos de los 8 propuestos necesitan riego de auxilio solamente en la siembra, y el cultivo que no lo requiere es la avena.

4.6.2 BALANCE HIDRICO

CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD DEL SUELO

Para el cálculo de la capacidad de retención de humedad del suelo se utilizaron los datos de las variables edáficas de la tabla 30, donde puede observarse que no existen diferencias significativas en las series de suelo, sobre todo en las que abarcan el mayor número de hectáreas. Por lo que se tomó como valor representativo de la capacidad de retención de humedad del suelo 200 mm. (humedad aprovechable) para realizar los balances hídricos.

BALANCE HIDRICO SERIADO Y BALANCE HIDRICO CON LLUVIA PROBABLE

Con la metodología de Thornthwaite (16) y la evapotranspiración de referencia se realizó el balance seriado de 1930 a 1981 (32 años) con la precipitación a nivel decenal y el balance hídrico con lluvia al 80% de probabilidad de excedencia tabla 31 para la estación representativa del área de estudio -

(lerma). Obteniéndose resultados muy similares entre estos (gráfica 46) de lo cual puede observarse que sólo existe deficiencia de agua en el inicio - del período vegetativo y a partir de la decena 18 no existen deficiencias - hasta la decena 30, también puede verse que en el balance hídrico seriado, dependiendo de la cantidad de lluvia que se presente, puede haber excesos - de la decena 19 hasta la decena 30. En la tabla 31 se muestran dichos exce- sos.

BALANCE HIDRICO SUELO - CULTIVO

Los balances hídricos para cada cultivo se hicieron con lluvia al 80% de - probabilidad de excedencia y con la evapotranspiración de cada cultivo.

Los resultados obtenidos y que se reportan en la gráfica 47 muestran que so - lo existe deficiencia en el inicio del ciclo vegetativo con una lámina máxi - ma requerida de 8.59 cm., dependiendo del cultivo y de la decena en que se siembre, siendo la deficiencia mayor mientras se siembre más temprano. In- dependientemente de esto, con la aplicación de una lámina de riego de 10 cm. en la siembra bastará para cubrir las deficiencias de cualquier cultivo como puede verse en el caso del maíz que presenta el mayor uso consuntivo que al sembrarse en la decena 13 y aplicándole la lámina de 10 cm. no presenta nin- guna deficiencia.

Para el caso de la avena que no presenta ninguna deficiencia solo se requere - rá el riego en los años en que el valor de la precipitación sea menor que el valor de la precipitación al 80% de probabilidad de excedencia y para los demás cultivos no se requerirá riego en los años en que el valor de la preci - pitación sea mayor, incluso pueden presentarse excesos.

4.6.3 AFECTACIONES FREATICAS

Se detectó que en la zona de estudio el manto freático presentó altos niveles al terminarse la época de lluvias del ciclo 82, los cuales se observaron en los pozos abiertos para los estudios agrológicos de la zona (24).

Esta observación de campo se corroboró al analizar el balance hídrico tanto a nivel anual (gráficas 17 a la 24), como el seriado (gráfica 46) ya que ambos presentaron excesos durante la época lluviosa, esos excesos pueden ocasionar escurrimientos o más probablemente, dado el relieve de la zona, aportaciones al nivel freático induciendo al ascenso de este, provocando que el cultivo no tenga buenas condiciones de aereación y drenaje, repercutiendo en una disminución en los rendimientos. En otras palabras se considera a la variable agroclimática de exceso como una limitante de la producción de la zona.

4.7 RELACION INDICE AGROCLIMATICO - RENDIMIENTO

En el inciso 4.6.2 se realizó el balance hídrico seriado, esto es, año con año y relacionando la evapotranspiración de referencia con la lluvia observada. A partir de este se obtuvo la tabla 31 y la gráfica 46, en los que se puede observar que no existen deficiencias en la época de crecimiento de finida por la disponibilidad de humedad y por tal motivo el índice a considerar para relacionarlo con los rendimientos relativos es la variable agroclimática de excesos, ya que esta variable al igual que las deficiencias tiene participación en la producción: empero, dado que no se cuenta con rendimientos confiables para ninguno de los cultivos no se calcularon los -

excesos por cultivo y no se determinó la función que explique los rendimientos en la zona.

Si se quisiera contar con un modelo confiable para la zona será necesario hacer experimentación en el campo para obtener variaciones tanto en rendimientos, como en variables agroclimáticas por lo menos durante 4 años.

4.8 DEFICIENCIAS A CUBRIR MEDIANTE EL RIEGO

En la gráfica 47 obtenida del balance hídrico suelo - cultivo, se dan las deficiencias que presentan los cultivos propuestos. Estas deficiencias darán la pauta para determinar la lámina de riego, la cual es de 10 cm. y sólo se aplicará en la época de siembra ya que dentro del ciclo vegetativo en ningún cultivo se detectó deficiencias.

La lámina bruta requerida se determinó considerando eficiencias del 60% de conducción y de 50% de aplicación lo que da una eficiencia total del 30% y a partir de esta eficiencia se obtiene una lámina bruta de 33.33 cm.

En la gráfica 48 se presenta el programa de cultivos y los volúmenes brutos para cada cultivo.

Finalmente en la gráfica 49 aparece el calendario de cultivos propuesto, en base a su etapa de crecimiento definida por el período libre de heladas y por la disponibilidad de agua.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- a) Debido a la altitud de la zona de estudio, con los registros del régimen térmico y la clasificación del clima de Thornthwaite, se determina que la zona es de régimen térmico semi - frío.
- b) A partir de la clasificación climática de Thornthwaite se precisó que la zona presenta gran demasía de lluvia estival.
- c) Las estaciones que comprenden el área de estudio son: Atarasquillo, Mimiapan y Lerma, tomándose esta última como representativa para los estudios de precipitación y balance hídrico dado que presenta los valores más críticos.
- d) Con el análisis de las heladas se encontró una variación en el espacio y en el tiempo del período libre de heladas, siendo el mayor en el área de influencia de Mimiapan y el menor en Lerma, determinándose que el riesgo que se debe tomar en la siembra dentro del área de influencia de Lerma debe ser mayor que el 20% para el cultivo del maíz.
- e) En función de los datos de granizo analizados en la estación Lerma, se puede aseverar que este fenómeno climático es muy esporádico en la zona.
- f) Al comparar los ciclos vegetativos de los cultivos propuestos con la variación del período libre de heladas, en la zona se precisa que el único que puede tener problemas es el maíz siempre y cuando se siembre en el área de influencia de Lerma, con respecto a los requerimientos de temperatura de los cultivos, en el país se tienen variedades mejoradas para valles altos o sea de bajas necesidades térmicas, o bien variedades precoces que se adaptan al P.L.H. Las fechas de siembra para la zona iniciarán el 29 de marzo en Mimiapan y el 26 de mayo en Lerma.

- g) Las necesidades hídricas de los cultivos se pueden determinar con el método de la evaporación de tanque, ya que este, es un proceso similar al de la evapotranspiración de los cultivos.
- h) Los períodos críticos, que presentan los cultivos para grano con respecto a la humedad generalmente se presentan antes de la floración hasta la formación total del grano.
- i) La función probabilística de distribución normal utilizada para analizar los datos de precipitación a nivel decenal de las estaciones Lerma presentó un buen ajuste, este se determinó por medio de un método gráfico, así como, por la prueba de bondad de ajuste propuesta por Kolmogorov -- Smirnov.
- j) Con las curvas de isoprobabilidad de lluvia acumulada y las plantillas de evapotranspiración de los cultivos, se encontró que presentan deficiencias de humedad solamente en la siembra del cultivo, lo cual se corroboró con el balance hídrico suelo - cultivo. Con el balance seriado se precisó que en la zona de estudio se presentan excesos de humedad que ocasiona que se eleve el nivel del manto freático, perjudicando en unos años a los cultivos.
- k) Las variedades agroclimáticas que limitan que la zona sea potencialmente agrícola son las bajas temperaturas (heladas) y los excesos de humedad.
- l) La lámina neta requerida para el riego de siembra es de 10 cm., debido a que existe gran contenido de humedad, ocasionada por el alto nivel del manto freático.

5.2 RECOMENDACIONES

- a) Que se restrinja la fecha de siembra del maíz solamente para las áreas - que presenten períodos libres de heladas mayores que el ciclo vegetativo de este cultivo; y que se promuevan variedades precoces para aquellos lugares donde el P.L.H. sea muy corto.
- b) Las variedades que se siembren sean las recomendadas para valles altos o en su defecto las variedades criollas.
- c) Dependiendo del año, se sugiere que se tenga control sobre el riego de - auxilio que se recomienda en la siembra, ya que en los años húmedos no - sera necesario este.
- d) Realizar experimentación de campo para obtener información sobre la va-
riación climática, edafológica y de rendimientos para los cultivos pro-
puestos con lo cual se obtendrán modelos confiables para predecir rendi-
mientos.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Arellano Vázquez J. L. y Carballo Carballo; A. 1981
Gufa para Cultivar Maíz en el Estado de México; Folleto para Pro
ductores No. 13; Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas;
Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central; Campo -
Agrícola Experimental del Valle de México; SARH; Chapingo, Méx.

2. Castaños Carlos M. et al; 1980
Método Fenológico para la Asistencia Técnica; Subsecretaría de Ope
ración; SARH; México, D. F.

3. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística,
Geografía e Informática; 1981; Síntesis Geográfica del Estado de
México; Secretaría de Programación y Presupuesto; México, D. F.

4. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística,
Geografía e Informática; 1982; Anuario Estadístico de los Estados
Unidos Mexicanos 1980; Secretaría de Programación y Presupuesto;
México, D. F.

5. Cruz Rivera G. y Alvarez Baus M. S.; 1981
Gufa para Cultivar Trigo de Temporal en el Estado de México; Folle
to para Productores No. 2; Campo Experimental Valle de México; Ins
tituto Nacional de Investigaciones Agrícolas; SARH; Chapingo, Méx.

6. Delgado Hernández F.; 1980
Clasificación de las Tierras Laborables de Temporal; Dirección General de Economía Agrícola; SARH; México, D. F.

7. Doorembos J. y Kassam A.H.; 1979
Efectos del Agua Sobre el Rendimiento de los Cultivos; Estudio FAO: Riego y Drenaje No. 33; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Roma, Italia.

8. Doorembos J. y Pruitt W.O.; 1976
Las necesidades de Agua de los Cultivos; Estudio FAO: Riego y Drenaje No. 24; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Roma, Italia.

9. Frere M., Rijks J. Q., y Red V.; 1978
Estudio Agroclimático de la Zona Andina; Nota Técnica No. 161; Proyecto Interinstitucional FAO/UNESCO/OMM en Arometeorología OMM- No. 506; Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial; Organización Meteorológica Mundial; Ginebra, Suiza.

10. García Enriqueta; 1973
Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen; Instituto de Geografía, UNAM; México, D. F.; pp. 132, 134.

11. Grassi S. C.; 1981
Estimación de los Usos Consuntivos de Agua y Requerimientos de Riego con Fines de Formulación y Diseño de Proyectos; CIDIAT, Venezuela.

12. Gutiérrez C. Juan Manuel; 1982
Guía para Cultivar Avena Forrajera en el Valle de México; Folleto para Productores No. 16; Campo Agrícola Experimental Valle de México; Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central; Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas; SARH; Chapingo, Méx.

13. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas; SAG; 1976
Principales Cultivos en el Valle de México; Circular CIAMEC No. 88; Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central; Campo Agrícola Experimental de Chapingo; Chapingo, México.

14. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas; 1981
Guía para la Asistencia Técnica Agrícola en el Area de Influencia del Campo Agrícola Experimental Valle de México; SARH; Chapingo, México.

15. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas; 1982; Diagnóstico de la Investigación Realizada por INIA en 1981; SARH; México, D.F. pp. 57 y 58.

16. Jauregui Ernesto; 1966
Estudio Climático de la Cuenca Hidrológica Lerma-Santiago; Meteo
rología Boletín No. 2: Plan Lerma; Asistencia Técnica Edo. de
México.

17. Jiménez López Jorge; 1978
Cálculo del Clima de Acuerdo al Segundo Sistema de Thornthwaite;
Publicación No. 7, Segunda Edición; Subdirección de Agrología; Di
rección General de Estudios; SARH; México, D. F.

18. Mota, Fernando S. da; 1979
Meteorología Agrícola, 4a. Edición; Sao Paolo, Brasil.

19. Osorio Rodríguez L. 1981.
Guía para Cultivar Frijol en el Estado de México; Folleto para Pro
ductores No. 11; Campo Agrícola Experimental Valle de México; Cen-
tro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central; Instituto Na
cional de Investigaciones Agrícolas; SARH; Chapingo, México.

20. Servicio Meteorológico Nacional; 1980
Listado por Clave de los Observatorios y Estaciones de la Red Meteo
rológica Nacional; SARH; México, D. F.

21. Siegel Sidney; 1979
Estadística No Paramétrica Aplicada a las Ciencias de la Conducta;
Biblioteca Técnica de Psicología; Quinta Reimpresión; Editorial
Trillas; México, D. F.; pp. 69-74 y 285.

22. Subdirección de Agrología; Secretaría de Agricultura y Recursos
Hidráulicos; 1982; Estudio Agrológico Semidetallado de la Zona Ler
ma-Temoaya en el Estado de México; México, D. F.

23. Thom H. C. S.; 1980
Las Distribuciones de Fechas de Primeras y Últimas Heladas cuando
Existe Alguna Probabilidad de No Helada; Tirada Interna No. 5; Pro
grama de Agrometeorología; Colegio de Postgraduados; Chapingo, Méx.

24. Villarreal G. Manuel J.; 1980
Tollocan Una Nueva Variedad de Papa para los Valles Altos de México;
Circular CIAMEC (119); Campo Agrícola Experimental Valle de México;
Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central; Instituto
Nacional de Investigaciones Agrícolas; SARH; Chapingo, México.

25. Springall G. Rolando; 1970
Hidrología, primera parte; Instituto de Ingeniería UNAM; pp. 50 y -
51.

A N E X O A
(TABLAS)

TABLA No. 1

ESTACIONES METEOROLOGICAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

E S T A C I O N		LATITUD		LONGITUD		ALTITUD	PERIODO DE REGISTRO
		GR	MI	GR	MI	m. s. n. m.	
1.-	Almoloya del Río	19	10	99	28	2 670	1951 - 1981
2.-	Atenasquillo	19	19	99	28	2 500	1961 - 1981
3.-	Hacienda de la Y	19	25	99	36	2 560	1944 - 1981
4.-	Lerma	19	18	99	31	2 578	1943 - 1981
5.-	Mimiapan	19	25	99	30	2 000	1957 - 1981
6.-	Santiago Tianguistengo	19	11	99	28	2 680	1955 - 1981
7.-	Temoaya	19	29	99	36	2 620	1961 - 1981
8.-	Toluca (oficinas)	19	17	99	40	2 660	1961 - 1981

TABLA No. 2

REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS

ESTACION ALMOLLOYA DEL RIO

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T. MED.	8.7	9.2	10.0	12.9	14.0	14.5	13.9	14.0	13.9	12.8	10.0	9.1	12.0
T. MED. MAX.	11.7	12.5	12.7	14.1	15.0	15.5	15.0	15.1	14.8	14.4	13.3	11.2	13.0
AÑO	52	53	53	61 y 63	70	58	58 y 66	60	51	58 y 59	72	72	59
T. MED. MIN.	5.5	5.0	7.0	11.2	12.4	12.3	13.1	13.1	12.6	10.6	6.3	5.2	10.0
AÑO	67	67	67	77	67	68	67	76	67	52	66	66	67
T. MAX.	18.7	19.5	21.4	22.7	22.8	20.1	19.6	19.9	19.7	19.9	18.7	18.7	20.1
T. MAX. MAX.	21.0	22.8	22.7	25.2	25.8	24.5	24.8	22.9	23.9	21.6	21.7	21.3	21.2
AÑO	52	62	50, 60 y 63	70	61	66	66	67	66	57 y 79	69	57	57
T. MAX. MIN.	16.0	15.5	16.7	20.2	20.6	18.5	17.2	17.6	18.3	18.2	16.1	15.7	18.9
AÑO	67	67	67	77	56	75	75	75	71 y 74	74	66	66	74
T. MIN.	-1.6	-1.1	0.3	3.0	5.3	7.9	8.1	8.1	8.1	5.5	2.1	-3.1	3.5
T. MIN. MAX.	2.2	4.4	3.4	6.1	7.9	10.9	10.6	10.0	10.3	8.9	7.1	4.2	5.7
AÑO	59	53	59	81	73	81	81	81	50	58 y 59	58	58	81
T. MIN. MIN.	-5.0	-5.5	-3.8	1.0	2.3	3.4	4.0	3.6	3.2	1.1	-3.5	-5.3	0.3
AÑO	67	67	68	71	69	68	67	67	67	67	66	66	67
PREC.	20.3	5.3	10.5	35.0	75.9	169.2	218.2	216.8	153.3	68.4	16.7	8.4	1000.0
PREC. MAX.	130.5	23.8	48.3	107.0	128.3	283.0	300.6	339.5	262.0	207.0	116.5	50.0	1476.1
AÑO	67	68	78	62	64	74	63	69	64	59	58	58	58
PREC. MIN.	0.0	0.0	0.0	0.0	20.5	96.2	91.9	116.9	71.9	6.6	0.0	0.0	708.8
AÑO	VA	VA	VA	70	53	62	68	67	53	52	VA	VA	79
EVAP.	112.1	128.4	176.2	179.7	168.2	141.2	122.9	127.2	112.4	110.2	101.4	98.5	15778.4
EVAP. MAX.	134.3	164.1	219.9	227.3	200.7	206.1	157.0	157.2	130.2	146.9	240.5	122.5	1911.2
AÑO	62	62	58	70	53	69	66	72	59	69	69	70	69
EVAP. MIN.	87.6	96.8	73.6	125.4	124.0	108.6	93.3	98.5	88.6	85.5	81.2	76.5	1925.0
AÑO	59	51	51	50 y 68	51	52	74	75	52	67	76	58	51

VA : VARIOS AÑOS

T. MED.: TEMPERATURA MEDIA EN °C.

T. MAX.: TEMPERATURA MAXIMA EN °C.

T. MIN.: TEMPERATURA MINIMA EN °C.

PREC.: PRECIPITACION EN mm.

EVAP.: EVAPORACION EN mm.

TABLA No. 3
REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS
ESTACION ATARASQUILLO

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T. MED.	12.2	12.7	14.8	16.2	16.9	16.3	15.3	15.2	15.0	14.3	12.9	11.9	14.5
T. MED. MAX.	15.2	17.4	18.6	19.8	20.2	19.9	18.9	18.9	18.3	19.1	17.8	15.6	17.4
AÑO	71	73	73	70	72	69	72	71	71 y 72	72	72	72	72
T. MED. MIN.	7.9	10.1	8.3	13.4	14.7	14.1	13.1	13.0	11.4	9.7	9.8	9.1	12.5
AÑO	75	75	75	62	63	64	63	65	74	74	74	74	75
T. MAX.	20.6	22.3	24.5	25.6	25.5	23.4	22.3	21.9	21.5	21.8	21.1	20.6	22.6
T. MAX. MAX.	26.8	28.2	31.4	32.2	32.4	29.8	29.3	28.9	29.2	29.6	29.3	27.6	28.4
AÑO	74	69	73	72	72	69	70	71	71	72	72	70	72
T. MAX. MIN.	16.4	18.1	13.8	21.1	21.6	19.2	17.7	17.0	16.0	16.4	17.6	17.0	19.1
AÑO	64	65	75	62	63	61	65	65	65	74	76	64 y 65	65
T. MIN.	2.2	2.9	5.2	6.6	8.2	9.0	8.6	8.5	8.3	6.5	4.1	2.8	6.1
T. MIN. MAX.	4.1	4.5	6.4	8.7	10.4	10.8	10.5	9.7	9.8	8.5	7.9	4.9	7.5
AÑO	78	73	74	78	79	78	79	VA	62 y 78	72	77	76	78
T. MIN. MIN.	-2.1	0.9	2.5	2.8	6.5	6.3	6.0	6.1	4.5	2.1	0.6	0.5	4.3
AÑO	81	76	80	81	74	74	74	74	74	81	81	74	74
PREC.	21.0	6.0	11.9	32.0	63.6	174.8	192.6	183.6	153.6	47.0	15.3	7.2	908.6
PREC. MAX.	103.7	26.0	37.5	70.5	136.5	246.5	280.0	307.5	236.0	148.0	52.5	29.0	1186.8
AÑO	67	68	62	73	72	75	63	69	71	76	73	79	67
PREC. MIN.	0.0	0.0	0.0	4.5	7.5	107.0	86.0	91.0	72.8	9.0	0.0	0.0	776.5
AÑO	VA	VA	VA	70	79	76	72	71	75	VA	VA	VA	70
EVAP.	111.5	128.1	170.2	169.2	159.9	133.0	112.0	110.5	106.4	117.6	112.4	106.3	1537.1
EVAP. MAX.	140.5	156.3	213.0	219.2	216.8	181.0	181.6	148.3	126.6	165.2	143.2	142.9	1750.5
AÑO	73	73	73	69	69	62	62	61	79	79	71	70	62
EVAP. MIN.	83.7	98.7	145.7	135.5	127.6	113.6	96.9	79.1	94.6	68.8	80.2	91.6	1357.8
AÑO	64	78	74	68	80	80	65 y 66	80	80	63	80	62	80

VA : VARIOS AÑOS

T. MED : TEMPERATURA MEDIA EN °C.

T. MAX : TEMPERATURA MAXIMA EN °C.

T. MIN : TEMPERATURA MINIMA EN °C.

PREC. : PRECIPITACION EN mm.

EVAP. : EVAPORACION EN mm.

TABLA No. 4
REGISTRO DE DATOS CLIMATICOS
ESTACION HACIENDA DE LA Y

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T. MED.	8.7	9.7	11.9	13.4	14.7	15.2	14.5	14.5	14.4	13.0	10.9	9.2	12.9
T. MED. MAX.	11.3	11.4	13.8	15.2	15.9	16.7	15.5	15.3	15.6	14.9	13.2	11.0	13.3
AÑO	61	59	80	63	61	69	59	69	62	58	72	76	80
T. MED. MIN.	6.4	7.6	9.3	11.6	12.0	13.9	12.0	13.0	12.7	9.3	4.2	5.8	10.9
AÑO	56	51	51	50	47	50	50	49	53	52	50	50	50
T. MAX.	20.0	21.0	23.3	24.2	23.5	22.0	23.6	21.3	21.1	21.5	21.0	20.0	21.6
T. MAX. MAX.	23.8	22.6	24.7	26.6	26.7	23.8	23.3	22.8	22.4	23.2	22.2	21.8	22.9
AÑO	61	59	77 y 80	70	61	57	65 y 80	61	77	69	65	51	69
T. MAX. MIN.	17.1	19.1	20.8	21.7	21.9	21.9	19.3	19.9	19.2	19.2	19.0	18.5	20.8
AÑO	58	65	66	62	51 y 54	53	50 y 54	52	55	55	76	58	54
T. MIN.	-2.5	-1.7	0.6	3.3	5.6	8.5	8.4	7.8	7.7	4.8	1.0	-1.4	3.5
T. MIN. MAX.	1.2	1.2	3.2	5.5	7.6	10.8	9.9	9.4	9.4	8.6	5.3	2.8	4.9
AÑO	80	81	63	81	80	81	58	80	55	59	72	58	81
T. MIN. MAX.	-6.6	-6.3	-2.5	-0.1	1.4	6.8	7.2	5.2	4.9	-1.5	-6.7	-9.1	0.6
AÑO	56	51	51	51	78	50	75	50	65	52	50	50	50
PREC.	16.6	7.0	14.8	34.7	68.7	147.9	168.0	151.8	133.5	66.0	24.4	10.6	855.0
PREC. MAX.	104.1	19.6	83.9	107.4	122.0	243.9	253.3	254.7	267.2	191.9	60.3	38.8	1207.9
AÑO	67	68	66	68	54	61	70	73	58	59	58	47	58
PREC. MIN.	0.0	0.0	0.0	0.3	33.3	80.1	66.5	91.3	46.5	0.0	0.0	0.0	615.7
AÑO	VA	VA	VA	70	59	79	57	57	53	52	67	VA	53
EVAP.	112.9	133.5	183.9	183.5	162.8	134.0	116.0	115.4	103.8	105.7	96.3	96.8	1545.6
EVAP. MAX.	148.7	180.2	258.2	224.4	224.6	171.0	146.5	142.4	138.7	128.3	120.8	125.1	1799.7
AÑO	72	80	58	70	69	48	57	48	46	56 y 79	70	45	57
EVAP. MIN.	82.1	106.7	129.2	144.8	123.5	98.6	77.0	91.6	68.9	84.5	76.9	70.5	1317.7
AÑO	48	50	46	59	75	63	76	75	55	63	76	76	76

VA : VARIOS AÑOS

T. MED : TEMPERATURA MEDIA EN °C.

T. MAX. : TEMPERATURA MAXIMA EN °C.

T. MIN : TEMPERATURA MINIMA EN °C.

PREC : PRECIPITACION EN mm.

EVAP : EVAPORACION EN mm.

TAULA No. 5

REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS
ESTACION LERMA

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T.MED.	9.9	10.1	12.1	13.6	14.8	15.0	14.3	14.4	14.5	13.4	11.4	10.1	12.8
T.MED.MAX.	19.7	12.2	13.7	15.0	16.4	16.4	16.1	15.6	15.7	14.9	13.5	15.9	13.6
AÑO	64	48	49	61	43	44	53	48	43	58	72	71	45 y 46
T.MED.MIN.	7.6	7.7	10.0	11.4	13.4	13.3	12.8	13.0	13.2	11.1	9.0	8.1	11.8
AÑO	67 y 70	63	68	71	69	64	74	76	75	52	66	73	66
T.MAX.	20.2	20.8	22.8	23.5	23.5	21.4	20.3	20.8	20.4	20.7	20.7	20.1	21.3
T.MAX.MAX.	29.5	22.8	25.3	25.9	25.9	23.3	22.0	21.9	21.7	22.2	22.9	29.4	22.2
AÑO	62	73	73	75	53	62	57	61	70	79	71	71	57
T.MAX.MIN.	17.2	19.0	20.4	21.5	21.8	19.2	18.8	18.9	19.3	19.7	18.2	18.7	18.7
AÑO	75	68	66	59 y 66	51	55	75 y 76	75	79	75 y 78	76	VA	76
T.MAX.EXT.MAX.	32.0	27.0	29.3	29.5	30.3	27.5	29.0	29.0	34.0	34.0	32.0	32.0	34.0
AÑO	72	43	48	78	43	80	57	69	43	53	71	71	43
T.MAX.EXT.MIN.	21.0	23.0	23.3	24.0	24.6	23.0	21.0	21.0	21.0	22.0	20.8	21.0	21.0
AÑO	66 y 76	VA	57	76	56	VA	76	71	79	67 y 78	80	VA	VA
T.MIN.	-1.2	-1.2	0.8	3.4	5.7	8.2	8.1	8.1	8.1	5.3	1.7	-0.3	3.9
T.MIN.MAX.	7.4	2.1	3.4	5.4	7.9	11.0	11.2	9.7	10.0	8.7	5.8	3.9	5.2
AÑO	64	70	63	52	55	81	53	80	81	59	58	58	81
T.MIN.MIN.	-5.4	-5.0	-1.3	1.5	2.9	6.6	6.7	6.3	5.2	1.7	-2.4	-3.5	2.7
AÑO	62	62	68	77	69	65	62 y 74	74	55	70	66	61	62
T.MIN.EXT.MAX.	-2.0	0.0	0.3	2.0	5.7	8.3	7.5	7.4	8.5	5.0	4.5	0.5	8.3
AÑO	72	70 y 71	45	59	47	81	48 y 51	45	44	76	79	58	81
T.MIN.EXT.MIN.	-10.0	-10.0	-8.0	-6.0	-2.0	1.0	2.0	1.0	-1.0	-4.5	-6.0	-8.9	-10.0
AÑO	62	62	65	71	68 y 70	66 y 68	74	69	79	55	62 y 66	63	62
PREC.	16.1	4.2	12.0	27.1	71.9	154.9	169.3	175.8	134.8	53.1	19.2	6.4	844.8
PREC.MAX.	116.5	32.0	63.0	81.5	148.7	268.9	261.0	305.3	218.0	142.3	83.3	35.8	1301.0
AÑO	58	54	66	67	52	43	70	69	64	78	58	56	58
PREC.MIN.	0.0	0.0	0.0	0.0	19.4	76.3	96.5	85.5	54.6	0.0	0.0	0.0	605.6
AÑO	VA	VA	VA	55	78	76	46	77	53	52	VA	VA	57
EVAP.	102.3	116.3	156.9	154.1	149.0	126.9	112.0	112.8	106.2	109.4	98.7	97.1	1441.7
EVAP.MAX.	130.0	152.3	212.5	207.2	217.5	196.2	155.5	153.0	139.4	154.6	132.7	187.3	1818.0
AÑO	62	60	52	55	53	60	49	61	53	57	47	67	60
EVAP.MIN.	74.8	74.2	110.8	101.4	100.6	89.2	73.1	64.8	62.9	62.9	62.9	62.1	1026.0
AÑO	72	79	74	76	76	78	77	79	80	80	77	79	80

VA : VARIOS AÑOS

T.MIN.EXT. : TEMPERATURA MINIMA EXTREMA EN °C.

PREC. : PRECIPITACION EN mm.

T.MED. : TEMPERATURA MEDIA EN °C.

T.MAX.EXT. : TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA EN °C.

EVAP. : EVAPORACION EN mm.

T.MAX. : TEMPERATURA MAXIMA EN °C.

T.MIN. : TEMPERATURA MINIMA EN °C.

TABLA No. 6

REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS

ESTACION MIMIAPAN

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T.MED.	10.5	11.6	13.5	14.5	15.1	14.0	13.0	13.3	13.1	12.7	12.1	11.5	12.9
T.MED.MAX.	12.8	12.6	15.4	16.4	16.3	15.9	17.7	17.1	16.1	14.5	14.9	14.3	14.5
AÑO	61	59	80	58	57	60	78	78	78	60	72	73	78
T.MED.MIN.	9.4	9.6	11.6	13.2	13.7	13.0	12.2	12.2	11.8	11.4	10.7	10.1	12.0
AÑO	58	68	66 y 68	VA	63	71 y 74	68	65 y 76	67	64	66	66	68
T.MAX.	17.6	18.9	20.7	21.8	21.6	19.7	18.4	18.6	18.3	18.3	18.4	17.7	19.2
T.MAX.MAX.	19.9	21.9	24.0	24.5	24.4	21.5	27.0	26.5	26.0	21.3	21.5	20.6	22.4
AÑO	57	71	60 y 80	58	75	57	79	79	79	60	57	57	79
T.MAX.MIN.	15.4	15.4	17.4	19.1	19.3	17.8	16.4	16.3	15.8	16.4	16.6	15.6	17.3
AÑO	64 y 74	68	74	68	68	71	72	69	67	73	71	71	68
T.MIN.	4.1	4.2	6.0	7.3	8.1	8.5	8.1	7.9	8.0	7.1	5.8	4.7	6.6
T.MIN.MAX.	5.4	5.9	7.2	8.8	8.8	9.1	8.7	8.8	8.9	8.6	7.7	5.5	7.3
AÑO	57	64	77	70	72	57 y 58	69	69	58	58 y 59	72	74	69
T.MIN.MIN.	2.7	-2.6	3.7	6.0	6.4	7.7	7.4	7.3	7.0	5.5	4.3	1.6	6.0
AÑO	76	77	76	76	76	76 y 77	77 y 78	75	76	64	66	70	76
PREC.	23.0	13.3	15.3	49.5	75.1	187.9	201.6	206.2	183.1	74.0	22.0	10.9	1062.3
PREC.MAX.	124.7	40.5	90.3	108.5	150.5	331.0	279.0	323.1	314.5	191.9	94.5	47.5	1425.9
AÑO	67	68	66	72	75	75	59	80	58	59	58	58 y 67	58
PREC.MIN.	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	78.0	50.0	88.5	111.0	8.3	0.0	0.0	852.2
AÑO	VA	69 y 72	VA	75	58	57	64	57	56	79	60 y 75	VA	77
EVAP.	113.3	128.9	176.9	173.2	169.5	136.0	126.3	128.2	116.2	122.2	109.2	100.1	1600.0
EVAP.MAX.	150.1	172.9	229.1	245.4	240.9	197.0	186.9	183.1	148.8	171.2	141.8	151.1	2065.9
AÑO	63	73	73	61	67	60	62	62	77	69	68	69	69
EVAP.MIN.	62.4	97.0	115.2	136.3	127.6	102.5	92.4	98.0	90.2	93.5	85.8	63.3	1410.7
AÑO	57	78	58	80	76	78	76	74	58	78	77	58	75

VA : VARIOS AÑOS

T.MED : TEMPERATURA MEDIA EN °C.

T.MAX : TEMPERATURA MAXIMA EN °C.

T.MIN. : TEMPERATURA MINIMA EN °C.

PREC : PRECIPITACION EN mm.

EVAP : EVAPORACION EN mm.

TABLA No. 7
REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS
ESTACION SANTIAGO TIANGUISTENGO

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T. MED.	11.7	12.7	15.1	16.7	17.2	16.6	15.5	15.5	15.3	14.7	13.4	11.8	14.7
T. MED. MAX.	15.4	15.9	18.4	20.3	20.8	19.4	18.1	18.3	17.9	17.2	17.2	15.4	17.4
AÑO	60	60	55	55	55	55	60	55	57	58	57	57	55
T. MED. MIN.	8.6	8.3	11.2	13.5	14.8	14.4	13.0	12.7	13.0	11.9	10.6	9.5	12.7
AÑO	81	76	66	66	79	78	67	69	68	68	79	80	79
T. MAX.	21.9	23.7	26.1	27.1	26.7	24.3	22.5	22.4	22.2	23.3	23.1	22.4	23.8
T. MAX. MAX.	26.0	27.3	28.8	30.9	30.5	29.1	25.8	24.8	24.7	25.6	25.5	26.3	26.1
AÑO	60	60	55	55	55	60	60	55	62	62	55	59	55
T. MAX. MIN.	18.4	19.6	21.8	22.9	23.4	19.9	19.5	19.4	19.4	19.7	18.1	18.9	20.7
AÑO	80	80	66	80	80	78	78	69	80	78	76	79 y 80	80
T. MIN.	1.2	1.5	3.6	5.4	7.0	7.9	7.6	7.8	7.5	5.4	2.6	1.8	4.9
T. MIN. MAX.	6.0	3.7	6.5	7.4	9.2	11.2	10.3	9.7	9.4	8.9	7.0	6.5	3.4
AÑO	79	72	70	83	63	61	62	62	62	68	68	68	66
T. MIN. MIN.	-2.4	-2.5	0.5	2.3	5.6	5.9	5.3	6.1	5.4	1.4	0.6	-1.0	6.0
AÑO	73	68	72	67	72	66 y 76	67	66 y 67	72	67	62	63	68
PREC.	16.6	2.2	5.5	27.0	75.8	171.8	239.7	254.7	159.4	67.2	12.0	6.2	1037.4
PREC. MAX.	117.5	23.0	31.5	79.0	139.5	321.0	380.0	572.0	339.0	246.9	70.5	38.5	1423.5
AÑO	80	81	71	62	64	67	69	69	71	59	58	58	67
PREC. MIN.	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	70.3	174.5	136.5	32.5	0.0	0.0	0.0	625.1
AÑO	VA	VA	VA	VA	61	79	76	64	59	74	VA	VA	79

VA : VARIOS AÑOS

T. MED. : TEMPERATURA MEDIA EN °C.

T. MAX. : TEMPERATURA MAXIMA EN °C.

T. MIN. : TEMPERATURA MINIMA EN °C.

PREC. : PRECIPITACION EN mm.

EVAP. : EVAPORACION EN mm.

TABLA No. 8
REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS
ESTACION TEMOAYA

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T. MED.	11.0	11.7	13.8	15.2	15.7	15.0	14.1	14.0	14.1	13.4	12.3	11.4	13.5
T. MED. MAX.	12.8	13.1	15.5	16.7	16.7	16.3	14.9	14.8	14.6	14.2	13.9	12.9	13.9
AÑO	73	67	80	70 y 75	61	69	69 y 80	63	62	69	72	72	69
T. MED. MIN.	9.6	8.7	11.5	13.5	15.0	16.0	13.4	13.2	13.2	12.4	11.1	9.8	12.8
AÑO	68	68	68	77	76	77	75	76	75	74	66	73	68
T. MAX.	19.2	20.1	22.4	23.4	23.2	21.0	19.9	20.1	20.1	20.3	20.1	19.2	20.7
T. MAX. MAX.	25.1	23.4	25.2	25.5	24.5	22.6	21.6	20.9	20.9	21.5	21.3	22.9	21.5
AÑO	73	73	73	70 y 75	61	80	80	78	72	70	78	78	78
T. MAX. MIN.	17.4	15.9	19.5	22.0	21.4	19.7	19.0	19.1	19.0	18.7	18.2	17.8	19.8
AÑO	64	68	68	71	68	61 y 75	63	65 y 71	67	63	76	64	68
T. MIN.	2.8	3.3	5.2	7.0	8.1	8.9	8.3	8.0	8.1	6.3	4.5	3.6	6.2
T. MIN. MAX.	4.0	5.0	6.8	8.3	8.8	10.0	9.4	9.1	9.3	7.2	5.8	4.6	6.9
AÑO	64	64	63	61	61	61 y 63	61	63	62	72	61	71	63
T. MIN. MIN.	0.5	0.5	1.9	5.6	7.3	7.9	7.3	7.2	6.6	4.6	2.6	1.4	5.7
AÑO	73	73	73	77	70	77	74	76	75	79	66	73	75
PREC.	18.2	8.6	19.9	30.9	68.5	181.2	184.8	190.8	145.0	77.6	18.9	13.4	957.8
PREC. MAX.	82.5	25.5	92.5	62.0	137.0	280.5	233.5	293.5	214.0	217.5	61.0	30.5	1274.5
AÑO	80	65	66	63	64	71	76	80	76	76	64	79	76
PREC. MIN.	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	97.5	144.5	117.5	80.5	6.5	1.0	0.3	749.3
AÑO	VA	VA	70 y 73	69	78	79	67	78	66 y 75	79	67	75	79
EVAP.	121.6	132.3	174.8	178.6	172.9	142.9	130.1	132.2	123.1	118.5	114.0	107.9	1648.9
EVAP. MAX.	145.9	155.6	209.7	235.5	235.5	182.0	212.0	169.8	138.6	149.0	140.3	143.9	1958.3
AÑO	62	72	73	69	69	62	62	62	72	76	62	72	62
EVAP. MIN.	102.4	109.6	133.6	124.6	119.7	109.6	99.8	111.3	103.1	100.7	94.5	80.8	1504.1
AÑO	64	78	68	68	75	75	75	74	70	73	72	76	74

VA : VARIOS AÑOS

T. MED. : TEMPERATURA MEDIA EN °C.

T. MAX. : TEMPERATURA MAXIMA EN °C.

T. MIN. : TEMPERATURA MINIMA EN °C.

PREC. : PRECIPITACION EN mm.

EVAP. : EVAPORACION EN mm.

TABLA No. 9

REGISTRO DE LOS DATOS CLIMATICOS

ESTACION TOLUCA (DICTINAS)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T.MED.	10.6	11.6	13.9	15.5	16.3	15.7	14.9	15.0	14.9	14.0	12.3	11.0	13.8
T.MED. MAX.	11.8	13.6	12.6	16.8	17.2	16.4	15.4	15.7	15.8	15.4	14.9	13.2	14.4
AÑO	74	73	66	63	72	62 y 63	63	73	77	71	72	76	77
T.MED. MIN.	9.1	10.4	15.7	14.2	15.6	14.9	14.2	14.1	14.0	12.9	10.7	9.6	13.2
AÑO	67	65	77	77	68	70	74	71	79	64	66	73	66
T. MAX.	19.0	20.2	22.6	23.7	24.2	21.6	20.7	20.9	20.7	20.8	20.2	19.1	21.1
T. MAX. MAX.	21.1	22.9	24.6	26.2	25.6	24.8	21.7	22.3	22.1	22.4	21.5	21.0	21.9
AÑO	63	62	77	75	61	69	69	61	77	71	65	70	62
T. MAX. MIN.	17.0	18.1	20.6	20.3	22.7	20.2	20.0	20.2	19.7	19.7	17.9	18.1	20.5
AÑO	67	78	66	60	75	71	74 y 75	69	79	63	76	68	68
T. MIN.	2.2	3.0	5.3	7.1	8.6	9.7	9.0	9.0	9.1	7.0	4.2	2.6	6.4
T. MIN. MAX.	3.5	5.6	6.7	8.3	10.7	11.6	11.1	10.6	10.6	9.6	9.3	5.5	7.9
AÑO	71 y 78	73	77	75	72	72	72	72	72	72	72	75	72
T. MIN. MIN.	0.3	0.6	3.1	5.8	7.2	8.7	8.0	7.7	8.1	5.1	1.7	0.4	5.4
AÑO	70	63	68	69	69	60	67	79	75	79	66	60	68
PREC.	16.5	5.5	12.4	34.5	63.6	136.9	153.2	145.9	122.3	62.5	11.3	7.4	772.0
PREC. MAX.	106.6	14.6	29.8	94.1	115.0	228.1	236.5	263.2	241.2	160.0	43.4	37.9	1085.1
AÑO	67	78	66	62	64	61	78	69	67	76	74	79	67
PREC. MIN.	0.0	0.0	0.0	0.7	11.1	70.5	80.3	54.3	74.4	13.0	0.3	0.0	639.2
AÑO	VA	69 y 71	70 y 80	70	78	80	65	64	77	79	67	VA	74
EVAP.	119.0	139.6	190.7	187.2	173.1	141.5	125.1	121.1	112.9	117.9	110.1	103.6	1671.8
EVAP. MAX.	145.0	159.8	231.2	231.4	228.7	183.2	143.1	137.0	136.2	148.3	130.2	125.4	1860.3
AÑO	73	71	70	70	69	69	80	70	66	79	70	70	69
EVAP. MTN.	105.9	122.3	159.1	151.2	123.9	115.7	97.1	105.4	97.3	91.9	79.2	81.5	1462.2
AÑO	60	79	63	76	75	75	76	76	64	76	76	76	76

VA : VARIOS AÑOS

T.MED. : TEMPERATURA MEDIA EN °C.

T.MAX. : TEMPERATURA MAXIMA EN °C.

T.MIN. : TEMPERATURA MINIMA EN °C.

PREC. : PRECIPITACION EN mm.

EVAP. : EVAPORACION EN mm.

TABLA No. 10

DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD RELATIVA A LAS 7 A.M.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Hr (%)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

DIRECCION DEL VIENTO DOMINANTE DESENAL

ESTACION LERMA

DIA	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
1	SE						S		S	S		S	S	S		
2	S						SE		S	S	S/N	S	S	S		
3	SE/SW						S	S	S	S	S	S	S	S		
4	SW						SE/N	S	S		S	S	S	S		
5	SW						SE	S	S	S	S	S/N	S	S		
6							SE		S	S		S	S	S		
7							S		S	S	S	S	S	S	S	S/N
8							S		S	N/S	S	N/S	S	S		
9									S	S	S	S	S	S	S	S/N
10							S		S	S/N	S	S	S	S	S	N
11							S		S	S	S	N	S	N	S	N
12							S	NE	S	N	S	N	S	W	S	
13							N		S	S/N	S	S	S	S	S	S
14							N	SE	NE	N	S	N/S/N	S			
15							SE/N	S	SE	S	S	N	S	S		
16							N		S	S	N	NE	N	S/N		
17								SE	N	S	E			N		
18							SE/N	S	N	SW	N	S	E	N	S	
19								E	S	S	S	S	N			
20								N/S	S	S	N	S	N	S		
21								N	S	S/N	S	S	S	S		
22								N/S	S	S	S	A	N			
23								S	N	S	S	N	S	N	S/E	
24								S	N	NE	S	S	N			
25								N/S	S	N/S	S	N	S			
26								NE	S	E	S	N	S	N		
27								S	N	E	A	S/N	N			
28								N	N	S	S	C	S	S	S/A	
29							NE/SE		N/S	NE	NW	S	S	S	S	N
30									S	S	S	S	S	S		
31									S	S	NE/S	S	S	S		
32							S		N/S		S	S	S	N/S		
33							S		S	S	S	S	S	S		
34							S		S	S	S	S	S	S	W	
35							E		S	S	S	S	S	N	S	
36							SW/NE	S		S	SW	S	S	S	S	

— CALMA

VELOCIDAD DEL VIENTO

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
V A/seg.	4.57	4.7	4.3	5.3	4.3	4.3	3.7	3.7	4.3	3.3	3.3	4.0

CLAVES DEL CUADRO PARA EL CALCULO DEL
CLIMA DE ACUERDO AL 2º SISTEMA DE THORNTWHAITE

- 1) TE Temperatura media en grados centígrados.
- 2) PR Precipitación media en centímetros.
- 3) IC Indice de calor.
- 4) EV Evapotranspiración potencial mensual sin corregir en centímetros.
- 5) FC Factor de corrección por latitud.
- 6) EP Evapotranspiración potencial en centímetros.
- 7) MH Movimiento de humedad en el suelo en centímetros.
- 8) HA Humedad almacenada en centímetros.
- 9) DA Demasía de agua en centímetros.
- 10) DE Deficiencia de agua en centímetros.
- 11) ER Evapotranspiración real en centímetros.
- 12) ES Escurrimiento en centímetros.
- 13) RP Relación pluvial.
- 14) IH Indice de humedad en %.
- 15) IA Indice de aridez en %.
- 16) IP Indice pluvial en %.
- 17) CT Concentración térmica en el verano en %.

TABLA No. 11

BALANCE HIDRICO

CALCULO DEL CLIMA SEGUN THORNTHWAITE

EST: ALMOLUYA DEL RIO (MEXICO)

{1951 - 1980}

			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
1	TE	°C	8.7	9.2	10.0	12.9	14.0	14.5	13.9	12.8	12.0	12.8	10.8	9.1	TEA	12.0	* CATEGORIA DE HUMEDAD
2	PR	cm	2.03	0.53	1.05	3.5	7.59	16.92	21.62	21.64	15.33	6.84	1.87	0.84	PIA	100.0	INDICE FLUVIAL (IP) = 63.97
3	IC		2.31	2.52	3.21	4.20	4.75	5.01	4.70	4.75	4.70	4.15	3.21	24.8	ICA	49.75	BI = PC = HAMEDO
4	EV	cm	3.25	3.49	4.29	5.39	5.90	5.92	5.92	5.98	5.92	5.33	4.29	3.44			* REGIMEN DE HUMEDAD
5	FC		0.45	0.50	1.03	1.05	1.13	1.10	1.14	1.10	1.02	1.00	0.93	0.95			INDICE DE ARIDEZ (IA) = 6.06
6	EP	cm	3.09	3.14	4.42	5.25	6.76	6.87	6.75	6.58	6.04	5.33	4.00	3.27	EPA	61.9	T = IA = PEQUEÑA O NINGUNA DEFICIENCIA DE AGUA
7	MI	cm	-1.06	-2.61	-1.77	0.0	0.83	9.17	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.13	-2.43			INDICE DE HUMEDAD (IH) = 157.61
8	HA	cm	4.38	1.77	0.0	0.0	0.83	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	7.87	5.44			W2 = S1 = GRAN DEMASIA DE AGUA
9	DA	cm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.88	15.07	15.1	4.29	1.51	0.0	0.0	DAA	41.85	ESTIVAL
10	DE	cm	0.0	0.0	1.6	2.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	DEA	3.75	
11	EB	cm	3.09	3.14	2.82	3.5	6.76	6.87	6.75	6.58	6.04	5.33	4.0	3.27	EBA	50.15	* CATEGORIA DE TEMPERATURA
12	ES	cm	0	0	0	0	0	0.44	7.75	11.27	8.40	3.60	0.38	0	ESA	31.32	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL - ANUAL (EPA)..... = 61.9
13	IP		-0.34	-0.83	-0.76	-0.30	0.12	1.46	2.23	2.09	1.54	0.20	0.53	-2.69			BI = TE = SEMIFRIO
14	II																67.61
15	IA																6.06
16	IP																63.97
17	IC																49.75

B, P, T, #, B', H' = (E, IA, 'O, TE, VA.

H' = VA CON DADA CONCENTRACION DE CALOR EN EL VERANO

TABLA No. 12
 BALANCE HIDRICO
 CALCULO DEL CLIMA SEGUN THORNTONWATTE
 EST: ATAHASCUILLO (MEXICO)
 (1961 - 1960)

			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
1	TE	°C	12.2	12.7	14.8	16.2	16.9	16.3	15.3	15.2	15.0	14.3	12.9	11.9	TEA	14.5	CATEGORIA DE HUMEDAD
2	PI	cm	2.1	0.6	1.19	3.2	6.36	17.40	19.26	16.36	15.36	4.7	1.53	0.72	PIA	93.66	INDICE PLUVIAL (IP) = 35.93
3	IC		3.66	4.1	5.17	5.93	6.32	5.90	5.44	5.30	5.28	4.91	4.2	3.72	ICA	60.29	IC = MODERADAMENTE HEMEDO
4	EV	cm	4.43	4.7	5.05	6.66	1.10	6.72	6.14	6.08	5.96	5.57	4.8	4.20			REGIMEN DE HUMEDAD
5	FC		0.96	0.90	1.03	1.05	1.13	1.10	1.14	1.10	1.02	0.00	0.93	0.95			INDICE DE FRIEDZ (IA) = 18.6
6	EP	cm	4.21	4.23	6.02	6.99	8.00	7.39	7.00	6.69	6.06	5.87	4.46	4.07	EPA	70.71	EP = MODERADA DEFICIENCIA DE
7	HE	cm	-2.11	-3.74	0	0	0	10.0	0	0	0	-0.77	-2.93	-3.35			AGUA INVERNAL
8	HA	cm	0.74	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.13	6.2	2.85		50.92	INDICE DE HUELDZ (IH) = 47.09
9	DA	cm	0	0	0	0	0.07	12.26	11.67	9.28	9.20	0	0	0	DAA	30.3	DA = GRAN DEMASIA DE AGUA ESTIVAL
10	DE	cm	0	2.69	4.83	3.29	1.64	0	0	0	0	0	0	DEA	13.15	CATEGORIA DE TEMPERATURA	
11	ER	cm	4.21	1.34	1.19	3.2	6.36	7.39	7.0	6.69	6.08	5.87	4.46	4.07	ERA	57.56	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL
12	ES	cm	0	0	0	0	0	0.45	6.36	8.90	7.56	2.32	0	0	ESA	25.50	ANAL (EPA) = 70.71
13	RP																IE = SEME FRIO
14	IH =															47.09	REGIMEN DE TEMPERATURA
15	IR =															18.6	CONCENTRACION TEMICA DE VERANO
16	IP =															35.93	(CI) = 21.41
17	IV =															29.81	VA = DIF. HAJA CONCENTRACION DE CALOR EN EL VERANO

TABLA No. 13
 BALANCE HÍDRICO
 CLASIFICACIÓN DEL CLIMA SEGÚN TENDENCIA
 EST: HACIENDA DE LA Y (AZUARO DE TOLUCA) (MÉXICO)
 (1944 - 1960)

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D					
1	TE	°C	8.7	9.7	11.9	13.4	14.7	16.2	14.5	14.5	14.4	13.0	10.9	9.2	TEA	12.5	CATEGORÍA DE HUMEDAD	
2	FR	cm	1.65	0.7	1.48	3.47	6.87	10.79	16.9	16.18	13.69	6.6	2.44	1.06	MIA	65.9	ÍNDICE PLUVIAL (IP) = 30.01	
3	IC		2.31	2.73	3.72	4.45	5.12	5.31	5.01	5.01	4.56	4.25	3.29	2.52	JCA	40.71	IE = MUY BASTANTE HUMEDO	
4	EV	cm	3.30	3.08	5.81	5.80	6.51	9.78	6.4	6.4	6.34	5.59	4.49	3.64			REGÍMEN DE HUMEDAD	
5	FD		0.95	0.90	1.03	1.09	1.13	1.10	1.14	1.10	1.02	1.00	0.93	0.95			ÍNDICE DE ARIEZ (IA) = 9.02	
6	EP	cm	3.22	3.49	5.93	6.09	7.35	7.46	7.70	7.04	6.42	5.59	4.18	3.46	LPA	67.64	PA = POCO O NADA DEFICIENCIA DE AGUA	
7	MH	cm	-1.96	-2.79	-1.51	0	0	2.33	2.67	0	0	0	-1.74	-2.4			ÍNDICE DE HUMEDAD (IH) = 35.42	
8	HA	cm	4.3	1.51	0	0	0	7.33	10.0	10.0	10.0	10.0	8.26	5.06		67.26	SD = GRAN DEMANDA DE AGUA ESTIVAL	
9	DA	cm	0	0	0	0	0	6.93	9.14	6.88	1.01	0	0	0	DAA	23.86	CATEGORÍA DE TEMPERATURA	
10	DE	cm	0	0	2.59	2.62	0.49	0	0	0	0	0	0	0	DEA	6.1	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL ANUAL	
11	ER	cm	3.22	3.49	2.59	3.47	6.87	7.46	7.70	7.04	6.42	5.59	4.18	3.46	ERA	61.54	(EPA) = 57.64	
12	ES	cm	0	0	0	0	0	3.46	6.3	5.72	0.50	0.25	0	0	EBA	16.23	IE = SEMI FRÍO	
13	RT																REGÍMEN DE TEMPERATURA	
14	TH																35.42	CONCENTRACION TÉRMICA DE VERANO
15	TA																9.02	(CI) = 32.27
16	IP																30.01	VA = CON BAJA CONCENTRACION DE CALOR EN
17	CI																32.23	EL VERANO

TAHA No. 15

VALANCE HIDRICO
 CALCULO DEL CLIMA SECONDO TROPICAL
 EST: MEXICAN AIRCRAFT (MEXICO)
 (1957 - 1980)

			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
1	TE	°C	10.5	11.6	13.0	14.5	15.1	14.0	13.1	13.3	12.1	12.7	12.1	12.1	12A	12.9	CATEGORIA DE HUMEDAD
2	PH	cm	2.3	1.33	1.53	4.29	7.51	10.29	21.16	20.66	10.31	7.4	2.2	1.09	11A	103.23	INDICE PLUVIAL (IP) = 63.86
3	IC		3.00	3.58	4.5	5.01	5.33	4.75	4.25	4.48	4.3	4.1	3.71	3.53	10A	50.64	PC HUMEDO
4	EV	cm	4.14	4.20	5.21	6.25	5.71	5.94	5.44	5.6	5.49	4.75	4.96	4.66			REGIMEN DE HUMEDAD
5	FC		0.99	0.90	1.03	1.05	1.13	1.10	1.14	1.10	1.02	1.00	0.93	0.95			INDICE DE ARIDEZ (IA) = 9.39
6	EP	cm	3.93	4.20	5.48	6.56	5.43	6.58	6.20	6.16	5.43	4.75	4.61	4.42	8PA	66.25	IA FREGUERA O NULA DEFICIENCIA DE AGUA
7	DI	cm	-1.63	-2.13	0	0	0.09	0.92	0	0	0	0	-0.41	-0.33			INDICE DE SEQUEDAD (IS) = 69.49
8	HA	cm	2.63	0	0	0	0.09	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	7.59	4.25	61.93	SD	GRAN DEMANDA DE AGUA ESTIVA.
9	DA	cm	0	0	0	0	0	2.24	13.96	14.5	12.71	2.65	0	0	0AA	46.11	CATEGORIA DE TEMPERATURA
10	DE	cm	0	0.27	4.35	1.61	0	0	0	0	0	0	0	0	0EA	6.23	EVAPOTRANSPIRACION LATENCIAL ANUAL
11	EH	cm	3.93	3.96	1.53	4.95	7.43	6.58	6.2	6.16	5.6	4.75	4.61	4.42	8EA	60.12	(EPA) = 56.35
12	ES	cm	0	0	0	0	0	1.45	7.55	10.74	9.94	4.5	0.65	0	ESA	34.89	IE SEMI FROLO
13	HP		-0.41	-0.69	-0.74	-0.24	0.01	1.06	2.25	2.35	2.22	0.56	0.92	0.75	8EA	34.03	REGIMEN DE TEMPERATURA
14	TH															69.49	CONCENTRACION TERMICA DE VERANO
15	TA															9.39	(OI) = 32.73
16	TP															63.86	VA CON BAJA CORRELACION DE CALOR EN EL VERANO
17	TI															20.55	

TABLA No. 16
BALANCE HIDRICO
CALCULO DEL CLIMA SEGUN THORNTONWALTE
EST: SANTIAGO TIANGOLISTENGO (MEXICO)
(1955 - 1981)

			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D				
1	IE	°C	11.7	12.7	15.1	16.7	17.2	16.6	15.5	13.35	11.3	13.7	13.4	11.8	TEA	14.8	CATEGORIA DE HUMEDAD	
2	PI	cm	1.66	0.32	0.96	2.7	7.58	17.18	23.97	26.40	15.94	6.72	1.2	0.62	PIA	103.74	INDICE PLUVIAL (IP) = 54.4	
3	IC		3.62	4.1	5.33	6.21	6.49	6.15	5.55	5.55	5.44	5.12	4.45	3.67	ICA	61.68	PO SEMI HUMEDO	
4	EV	cm	4.04	4.56	5.88	6.83	7.13	6.77	6.11	6.11	6.00	5.65	4.93	4.09			REGIMEN DE HUMEDAD	
5	FC		0.95	0.90	1.03	1.09	1.13	1.10	1.14	1.10	1.02	1.00	0.93	0.95			INDICE DE ARIDEZ (IA) = 18.65	
6	EP	cm	3.84	4.10	6.07	7.17	8.06	7.45	6.96	6.72	6.12	5.65	4.50	3.80	EPA	70.6	NO MODERADA DEFICIENCIA DE AGUA (INTERVAL)	
7	MI	cm	-2.18	-1.10	0	0	0	9.73	0.27	0	0	0	-3.38	-3.26			INDICE DE HUMEDAD (IH) = 25.99	
8	IA	cm	1.18	0	0	0	0	9.73	10.0	10.0	10.0	10.0	6.62	3.36			SI (CUM) DEMASIA DE AGUA ESTIVAL	
9	DA	cm	0	0	0	0	0	0	16.74	18.68	9.82	1.07	0	0	DAA	45.31	CATEGORIA DE TEMPERATURA	
10	DE	cm	0	2.7	5.52	4.47	0.48	0	0	0	0	0	0	0	DEA	13.17	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL ANUAL	
11	EA	cm	3.84	1.4	0.55	2.7	7.58	7.45	6.96	6.72	5.12	5.65	4.50	3.80	ERA	57.43	(EPA) = 70.6	
12	ES	cm	0	0	0	0	0	0	3.37	11.02	9.50	2.99	0.27	0	ESA	27.23	TE SEMI FRIO	
13	RP																REGIMEN DE TEMPERATURA	
14	TH																65.59	CONCENTRACION TERMICA DE VERANO
15	TA																18.65	(ET) = 29.91
16	IP																54.4	VA CON BAJA CONCENTRACION DE CALOR EN
17	CP																39.91	EL VERANO

TABLA No. 17
 BALANCE HIDRICO
 CALCULO DEL CLIMA SEGUN THORNTHWAITE
 EST: TEMUAYA TEMUAYA (MEXICO)
 (1961 - 1990)

			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D				
1	TE	*C	11.0	11.7	13.8	15.2	15.7	15.0	14.1	14.0	14.1	13.4	12.3	11.4	TEA	13.5	CATEGORIA DE HUMEDAD	
2	PR	cm	1.82	0.86	1.99	3.09	6.83	10.12	10.40	19.08	14.5	7.76	1.89	1.34	PIA	95.78	INDICE PLUVIAL (IP) = 47.55	
3	IC		3.3	3.62	4.65	5.38	5.65	5.29	4.81	4.75	4.81	4.45	3.91	3.40	ICA	54.09	PO SEMI HUMEDO	
4	EV	cm	4.1	4.46	5.58	6.36	6.64	6.24	5.74	5.69	5.74	5.36	4.77	4.3			REGIMEN DE HUMEDAD	
5	FC		0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.10	1.14	1.10	1.02	1.00	0.93	0.95			INDICE DE ARIDEZ (IA) = 12.66	
6	EP	cm	3.39	4.01	5.57	6.68	7.5	6.96	6.54	6.26	5.85	5.36	4.44	4.00	EPA	67.22	HA PEQUEÑA O NULA DEFICIENCIA DE AGUA	
7	WH	cm	-2.07	-2.64	0	0	0	10.0	0	0	0	0	-2.55	-2.74			INDICE DE HUMEDAD (IH) = 55.15	
8	HA	cm	2.64	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	7.95	4.71			SD (SIAN DEMASIA DE AGUA ESTIVAL	
9	UA	cm	0	0	0	0	0	1.26	11.94	12.82	8.65	2.4	0	0	DAA	37.07	CATEGORIA DE TEMPERATURA	
10	PC	cm	0	0.51	3.76	3.59	0.65	0	0	0	0	0	0	0	DEA	8.51	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL MUAL	
11	ER	cm	3.09	3.5	1.99	3.09	6.85	6.06	6.54	6.26	5.85	5.36	4.44	4.00	EHA	59.71	(EPA) = 67.22	
12	ES	cm	0	0	0	0	0	0.63	6.28	9.39	7.53	3.36	0.6	0	EBA	27.79	TE SEMI FRIO	
13	RP																REGIMEN DE TEMPERATURA	
14	TH																55.15	CONCENTRACION TERMICA DE VERANO
15	TA																12.66	(CI) = 29.25
16	TP																47.55	VA CON BAJA CONCENTRACION DE CALOR EN
17	CT																29.25	EL VERANO

TABLA No. 10

BALANCE HIDRICO

CALCULO DEL CLIMA SEGUN THORNTONWALTE

EST: TOLUCA (OFICINAS) (MEXICO)

(1961 - 1980)

			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D				
1	TE	°C	10.6	11.6	13.9	15.5	16.3	15.7	14.9	13.0	14.9	14.0	12.3	11.0	TEA	13.8	CATEGORIA DE HUMEDAD	
2	PI	cm	1.75	0.55	1.24	3.48	6.06	13.69	15.32	14.59	12.23	6.25	1.13	0.74	PIA	77.2	INDICE FLUVIAL (II) = 19.63	
3	IC		3.12	3.58	4.7	8.55	8.90	8.22	6.28	8.24	5.22	4.75	3.91	3.3	ICA	50.28	PI' LIGERAMENTE HUMEDO	
4	EV	cm	3.75	4.23	6.49	6.39	6.85	6.6	6.05	6.10	6.05	6.64	4.63	3.96			REGIMEN DE HUMEDAD	
5	FC		0.93	0.90	1.03	1.05	1.13	1.10	1.14	1.10	1.02	1.00	0.93	0.95			INDICE DE ARIDEZ (IA) = 15.36	
6	EP	cm	3.57	3.83	5.65	6.71	6.74	7.15	6.93	6.71	6.17	5.54	4.31	3.75	EPA	68.04	HA PEQUEÑA O NULA DEFICIENCIA DE AGUA	
7	MH	cm	-1.92	-1.86	0	0	0	6.54	3.46	0	0	0	-3.18	-3.02			INDICE DE HUMEDAD (III) = 28.82	
8	HA	cm	1.88	0	0	0	0	6.54	10.0	10.0	10.0	10.0	6.62	3.8		59.04	EO GRAN DEFICIA DE AGUA ESTIVAL	
9	DA	cm	0	0	0	0	0	0	4.93	7.10	6.06	0.71	0	0	DAA	19.61	CATEGORIA DE TEMPERATURA	
10	DE	cm	0	1.4	4.41	3.26	1.38	0	0	0	0	0	0	0	DEA	10.45	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL ANUAL	
11	EA	cm	0	0	0	0	0	0	2.46	5.11	5.0	1.87	0.18	0	EBA	14.71	(EPA) = 68.04	
12	EB	cm	0	0	0	0	0	0	2.46	5.11	5.0	1.87	01.8	0	ESA	14.71	TE SEMI FRIO	
13	IP	cm															REGIMEN DE TEMPERATURA	
14	IT	-															28.82	CONCENTRACION TERMICA DE VERANO
15	IT	-															15.35	(CT) = 37.51
16	IP	-															19.60	VA CON BAJA CONCENTRACION DE CALOR EN
17	CI	-															30.51	EL VERANO

TABLA No. 20

FECHAS DE LA ULTIMA Y PRIMERA HELADAS Y DEL PERIODO LIBRE DE HELADAS

ESTACION	UH	PH	* PLH	PLH
	MES DIA	MES DIA	DIAS	(UH-PH) DIAS
ALMOLOYA DEL RIO	MAY-24	OCT- 3	145	132
ATARASQUILLO	ABR-27	OCT-11	180	167
HACIENDA DE LA Y	MAY-22	SEP-27	140	128
LERMA	MAY-26	SEP-27	136	124
MIMIAPAN	MAR-29	OCT-11"	208	196
SANTIAGO TIANGUISTENGO	MAY- 6	OCT- 3	166	150
TEMODAYA	MAR-29	OCT- 9	204	194
TOLUCA	ABR-27	SEP-25	165	151

UH = ULTIMA HELADA

PH = PRIMERA HELADA

* PLH= PERIODO LIBRE DE HELADAS (OBTENIDO DE LAS GRAFICAS)

TABLA No. 21

ESTACION LERMA

GRANIZO

AÑO	MES												ANUAL
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1951	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1952	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1953	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1954	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1955	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1956	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1961	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
1962	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
1963	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1964	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1965	0	0	0	0	1	2	1	0	2	1	1	0	8
1966	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	5
1967	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4
1968	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1969	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
1970	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
1971	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	4
1972	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3
1973	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1976	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	5
1977	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	0	5
1978	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	3
1979	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	1	8
1980	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	4
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1	2	2	3	10	16	13	7	8	1	2	1	66
32	0.03	.063	.063	.094	.313	.5	.41	.22	.25	.03	.063	.03	2.06
(%)	.1	.23	.20	.31	1.01	1.67	1.32	.71	.83	.1	.21	.1	17.19

TABLA No. 22

U S O D E L S U E L O

USO	T I P O	C U L T I V O	SUPERFICIE HAS.	%
A G R I C O L A	riego	espinaca	0.73	0.01
	riego de punteo	maíz	778.94	10.58
	riego	haba	2.00	0.03
	humedad	haba	121.88	1.65
	temporal	maíz	3440.24	46.75
	temporal	maguay	2.92	0.04
Subtotal:			4345.71	59.05
P E C U A R I O	riego	alfalfa	7.29	0.10
	riego	pradera	2.29	0.04
	riego	avena forraje	4.00	0.05
	temporal	pradera	65.59	0.89
	temporal	pasto natural	316.99	4.31
	temporal	avena forraje	49.20	0.67
	temporal	cebada forraje	3.65	0.05
	temporal	pasto natural-tular	2170.07	29.48
Subtotal:			2619.71	35.59
O T R O S		tular	296.59	0.10
		bosque	5.83	0.08
		vivero forestal	18.22	0.25
SUBTOTAL:			320.64	4.36
Zona urbana, cuerpos de agua, carreteras:			73.00	1.00
T O T A L :			7360.06	100.00

TABLA No. 23

RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS ACTUALES DE LA ZONA Y
 RENDIMIENTOS PROMEDIOS NACIONALES
 (PARA VARIOS AÑOS)

e) MAIZ (INVESTIGACION DIRECTA) RENDIMIENTO (TON/HA)

AÑO	1978	1979	1980	1981	1982
RENDIMIENTO	3.0	1.5	3.0	2.0	3.0

b) MAIZ (ANUARIO 1980)

AÑO	1975	1976	1977	1978	1979
RENDIMIENTO	1.26	1.18	1.36	1.52	1.52

c) MAIZ (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS)

AÑO	1981
RENDIMIENTO	1.81

d) MAIZ (DELGADO)

R A N G O S
 (RENDIMIENTOS KG/HA)

CLASIFICACION DE LAS TIERRAS
 LABORABLES DE TEMPORAL

HASTA 547.32
 DE 547.32 A 938.81
 DE 938.82 ó MAS

MAL TEMPORAL
 REGULAR TEMPORAL
 BUEN TEMPORAL

e) HABA (INVESTIGACION DIRECTA)

1.5 a 2.0 TON/HA

f) HABA (ANUARIO 1980)

AÑO	1975	1976	1977	1978	1979
RENDIMIENTO	0.83	0.81	1.43	0.98	1.42

TABLA No. 25

NECESIDADES HIDRICAS DE LOS CULTIVOS

DECENA (D)	ET _o	MAIZ		TRIGO		PAPA		CHICHARRO		COL		FRÍJOL		HABA VERDE		AVENA	
		Kc	ET	Kc	ET	Kc	ET	Kc	ET	Kc	ET	Kc	ET	Kc	ET	Kc	ET
13	40.60	0.72	29.23					0.72	29.23			0.72	29.23				
14	36.60	0.73	26.72					0.72	26.35			0.74	27.08				
15	41.86	0.75	31.39	0.65	14.83	0.65	27.20	0.79	33.01	0.65	27.20	0.79	33.06				
16	38.24	0.79	30.21	0.65	24.89	0.65	24.86	0.92	35.18	0.65	24.86	0.95	32.89	0.59	22.55		
17	33.00	0.63	27.39	0.72	23.76	0.72	24.75	1.05	34.65	0.65	21.45	0.95	31.35	0.60	19.80		
18	27.77	0.88	24.44	0.68	24.44	0.85	23.60	1.05	29.16	0.64	18.88	1.02	28.33	0.67	18.61	0.55	15.27
19	27.05	0.94	25.43	1.03	27.86	0.75	25.70	1.05	28.40	0.77	20.83	1.07	28.94	0.76	20.56	0.60	16.23
20	28.48	0.99	20.20	1.05	29.05	1.04	29.62	1.05	29.90	0.86	24.49	1.08	30.76	0.85	24.21	0.74	21.08
21	30.53	1.04	31.75	1.05	32.06	1.05	32.06	1.01	30.84	0.94	28.70	1.07	32.67	0.95	29.00	0.50	27.48
22	29.35	1.09	31.99	1.05	30.82	1.05	30.82			0.95	27.88	1.02	29.94	0.98	28.76	1.02	29.94
23	28.15	1.10	30.97	1.05	29.56	1.05	29.56			0.95	26.74	0.80	22.52	0.96	27.02	1.09	30.40
24	30.40	1.09	33.14	1.05	31.92	1.05	31.92			0.89	27.66	0.80	15.20	0.90	27.36	1.10	33.44
25	26.94	1.07	28.29	0.95	25.12	1.00	26.44									1.08	28.56
26	27.97	1.01	28.27	0.69	19.31	0.89	34.91									1.05	28.39
27	28.84	0.95	27.39	0.41	11.82	0.76	21.92									1.00	28.84
28	28.75	0.84	24.15													0.94	27.03
29	27.26	0.73	19.90														
30	29.44	0.60	17.66														
TOTAL.			447		314		354		277		248		342		218		208

CASO B	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
Kp.	0.75	0.75	0.75	0.65	0.8	0.8	0.8	0.8	0.80	0.80	0.80	0.80

- ET_o = E_o Kp
- ET_o = Evapotranspiración de Referencia (mm/D)
- E = Evaporación del tanque (mm/D)
- Kp = Coeficiente del tanque
- ET = Kc E_o
- ET = Evapotranspiración del cultivo (mm/D)
- Kc = Coeficiente del cultivo (gráficas 33 - 40)

TABLA No. 26

PERIODOS CRITICOS CON RESPECTO A LA TENSION DE HUMEDAD DEL
SUELO EN EL CASO DE DIFERENTES CULTIVOS

Alfalfa	Justo después de la siega en el caso de la alfalfa para heno y al principio de la floración en el de la destinada a la producción de semillas.
Albaricoques	Período de floración y desarrollo de las yemas.
Cebada	Fase inicial de formación de las vainas > fase de consistencia blanda del grano > iniciación de la fase de ahijamiento o maduración.
Frijoles	Fase de floración y aparición de la vaina > antes > período de maduración. Sin embargo, el período de maduración > antes si no hay una tensión de humedad previa.
Brécoles	Durante la formación y desarrollo de las cabezas.
Coles	Durante la formación y desarrollo de las cabezas.
Ricino	Requieren un nivel de humedad del suelo relativamente alto durante todo el período de crecimiento.
Coliflor	Requiere riegos frecuentes desde la plantación hasta la recolección.
Cerezas	Período de rápido crecimiento de la fruta antes de la maduración.
Cítricos	Fases de floración y de fructificación; se puede suscitar una fuerte floración suspendiendo el riego justo antes de la fase de floración (limón); se puede controlar la "caída de junio" de los frutos más débiles mediante una gran humedad del suelo.
Algodón	Floración y formación de las cápsulas > fases iniciales de crecimiento > después de la formación de las cápsulas.
Maní (cahuate)	Fases de floración y desarrollo de las semillas > entre la germinación y la floración y el final del período vegetativo.

TABLA No. 26
(CONTINUACION)

Lechuga	Necesita unos suelos húmedos especialmente antes de la recolección.
Maíz	Período de polinización desde la inflorescencia hasta la fructificación > antes de la inflorescencia > períodos de desarrollo del grano; período de polinización muy crítico si no hay una tensión de humedad previa.
Avena	Desde la aparición de los floculos hasta la formación de las cabezuelas posiblemente.
Olivo	Justo antes de la floración y durante el crecimiento del fruto.
Melocotón (durazno)	Período de rápido crecimiento del fruto hasta la maduración.
Guisantes (arvejas)	A principios de la floración y cuando se llenan las vainas.
Patata	Niveles altos de humedad; después de la formación de los tubérculos, de la floración a la recolección.
Rábanos	Durante el período de ensanchamiento de las raíces.
Girasol	Posiblemente durante la siembra y la floración; fase de germinación de las semillas.
Cereales Secundarios.	Desde la formación de las vainas hasta la aparición de las cabezuelas.
Sorgo	Aparición de las raíces secundarias y ahijamiento hasta la fase de la formación de las vainas > formación de las cabezuelas, floración y formación del grano > período de desarrollo del grano.
Soja	Fase de floración y fructificación, y posiblemente período de crecimiento vegetativo máximo.
Fresa	Desde el desarrollo del fruto hasta la maduración.

TABLA No. 26

(CONTINUACION)

Remolacha Azuc.	Tres o cuatro semanas después de la nascencia.
Caña de Azúcar	Período de crecimiento vegetativo máximo.
Tabaco	Desde la altura de la rodilla hasta la florescencia.
Tomates	Cuando se formen las flores y los frutos crezcan rápidamente.
Nabos	Cuando el tamaño de la raíz comestible aumenta rápidamente <u>has</u> ta el momento de la recolección.
Sandía	Desde la florescencia hasta la recolección.
Trigo	Posiblemente durante la fase de formación de los flósculos y de las cabezuelas y dos semanas antes de la polinización.

TABLA No. 27

NIVELES DE AGOTAMIENTO DEL AGUA DEL SUELO, EXPRESADOS COMO
TENSIONES DE HUMEDAD DEL SUELO, TOLERADOS POR DISTINTOS CULTIVOS
PARA LOS QUE LA ET (cultivo) SE MANTIENE EN EL NIVEL
PREVISTO Y SE OBTIENEN UNOS RENDIMIENTOS MAXIMOS

Alfalfa	0.8 - 1.5 atm ^{1/}	Cebolla	0.4 - 0.7
Banana	0.3 - 1.5	Guisantes (arvejas)	0.3 - 0.8
Frijoles	0.6 - 1.0 ^{1/}	Patatas	0.3 - 0.7
Coles	0.6 - 1.0	Arroz	Punto de saturación o casi
Zanahorias	0.5 - 0.7	Cartamo	1.0 - 2.0 ^{1/}
Cítricos	0.5 - 1.0	Cereales secunda rios	0.4 - 1.0 ^{1/}
Trébol	0.3 - 0.6	Sorgo	0.6 - 1.3 ^{1/}
Algodón	1.0 - 3.0	Soja	0.5 - 1.5
Pepino	1.0 - 3.0	Fresas	0.2 - 0.5
Frutas caedizas	0.6 - 1.0	Remolacha azuc.	0.6 - 0.8
Flores y plantas de adorno	0.1 - 0.5	Caña de Azúcar	0.8 - 1.5 ^{1/}
Uva	0.4 - 1.0	Tabaco temprano	0.3 - 0.8
Gramíneas	0.4 - 1.0	Tabaco tardío	0.8 - 2.5
Lachuga	0.4 - 0.6	Tomates	0.5 - 1.5
Maíz	0.5 - 1.5 ^{1/}	Trigo	0.8 - 1.5
Melón	0.3 - 0.8	Trigo (maduración)	0.3 - 4.0
Melón	0.3 - 0.8		

1/ Valores superiores a los indicados durante la fase de maduración.

Fuente: Taylor (1965), Hagan y Stewart (1972), Salter y Goode (1967),
etc.

TABLA No. 29

VALORES DE PRECIPITACION DECENAL PARA DIFERENTES
NIVELES DE PROBABILIDAD (mm)

DECENA	NIVELES DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA			
	80 %	60 %	40 %	20 %
1	0.0	3.2	9.8	17.0
2	0.0	2.5	11.5	23.0
3	0.0	0.0	10.0	20.5
4	0.0	1.0	4.0	6.8
5	0.0	1.0	2.3	4.0
6	0.0	1.8	4.6	8.4
7	0.0	1.0	5.0	9.0
8	0.0	3.5	7.8	12.4
9	0.0	2.0	6.0	12.0
10	0.0	4.0	8.2	13.0
11	0.0	6.9	15.5	24.5
12	1.8	8.0	13.5	19.3
13	2.4	11.0	18.0	27.0
14	6.1	16.0	24.0	32.7
15	16.8	32.0	47.4	66.0
16	20.5	33.5	46.4	59.0
17	26.6	46.4	63.6	81.6
18	42.0	59.5	71.6	85.0
19	45.0	59.0	70.0	84.5
20	36.0	45.0	53.0	63.5
21	48.0	59.2	71.5	85.0
22	38.0	54.8	68.0	84.0
23	32.0	50.0	66.0	83.6
24	34.0	51.0	65.2	82.0
25	24.0	40.0	53.0	66.0
26	29.0	39.5	54.0	63.0
27	16.0	34.0	49.0	66.7
28	3.0	16.0	27.3	41.0
29	4.0	15.0	23.0	35.0
30	0.0	13.0	23.0	40.0
31	0.0	8.0	15.5	23.5
32	0.0	1.8	4.1	7.7
33	0.0	2.6	7.3	12.5
34	0.0	1.5	4.3	7.9
35	0.0	1.5	4.5	7.9
36	0.0	0.7	2.2	4.0

TABLA No. 30

VARIABLES EDÁFICAS Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE

HUMEDAD DEL SUELO

PROF. (cm)	D A	C C (%)	PMP (%)	HUMEDAD A P R (cm)	HUMEDAD TOTAL (cm)	T E X T U R A	P H
XONACATLAN (profundidad 1.62 m)							
38	1.20	30	16.0	6.38	13.68	Franco-arcilloso	5.1
27	1.21	23	12.5	3.43	7.51	Franco-arcillo-arenoso	6.6
45	1.21	19	10.3	4.73	10.34	Franco-arenoso	6.7
52	1.21	15	8.1	<u>4.34</u>	<u>9.44</u>	Franco-arenoso	6.6
				18.88	40.97		
LERMA (profundidad 1.51 m) RIO SAN LORENZO							
20	1.21	24	13.0	2.66	5.81	Franco-arcillo-arenoso	6.1
21	1.21	16	8.6	1.88	4.06	Franco-arenoso	6.1
65	1.21	27	14.6	9.75	21.23	Franco-arcilloso	6.1
21	1.21	19	10.3	2.21	4.83	Franco-arcillo-arenoso	6.3
24	1.21	13	7.0	<u>1.74</u>	<u>3.77</u>	Franco-arenoso	6.3
				18.24	39.70		
LERMA (profundidad 1.69 m) PUEBLO NUEVO							
20	1.20	29	16.0	3.12	6.96	Franco-arcilloso	6.2
20	1.20	32	17.0	3.60	7.68	Franco-arcilloso	6.2
45	1.21	29	15.7	7.24	15.79	Franco-arenoso	6.5
18	1.21	17	9.2	1.70	3.70	Franco-arenoso	6.5
31	1.21	12	7.0	1.87	4.50	Franco-arenoso	6.7
35	1.21	24	13.0	<u>4.66</u>	<u>10.20</u>	Franco-arcillo-arenoso	6.7
				22.19	48.83		
LERMA (profundidad 1.64 m) ALVARO OBREGON							
20	1.20	25	13.5	2.76	6.00	Franco-arcillo-arenoso	6.2
40	1.21	26	14.1	5.76	12.58	Franco-arcilloso	6.2
33	1.21	19	10.3	3.47	7.58	Franco-arcillo-arenoso	6.3
41	1.21	26	14.1	5.90	12.90	Franco-arcilloso	6.3
30	1.22	24	13.0	<u>4.03</u>	<u>8.78</u>	Franco-arcilloso	6.3
				21.92	47.84		
LERMA (profundidad 1.74 m) LERMA							
20	1.20	21	11.4	2.30	5.04	Franco-arcillo-arenoso	6.0
60	1.20	20	10.8	6.62	14.40	Franco-arcillo-arenoso	6.0
94	1.21	19	10.3	<u>9.89</u>	<u>21.61</u>	Franco-arcillo-arenoso	6.0
				18.81	41.05		

TABLA No. 31

ESTACION LERMA

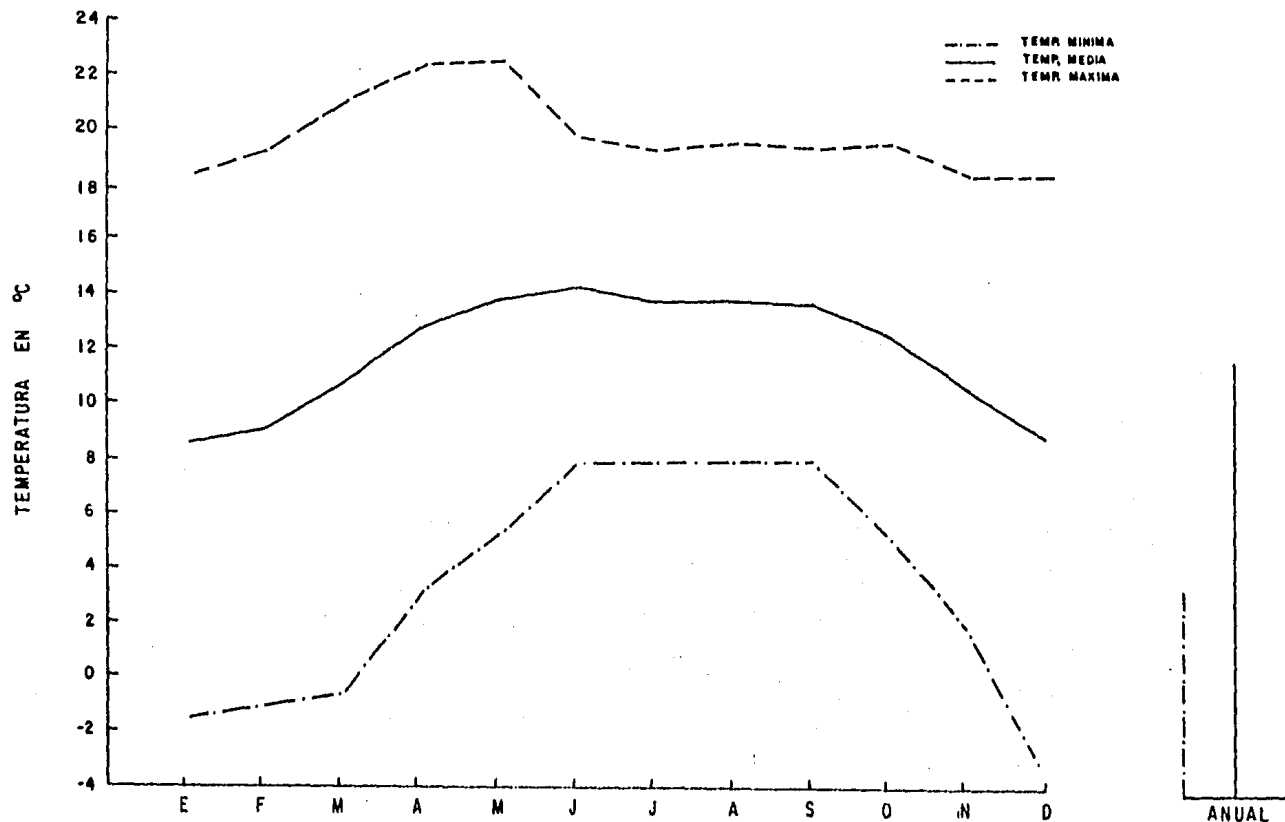
EXCESOS DEL BALANCE HIDRICO SERIADO

AÑO	EXCESO (mm.)	AÑO	EXCESO (mm.)
1950	0.0	1966	2.4
1951	41.3	1967	302.3
1952	151.3	1968	196.1
1953	42.0	1969	178.5
1954	60.3	1970	92.1
1955	124.1	1971	188.2
1956	0.0	1972	137.2
1957	0.0	1973	268.1
1958	223.7	1974	149.8
1959	18.7	1975	176.6
1960	0.0	1976	182.8
1961	115.8	1977	127.0
1962	19.3	1978	389.6
1963	306.7	1979	159.5
1964	123.3	1980	167.7
1965	131.1	1981	296.6

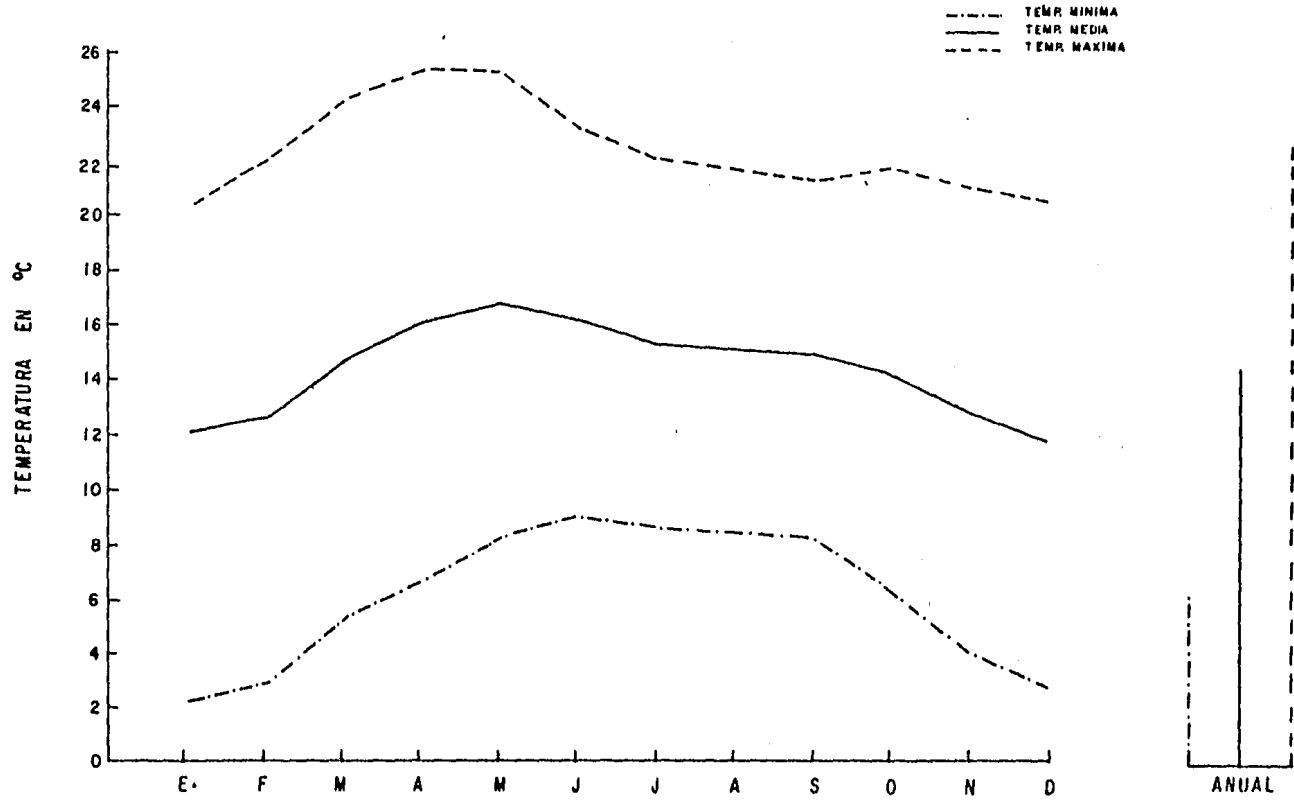
A N E X O B

(GRAFICAS)

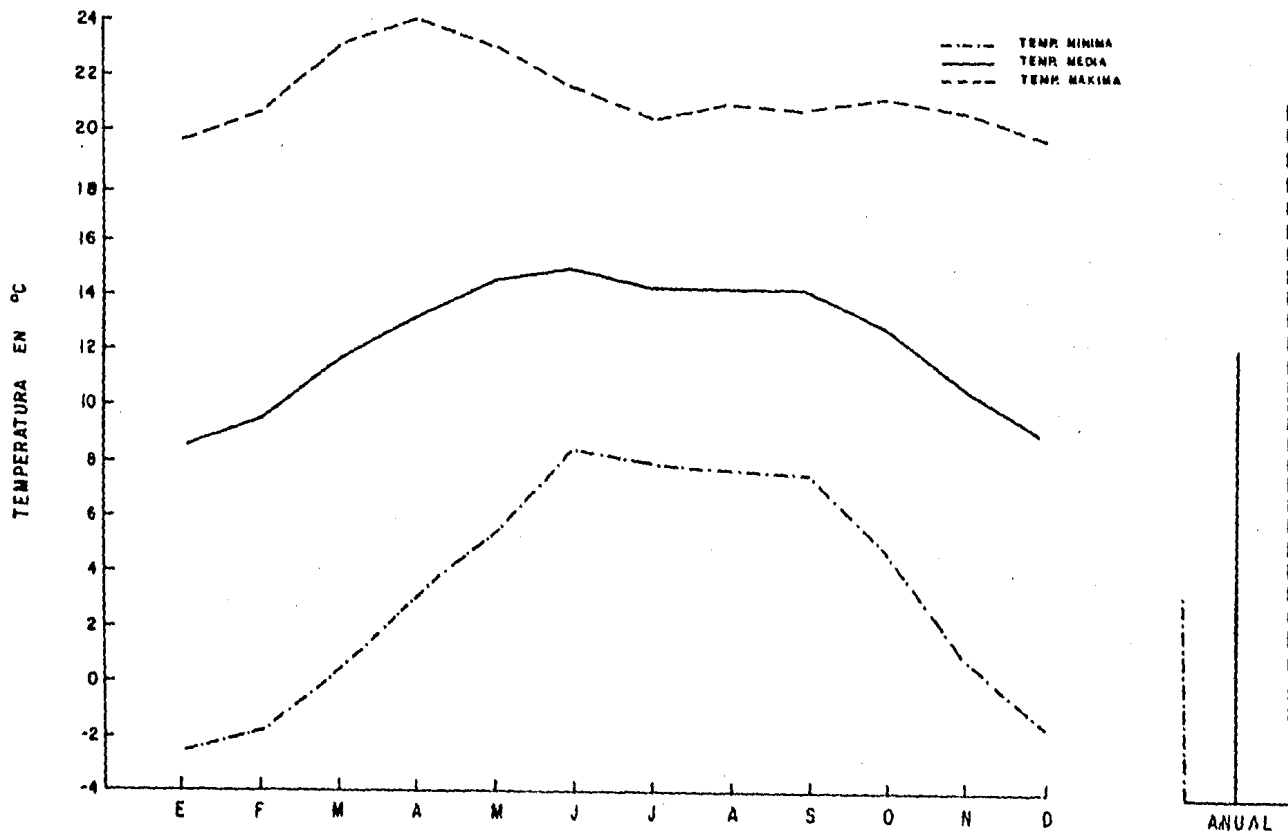
ESTACION: ALMOLOYA DEL RIO



ESTACION: ATARASQUILLO

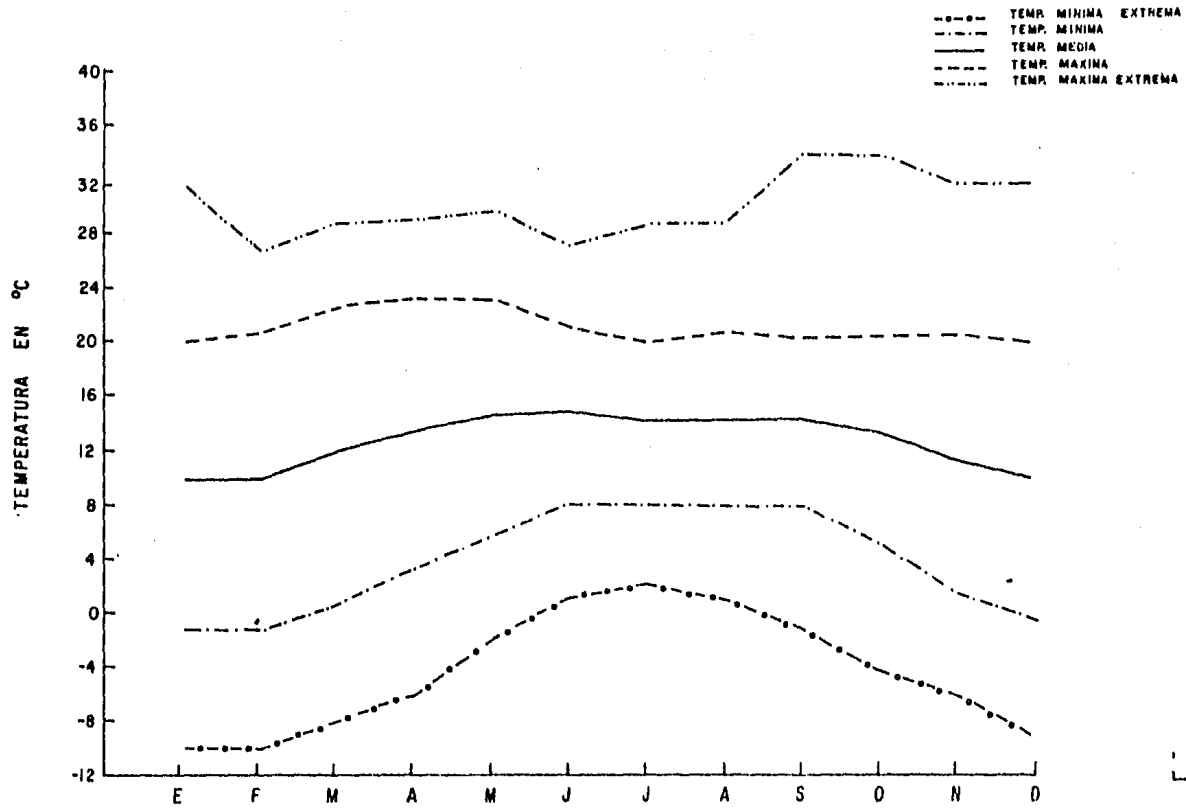


ESTACION: HACIENDA DE LA Y

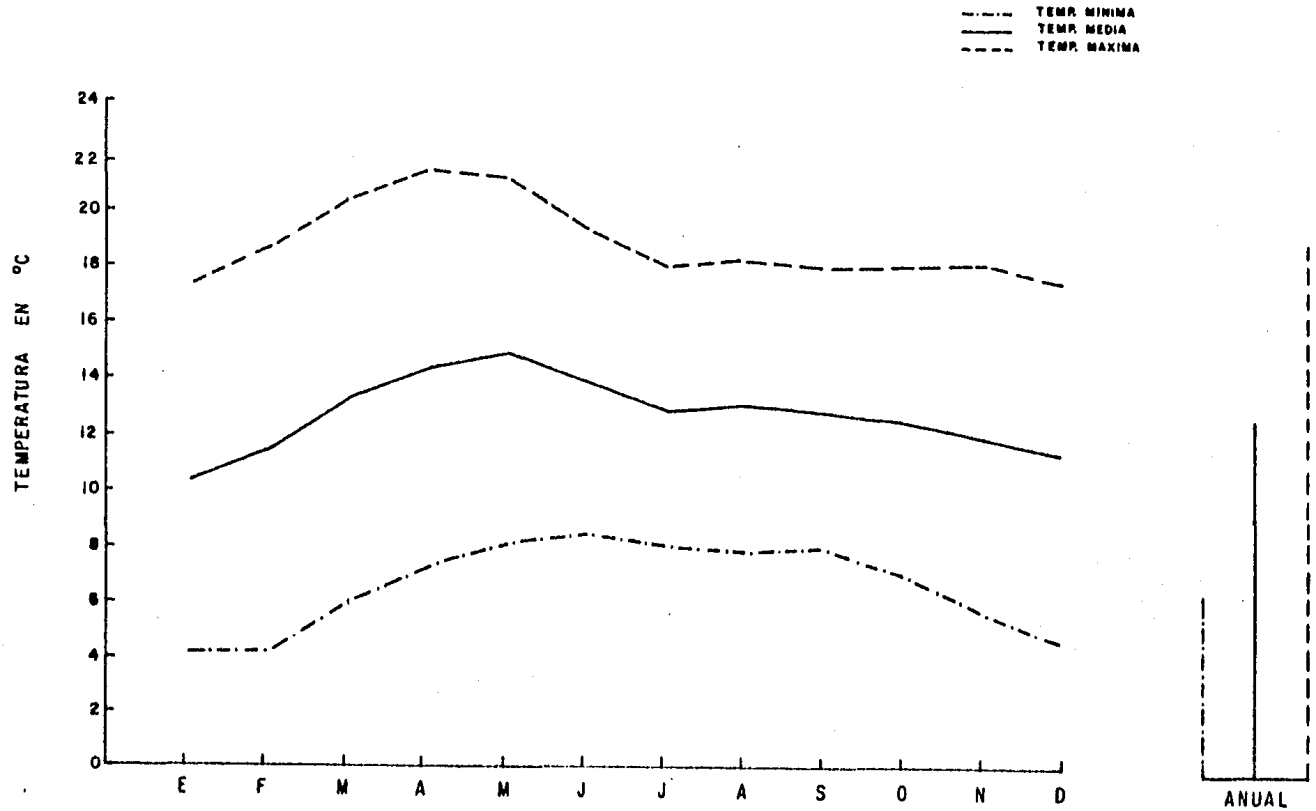


GRAFICA No. 1

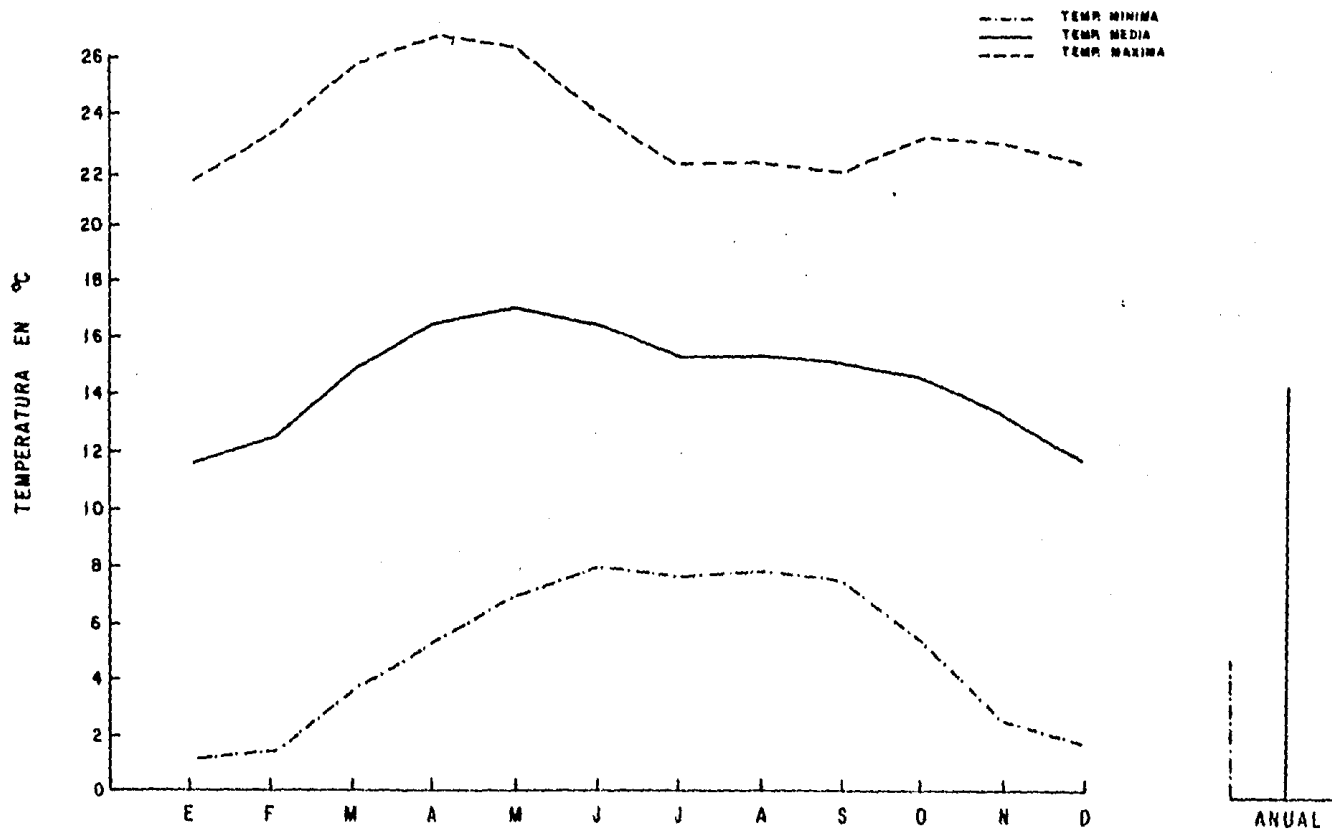
ESTACION: LERMA



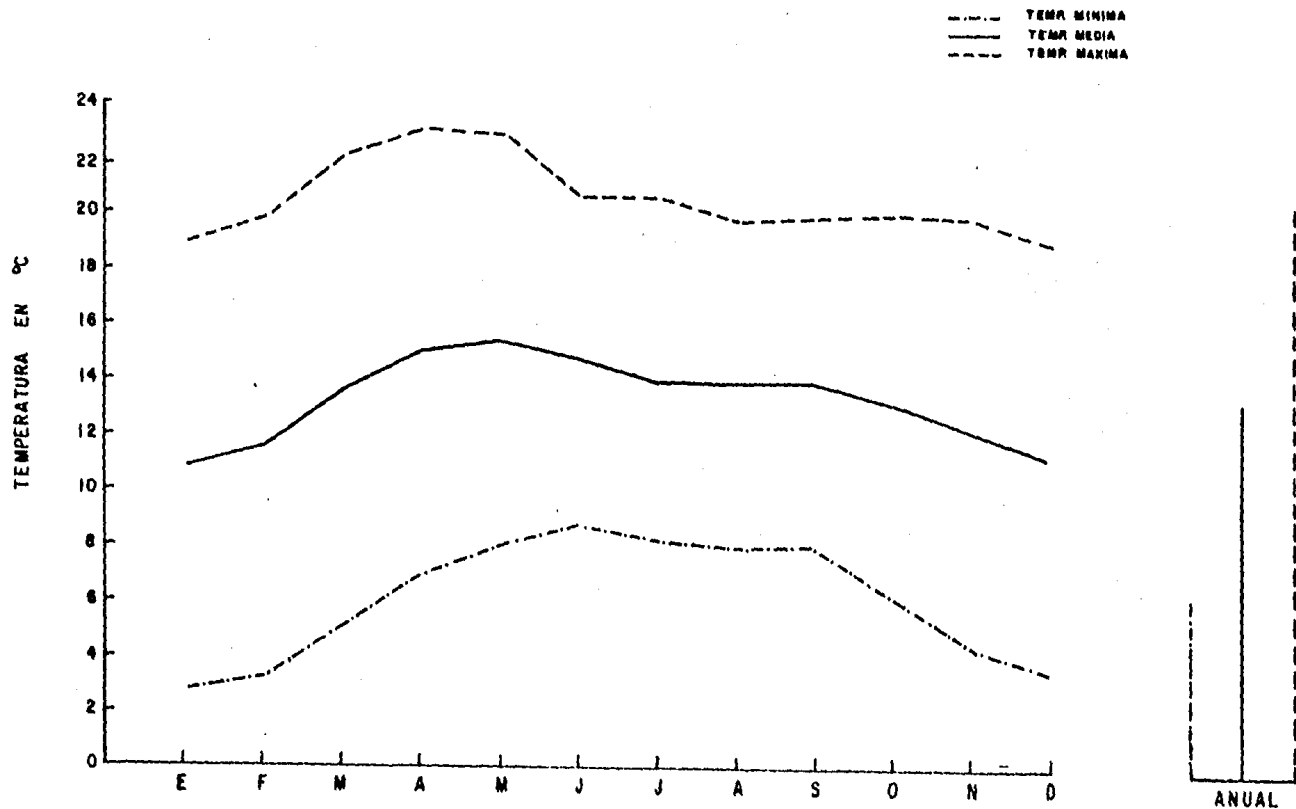
ESTACION: MIMIAPAN



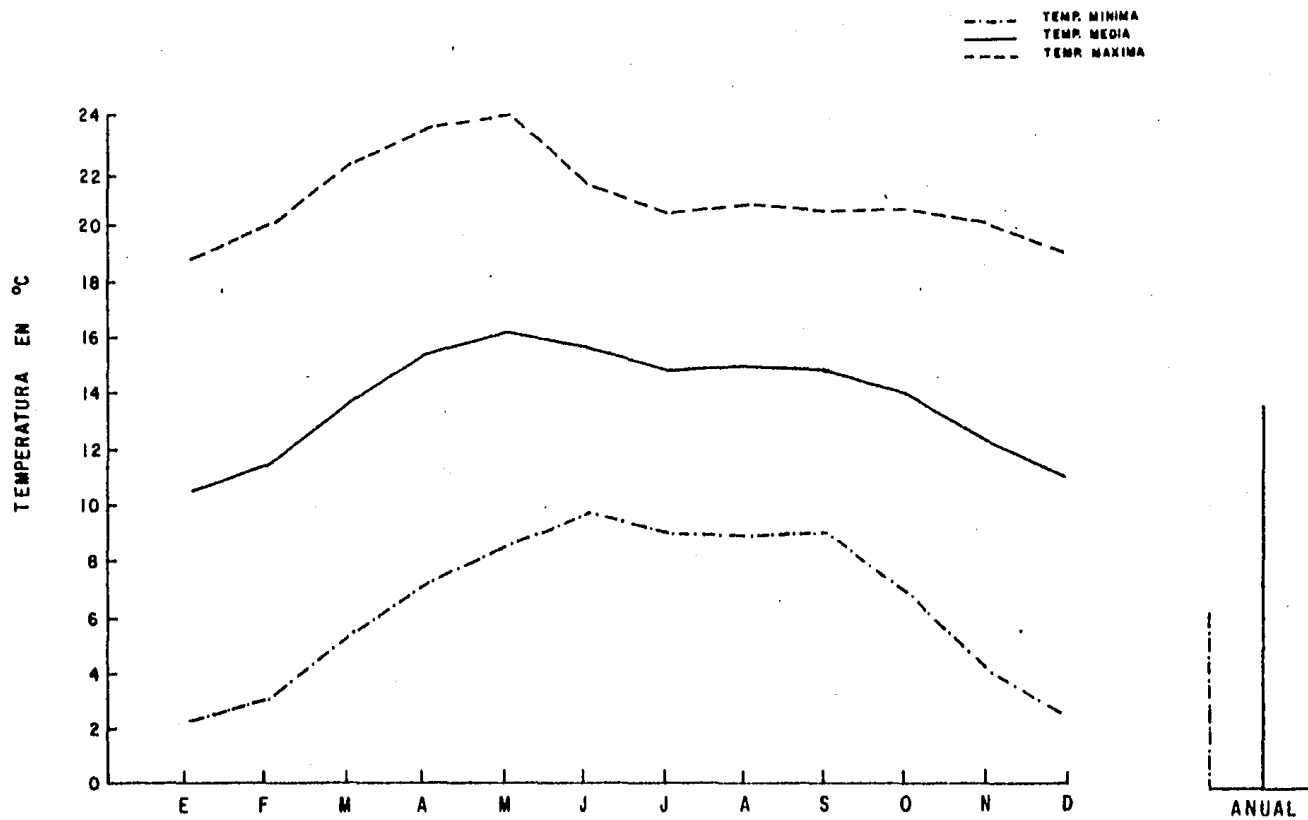
ESTACION: SANTIAGO TIANGUISTENGO



ESTACION: TEMOAYA

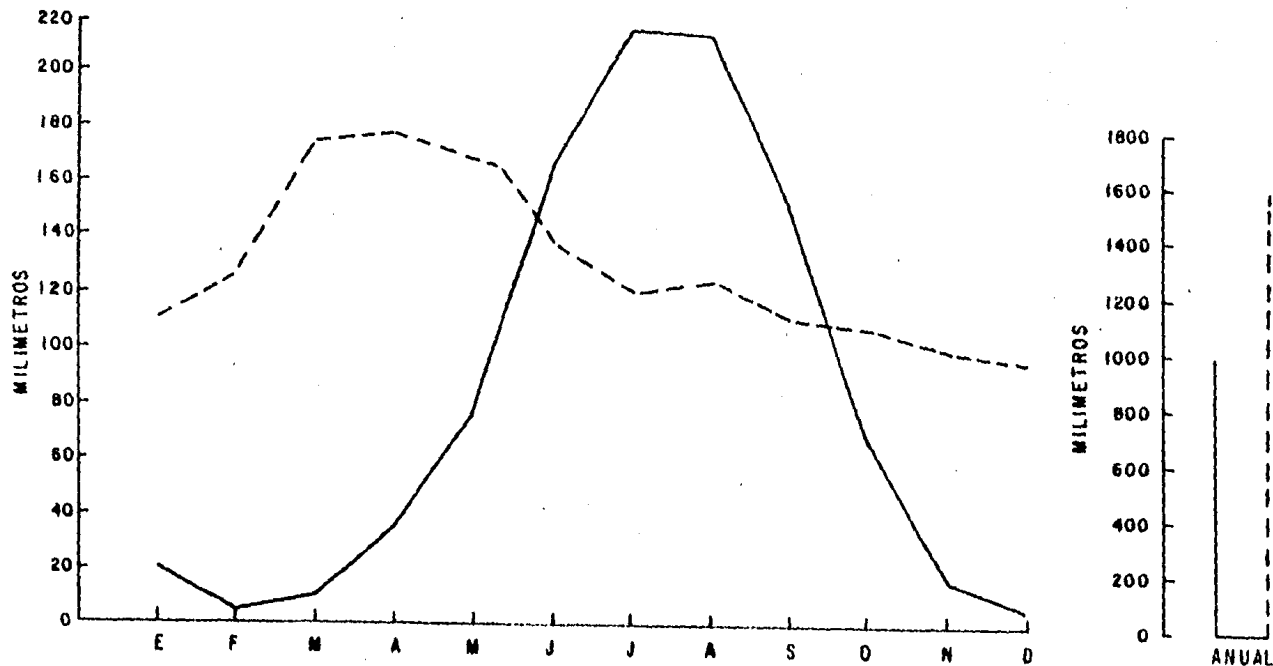


ESTACION: TOLUCA (OFICINAS)



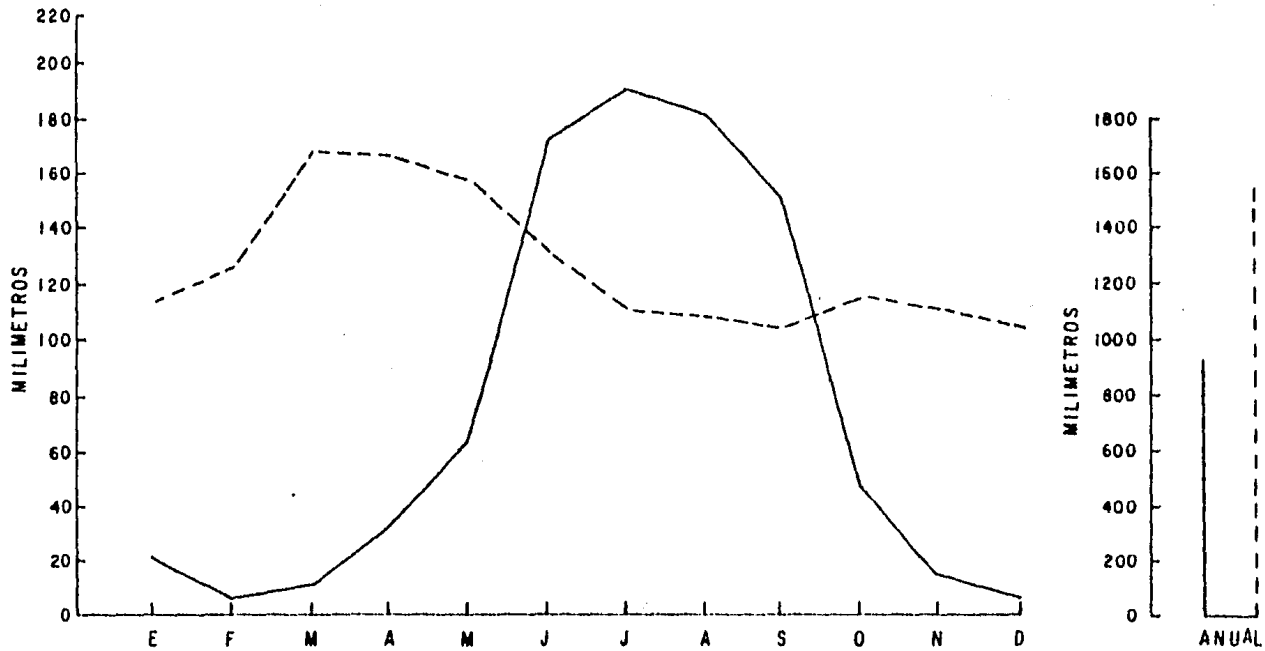
ESTACION: ALMOLOYA DEL RIO

— PRECIPITACION
- - - EVAPORACION



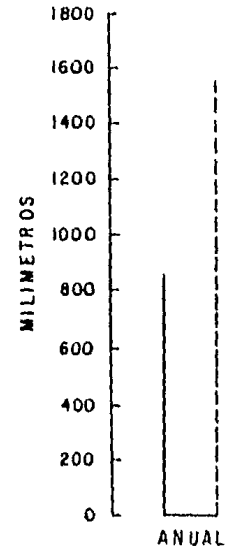
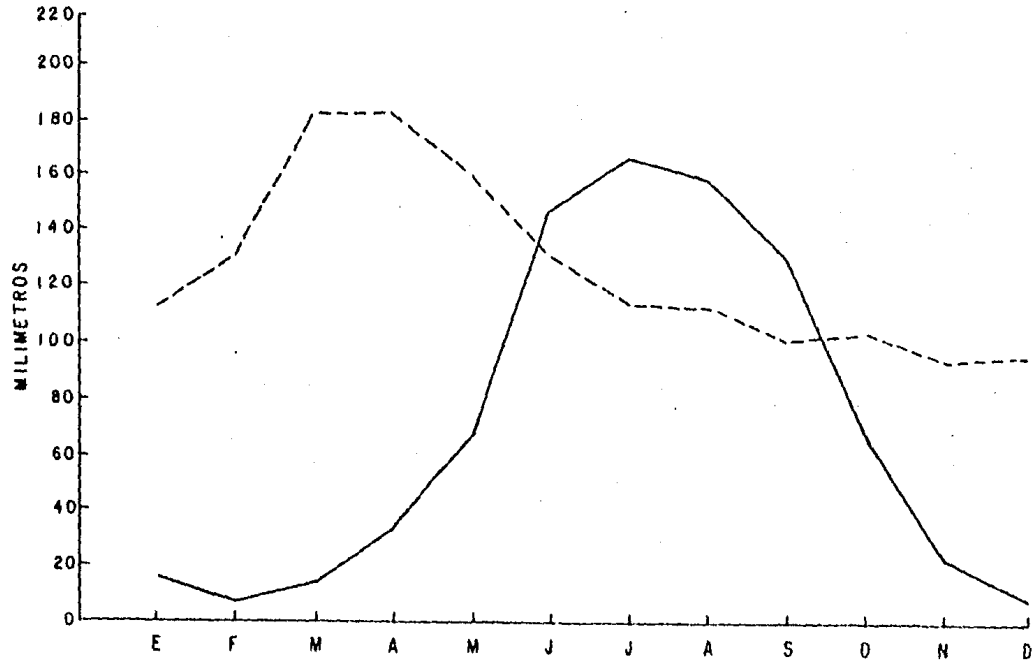
ESTACION: ATARASQUILLO

— PRECIPITACION
- - - EVAPORACION



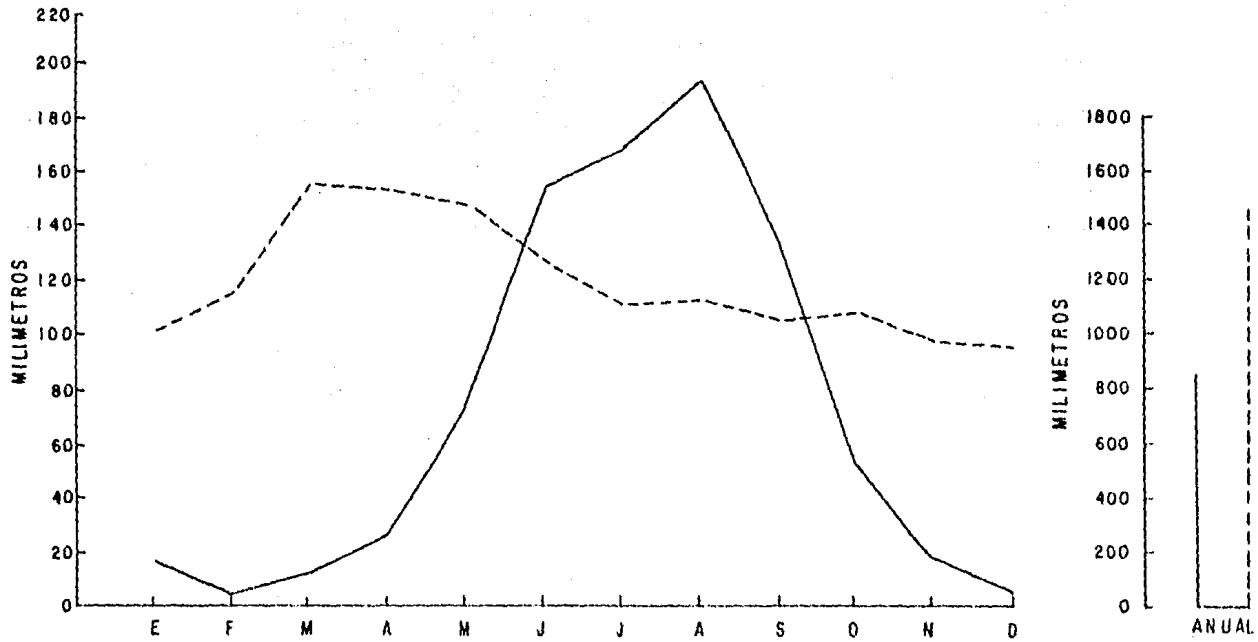
ESTACION: HACIENDA DE LA Y

— PRECIPITACION
- - - EVAPORACION



ESTACION: LERMA

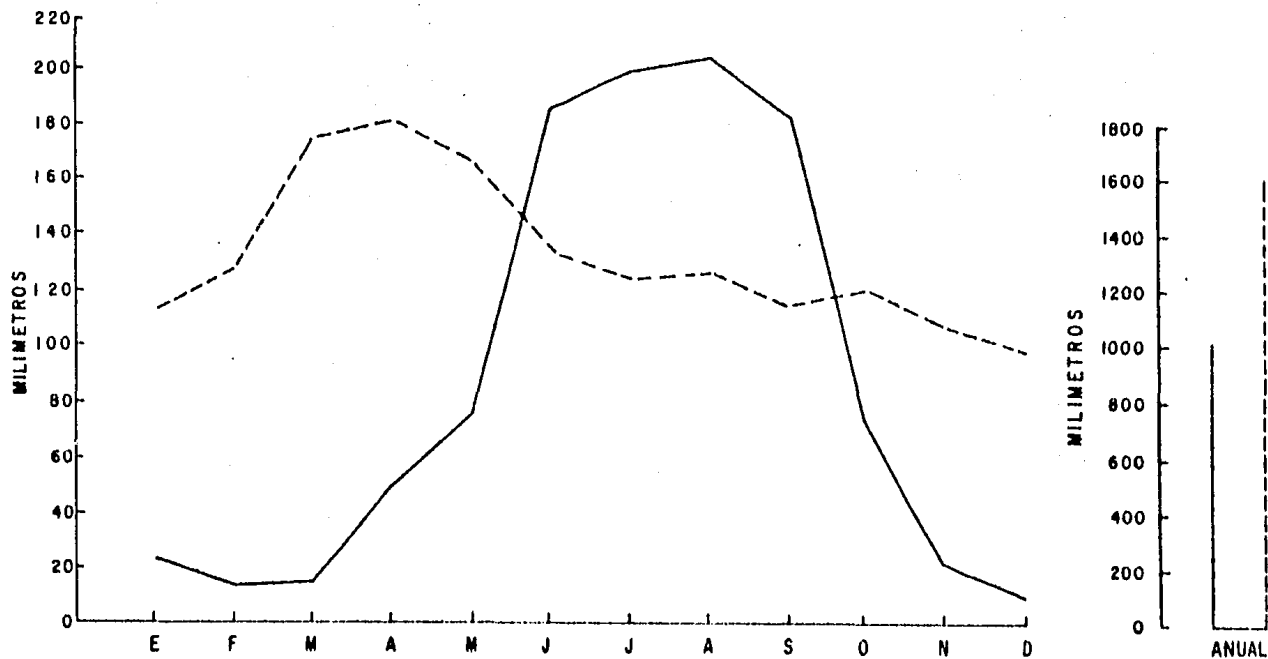
— PRECIPITACION
- - - EVAPORACION



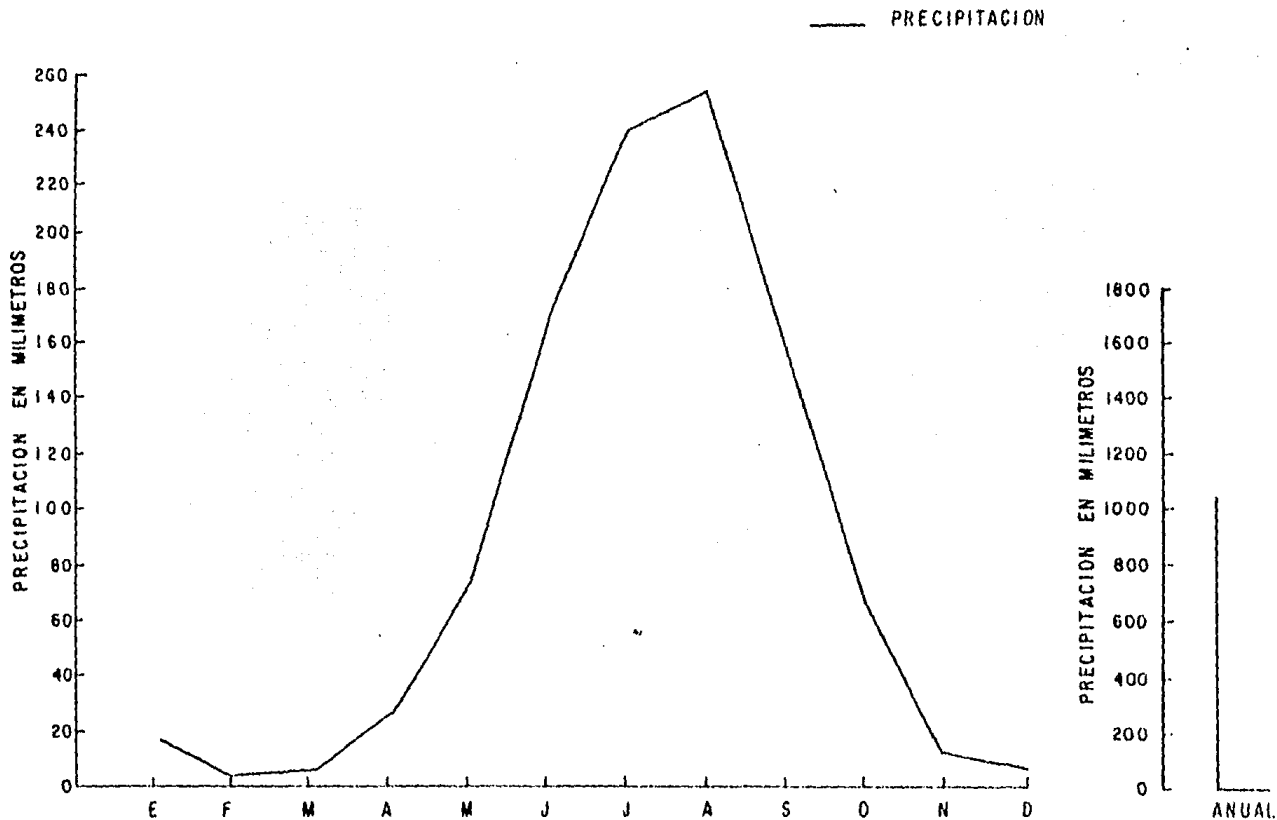
ESTACION: MIMIAPAN

— PRECIPITACION

- - - EVAPORACION

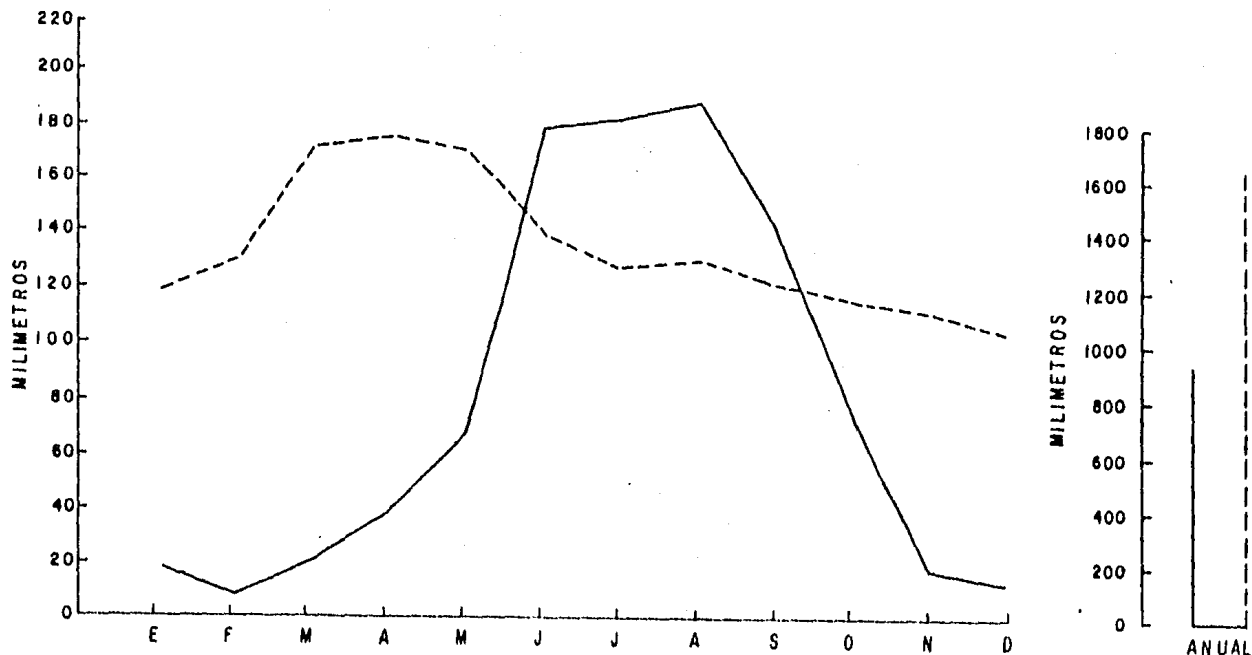


ESTACION: SANTIAGO TIANGUISTENGO



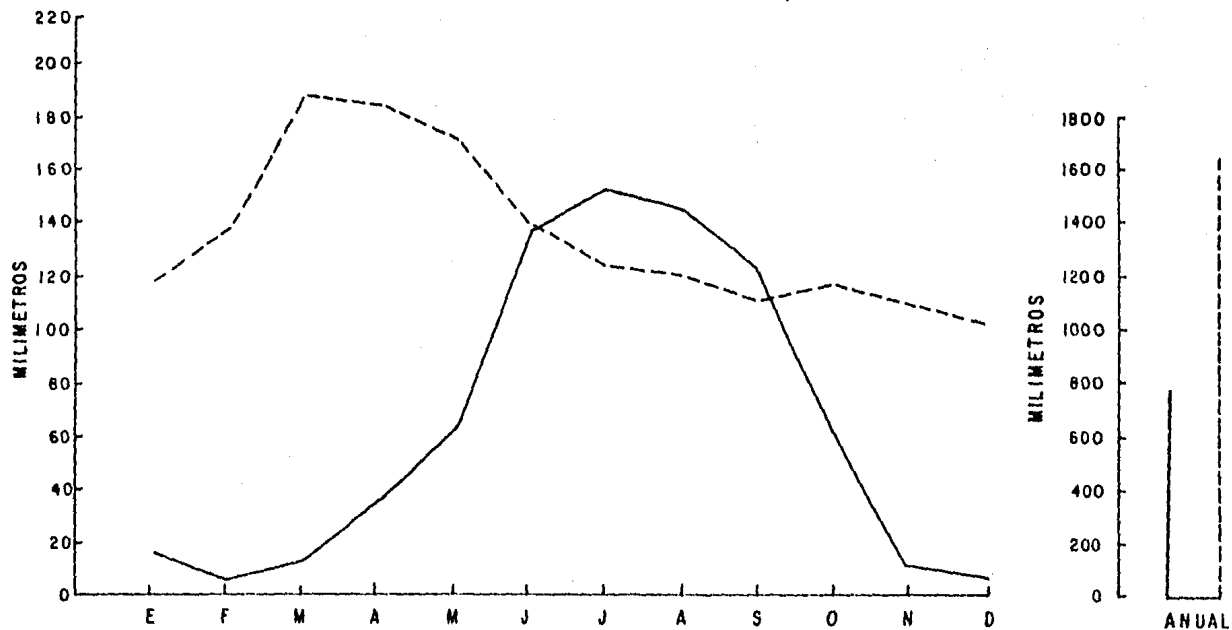
ESTACION: TEMOAYA

— PRECIPITACION
- - - EVAPORACION



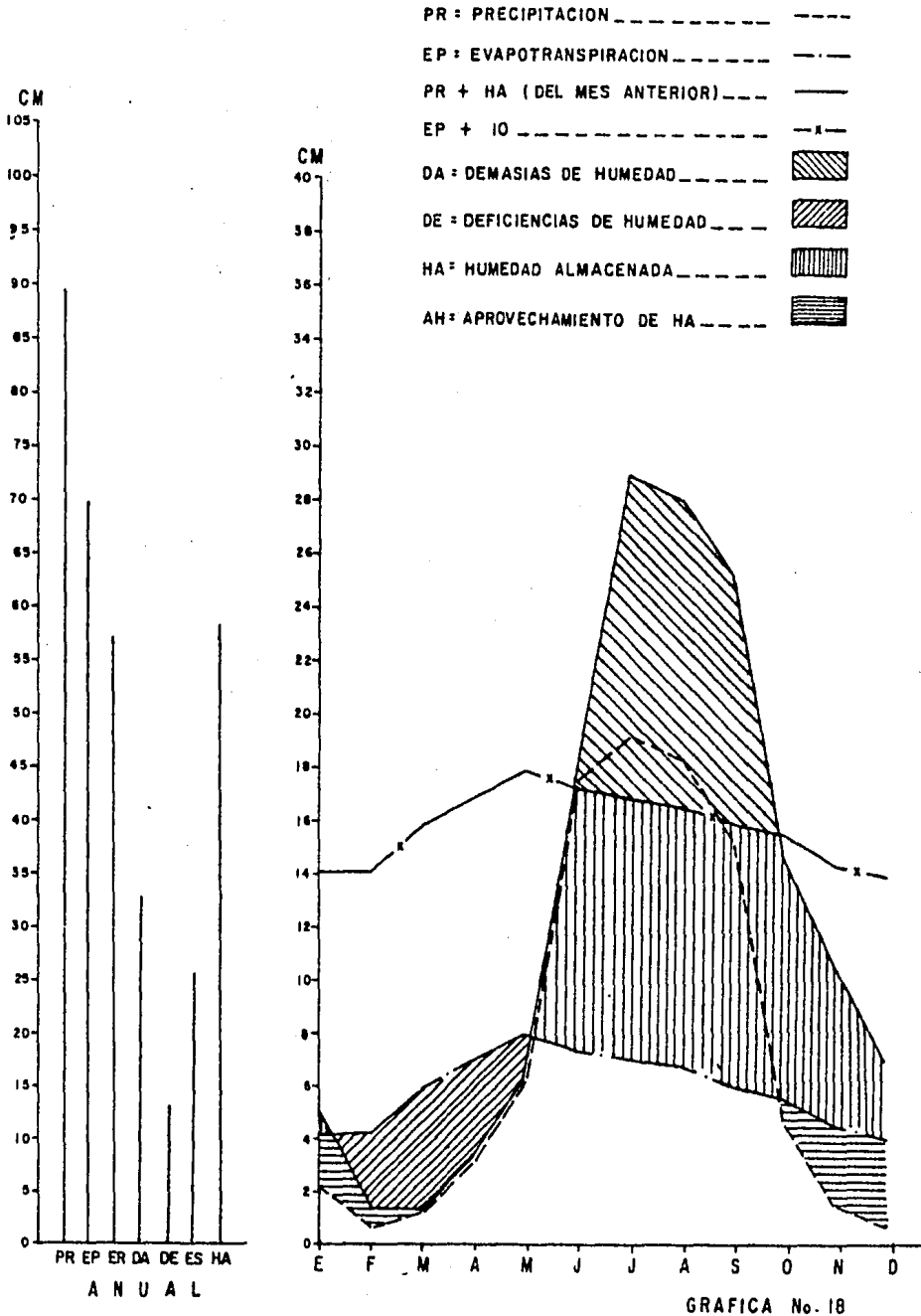
ESTACION: TOLUCA (OFICINAS)

— PRECIPITACION
- - - EVAPORACION



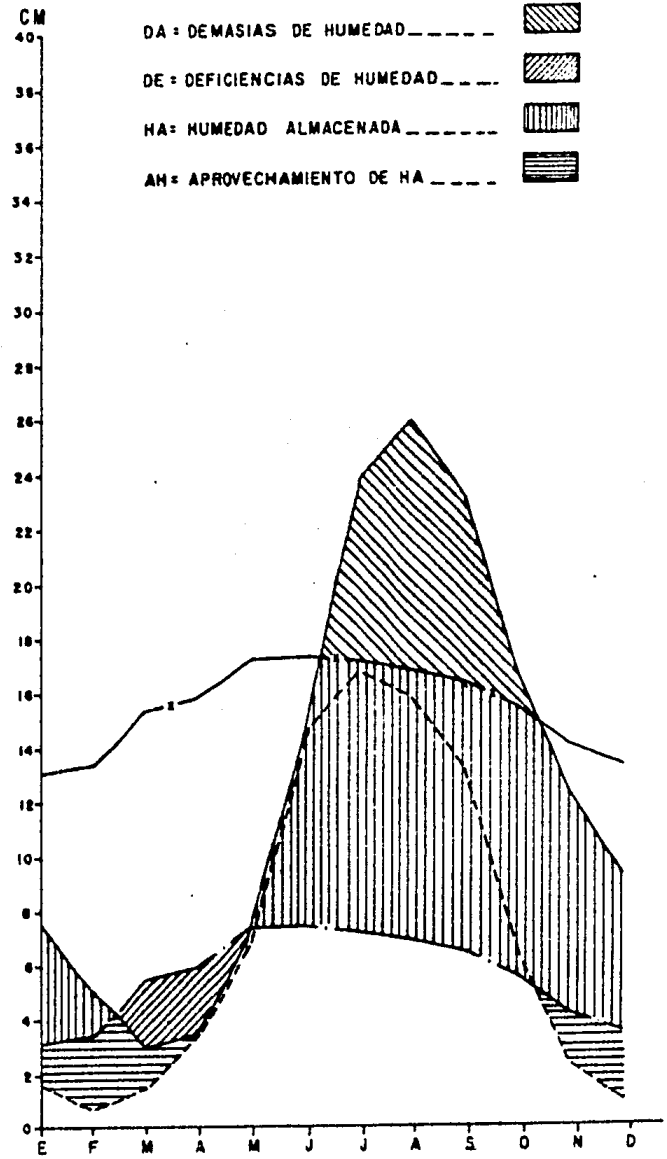
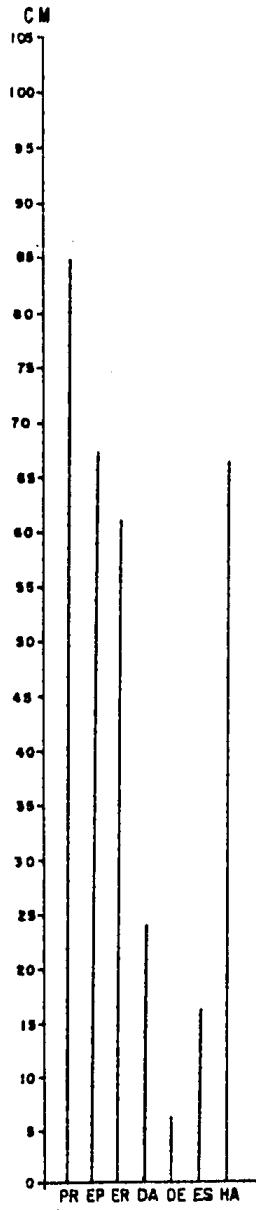
CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE

ESTACION ATARASQUILLO



CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION HACIENDA DE LA Y

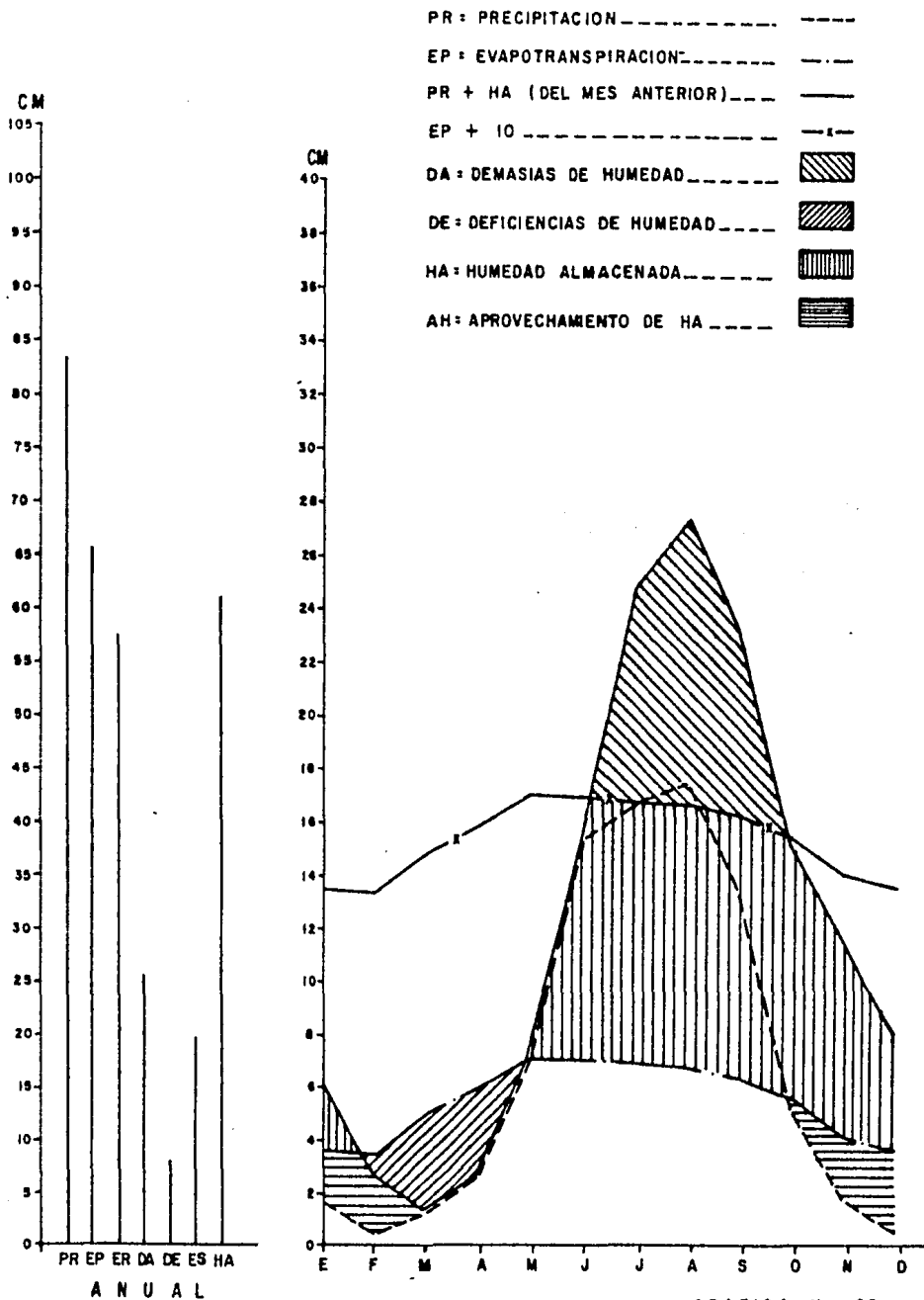
- PR : PRECIPITACION -----
- EP : EVAPOTRANSPIRACION -----
- PR + HA (DEL MES ANTERIOR) -----
- EP + 10 -----
- DA : DEMASIAS DE HUMEDAD -----
- DE : DEFICIENCIAS DE HUMEDAD -----
- HA : HUMEDAD ALMACENADA -----
- AH : APROVECHAMIENTO DE HA -----



GRAFICA No. 19

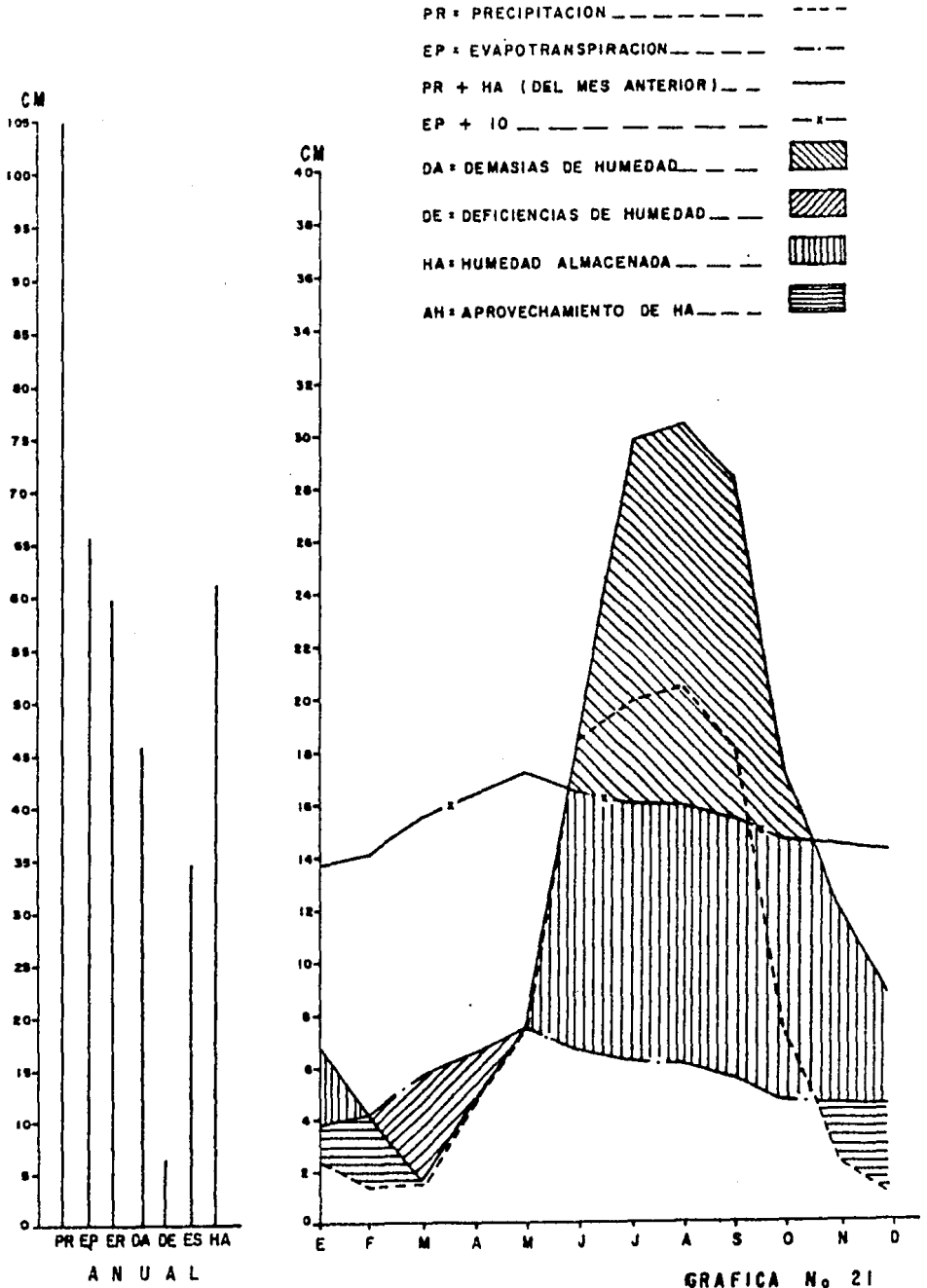
CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITE

ESTACION LERMA



GRAFICA No. 20

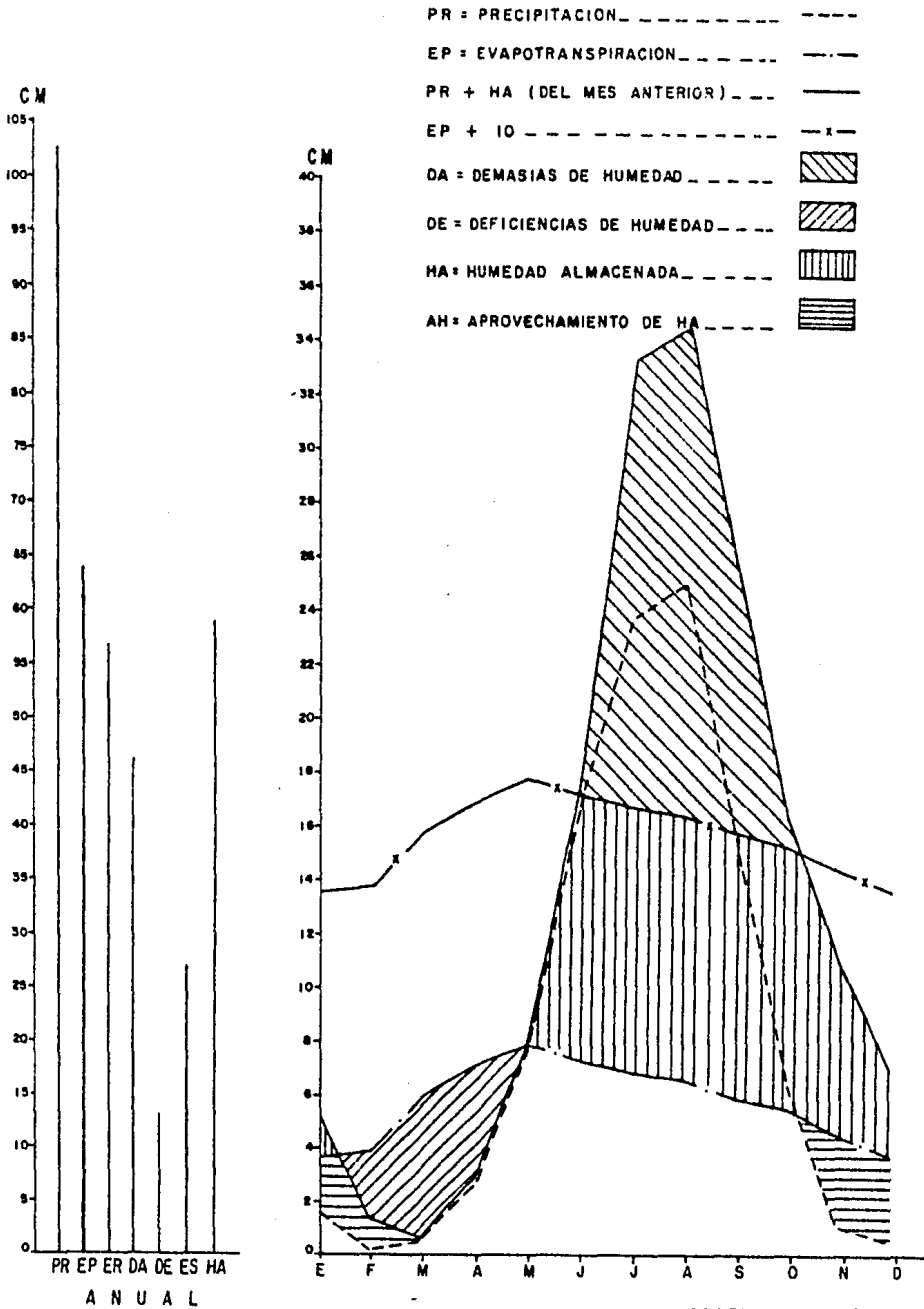
CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION MIMIAPAN



GRAFICA No. 21

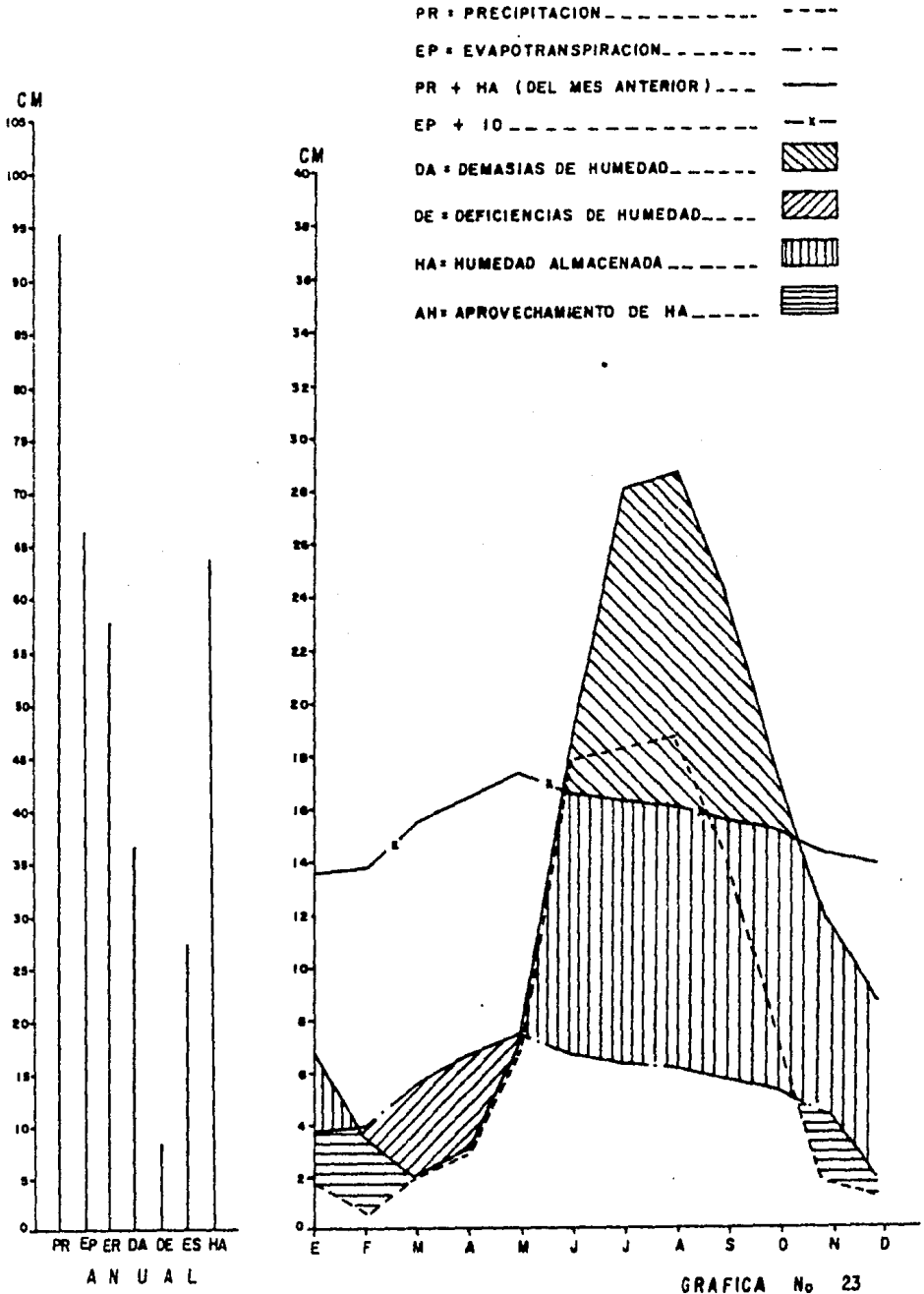
CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITE

ESTACION SANTIAGO TIANGUISTENGO

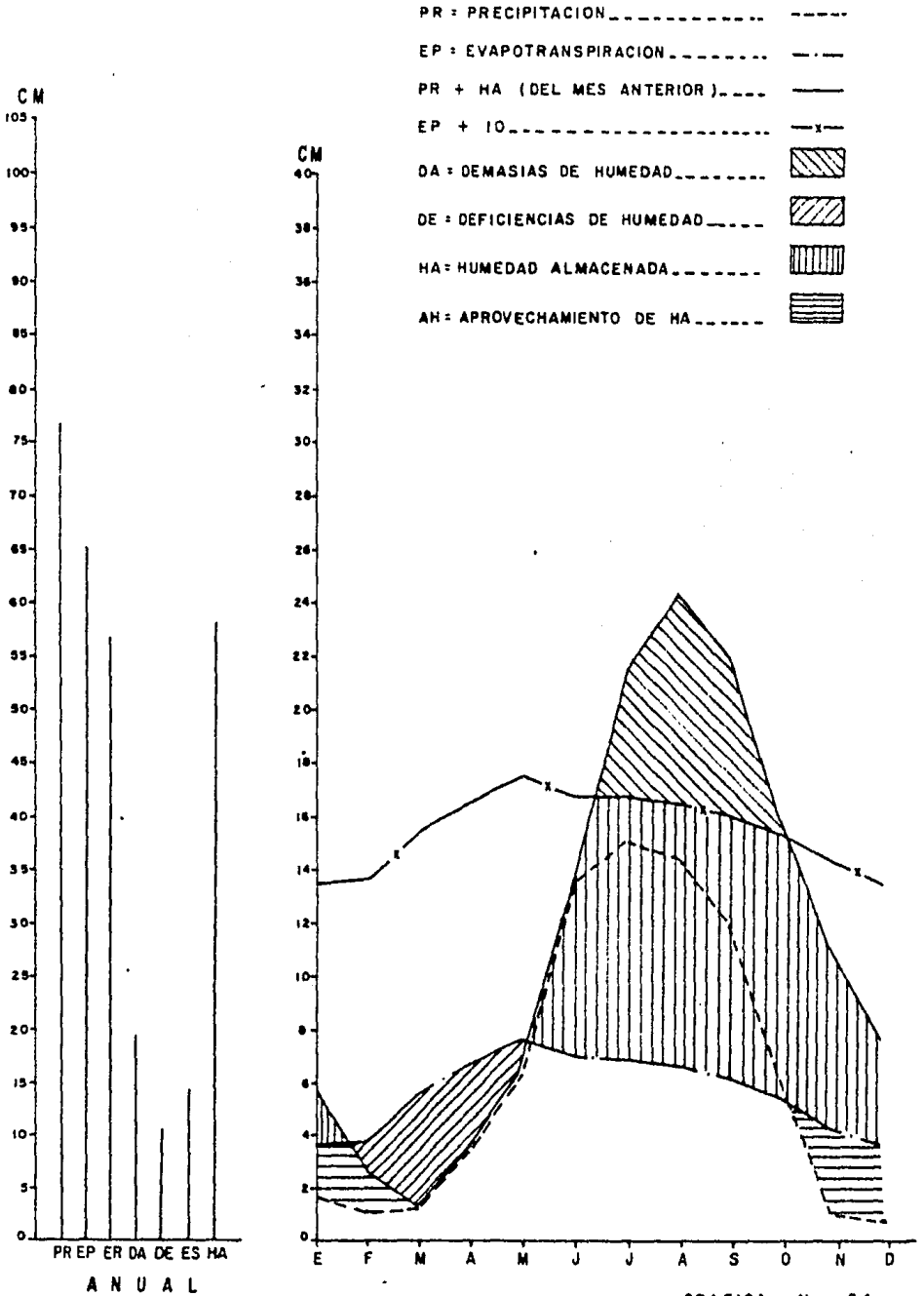


GRAFICA No. 22

CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE ESTACION TEMOAYA

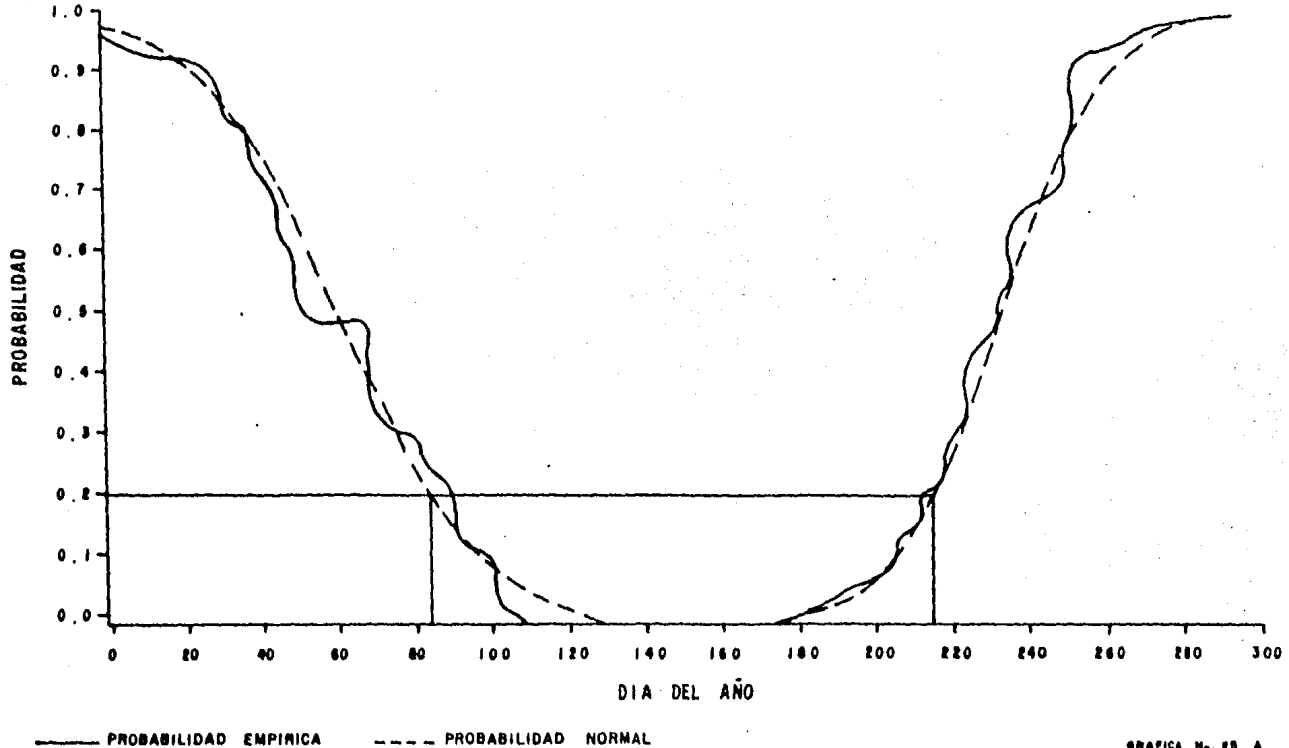


CLIMOGRAMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITE ESTACION TOLUCA

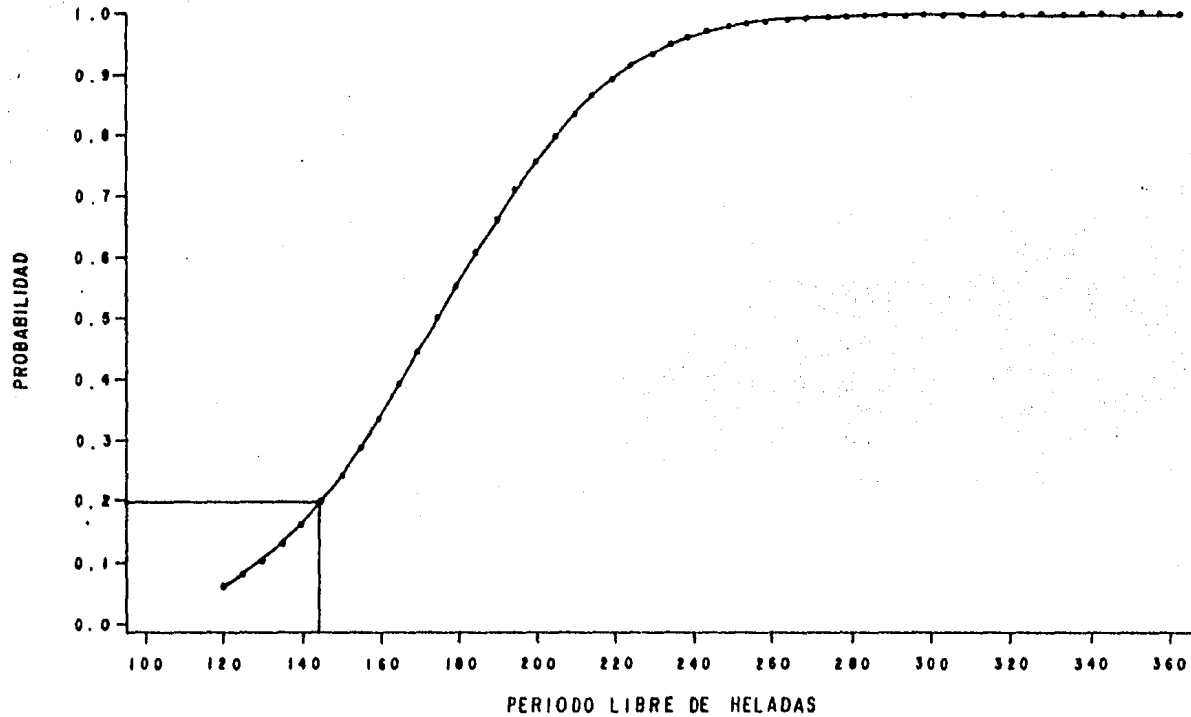


GRAFICA No 24

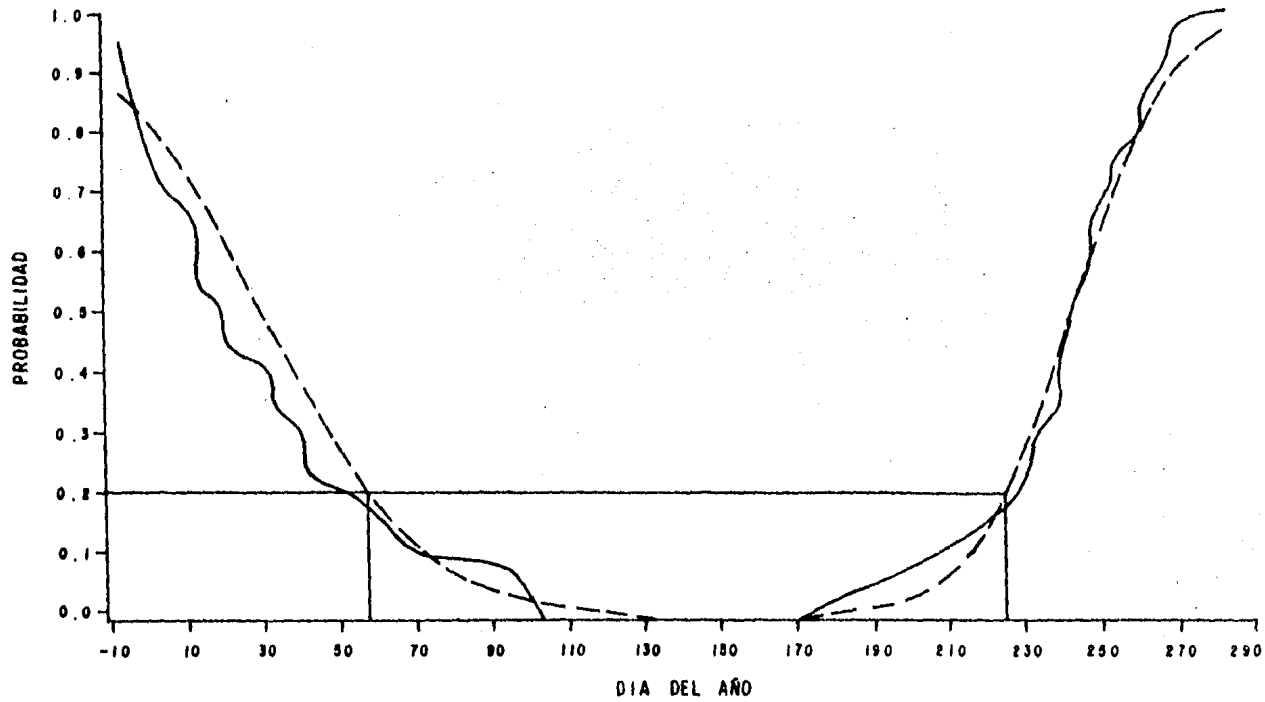
CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS EST: ALMOLOYA DEL RIO, MEX.



CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H.
EST: ALMOLOYA DEL RIO, MEX.



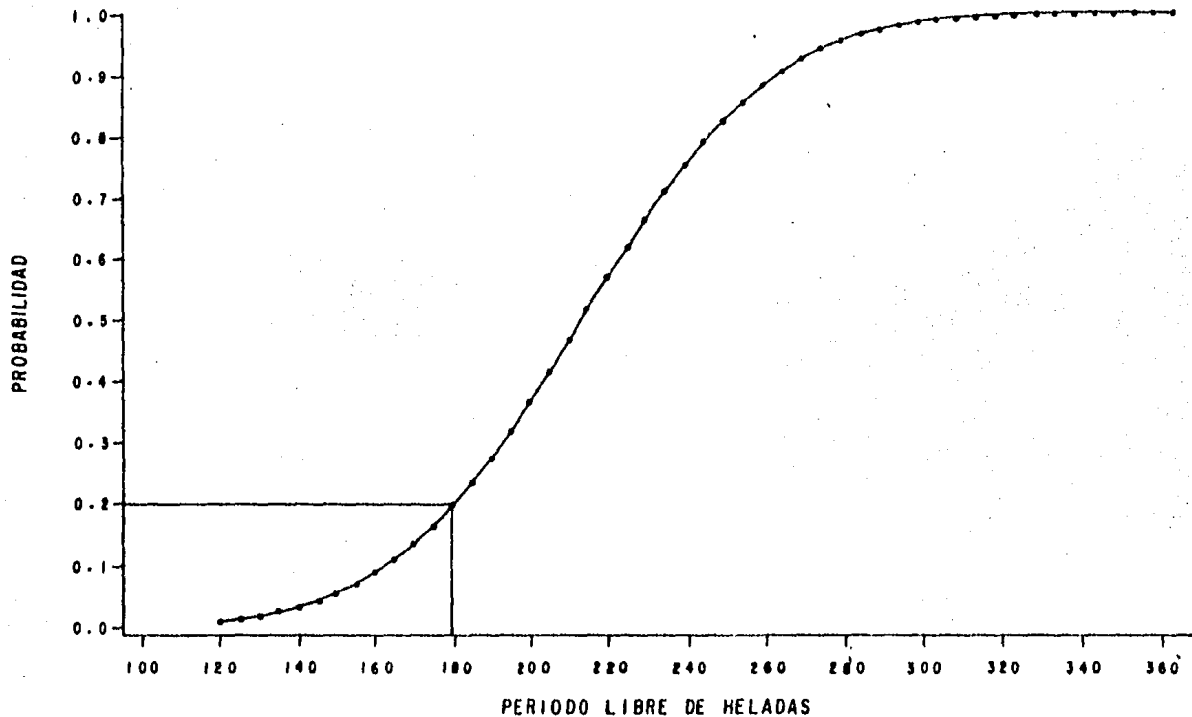
CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS EST: ATARASQUILLO, MEX.



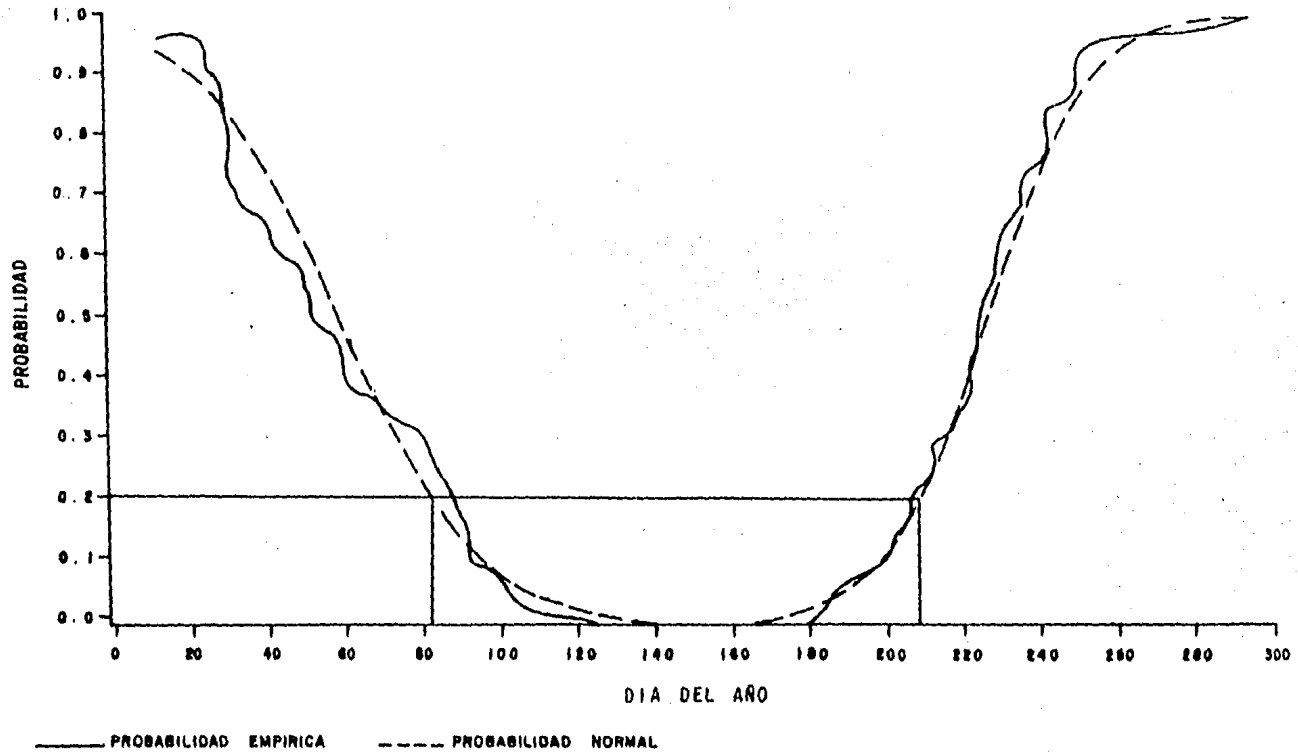
— PROBABILIDAD EMPIRICA

- - - PROBABILIDAD NORMAL

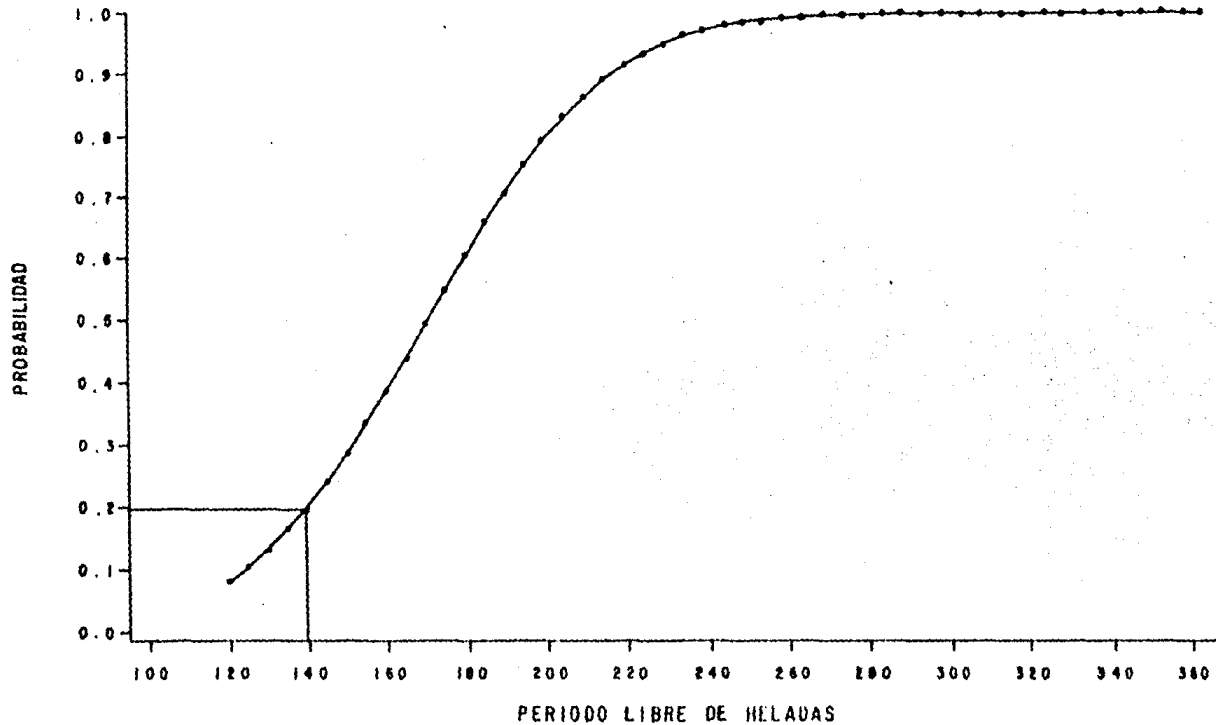
CURVA DE PROBABILIDAD DEL P. L. H.
EST: ATARASQUILLO, MEX.



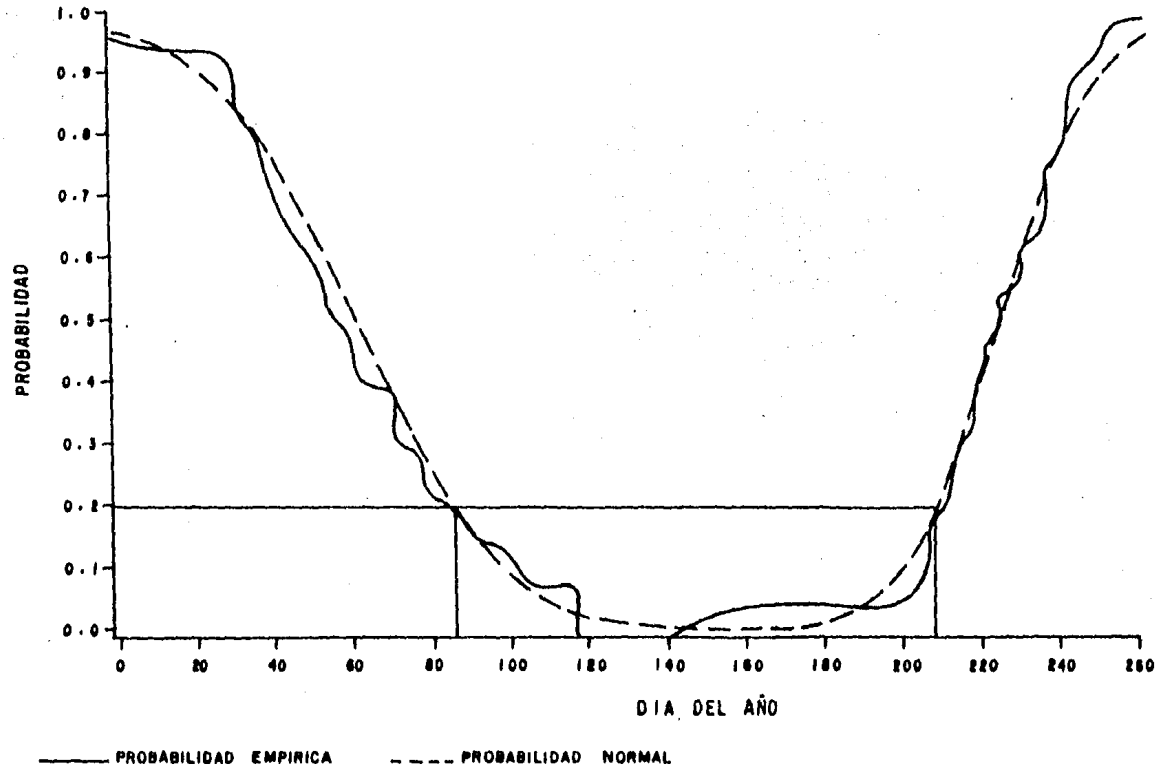
CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS EST: HACIENDA DE LA Y, MEX.



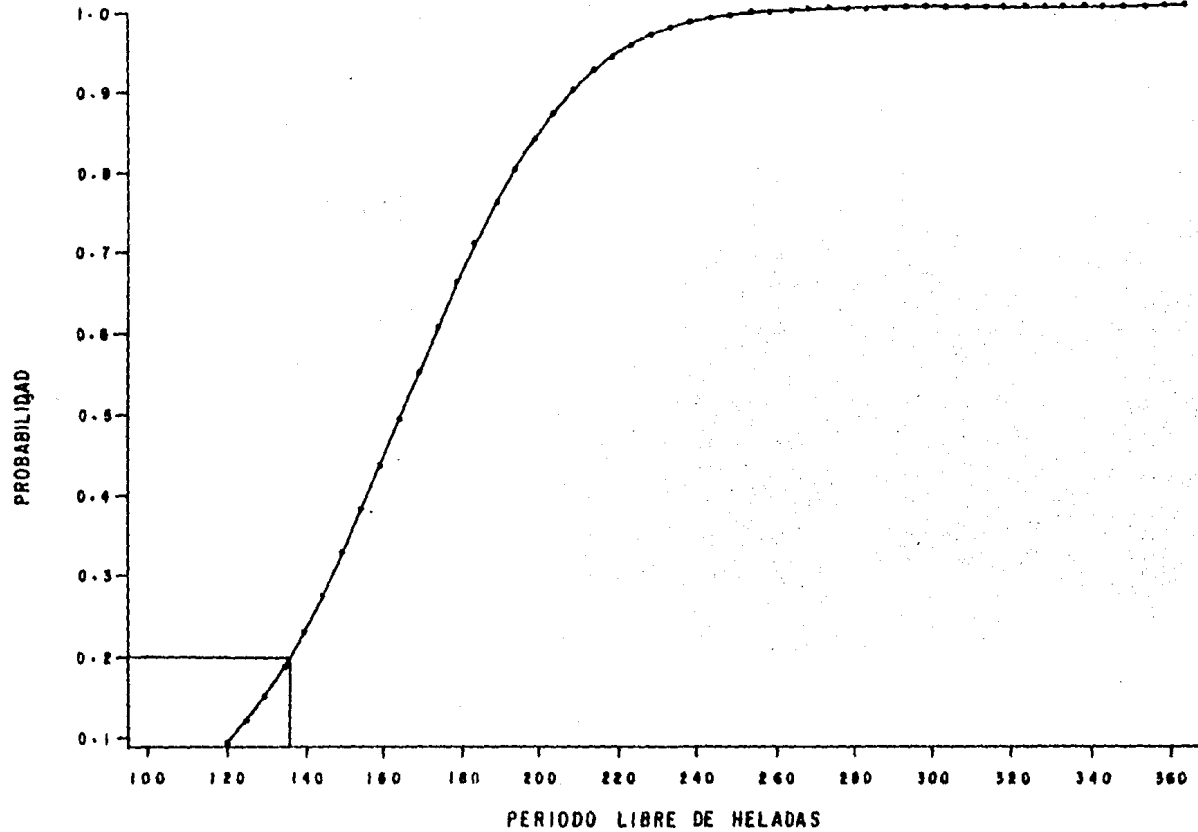
CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H.
EST: HACIENDA DE Y, MEX.



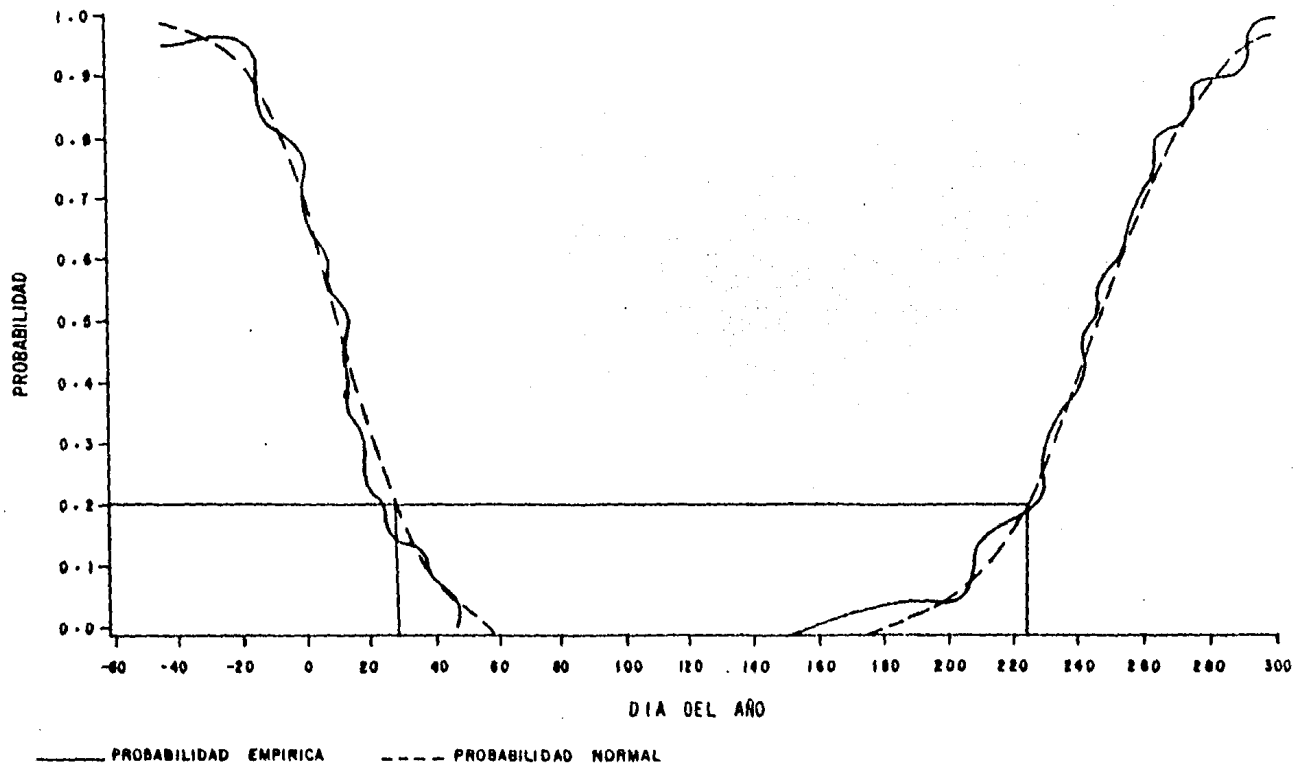
CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS EST: LERMA, MEX.



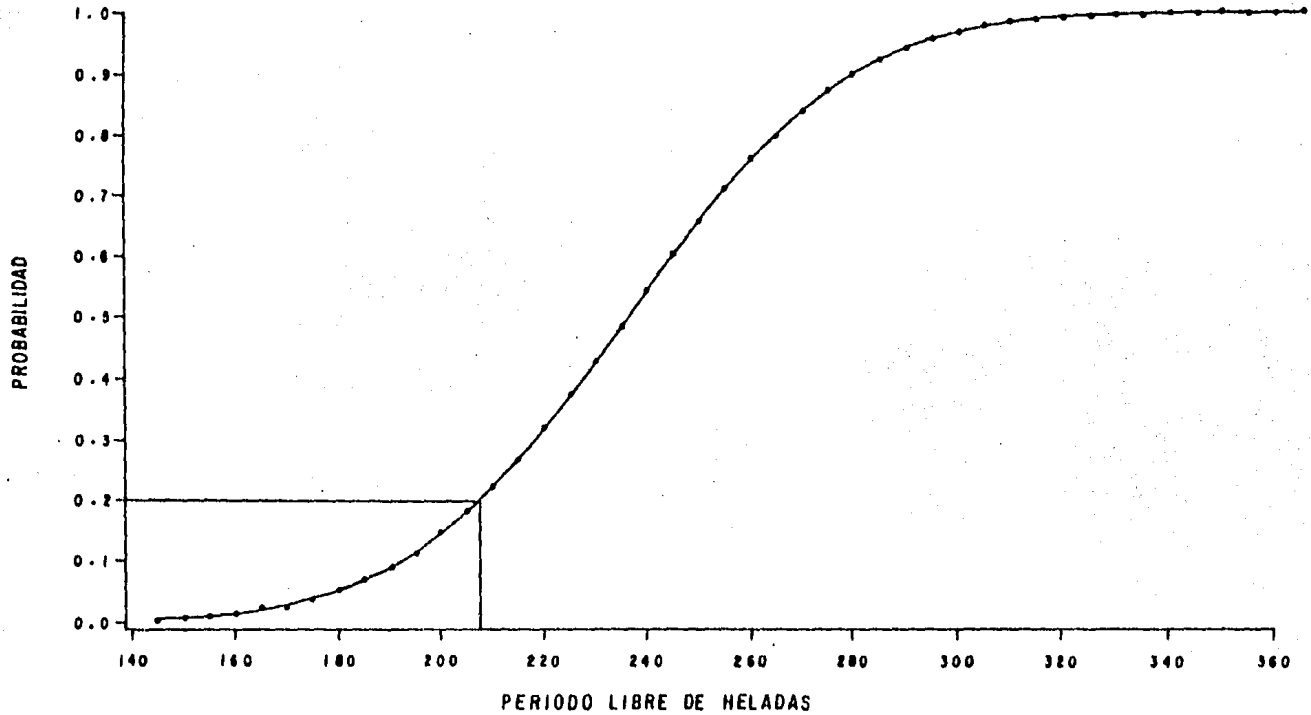
CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H.
EST: LERMA, MEX.



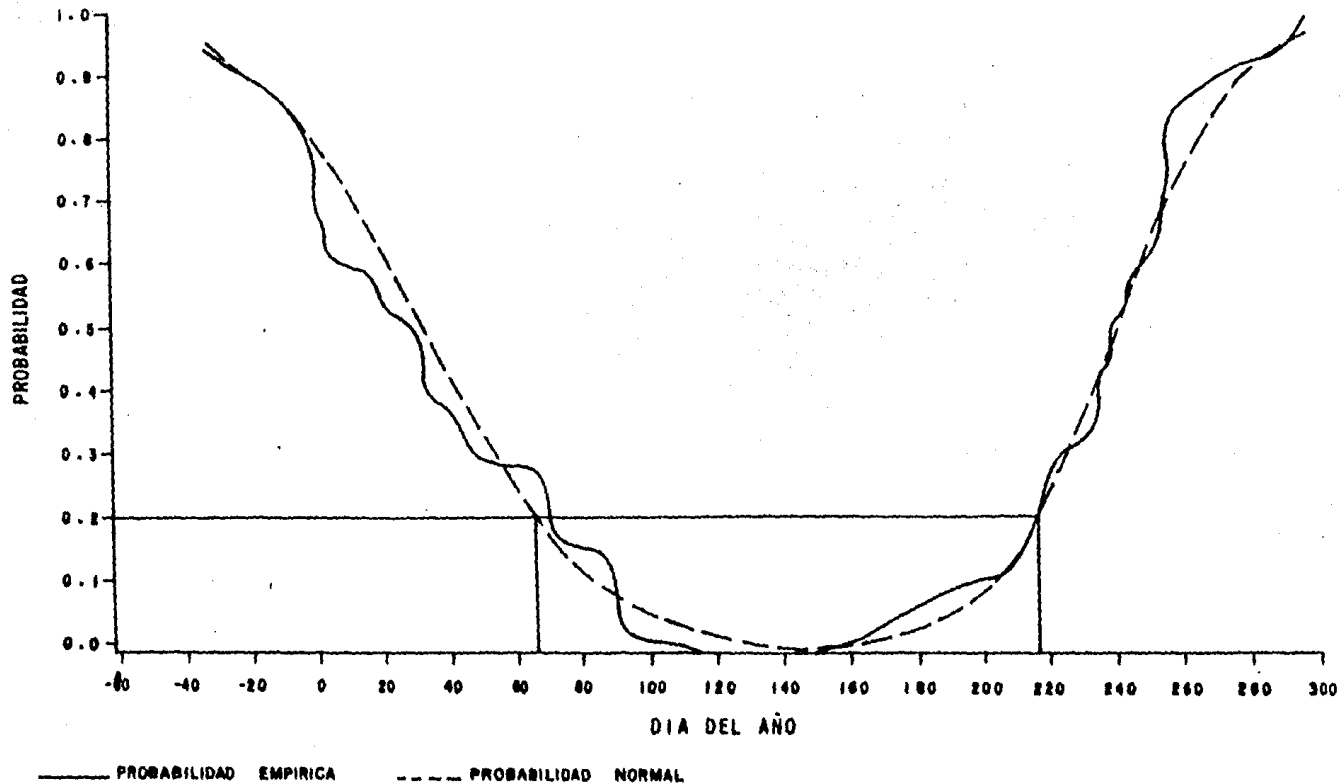
CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS EST: MIMIAPAN, MEX.



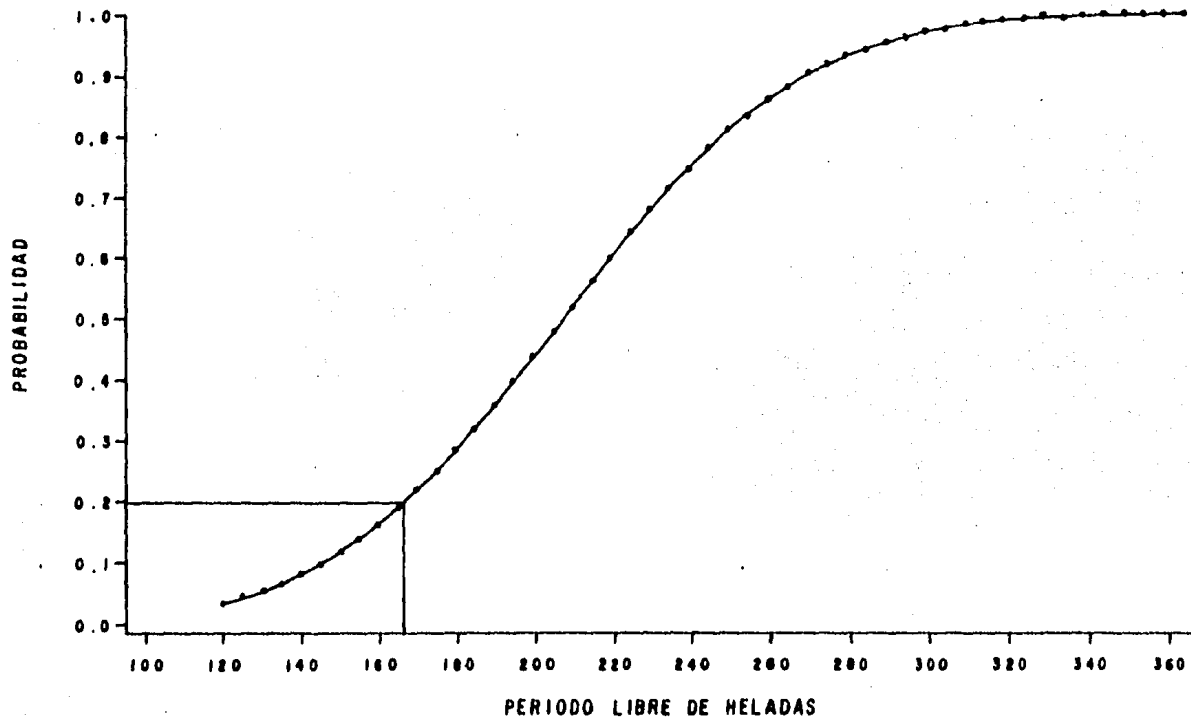
CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H.
EST: MIMIAPAN, MEX.



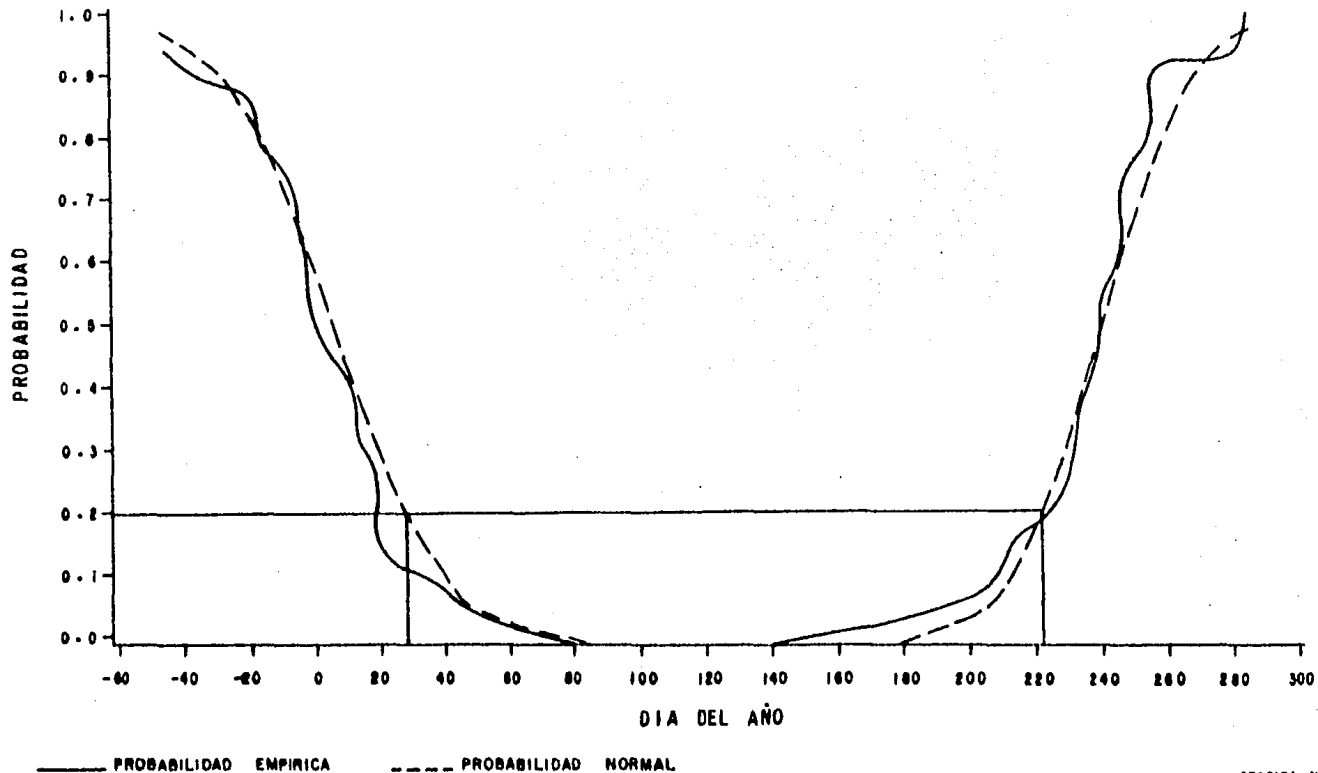
CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS EST: SANTIAGO TIANGUISTENGO, MEX.



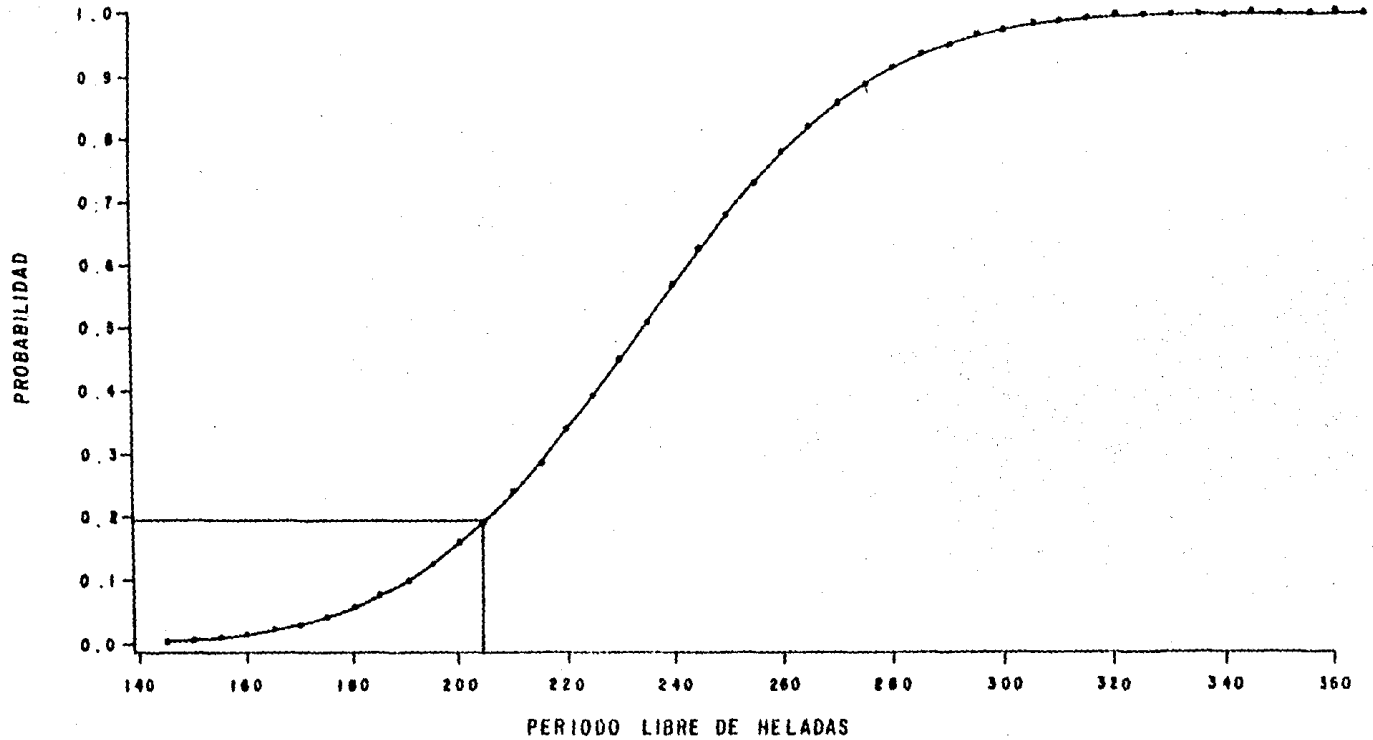
CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H.
EST: SANTIAGO TIANGUISTENGO, MEX.



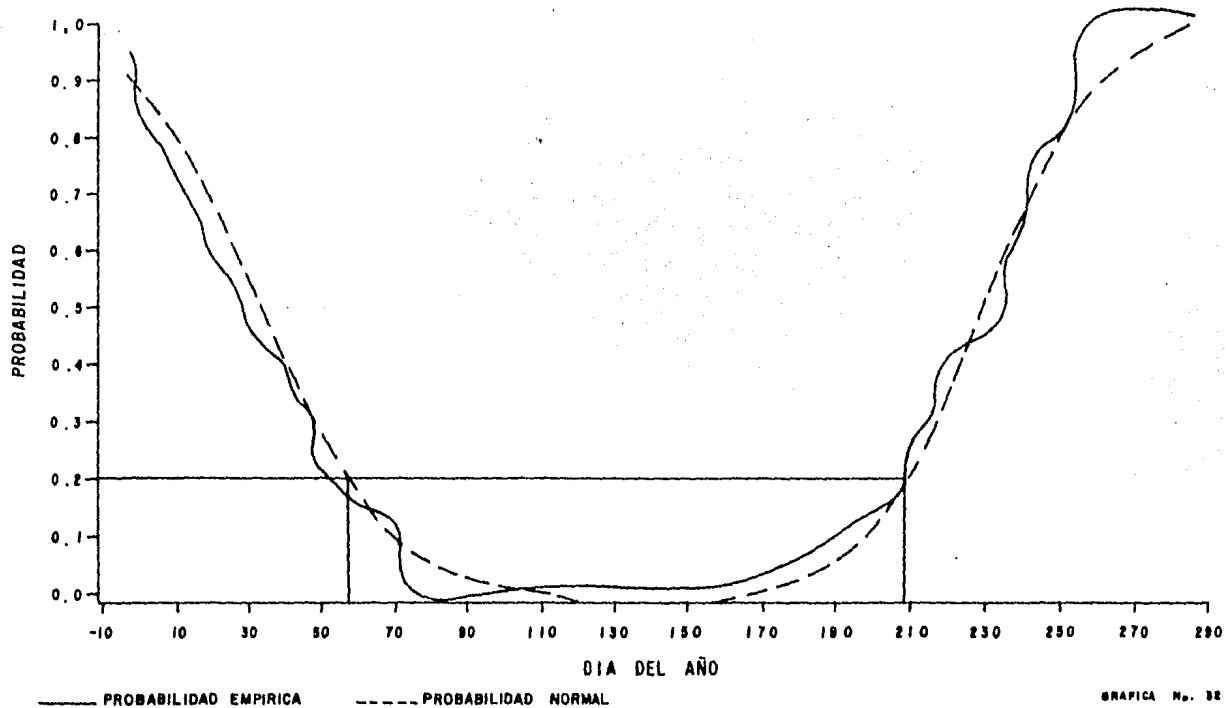
CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS EST: TEMOAYA, MEX.



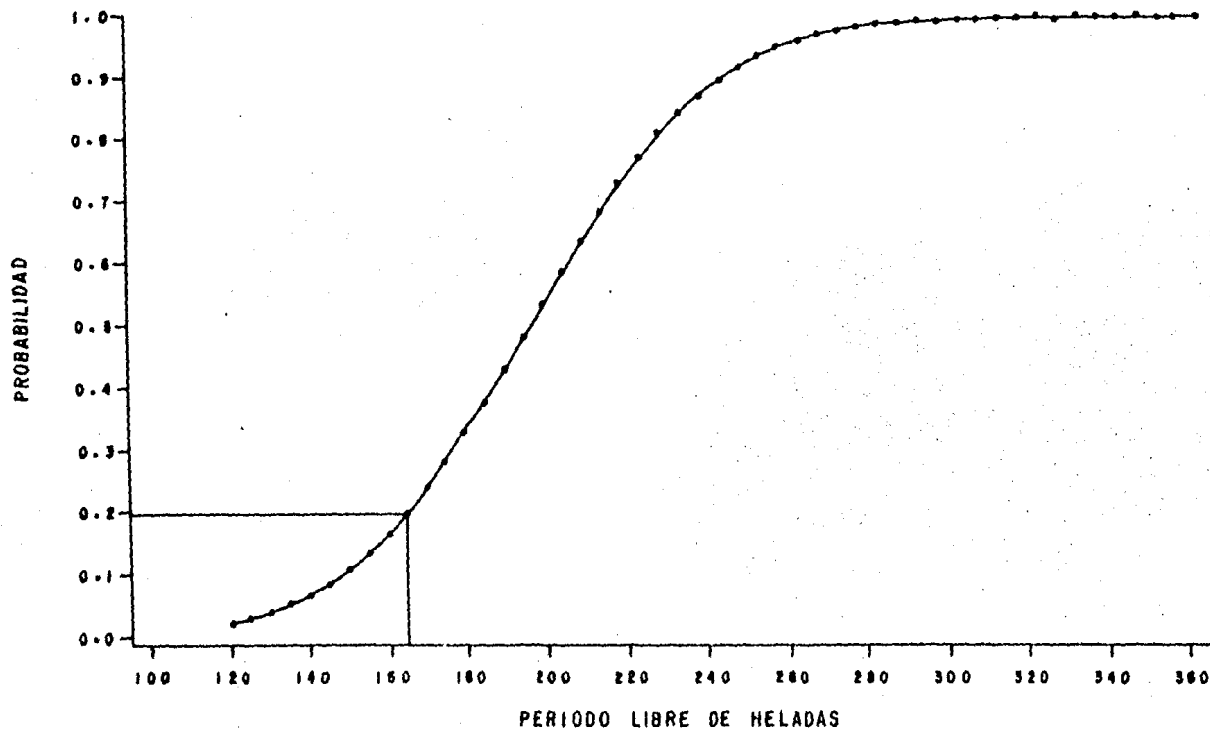
CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H.
EST: TEMOAYA, MEX.



CURVAS DE PROBABILIDAD DE HELADAS EST: TOLUCA (OFICINAS), MEX.

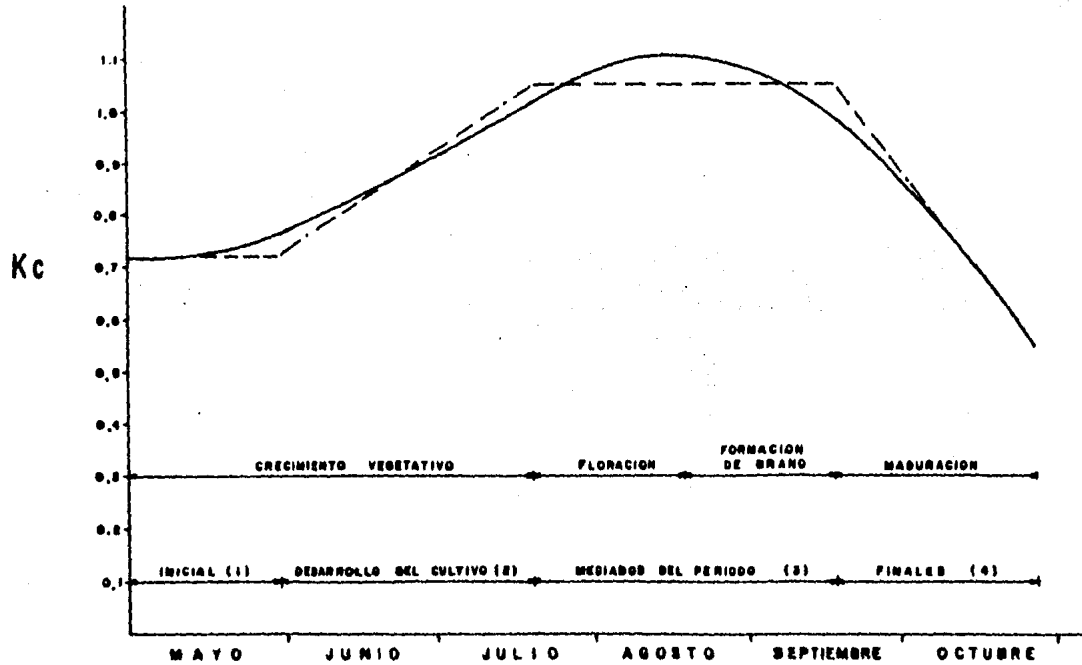


CURVA DE PROBABILIDAD DEL P.L.H.
EST: TOLUCA (OFICINAS), MEX.

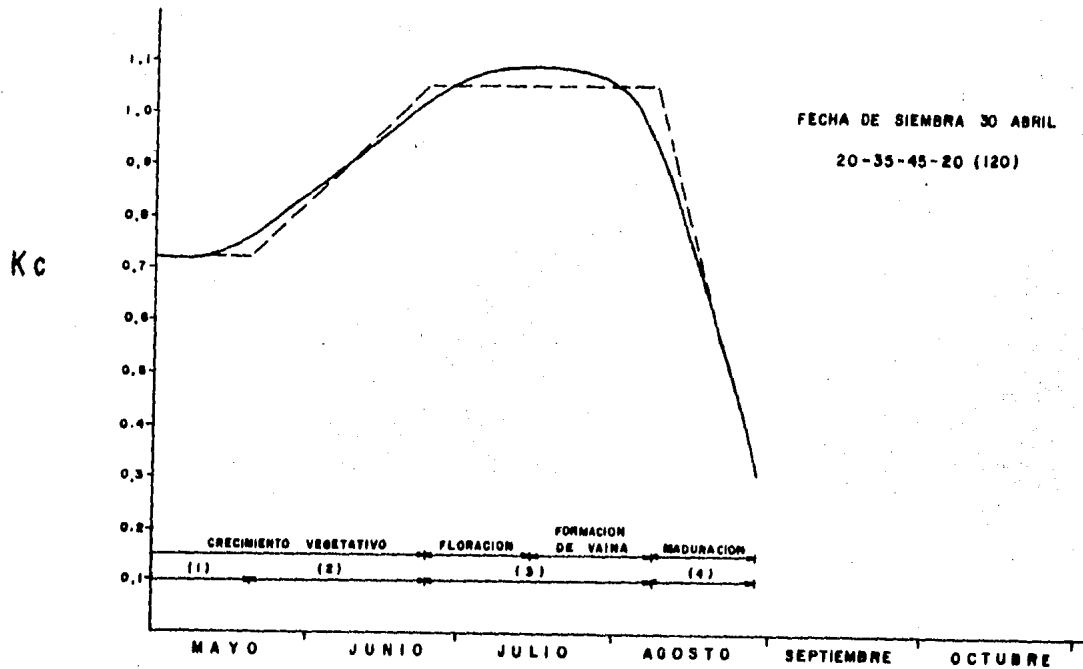


CURVA DE COEFICIENTE DEL MAIZ

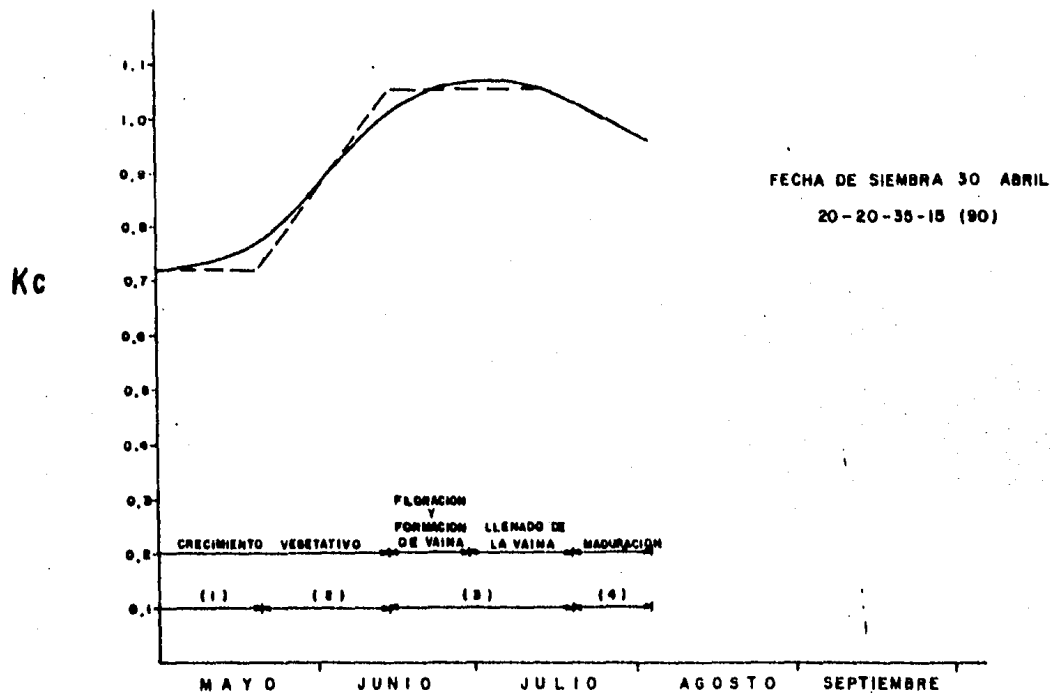
FECHA DE SIEMBRA 30 ABRIL
30-50-60-40 (180)



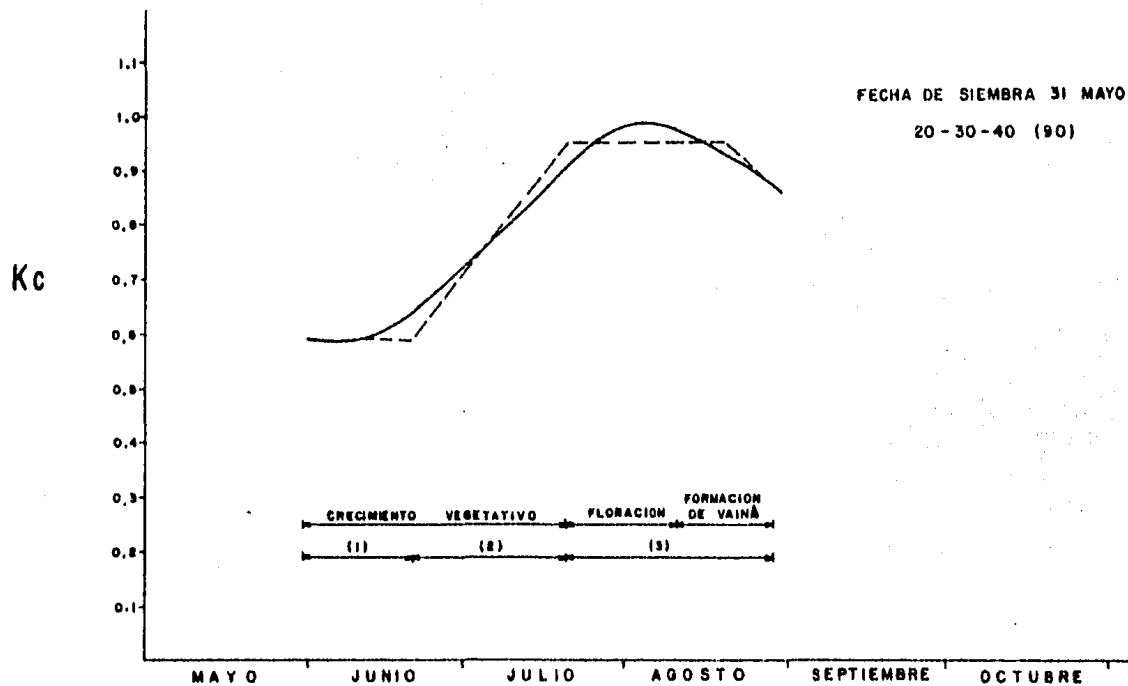
CURVA DE COEFICIENTE DEL FRIJOL



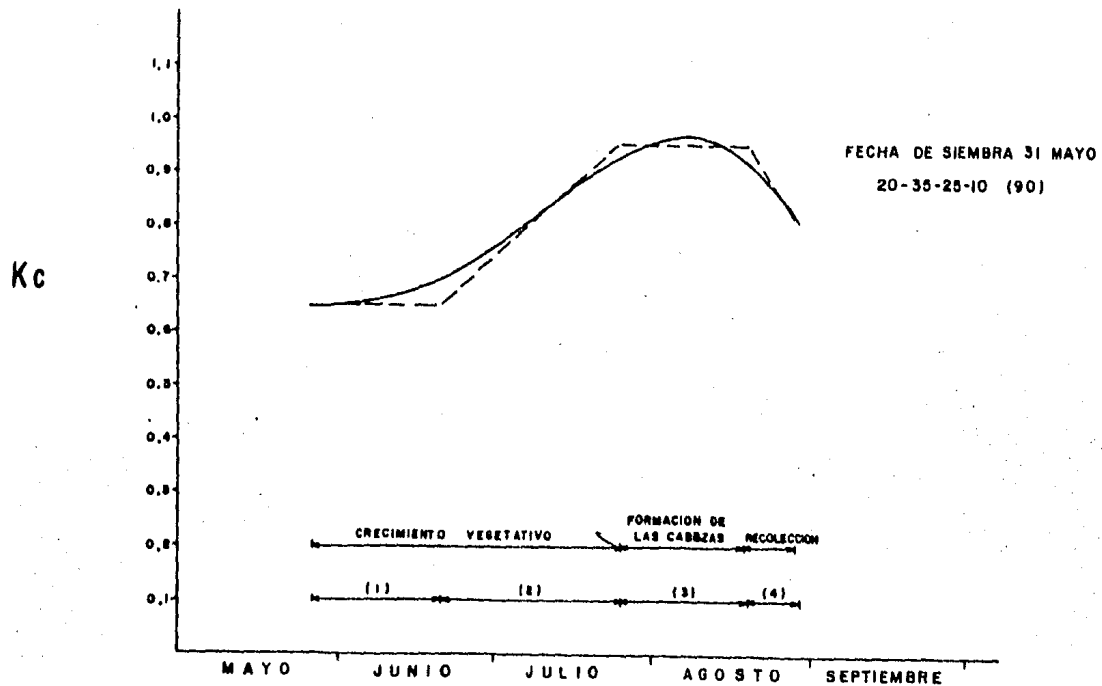
CURVA DE COEFICIENTE DEL CHICHARO



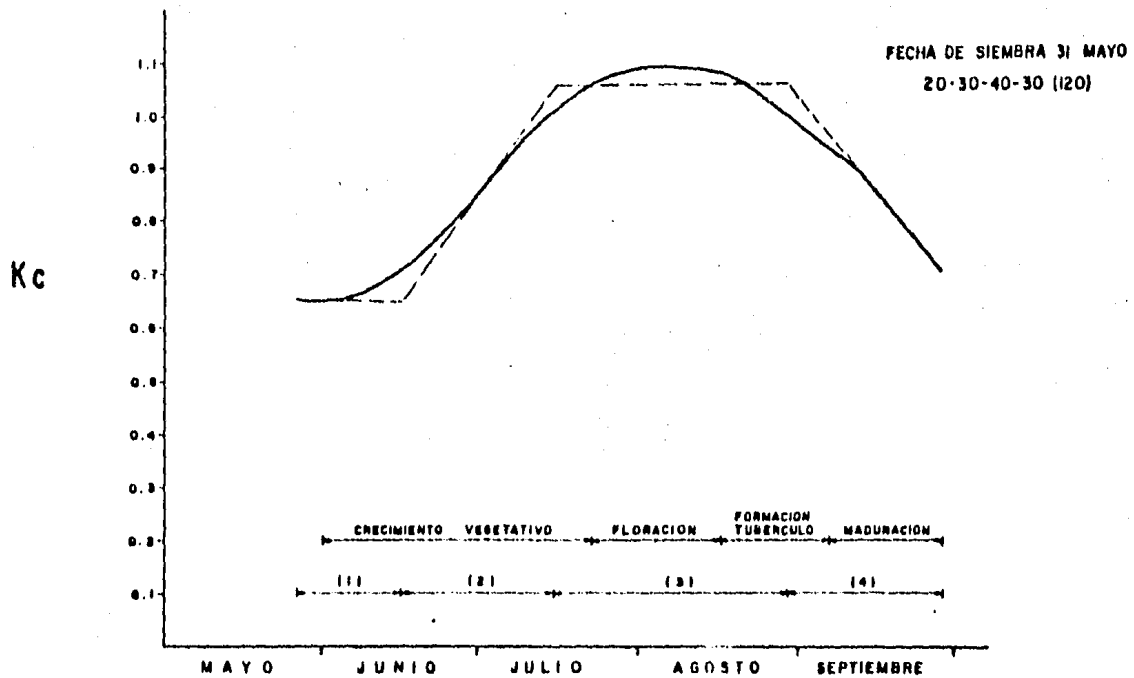
CURVA DE COEFICIENTE DEL HABA VERDE



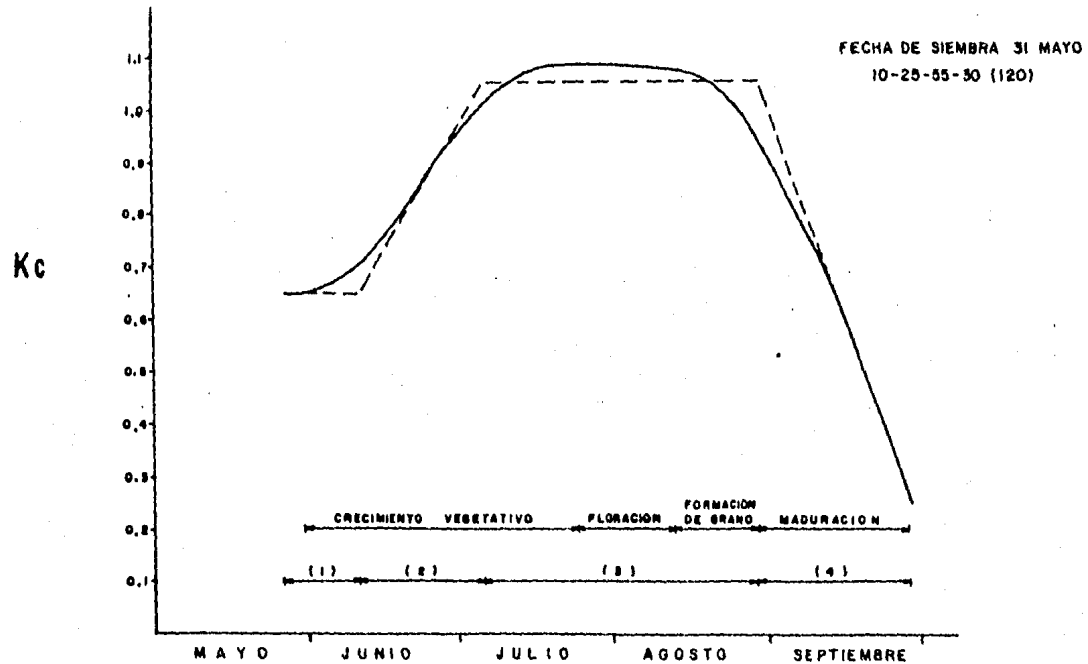
CURVA DE COEFICIENTE DE LA COL



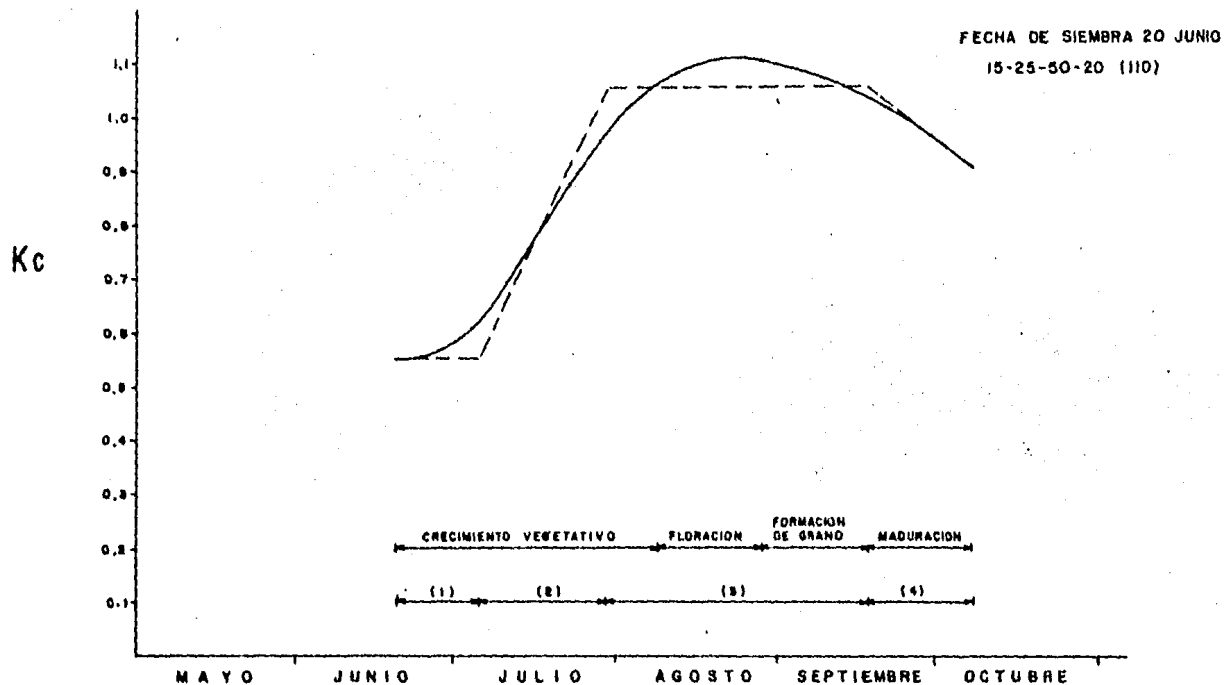
CURVA DE COEFICIENTE DE LA PAPA



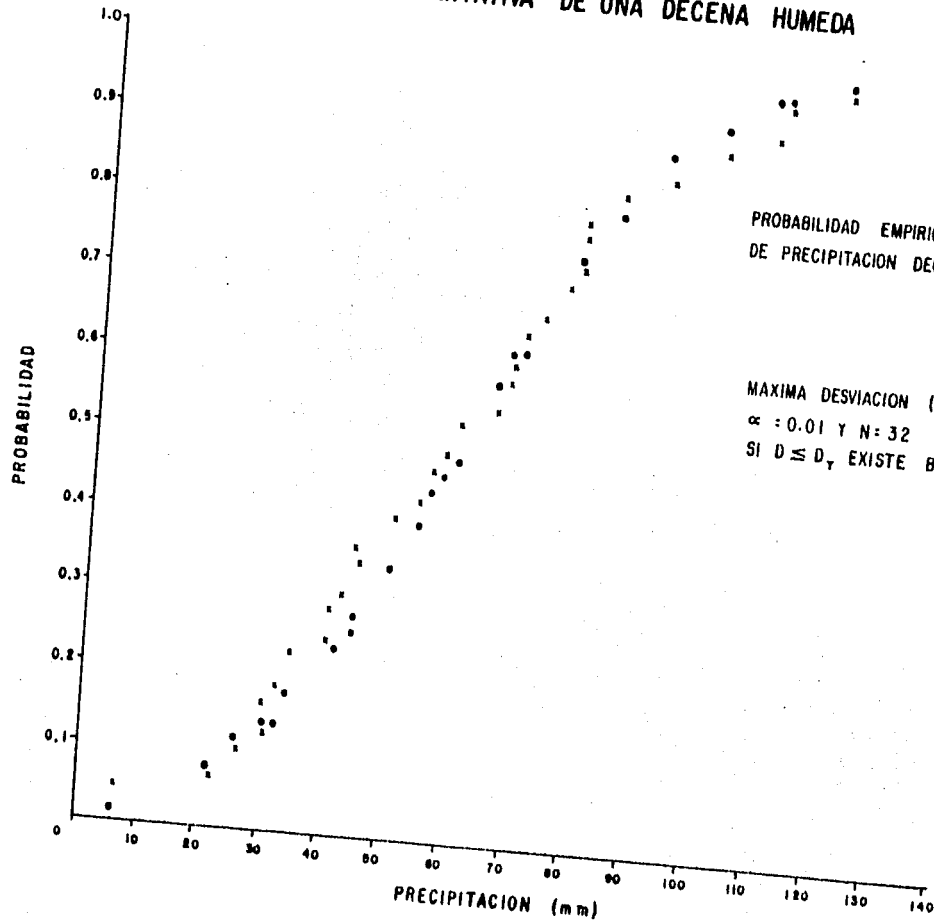
CURVA DE COEFICIENTE DEL TRIGO



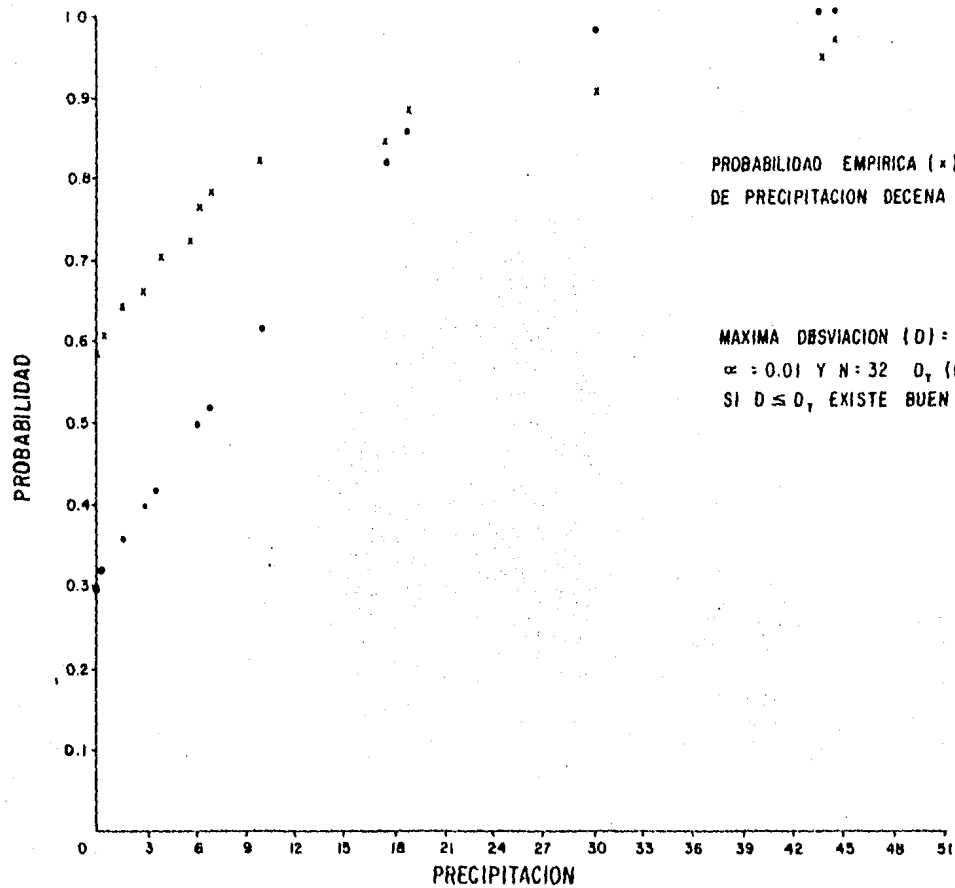
CURVA DE COEFICIENTE DE LA AVENA FORRAJERA

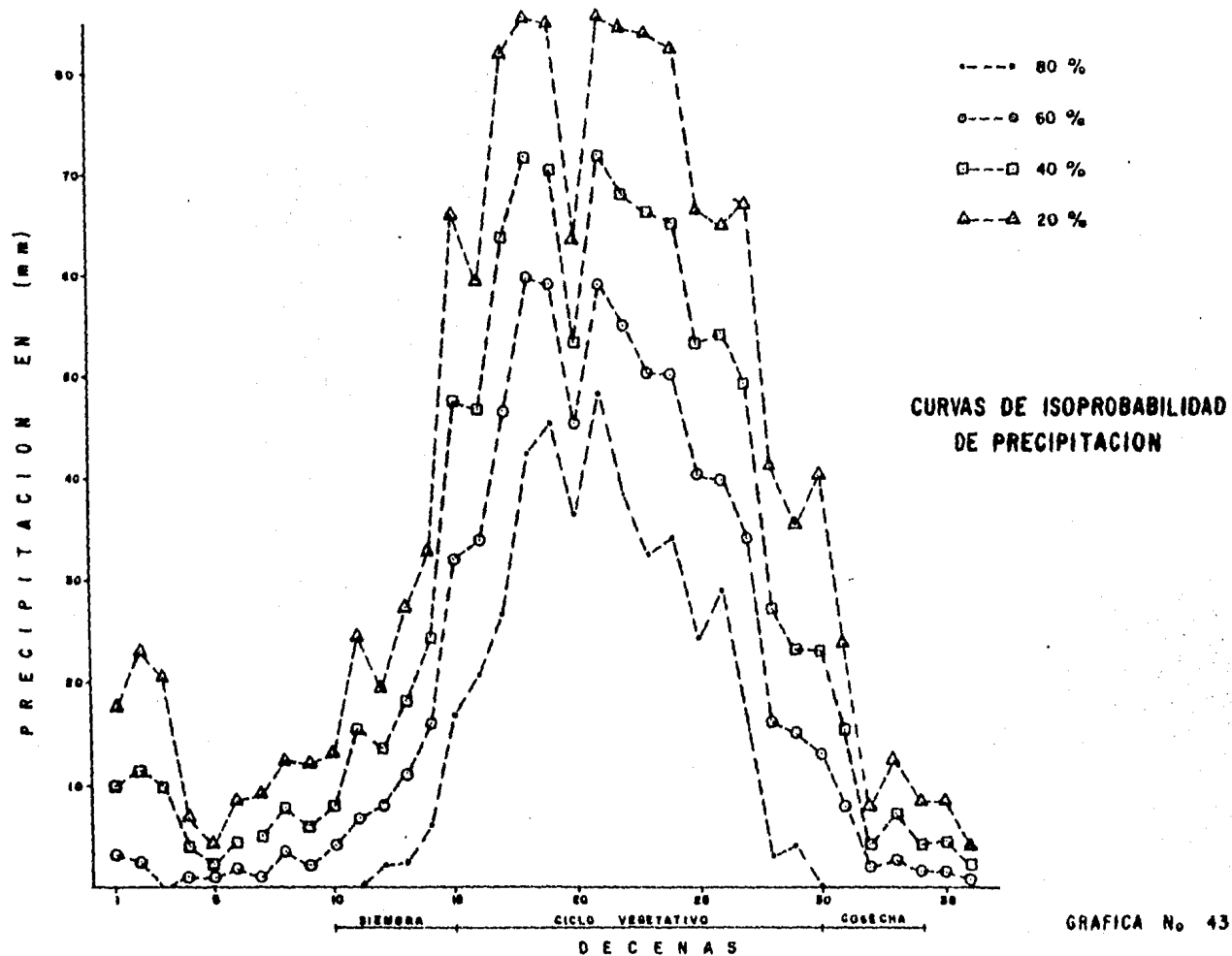


CURVA REPRESENTATIVA DE UNA DECENA HUMEDA



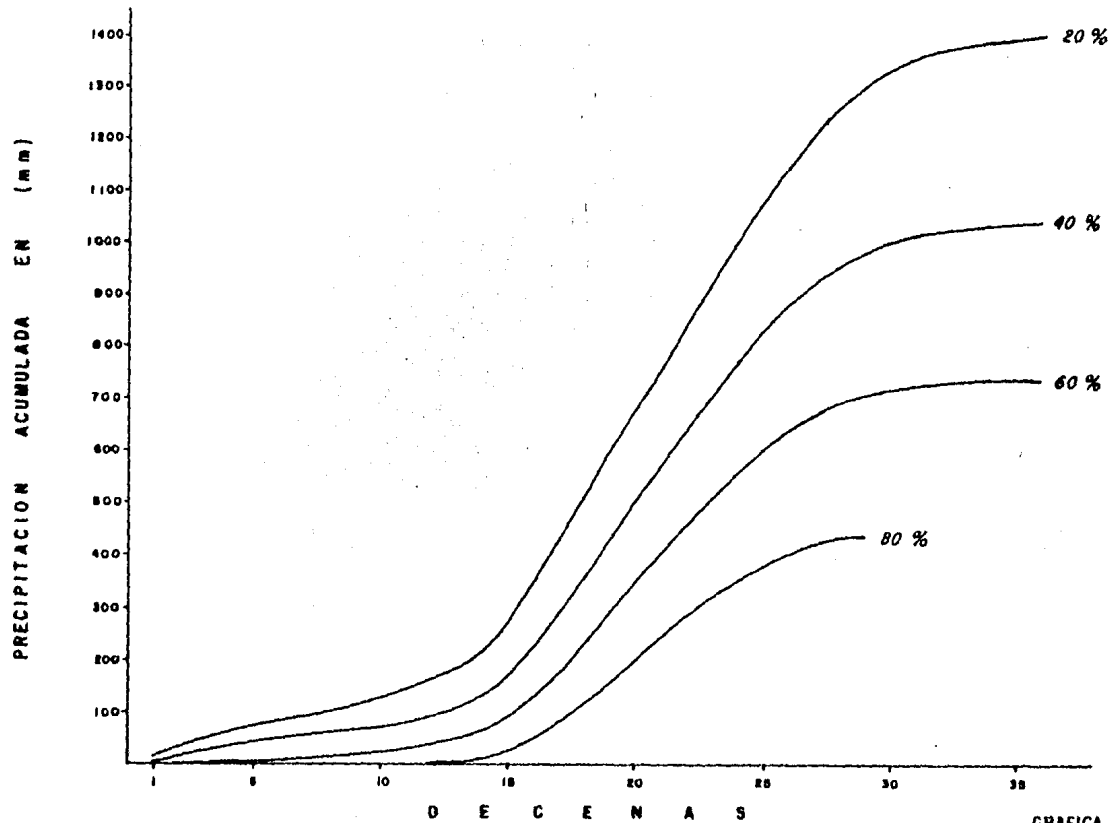
CURVA REPRESENTATIVA DE UNA DECENA SECA



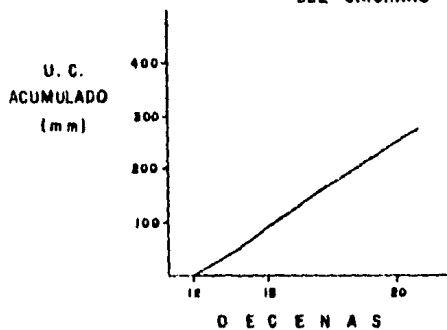


GRAFICA No. 43

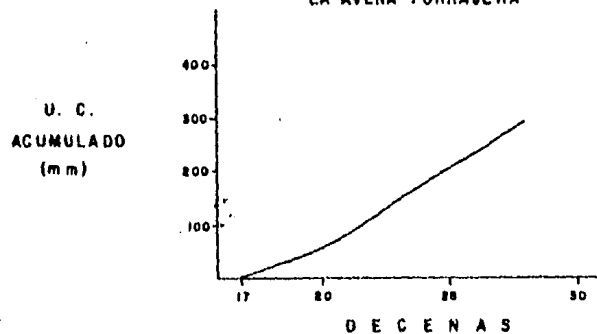
CURVAS DE ISOPROBABILIDAD DE PRECIPITACION ACUMULADA



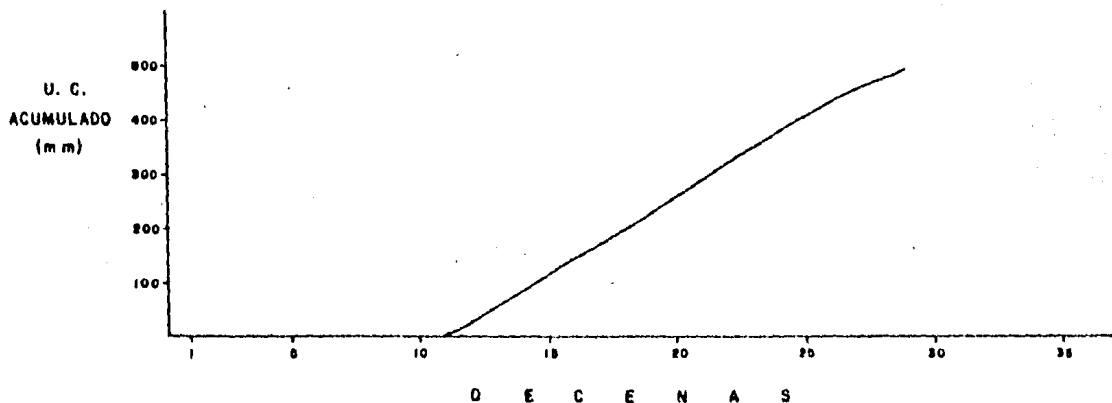
PLANILLA DE EVAPOTRANSPIRACION U.C.
DEL CHICHARO



PLANILLA DE EVAPOTRANSPIRACION U.C. DE
LA AVENA FORRAJERA

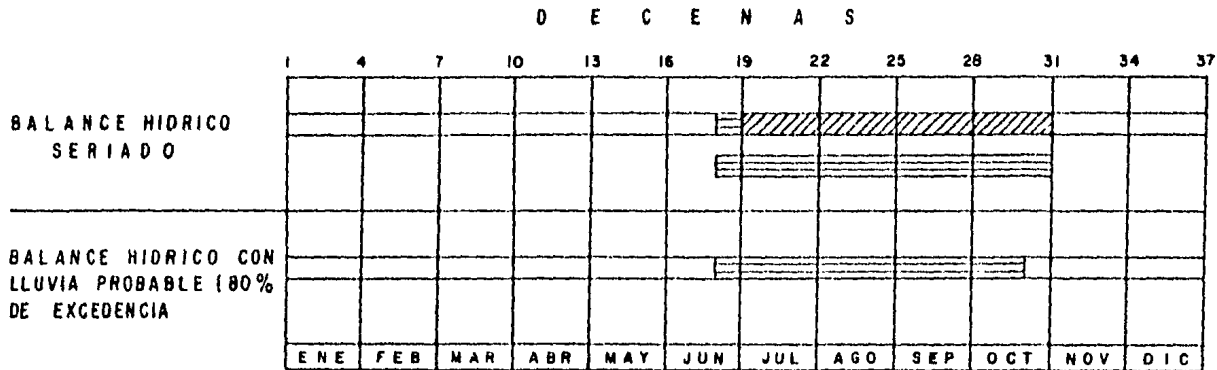


PLANILLA DE EVAPOTRANSPIRACION U.C. DEL MAIZ



BALANCE HIDRICO SERIADO Y BALANCE HIDRICO CON LLUVIA PROBABLE

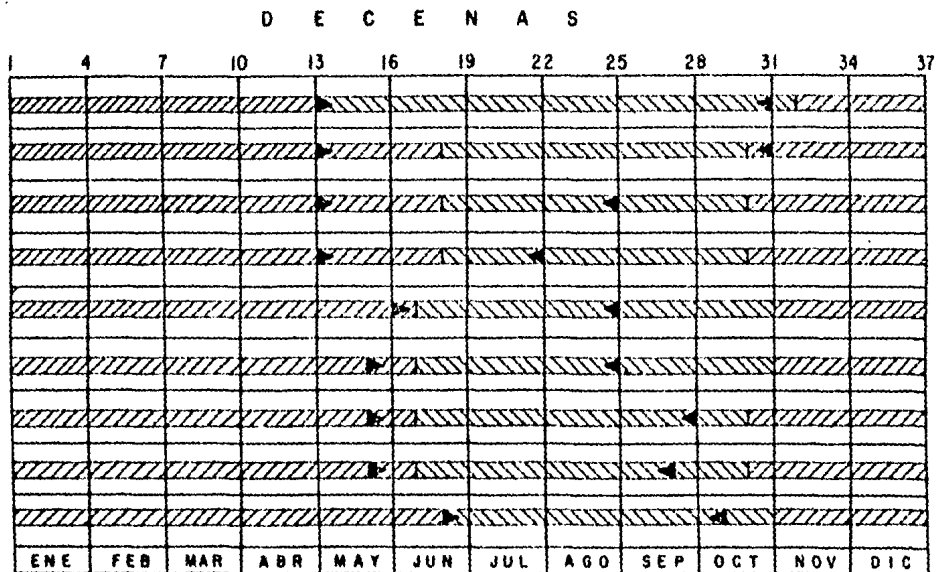
CON DEFICIENCIA
 SIN DEFICIENCIA
 EXCESOS



BALANCE HIDRICO SUELO - CULTIVO

CON DEFICIENCIA
 SIN DEFICIENCIA
 ▶ ◀ PRINCIPIO Y FIN DEL PERIODO VEGETATIVO

CULTIVO	CICLO (DIAS)
M A I Z (+ 10 CM)	180
M A I Z	180
F R I J O L	120
C H I C H A R O	90
H A B A VERDE	90
C O L	100
P A P A	120
T R I G O	120
A V E N A FORRAJERA	110



PROGRAMA DE CULTIVOS

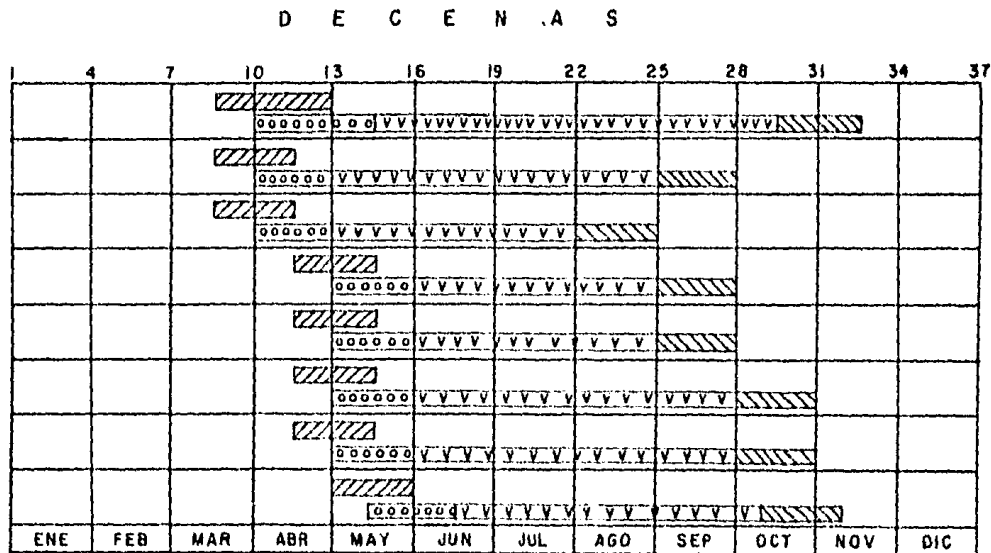
▨ RIEGO DE PRESIEMBRA

vvvvvvvvvv CICLO VEGETATIVO

oooooo PERIODO DE SIEMBRA

▨ PERIODO DE COSECHA

CULTIVO	SUP. HA.	VOLUMEN DE PRESIEMBRA* MILLONES M ³
MAIZ	3.500	12.0
FRIJOL	300	1.0
CHICHARO	300	1.0
HABA VERDE	300	1.0
COL	100	0.3
PAPA	150	0.5
TRIGO	1.550	5.2
AVENA FORRAJERA	400	1.3
TOTAL	6.600	22.3

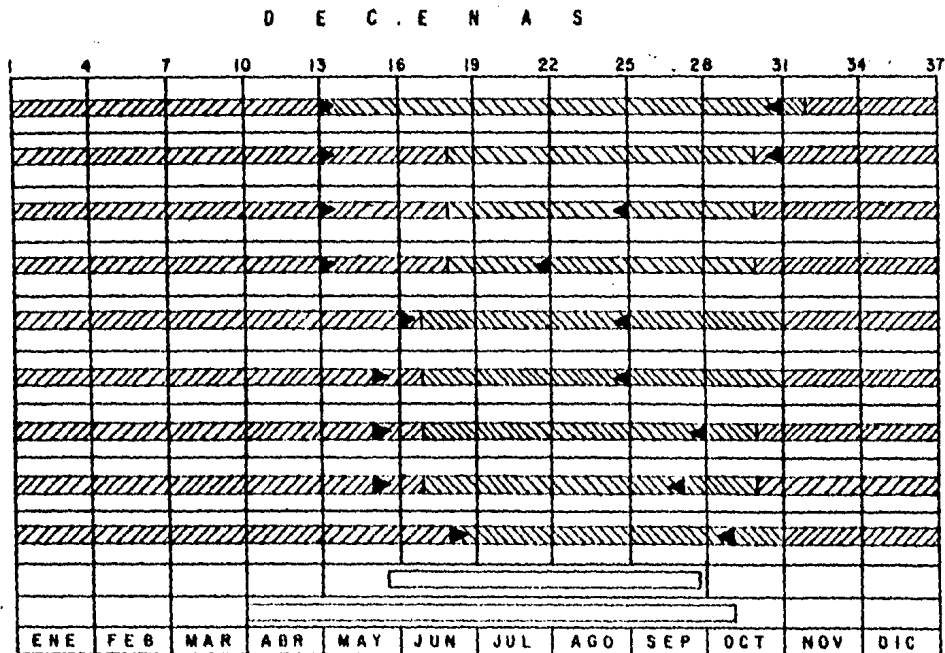


* PARA UNA LAMINA DE 10 CM Y EFICIENCIA TOTAL DE 0.3

DELIMITACION DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO EN FUNCION DEL PERIODO LIBRE DE HELADAS Y LA DISPONIBILIDAD DE AGUA.

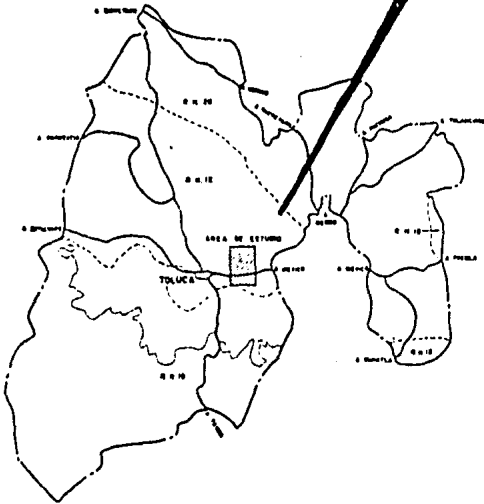
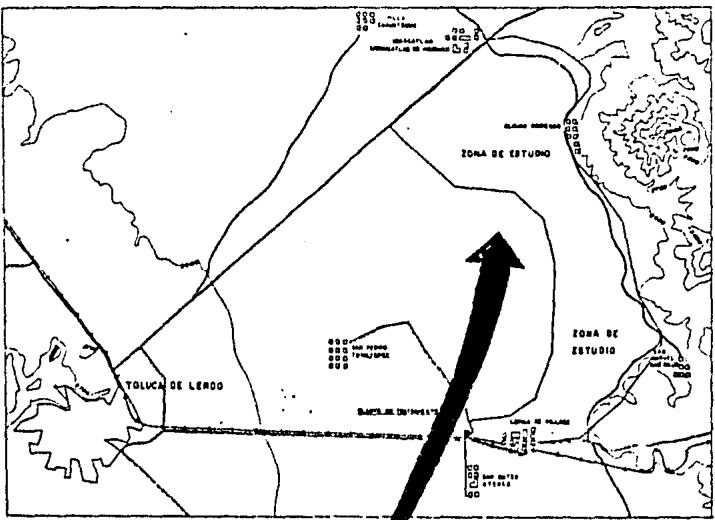


CULTIVO
MAIZ (+ 10 CM)
MAIZ
FRIJOL
CHICHARO
HABA VERDE
COL
PAPA
TRIGO
AVENA FORRAJERA
LERMA
MIMIAPAN



A N E X O C

(PLANOS)

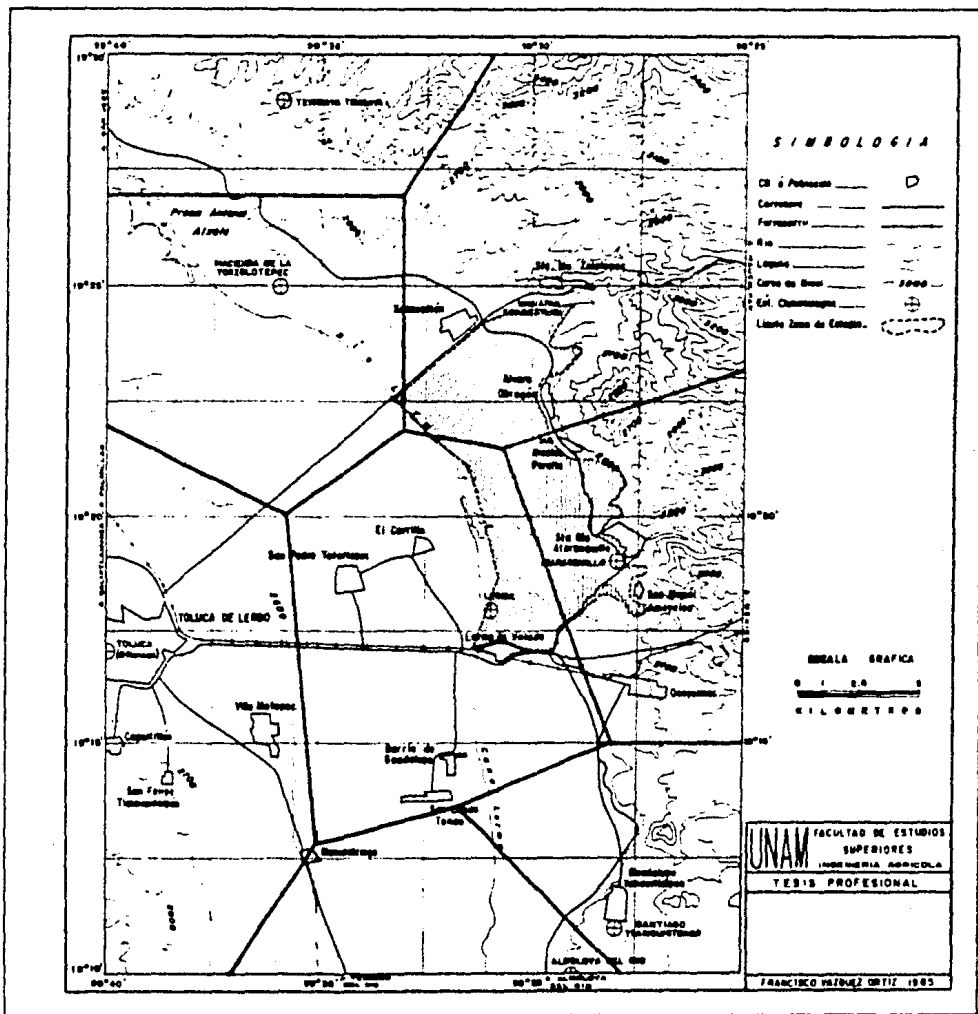


SIMBOLOGIA

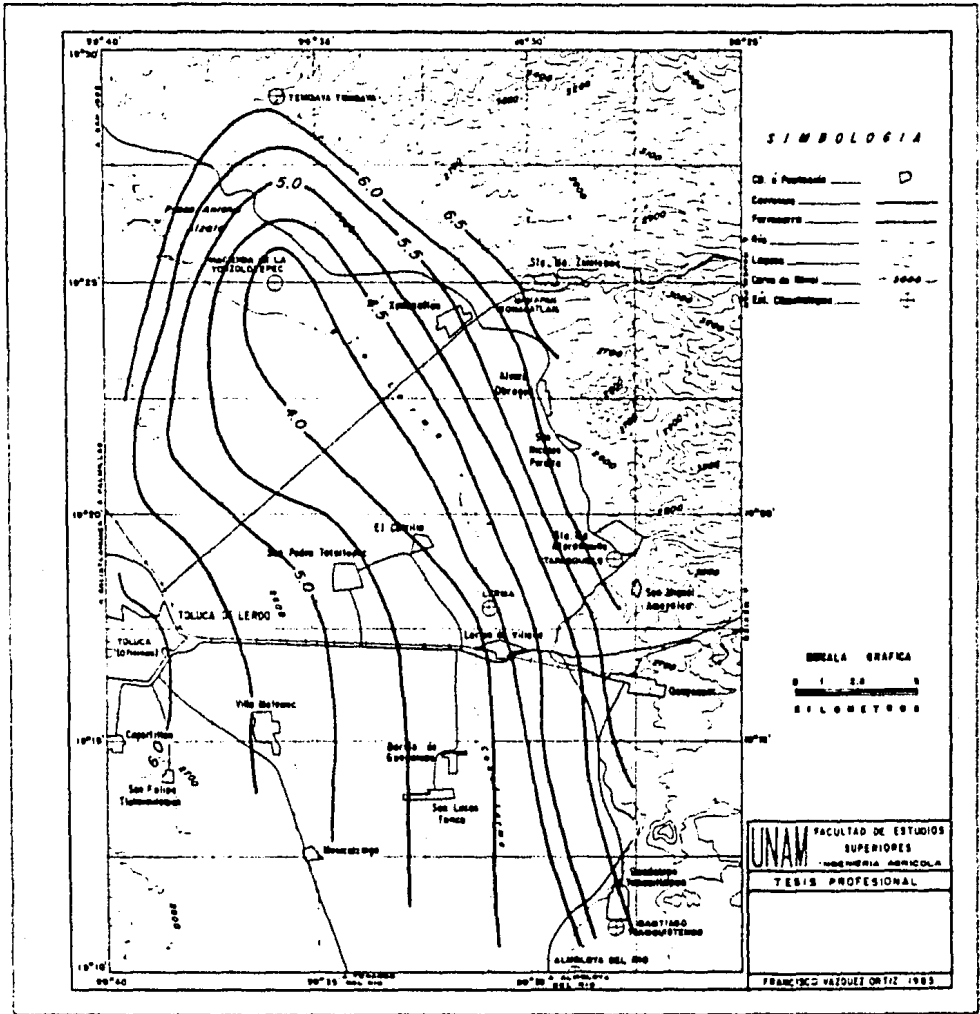
- CIUDAD.....
- PROLACTOR.....
- CANALIZACION.....
- FERROCARRIL.....
- SEÑAL DE NIVEL.....
- LINIA DE ESTADO.....
- SEÑAL DE NIVEL.....
- PROYECTO DE LA TERZA ZONA DE EST.....
- PROYECTO DEL CAJ TOLUCA.....

UNAM	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
	INGENIERIA AGRICOLA
TESIS PROFESIONAL	
LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	
FRANCISCO VAZQUEZ O. 1985	PLANO No. 1

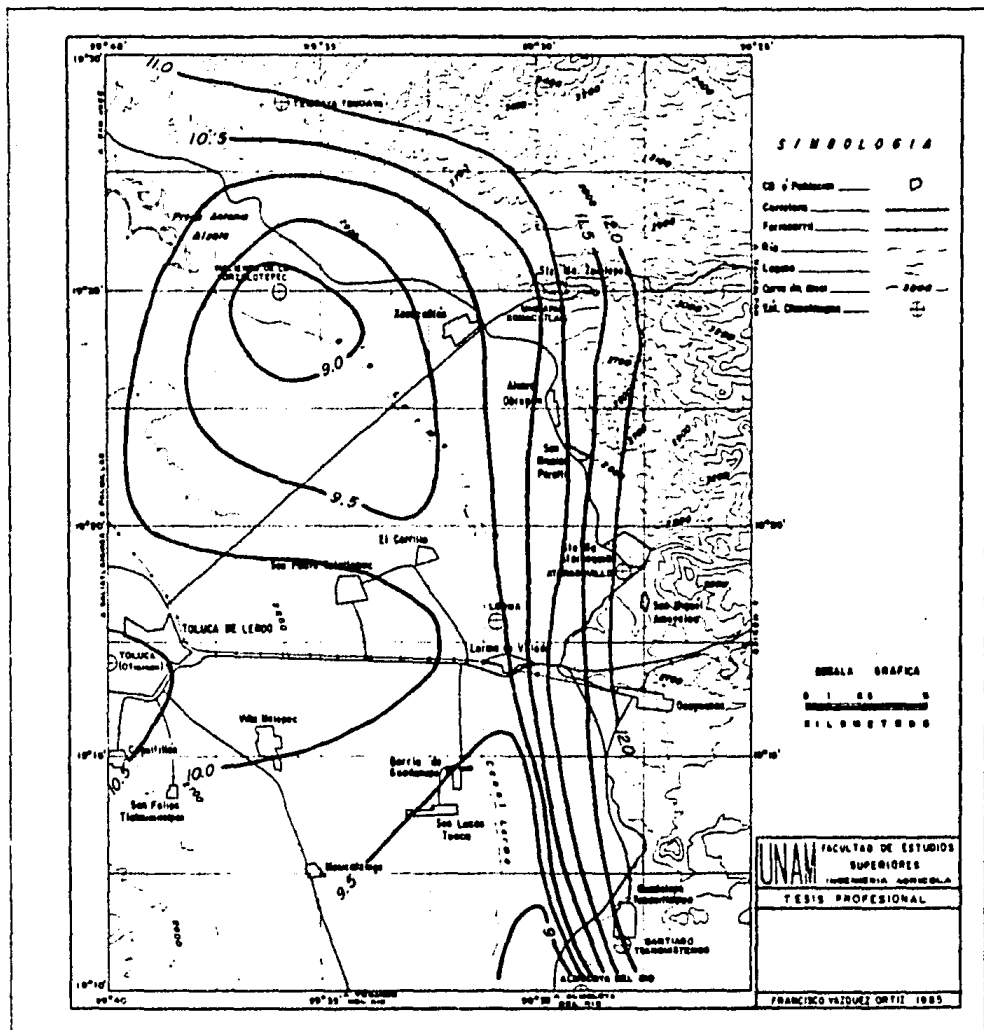
AREA DE INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS



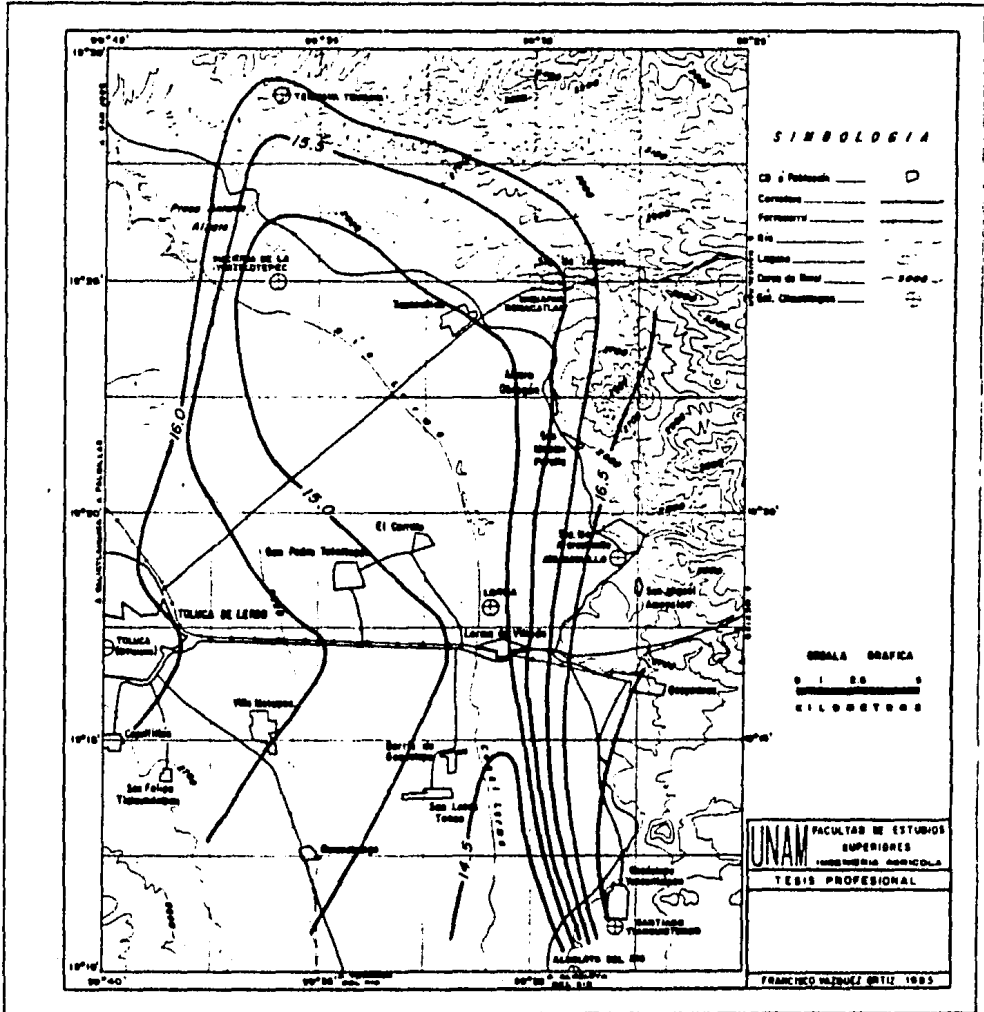
ISOTERMAS DE MINIMA ANUAL



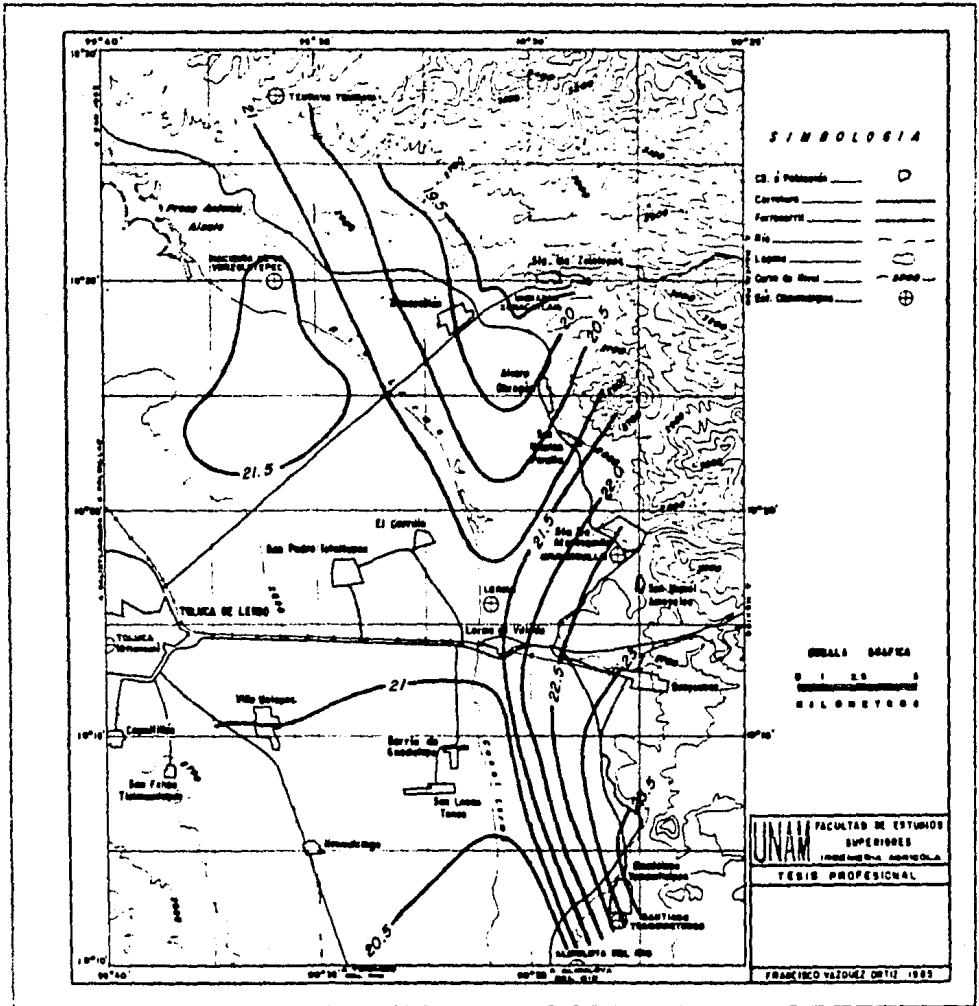
ISOTERMAS MEDIAS DEL MES MAS FRIO (ENERO)



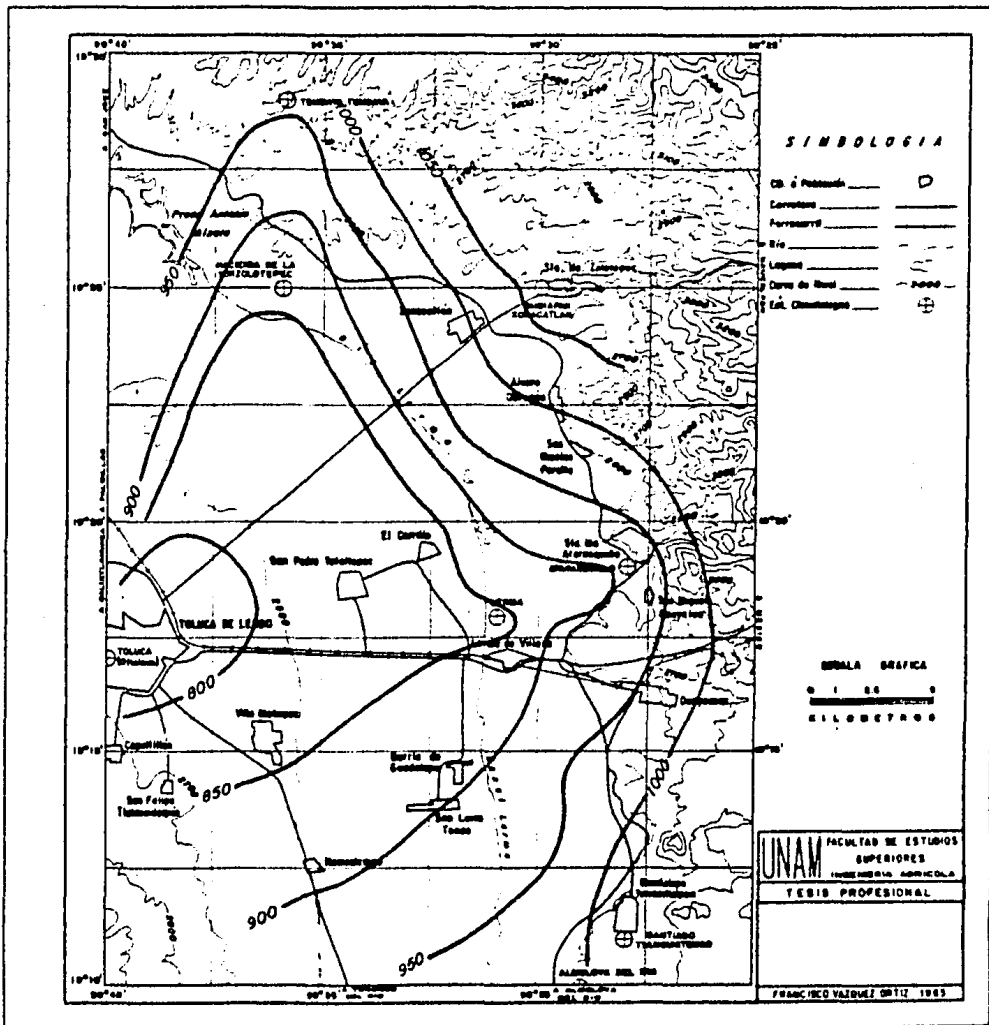
ISOTERMAS MEDIAS DEL MES MAS CALIENTE (MAYO)



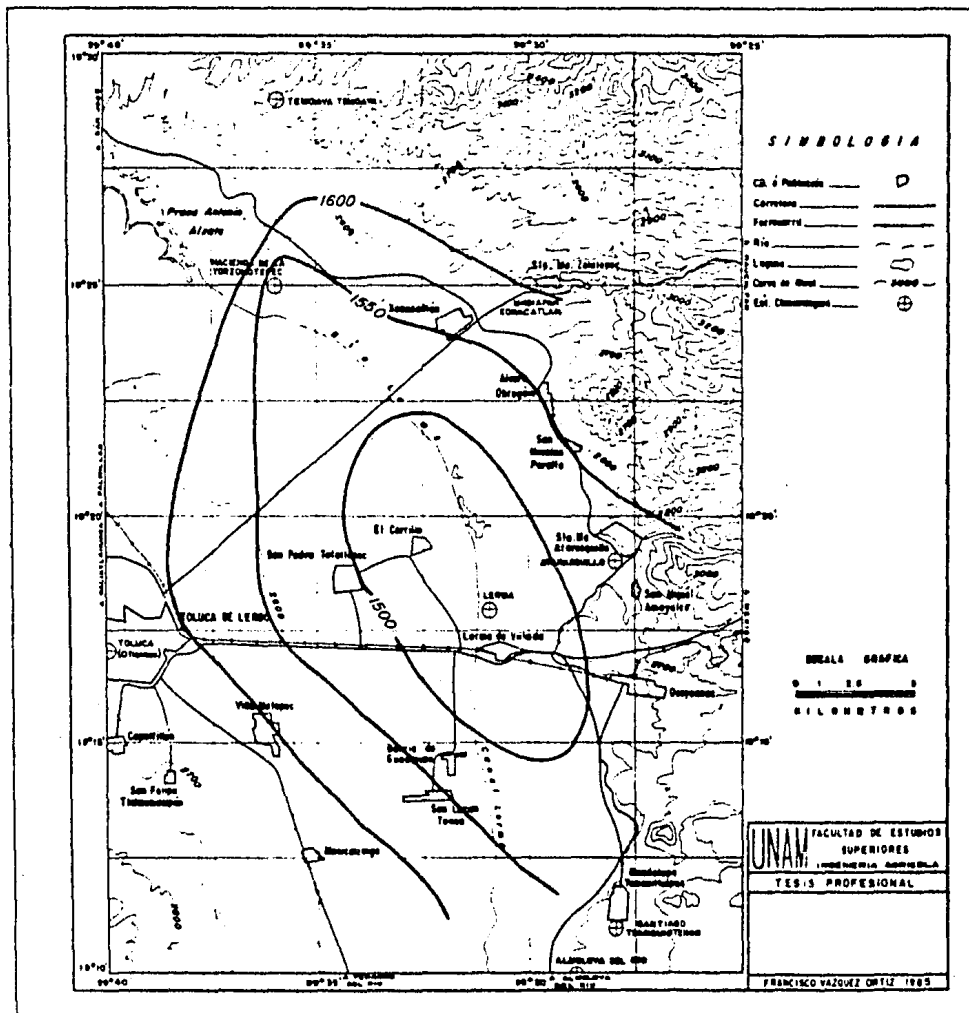
ISOTERMAS DE MAXIMA ANUAL



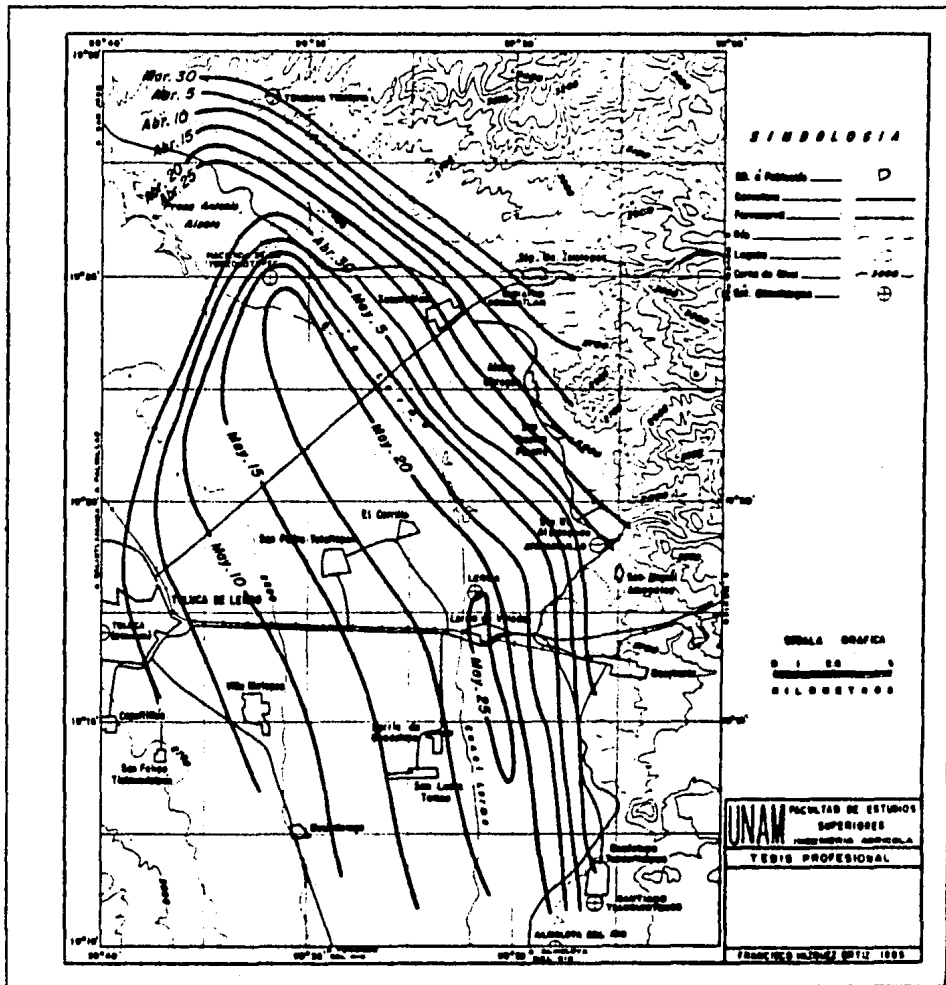
ISOYETAS MEDIAS ANUALES



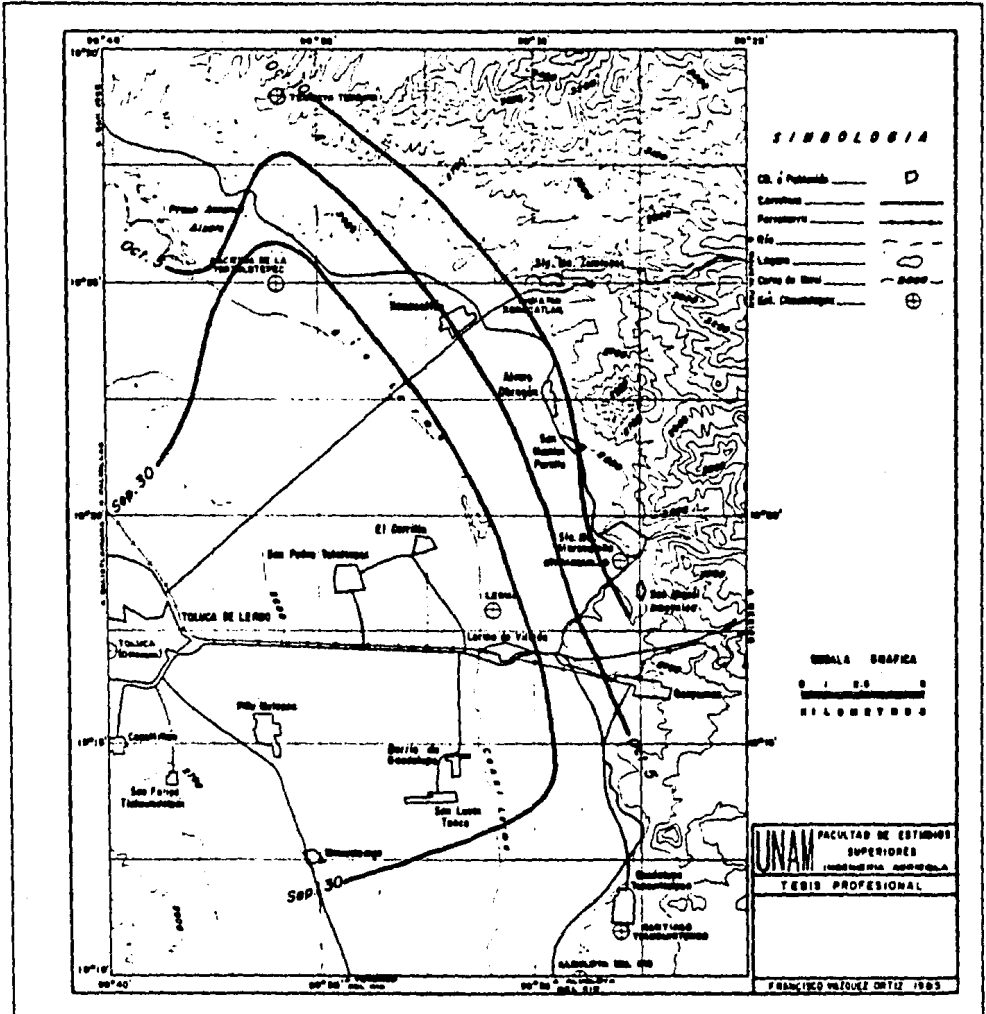
ISOLINEAS DE EVAPORACION ANUAL



FECHA DE LA ULTIMA HELADA (20% DE PROBABILIDAD)



FECHA DE LA PRIMERA HELADA (20% DE PROBABILIDAD)



PERIODOS LIBRES DE HELADAS (20% DE PROBABILIDAD)

