



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

16  
2ej

“Propuesta de Introducción de Trigo  
Cristalino en la Región III, Texcoco,  
México (Localidad de San Francisco  
Acuautla, Municipio de Ixtapaluca)”

TRABAJO DE SEMINARIO  
*Que para Obtener el Título de*  
INGENIERO AGRICOLA  
*P r e s e n t a*  
WILFRIDO HUERTA LUCARIO

Asesora: M. C. Adelina Albanil Encarnación

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN  
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Tópicos Selectos de la Producción Agrícola Actual.  
"Propuesta de Introducción de trigo cristalino en la  
región III, Texcoco, México (localidad de San Francisco  
Acuatla, Municipio de Ixtapaluca).

que presenta el pasante: Wilfrido Huerta Lucario,  
con número de cuenta: 7517204-4 para obtener el Título de:  
Ingeniero Agrícola.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 21 de Agosto de 19 96

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>Segundo</u>	<u>M.C. Adelina Albanil E.</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Segundo</u>	<u>Ing. Francisco Cruz P.</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Cuarto</u>	<u>Ing. Guillermo Basante B.</u>	<u>[Firma]</u>

DEP/VDOSEN

**Con respeto y agradecimiento  
a mis padres Guadalupe y Roberto,  
por su esfuerzo y apoyo en alcanzar esta meta.**

**A mis hermanos. A mis sobrinos.**

**Con cariño a Mireya, Ángelo Daniel y Jacqueline.**

<b>CONTENIDO</b>	<b>pág.</b>
<b>I. RESUMEN</b>	5
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	7
2.1 Objetivos	9
<b>III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	10
3.1. Origen	10
3.2. Situación de los trigos cristalinos	12
3.3. Uso de los trigos cristalinos	13
3.4. Requerimientos edáficos y climáticos	13
3.5. Fenología del cultivo	15
3.6. Paquete tecnológico	17
3.7. Obtención de ETP (evapotranspiración potencial)	19
3.8. Índice de acumulación de calor	19
3.9. Periodo libre de heladas	21
3.10. Estación de crecimiento	23
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS</b>	25
4.1. Localización del área	25
4.1.1. Suelo	25
4.1.2. Clima	26
4.2. Manejo de información climática	26
4.2.1. Selección de estación	27
4.2.2. Análisis de la información	27

4.2.3. Obtención de ETP (evapotranspiración potencial)	28
4.2.4. Obtención de unidades calor por el método residual	29
4.2.5. Obtención del periodo libre de heladas por el método de Arteaga	29
4.2.6. Estación de crecimiento	30
4.2.7. Fenología	31
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>33</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>35</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>37</b>
<b>VIII. ANEXOS Y GRÁFICAS</b>	<b>39</b>

## **I. RESUMEN**

El trigo es un alimento básico para la humanidad, no es gratuito entonces que a su cultivo se dediquen casi 240 millones de hectáreas en todo el mundo. Esta superficie es mayor a la dedicada a cualquier otro cereal. En consecuencia, ningún producto supera al trigo en su aporte de energía y proteínas a la dieta humana.

En nuestro país, el trigo se cultiva en casi todos los estados de la República, pues se adapta con facilidad tanto a tierras ricas como pobres.

En los últimos años, la demanda de trigo cristalino o macarronero por parte de la industria ha ido en aumento debido a la mejor calidad de esta variedad y, en consecuencia, de las pastas producidas con ella.

Algunas zonas del Estado de México presentan un potencial adecuado para el cultivo de trigo cristalino; por ello se recomienda impulsar su cultivo.

En éste se aplicaría la agrometeorología, con el fin de aprovechar los datos generales de las estaciones meteorológicas. Si a esto se suma un programa de cómputo, ya se estaría en posibilidad de efectuar la evaluación de una posible adaptación del cultivo del trigo cristalino en la localidad de San Francisco Acuautla, municipio de Ixtapaluca.

Cabe decir que la capacidad productora de esta población está dada por la siembra de alrededor de 2500 hectáreas, de un total de 4000 posibles.

Así pues, en este trabajo se seleccionó la estación meteorológica de Coatquec de los Olivos, localizada aproximadamente a cuatro kilómetros de San Francisco Acuautla.

Se recopilaron los datos de temperaturas medias mensuales, normales, los promedios

de las mínimas y las máximas; la precipitación media mensual y días con heladas. Con esta información se construyó una gráfica para establecer la estación de crecimiento y su periodo libre de heladas.

De esta manera se pudo establecer un periodo ideal que va de mayo a octubre, en el cual se cubren perfectamente las necesidades de unidades de calor del trigo.

Con base en estos resultados se propone que en la localidad de San Francisco Acuautla se impulse el cultivo de trigo cristalino. Se sugiere tras las primeras cosechas de prueba de rendimiento, se realicen análisis de laboratorio para se cubran las normas exigidas por la industria harinera.



## II. INTRODUCCIÓN

El cultivo de trigo presenta algunas características muy peculiares.

Primero. Se cultiva en 240 millones de hectáreas en el orbe; una superficie mayor que la que se destina a cualquier otro cultivo.

Segundo. Proporciona más energía y proteínas a la dieta mundial que ningún otro alimento.

Tercero. En el mundo su comercialización excede a la de todos los demás granos en su conjunto.

Cuarto. El gluten del trigo es una forma elástica de proteína. Cuando se fermenta la masa con levadura, el gluten atrapa pequeñas burbujas de bióxido de carbono, lo cual permite que se levante la masa.

Quinto. Los trigos de invierno poseen una combinación de genes que posibilitan la siembra y germinación de estas semillas en climas templados durante el otoño. Ellos les ayuda a soportar temperaturas muy bajas (de hasta  $-30^{\circ}\text{C}$ ). Por lo general, este tipo de trigos crecen, florecen y maduran rápidamente bajo una cubierta de nieve, antes de que se presenten los vientos calientes y secos del verano. A su vez, los trigos de primavera -el segundo grupo más importante de este cereal-, pueden sembrarse en cualquier estación si la temperatura y la humedad son apropiadas, pero no sobreviven a los inviernos fríos (Hanson, 1985).

Bajo estas condiciones, el trigo es uno de los ingredientes principales de la dieta humana; su valor nutritivo, asimismo, le confiere la calidad de producto básico en la

alimentación de grandes sectores de la población mundial.

En México la mayor parte de la producción proviene de áreas de riego, en las cuales se utilizan fertilizantes y atraen grandes recursos dedicados a la investigación. Sólo el 8% de la superficie triguera es de temporal y sus rendimientos unitarios son tan bajos que contribuyen con un raquítico 10% de la producción total.

El productor enfrenta en la actualidad un grave problema en el cultivo de este cereal: mientras que el costo de producción aumenta en forma constante y rápida, el incremento en el precio es mínimo y lento. Esta situación contrasta con el cultivo del cártamo, del algodón, etcétera, los cuales son muy rentables.

De esta manera, la superficie triguera y su producción disminuyen -tanto de riego como de temporal-, dada su baja rentabilidad. En este sentido, es necesario buscar zonas de temporal en las cuales se adapten algunas variedades de riego (Robles, 1975).

En casi todos los estados de la República Mexicana el trigo se cultiva tanto en tierras pobres como ricas en nutrimentos, en zonas húmedas, semisecas y secas. En la actualidad, las instituciones de investigación dedicadas a la selección de nuevas variedades no consideran únicamente el criterio de rendimiento, sino también toman en cuenta el rango de adaptación, es decir, las variedades recomendadas deben de ser las que mejor se adapten a la región desde una doble perspectiva: la tecnología disponible y los factores ambientales (climáticos). Sabemos que estos últimos pueden favorecer o perjudicar el cultivo. Por ello es útil saber cuándo es el momento oportuno para la preparación del terreno, la siembra, el control de maleza, el control de plagas y enfermedades y la cosecha.

Así pues, la conjunción de los factores agronómicos y ambientales, en las

condiciones particulares de cada ciclo, permitirán el rendimiento máximo del producto.

En los últimos años, la demanda de trigos cristalinos o macarroneros por parte de la industria se ha incrementado, pues las pastas producidas con éstos son de mayor calidad. Ello ha motivado a los molineros a promover el cultivo de este cereal en diferentes partes del país. Por ejemplo, en el Estado de México un grupo de industriales propuso su cultivo en algunas zonas productoras de trigo importantes de esa entidad.

### **2.1. Objetivos**

- 1. Análisis del potencial agroclimático de la localidad de San Francisco Acuautla, municipio de Ixtapaluca, Estado de México.**
- 2. Propuesta del manejo del cultivo de trigo cristalino en la localidad de San Francisco Acuautla, municipio de Ixtapaluca, Estado de México.**

### **III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

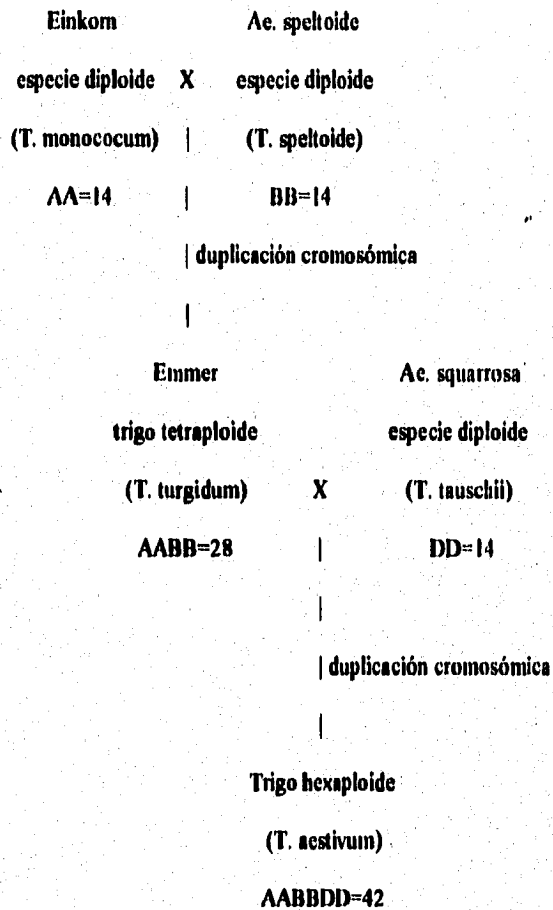
#### **3.1. Origen**

El trigo ha formado parte de la dieta humana desde tiempos prehistóricos. Su origen se ubica entre los años 10 000 a 15 000 antes de nuestra era. En el Medio Oriente se han encontrado granos carbonizados de este cereal que datan del año 6 750 antes de nuestra era.

Vale decir que fue uno de los primeros cultivos que aprendió el hombre. Los chinos lo conocieron 2 800 años antes de nuestra era; en Egipto ya se cultivaba por el año 4 000. Se dice que de las tierras altas del este de Irak el trigo pasó a Europa en la era de piedra (Puckridge, 1967).

A México, como es de suponer, los españoles trajeron el cultivo del trigo. Esto sucedió alrededor de 1520, poco después de su llegada (Díaz del Pino, 1953).

El origen del trigo se puede dividir en geográfico y botánico. El origen geográfico se localiza en Persia, Irak e Israel. El origen botánico está dado por el cruzamiento de trigos o pastos silvestres, como se indica a continuación.



Se conocen varias especies de trigo pero el grueso de la producción de este cereal está formada por variedades del tipo harinero o hexaploide (*Triticum aestivum* L. em Thell). Estas representan el 95% de la producción total. Le sigue en importancia el trigo cristalino o tetraploide (*Triticum durum* Desf.). Éste aporta el 5% de la producción total (Hernández, 1987).

Los principales cereales que el hombre consume -trigo, maíz, cebada, mijo, centeno, y avena- son semillas de plantas que pertenecen a la familia de los pastos, graminæ. Dentro del género *Triticum* se reconocen 16 especies de trigo, pero sólo dos de ellas (*Triticum aestivum* y *Triticum durum*) se cultivan en gran escala (Hanson, 1985).

### 3.2. Situación de los trigos cristalinos

Los trigos cristalinos o macarroneros constituyen uno de los principales alimentos básicos en el norte y este de África y el Cercano y Medio Oriente. Éstos también son importante en el continente asiático y en la región andina. Asimismo, se ubican como uno de los mejores cultivos en Canadá, Estados Unidos, Argentina, Chile y algunos países del sur y este de Europa. Aproximadamente se siembran 30 millones de hectáreas de trigos cristalinos en todo el mundo (Brajerch y J.M. Prescott, 1981).

Los trigos duros o cristalinos también se "enanizaron". Los fitomejoradores cruzaron trigos harineros que portaban genes de NORIN 10 con trigos duros, lo cual dio como resultado variedades de trigo duro altamente rendidoras. Los trigos duros semienanos fueron liberados en México y ahora se cultivan extensamente en las áreas productoras de trigos duros en todo el orbe. Las mejores variedades de estos trigos no se acaman ni se caen bajo condiciones de alta fertilidad y sus rendimientos igualan o sobrepasan los mejores trigos harineros (Hanson, 1985).

En México las principales áreas trigueras de riego del país se encuentran localizadas en la región noroeste, con 488,427 hectáreas que producen 2'043,052 toneladas; en la región del Bajío, con 103,336 hectáreas, las cuales aportan 533,418 toneladas; y en la región

del Norte, en donde 61,572 hectáreas producen 166,175 toneladas.

En tanto, en tierras de temporal se siembran alrededor de 124,849 hectáreas, las cuales significan 214,277 toneladas de trigo. Los principales estados donde se siembra el trigo de temporal o seco son: Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, Chihuahua y Estado de México (CIMMYT, 1972).

Los trigos cristalinos se producen en el noroeste del país; es decir, en Sinaloa y Sonora, en condiciones de riego y en el ciclo otoño-invierno.

### **3.3. Uso de los trigos cristalinos**

Los granos de trigo cristalino son típicamente más grandes, pesados y duros que los granos de trigo harinero. La masa de trigo cristalino es menos elástica que la producida con trigos harineros y por tanto de inferior calidad para la producción de panes con levadura. Empero, el trigo cristalino se utiliza con frecuencia para la elaboración de fideos y otros productos de pastas como: espaguetis, macarrones y ravioles.

Los productos de pasta hechos con trigo cristalino tienen una mayor estabilidad en la cocción, pues no se desintegran, no se ponen pegajosos cuando hierven ni se hacen pastosos si se dejan en agua después de cocidos. En el comercio internacional, los trigos cristalinos de buena calidad tienen en general mejores precios que los mejores trigos harineros (Hanson, 1985).

### **3.4. Requerimientos edáficos y climáticos**

El trigo se produce en regiones templadas y frías, entre unos 15 a 60 grados de

latitud norte y 27 a 40 grados de latitud sur.

De acuerdo a las condiciones de ambiente (clima), determinada variedad de trigo tiene diferentes posibilidades de producción (Aguado y Bisnies, 1978).

En el Programa Mexicano de Fitomejoramiento de Trigo se ha observado que los genotipos tienen un comportamiento diferencial cuando cambian las condiciones ecológicas consideradas en la evaluación (Martínez, 1977).

El clima se define como el factor del medio natural sobre el cual el hombre no puede influir en forma directa. Las causas que hacen variar los elementos del clima de cierto lugar y de determinada estación, son los llamados factores climáticos. Éstos son: a) latitud; b) altitud; c) relieve; d) distribución de tierras y aguas; y e) corrientes marinas (Garcla, 1967).

Se considera que las variedades de trigo cristalino están mejor adaptadas a regiones con precipitación pluvial escasa, en comparación con las variedades de trigo harinero. El rendimiento promedio de estas últimas es más bajo que el de las de los trigos cristalinos en clima semiárido. Sin embargo, en condiciones de riego, las variedades modernas de trigo cristalino tienen rendimientos tan altos como los de las mejores variedades de trigo harinero (Hanson, 1985).

Ortiz (1978) indica que las necesidades de agua para el trigo son de 450 a 650 mm durante todo el periodo vegetativo de este último.

Se ha observado que el trigo se cultiva en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 3,300 metros sobre el nivel del mar -como en Kenya-, y a 5,000 metros de altura -en el caso del Tibet.

El cultivo de trigo se efectúa en grandes zonas a lo largo ancho del mundo, tanto por



ser una especie con un amplio rango de adaptación como por su gran consumo en muchos países. De tal manera, en la actualidad el trigo ocupa el primer lugar entre los cuatro cereales de mayor producción mundial. Los otros tres cereales principales son el arroz, el maíz y la cebada. Sin embargo, dado que el trigo es un cultivo tolerante a bajas temperaturas en sus primeras fases de desarrollo, su mayor producción tiende a concentrarse en ciertas áreas, principalmente en aquellos países de clima templado y frío.

### **3.5. Fenología del cultivo**

La fenología es definida en forma similar por varios autores. Algunos de ellos la consideran como una rama de la agrometeorología, la cual estudia las relaciones entre las condiciones climáticas y los fenómenos periódicos que los cultivos experimentan en su desarrollo (Villalpando y Ruiz, 1995 citado por Cruz, 1995).

Uno de los elementos que se ha estimado influye en la fenología del cultivo es la temperatura. Otros parámetros climáticos como el fotoperiodo, la radiación solar y la humedad del suelo son también importantes, en función de la especie o cultivo del cual se trate.

Es necesario distinguir tres estados en la fenología de los cultivos: el inicio, la plenitud y el fin de las fases y etapas, lo cual sirve como un indicador para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas. Ello también depende de las siguientes variables: fecha de siembra, duración del día, temperatura, suministro del agua o humedad, componentes genéticos de las plantas y manejo del cultivo (Villalpando y Ruiz, 1995 citado por Cruz, 1995).

En el cultivo del trigo se pueden distinguir tres fases generales de desarrollo, las cuales se indican en el cuadro 1. Éstas son: la fase vegetativa, que va desde la germinación hasta la iniciación de la espiga; la fase reproductiva, la cual abarca desde la iniciación de la espiga hasta la floración; y la fase del llenado de grano, que comprende desde la antesis hasta la madurez fisiológica. Para su mejor estudio, estas fases han sido subdivididas por algunos autores en 11 etapas de desarrollo. Es importante conocer las diferentes etapas fenológicas del cultivo para su adecuado manejo y conducción. La aplicación óptima del agua de riego, fertilización, aplicación de herbicidas, dependen del conocimiento de la etapa fenológica (Hernández, 1991).

**Cuadro 1. Fases y etapas de desarrollo del cultivo de trigo, Hernández, (1991)**

Fases	Etapas de desarrollo	Definición e intervalo de tiempo promedio
V E G E T A T I V A	1. Germinación	Fenómeno biológico que da origen al primer brote que sale de una semilla. El intervalo de siembra a germinación es de 5 a 7 días.
	2. Plántula	Es una planta joven, desarrollada y alimentada de la semilla hasta que se alimenta por sí misma (antes del amacollo). El intervalo de germinación al estado plántula es de 5 días.
	3. Amacollo	Proliferación de hijos (secundarios y terciarios), originados en la corona. El intervalo que va de la plántula al amacollo es de 15 días.
	4. Encafile	Empieza con la formación del primer nudo en las porciones más bajas del tallo, en donde se empieza a diferenciar una espiga poco prominente. El intervalo del amacollo al encafile es de 15 días.

R  
E  
P  
R  
O  
D  
U  
C  
T  
I  
V  
A

5. Embuche	La espiga es prominente dentro de la hoja superior que la envuelve y la hoja bandera se empieza a desarrollar. El intervalo del encañe al embuche es de 25 días.
6. Espigamiento	En esta etapa el 50% de la espiga o panícula ya emergió, pero, por el contrario, menos del 10% de la espiga se encuentra en polinización. Una excepción es la cebada, la cual poliniza antes de que emerja la espiga. El intervalo del embuche al espigamiento es de 10 días.
7. Antesis	Cuando menos el 50% de todas las espigas emergidas muestran dehiscencia en sus estambres. El intervalo que va del espigamiento a la antesis es de cuatro días.

L  
L  
E  
N  
A  
D  
O  
D  
E  
G  
R  
A  
N  
O

8. Grano lechoso	Cuando los granos en la porción central de la espiga contienen una sustancia líquida de apariencia lechosa. El intervalo de antesis a grano lechoso es de alrededor de 15 días.
9. Grano masoso	Cuando los granos de la porción central de la espiga contienen una sustancia granular sólida. El intervalo de grano lechoso a masoso es de aproximadamente 15 días.
10. Madurez fisiológica	La madurez ya ha sido definida; la hoja bandera y el cuello de la espiga se tornan amarillentos, el contenido de humedad del grano es del 35%. El intervalo de grano masoso a la madurez fisiológica es de 39 días.
11. Madurez comercial	La madurez comercial se determina cuando el grano se quiebra y el contenido de humedad es del 13%. El intervalo que lleva de la madurez fisiológica a la madurez comercial es de aproximadamente 15 días.

### 3.6. Paquete tecnológico

El Servicio Cooperativo y la Extensión de Agricultura de la Universidad de Arizona estudió la densidad de siembra en el trigo y encontró que la cantidad de semilla para obtener los mejores rendimientos depende de la fecha de siembra, variedad, método de siembra, textura de suelo, y tipo de riego y clima (Universidad de Arizona, 1978).

Con base en algunos estudios se ha permitido definir que las enfermedades y las deficiencias en ciertas prácticas de cultivo como el combate de malezas, excesiva cantidad

de semilla, el uso inadecuado de fertilizantes y manejo de agua son las causas limitantes en el aumento de la producción de trigo. A esto hay que sumar los factores del medio ambiente como las heladas, el granizo, y la escasez y mala distribución de las lluvias, así como otros de tipo social (Sixto, 1981).

Por lo que toca a los centros de investigación como el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria Acuicola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), se puede decir, por ejemplo, que éste ha generado un paquete tecnológico que recomienda para esta región, en condiciones de temporal o seco para el cultivo de trigo. Ahí se recomienda lo siguiente:

Durante los meses de marzo-abril se barbecha el terreno. Se siembra entre el 15 de mayo y el 15 de junio (al inicio del temporal), con una densidad aproximada de 120 kg/ha de semilla y una dosis de fertilizante de 80-40-00 (N-P-K). En caso de que se presenten plagas, se debe emplear carbofuran 5%-20 kg/ha. Éste se aplica mezclado con el fertilizante. En el caso de los insectos chupadores se recomienda usar Dimetoato 48% CE 1 l/ha; y para insectos masticadores, Paratión metílico 50% CE o malation 80% CE l/ha. Estos productos se aplican asperjándolos con una mezcla del producto en 200 litros de agua. Para la cosecha se recomienda, de preferencia, el empleo de una máquina combinada cuando el grano presente alrededor del 15 al 13% de humedad (que se quiebre en lugar de amasarse al presionario) (ICAMEX, 1991).

La selección de las variedades de trigo para una región se debe basar en aspectos tales como: periodo vegetativo, resistencia a enfermedades, resistencia al desgrane, al acame, y adaptabilidad a suelos pobres (Bourlong, 1965 citado por Cantú, 1971).

### **3.7. Obtención de ETP (evapotranspiración potencial)**

Aguilera y Martínez (1980) -citados por Albanil (1995)- mencionan que con frecuencia se encuentra una estrecha proporción entre la evaporación medida, por ejemplo, en un experimento estándar y la evaporación de un cultivo provisto adecuadamente de agua. Esto se debe a que los fenómenos de la evaporación y la evapotranspiración son originados por las mismas causas.

Cabe decir, sin embargo, que aunque la evaporación y la evapotranspiración son procesos cualitativamente semejantes, se comportan de manera diferente en el aspecto cuantitativo. Los efectos del clima en la vegetación son cuantitativamente diferentes a los que se presentan en un evaporómetro, y el factor de proporcionalidad entre ambos fenómenos depende del tipo de evaporómetro usado.

En este aspecto, en México se utilizan de manera fundamental dos métodos: Thornthwaite y Tanque tipo A. En este proyecto se utilizará el segundo.

### **3.8. Índice de acumulación de calor**

Existen dos índices a considerar en la acumulación de temperatura: el de acumulación de calor y el de acumulación de frío. Dadas las características del cultivo que manejamos, al que nos referiremos en este trabajo es al índice de acumulación de calor, ya que es el que influye en el crecimiento activo de los cultivos durante la fase en la que se involucran los procesos de crecimiento y desarrollo.

La temperatura es uno de los factores climáticos más importantes en la adaptación y desarrollo de cultivos. De manera tradicional se han utilizado valores de temperatura media,

máxima y mínima, sin embargo para fines agrícolas estos valores no son suficientes debido a que no están en función del desarrollo del cultivo, por lo que la temperatura hay que expresarla en forma de índices agrotérmicos. Conocidos éstos, es posible considerar las fechas de siembra, las de corte de cultivos en verde, de cosechas, etcétera.

Los principales índices agrotérmicos son: a) unidades térmicas; b) unidades fototérmicas; y c) amplitud térmica.

**Unidades térmicas.** La temperatura afecta el desarrollo de las plantas a través de la influencia sobre la velocidad de los procesos metabólicos. Así, las temperaturas bajas retardan el desarrollo, en tanto que las altas (hasta cierto límite) aceleran y acortan el ciclo vegetativo de las plantas. Para describir la influencia de la temperatura sobre la fenología de las plantas se ha usado -desde el siglo XVIII- el concepto de sumas de temperaturas, conocido como unidades térmicas, grados día, o unidades térmicas de crecimiento.

En este concepto se establece que el crecimiento y desarrollo de un cultivo alcanzará una determinada etapa fenológica cuando haya recibido una cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello.

El concepto de unidades térmicas ha sido usado ampliamente con propósitos de planeación y operación agrícola, ya que es de fácil cálculo y aplicación. Este concepto depende de la estrecha relación que existe entre temperatura y fotoperiodo, y la adaptación o fotoperiodos locales. Para el cálculo de unidades térmicas existen varios métodos. En el presente trabajo se aplicará el método residual. Éste es el más usado y el de más fácil aplicación.

En la agricultura la aplicación de las unidades térmicas se presenta en los siguientes

aspectos:

1. Zonificación de variedades de cultivos, de acuerdo a las unidades térmicas disponibles en una región.
2. Pronósticos de las fases fenológicas de los cultivos.
3. Programación de actividades agrícolas, tales como fechas de siembra, aplicación de insecticidas para el control de plagas y enfermedades.

**Unidades Fototérmicas.** El fotoperiodo es la duración astronómica del día, o sea, la duración de la luminosidad del día sin tomar en cuenta la intensidad de la radiación. En diversos estudios científicos se ha comprobado que para los cultivos agrícolas la intensidad de la radiación solar es menos importante que la duración de la misma. En función del fotoperiodo vegetal, o sea, la respuesta de las plantas a diferentes duraciones diarias de luz solar, podemos clasificar a los vegetales en tres grandes grupos: plantas de fotoperiodo corto, las cuales requieren una duración del día igual o menor de 12 horas; plantas indiferentes, aquéllas que florecen y fructifican normalmente tanto en épocas de día corto como de día largo; y plantas de fotoperiodo largo, las cuales requieren un día con duración de más de 12 horas, como en el caso del cultivo del trigo. Este grupo comprende cultivos de zonas templadas dentro del ciclo agrícola de verano (Torres, 1995).

### **3.9. Período libre de heladas**

Desde el punto de vista meteorológico, una helada se produce cuando la temperatura desciende a los 0 °C o menos. En el criterio agrometeorológico, la helada ocurre cuando la temperatura del aire desciende a temperaturas tan bajas, que provocan la muerte de los

tejidos vegetales.

De los diferentes métodos que se utilizan para conocer la probabilidad de ocurrencia de heladas ( $0^{\circ}\text{C}$  o menos), después de una determinada fecha de la primavera o antes de una determinada fecha en el otoño, se utilizará el método de Arteaga. Éste se utiliza cuando no se tienen datos de por lo menos 20 años de información, o fechas de ocurrencia de la primera y la última helada.

Las heladas tardías y tempranas que se presentan en la primavera y en el otoño, respectivamente, son las que más estragos causan en la agricultura, ya que se llegan a presentar en época de intensa actividad vegetativa. El periodo comprendido entre la última y la primera helada recibe el nombre de periodo libre de heladas, el cual se define como el número de días comprendidos entre la fecha después de la cual es esperada una última helada, con una probabilidad máxima aceptada para un cultivo y la fecha antes de la cual es esperada una primera helada, con una probabilidad máxima aceptada para el mismo cultivo (Romo y Arteaga, 1989, citados por Albanil, 1995).

En el caso del trigo, las temperaturas letales ( $^{\circ}\text{C}$ ) en sus diferentes etapas fenológicas son:

ETAPAS	$^{\circ}\text{C}$
Germinación	-9.0
Floración	-1.0
Fructificación	-2.0



### 3.10. Estación de crecimiento

La estación de crecimiento (E.C.) o periodo de crecimiento (P.C.) se considera, dentro de la metodología de zonas agroecológicas, como el lapso del año en el cual existen condiciones favorables de humedad y temperatura para el desarrollo de cultivos.

En las regiones templadas, además de la disponibilidad de humedad, la estación de crecimiento se encuentra definida por la disponibilidad de temperaturas favorables o ausencia de heladas (Ruiz y Villalpando, 1985 citados por Albanil, 1995).

Existen cuatro tipos de E.C., según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1978, a saber:

#### 1) Estación de crecimiento Normal.

Durante este periodo el crecimiento se inicia cuando la precipitación (P) es igual al 0.5 de la evapotranspiración potencial (ETP). Esto coincide con el inicio de lluvias. Cuando la P es mayor a la ETP se tiene un periodo húmedo; en esta etapa al existir un exceso de agua se supone que hay un almacenamiento en el perfil del suelo. Cuando la  $P = 0.5$  de ETP se considera como la terminación de la temporada de lluvias, después de la cual la planta puede seguir viviendo con el agua almacenada en el suelo.

#### 2) Estación de crecimiento Intermedio.

Es aquella en la cual la precipitación a lo largo del año no excede a la ETP pero si a la mitad de la ETP, por lo que no existen excesos de agua o no hay reservas de humedad en el suelo. El inicio y la terminación de la temporada de lluvias coincide con el inicio y terminación del periodo de crecimiento.

#### 3) Estación de crecimiento húmedo todo el año.

**La precipitación excede a la ETP, todo el año.**

**4) Estación de crecimiento seco todo el año.**

**La precipitación es menor al 0.5 de ETP durante todo el año. El número de días con condiciones de humedad es cero (Ojeda, Pájaro, 1987. citadas por Albanil, 1995).**

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Localización del área**

En el Estado de México el 99.4% del cultivo del trigo se siembra en el ciclo de primavera-verano y el restante, es decir, el 0.6%, en el de otoño-invierno. Se ha observado que la superficie sembrada con trigo en la entidad se ha incrementado en los últimos ciclos.

Dada la capacidad productora de San Francisco Acuautla, esta localidad fue elegida para realizar en ella el experimento. Cabe decir que en ella se siembran alrededor de 2,500 hectáreas, de un total de 4,000 hectáreas con potencial para este cultivo.

San Francisco Acuautla, municipio de Ixtapaluca, se localiza a los 98° 52' de latitud Norte y 19° 21' de longitud Oeste.

#### **4.1.1. Suelos.**

El suelo de San Francisco Acuautla es, en algunos sitios, del tipo Feozem haplico. Éste tiene una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes. Se pueden ver terrenos que van desde lo plano hasta lo montañoso; sus limitantes son la profundidad, la pendiente y el riesgo de erosión.

Otro tipo de suelo que predomina en esta localidad es el Regosol eutrico de textura media. Los regosoles se caracterizan por no presentar capas distintas; son claros y se parecen a la roca que les dio origen. Se pueden presentar en muy diferentes climas y con diversos tipos de vegetación; su fertilidad es variable, de textura gruesa, baja capacidad de retención de humedad y de permeabilidad rápida.

#### 4.1.2. Clima

San Francisco Acuautila tiene un clima C(w2)big. Éste es uno de los climas templados (el menos húmedo), con lluvias en verano; abarca zonas montañosas y mesetas del país y con un porcentaje de lluvias invernales menores del 5% anual. En esta zona se presenta una precipitación media anual de 650 mm (García, 1973).

##### *C(w2)big*

C = es un clima templado, con una temperatura media del mes más frío entre -3 y 18 °C y la del mes más caliente > de 6.5 °C

(W2) = con un cociente P/T de 55.3 y un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2

b = verano fresco largo, con temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22 °C

i = isotermal, con una oscilación anual de las temperaturas

g = con media de la temperatura tipo Ganges (Castro y Arteaga 1993)

#### 4.2. Manejo de información climática

Los datos meteorológicos y climáticos son utilizados en la planificación de diversas actividades humanas, entre las cuales una de las más importante es la agricultura.

Todorov, (1985) citado por Albanil (1995), menciona que desde que el hombre comenzó a cultivar la tierra ha observado las condiciones atmosféricas. Las primeras observaciones meteorológicas fueron utilizadas, primordialmente para esta actividad, en aspectos tales como la introducción de nuevos cultivos o en la evaluación de las condiciones atmosféricas más propicias para aumentar la cosecha.

No se emitían entonces pronósticos meteorológicos regulares y muchas aplicaciones

ahora conocidas no existían; eventualmente se hizo evidente que para que los agricultores pudiesen aprovechar las condiciones meteorológicas favorables y evitar o reducir los efectos de aquellas que son adversas, se debían observar y registrar las condiciones atmosféricas.

#### **4.2.1. Selección de la estación**

La estación meteorológica que se seleccionó para obtener los datos climáticos necesarios fue la de Contepec de los Olivos, ubicada en el municipio de Ixtapaluca, y se hizo por las siguientes razones:

- a) La cercanía a la zona de influencia de San Francisco Acuatla, (es de aproximadamente 4 km).
- b) La estación se localiza en la latitud Norte de  $19^{\circ} 19'$  y a una longitud Oeste de  $98^{\circ} 51'$ , a una altitud de 2410 m. s. n. m.

#### **4.2.2. Análisis de la información**

Se utilizaron para el análisis de la información las temperaturas medias mensuales, normales, los promedios de las mínimas y las máximas, la precipitación media mensual y días con heladas. Éstas se presentan en el anexo 9. Tomando como base estos datos se obtuvieron los siguientes cuadros: temperaturas promedio diarias estimadas (anexo 8); grados días acumulados (GDD) diariamente con una temperatura base de  $5^{\circ} \text{C}$  para el caso del cultivo del trigo (anexo 6); precipitación acumulada diaria, en mm, (anexo 2), valores acumulados de evapotranspiración al 1.0, en mm, (anexo 3). Éstas fueron producto de la diferencia diaria de precipitación menos la evapotranspiración 1.0 mm (anexo 5). En tanto,

en el anexo 7 se anota la duración diaria del día (horas luz). Estos datos se manejarán para poder establecer el periodo o estación de crecimiento para el cultivo del trigo en la localidad de San Francisco Acuautla.

#### **4.2.3. Obtención de ETP (evapotranspiración potencial)**

El método de Thornthwaite y el de Tanque tipo A son los dos métodos más usados en México.

Sin embargo, el método de Thornthwaite es probablemente el más usado a nivel no sólo nacional sino mundial, debido principalmente a que exige sólo el uso de una variable meteorológica (la temperatura), para la obtención de la ETP. Ésta es definida como la cantidad de agua que se perderá por evapotranspiración si el suelo está saturado.

Para el caso de la estación elegida -Cotepec de los Olivos-, si se cuenta con el dato de evaporación, por lo que se utiliza el método de Tanque tipo A. Hay que recordar que este método se basa en correlacionar la evapotranspiración con la evaporación, en función de las lecturas de evaporímetros.

La fórmula que se usa para la estimación de la evapotranspiración requiere de un coeficiente de ajuste, el cual depende de factores como el tamaño, la forma, el color y el estado de conservación del tanque, así como de la turbiedad y profundidad del agua. Esta fórmula se presenta a continuación:  $ETP = C(EV)$ . Donde:

**ETP = Evapotranspiración potencial.**

**EV = Evaporación media en el tanque.**

**C = Coeficiente de ajuste, adimensional.**

Uno de los problemas en la estimación de C es la ubicación del tanque y el medio que lo rodea. Por lo tanto, los valores de este coeficiente -el cual varía de 0.35 a 0.85- dependen de las condiciones de humedad, viento y ubicación del tanque. Ver coeficiente de ajuste (C), en el anexo 10.

#### **4.2.4. Obtención de unidades calor por el método residual**

En el Método Residual, para el cálculo de las unidades de calor, los parámetros que se requieren son: temperaturas máximas y mínimas, y una temperatura base que depende de cada especie vegetal, pues por debajo de aquella el crecimiento y desarrollo se inhiben. En el caso del trigo la temperatura base es de 5 °C.

La acumulación de unidades térmicas se supone que ocurre en forma lineal, lo que no siempre es cierto, aunque ha dado buenos resultados prácticos. Para el cálculo de unidades térmicas por este método se emplea la siguiente fórmula básica.

$$UT = \text{temp máx.} + \text{temp mín} / 2 - \text{temp base.}$$

#### **4.2.5. Obtención del periodo libre de heladas por el método de Arteaga**

Teniendo la información sobre las temperaturas mínimas se puede aplicar el método propuesto por Arteaga en 1988, para calcular con un 20% de probabilidad de que se presente una última helada después de una fecha dada, y 20% de probabilidad de que se presente una primera helada antes de una fecha dada. Este método es válido para valles altos. Para construir la gráfica es necesario contar con la temperatura mínima promedio mensual, la cual se ubica en un sistema de coordenadas donde en el eje de las X se ubica el día o mes fenológico y en el eje de las Y la temperatura mínima promedio. Se traza una línea

horizontal que pase por  $7^{\circ}\text{C}$  de temperatura mínima y al aceptar la gráfica construida las ordenadas de las intercepciones corresponden a las fechas de ocurrencia de heladas, lo que para el primer semestre del año corresponde a la fecha de la última helada con 20% de probabilidad y la otra fecha corresponde a la fecha de la primer helada con 20% de probabilidad de ocurrencia (figura 1).

#### 4.2.6. Estación de crecimiento

En el procedimiento original, para el cálculo de la estación de crecimiento (EC), se considera un balance de humedad en el que intervienen la precipitación y la evapotranspiración potencial (ETP). Dicho procedimiento no considera el periodo libre de heladas en forma directa, lo cual significa una desventaja de este método.

Cuando se cuenta con la información básica para calcular el establecimiento de la EC, se efectúa lo siguiente:

a) Se grafican los valores mensuales (se recomienda que sea decenal), de precipitación y evapotranspiración potencial estimada a partir de 0.8 E.V. y la mitad de la evapotranspiración potencial, estableciendo una curva para cada dato (P, ETP al 0.5 y ETP al 1.0).

b) Se establece el inicio y terminación de los periodos de crecimiento y se define el tipo de periodo (normal, intermedio, seco todo el año o húmedo todo el año). En regiones con clima templado, la EC usualmente se determina en base al periodo libre de heladas. Los límites determinados por este criterio es de acuerdo a la susceptibilidad a las bajas temperaturas.



En las zonas templadas, además del periodo con humedad disponible para el desarrollo del cultivo, se evalúa el periodo con temperaturas favorables que permitan el desarrollo del cultivo. El límite mínimo de temperaturas media diaria para que se dé el desarrollo es aproximadamente de 4.4 ° C como temperatura base de desarrollo.

#### 4.2.7. Fenología

Como ya se mencionó, la fenología se considera como una rama de la agrometeorología para establecer la relación entre las condiciones climáticas y los fenómenos periódicos que los cultivos experimentan en su desarrollo.

En este caso se evaluaron las siguientes cuatro fases:

1. Vegetativa.
2. Reproductiva.
3. Llenado de grano.
4. Madurez comercial (cosecha).

Considerando estas fases, en ellas se agrupan las siguientes etapas:

FASES	ETAPAS	DÍAS PROMEDIO	U.C.
1. Vegetativa	Germinación	7	
	Plántula	5	
	Amacollo	15	
	Encañe	15	489

<b>2. Reproductiva</b>	<b>Embuche</b>	<b>25</b>	
	<b>Espigamiento</b>	<b>10</b>	
	<b>Antesis</b>	<b>4</b>	<b>415</b>
<b>3. Llenado de grano</b>	<b>Grano lechoso</b>	<b>15</b>	
	<b>Grano masoso</b>	<b>15</b>	
	<b>Madurez fisiológica</b>	<b>39</b>	<b>735</b>
<b>4. Madurez comercial</b>	<b>Cosecha</b>	<b>15</b>	<b>139</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>165</b>	<b>1778</b>

Tomando como base la estación de crecimiento y el periodo libre de heladas se planteará junto con las etapas fenológicas la fecha óptima de la siembra.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el presente estudio se tomaron como base las normales climatológicas 1951-1980, de la estación de Coatepec de los Olivos, Ixtapaluca, con una altitud de 2410 m.s.n.m. y latitud de 19° 19' y una longitud de 98° 51' (ver anexos). De ahí se utilizaron los datos de temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima (el periodo libre de heladas) y precipitación. Estos datos se trabajaron dentro del programa AGROCLIM. De esta manera se obtuvieron datos para elaborar una serie de gráficas y así poder establecer el periodo de crecimiento del cultivo del trigo en San Francisco. Acuatla.

**Relación mensual del ETP 1.0 (mm), el ETP 0.5 (mm) y la precipitación (mm); para la formación de la gráfica de la Estación de Crecimiento.**

Meses	ETP 1.0 (mm)	ETP 0.5 (mm)	Precipitación (mm)
Enero	97.28	48.64	9.4
Febrero	111.68	55.84	7.3
Marzo	163.84	81.92	14.8
Abril	164.4	82.2	27.0
Mayo	149.44	74.72	76.9
Junio	108.08	54.04	106.1
Julio	89.84	44.92	123.4
Agosto	85.68	42.84	107.9
Septiembre	78.48	39.24	104.8
Octubre	87.2	43.6	57.4
Noviembre	79.76	39.88	13.6
Diciembre	78.96	39.48	10.0
<b>Total</b>	<b>1,294.64</b>	<b>647.32</b>	<b>658.6</b>

La estación de crecimiento queda dentro del periodo del mes de mayo al mes de octubre; la fecha de siembra coincide con la obtenida por los institutos de investigación y recomendada en su paquete tecnológico. Por lo que se recomienda sembrar del 20 de mayo

al 20 de junio, o bien, en el inicio del temporal.

Tomando los datos de la temperatura mínima mensual, se elaboró una gráfica usando el método de Arcega (figura 1). En ésta se presenta el periodo libre de heladas a partir del mes de abril al mes de octubre, lo cual coincide con la estación de crecimiento.

Con los resultados obtenidos se puede observar que la región de San Francisco Acuatla reúne las condiciones óptimas para la producción de trigo cristalino. Cabe decir que en las condiciones de la estación de crecimiento y el periodo libre de heladas el trigo cubre bien su ciclo de cultivo. Asimismo, lo mismo se puede señalar para el caso de las unidades fototérmicas, las cuales para el trigo -planta de fotoperiodo largo-, son de más de 12 hrs al día (ver anexos). En tanto, las unidades calor las cubre dentro del ciclo normal del cultivo que es de aproximadamente de 5 a 6 meses.

## **VI. CONCLUSIONES**

De acuerdo a los datos que se manejaron para la localidad de San Francisco Acuaulla se obtiene lo siguiente:

La localidad de San Francisco Acuaulla presenta un buen potencial para el cultivo del trigo, ya que se obtuvo que la estación de crecimiento coincide con el periodo libre de heladas, además que el trigo cristalino es un cultivo que no demanda gran cantidad de agua y las condiciones de precipitación en San Francisco Acuaulla cubre sus requerimientos (bien distribuido el temporal).

El cultivo del trigo cristalino responde bien aun en condiciones de suelo de poca profundidad; en tanto, si demanda de la aplicación de fertilizante que se puede complementar con aplicación de abono orgánico, lo cual aparte de mejorar el suelo, bajaría la demanda de fertilizante.

Se recomienda que el trigo cristalino se maneje en siembras de surcos, lo cual es propuesto por los institutos de investigación como el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) y el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuicola y Forestal del Estado de México (ICAMEX).

### **Paquete tecnológico propuesto:**

Densidad de siembra 120 kg/ha (en surcos de 60 cm de separación y en doble hilera).

Dosis de fertilización: 80-40-30 (N-P-K).

Control de malezas: Brominal 1.5 lts/ha en 200 litros de agua.

La aplicación de herbicidas se puede reducir con base en que se dé una cultivada al ser la siembra en surcos.

En el caso de que se presenten plagas, se recomienda, para el caso de los insectos chupadores, aplicar Dimetoato 48%C.E. 1 lt/ha. Y para insectos masticadores, Paratión Metílico 50%C.E. o Malatión 80% C.E. 1lt/ha. En mezcla de 200 litros de agua.

Se recomienda que la cosecha se realice con una máquina combinada por tener una menor pérdida de grano y se facilita la cosecha.

Los métodos empleados obviamente no son los más precisos y adecuados para ser utilizados en los estudios agrometeorológicos, sin embargo, aun cuando no se cuenta con metodología más precisa, los resultados obtenidos en esta ocasión sí coinciden con los obtenidos por los institutos de investigación.

Hay que añadir que en estudios de este tipo es necesario contar con los datos de más de una estación. Por otro lado, un paso a seguir después de este trabajo, es analizar la información climática en periodos decenales y de por lo menos 20 años. Además, faltaría analizar el factor suelo.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguado Mercedes, Manuel A. y Fernando Bisnics (1978). **Diez Temas sobre los Cereales**. 3a. ed. Ministerio de Agricultura. Madrid, España.
2. Albanil Encarnación, Adelina (1995). **Apuntes del Seminario de Titulación. Tópicos selectos de la producción agrícola. Módulo de fenología 1995**. FESC. Cuautitlán. UNAM.
3. Cantú Martínez, O.H. (1977). **Prueba comparativa de adaptación y rendimiento de 20 variedades de trigo (*Triticum vulgare* L.)** U.A.N.L. Facultad de Agronomía. Tesis.
4. Castro, Z. R. y Arteaga, R. R. (1993). **Introducción a la meteorología**. UACH. Departamento de Irrigación. Chapingo, México, pp. 242-246.
5. Cruz Pizarro, Francisco (1995). **Apuntes del Seminario de Titulación. Tópicos selectos de la producción agrícola. Módulo de fenología**. FESC. Cuautitlán. UNAM
6. Díaz del Pino, Alfonso (1953). **Cereales de Primavera**. Ed. Salvat. Madrid, España.
7. García, Enriqueta (1967). **Apuntes de climatología**. Instituto de Geografía. UNAM México.
8. García, Enriqueta (1973). **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen**. Instituto de Geografía. UNAM México.
9. Hernández Sierra, Arturo (1987). **Introducción al mejoramiento genético de cereales de grano pequeño**. S.A.R.H. I.N.I.F.A.P., Tema didáctico No. 3. México.
10. **Informe Anual del CIMMYT 1978 sobre mejoramiento de maíz y trigo**.
11. Martínez E., Iruega (1977). **Ensayo competitivo de adaptación y rendimiento de 20 variedades de trigo (*Triticum vulgare* L.)**. Apodaca, Nuevo León. I.T.E.S.M.

12. Mendoza Yocupicio, Nohe. (1981) **Ensayo sobre respuesta a la fertilización con N y P de cuatro variedades de trigo (*Triticum vulgare* L.) Chalco y Tlaxcateopan, Chapingo, México.**
13. Mercado Mancera, Gustavo (1995). **Apuntes del seminario de titulación. Tópicos selectos de la producción agrícola. Módulo de fenología. 1995. FESC. Cuautitlán. UNAM.**
14. Ortiz, S. C. A. (1987) **Elementos de agrometeorología cuantitativa. UACH, Departamento de suelos. Chapingo, México. pp. 200**
15. Pucridge, EW. and Donald, C.M. (1967) **Competition among whwat plants sownat a wide ranges of demties Aust. S Agric. Rev., 18: 193-211.**
16. Roblea Sánchez, Raúl (1975). **Producción de granos y forrajes. LIMUSA. México.**
17. Romo, G. L. y Arteaga, R. R. (1989). **Meteorología agrícola. UACH. Departamento de irrigación Chapingo, México. pp. 246-288, 299.**
18. Sixto Martínez, José María (1981). **Los logros alcanzados por la investigación en el cultivo del trigo y su contribución a la autosuficiencia nacional de este cereal. Resumen de las ponencias del Simposio Nacional de la Investigación Agrícola. S.A.R.H. I.N.I.A. No. 80, publicación especial.**
19. **Universidad de Arizona (1967). Growin wheat in Arizona cooperative extension service and agricultural experimnet station teh University of Arizona. Bulletin A-32 pp. 13-14, U.S.A.**
20. **Torres, R. E. (1995). Agrometeorología. México. Editorial Trillas, p.48.**



## VIII. ANEXOS Y GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Días del calendario juliano	I
Anexo 2. Precipitación acumulada diaria (mm) para la estación de Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	II
Anexo 3. Valores acumulados de 1.00* PET (mm) para la estación de Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	III
Anexo 4. Valores acumulados diarios de 0.50* PET (mm) para la estación de Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	IV
Anexo 5. Diferencias diarias de precipitación -1.00* PET (mm) para la estación de Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	V
Anexo 6. Grados-día (GDD) acumulados diariamente (base 5°C) para la estación de Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	VI
Anexo 7. Duración del día para la estación de Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	VII
Anexo 8. Temperaturas promedio diarias estimadas en °C para la estación de Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	VIII
Anexo 9. Normales climatológicas de la estación de Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	IX
Anexo 10. Coeficientes de ajuste C para estimar la evapotranspiración potencial como función de la evaporación medida en tanque tipo A	X
Figura 1. Periodo libre de heladas según el método de Arteaga para Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	XI
Figura 2. Estación de crecimiento del tipo normal de la estación de Coatepec de los Olivos, mpio. de Ixtapaluca, Méx.	XII

Anexo 1

COATEPEC DE LOS OLIVOS, MPIO. DE IXTAPALUCA  
ANÁLISIS CLIMÁTICOS

DÍAS DEL CALENDARIO JULIANO

DÍAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29	****	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30	****	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31	****	90	****	151	****	212	243	****	304	****	365

\*\*\*INTSORMIL UNIVERSIDAD DE NEBRASKA-LINCOLN\*\*\*

Apexo 2

PRECIPITACION ACUMULADA DIARIAMENTE (MM) PARA LA ESTACION DE COATEPEC DE LOS OLIVOS,  
MPIO. DE XIAPALUCA, MÉX.

LATITUD 19° 19' LONGITUD 98° 51' ALTURA 2410 MSNM

DÍAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0	9	19	35	73	147	250	367	477	568	626	646
2	1	10	19	36	74	150	253	370	480	571	627	646
3	1	10	19	37	76	153	257	374	484	574	628	649
4	1	10	20	37	78	156	261	378	487	576	629	649
5	2	11	20	38	80	159	265	381	491	579	630	650
6	2	11	21	39	81	162	269	385	494	582	631	650
7	2	11	21	39	83	165	272	389	498	585	633	650
8	3	11	21	40	85	168	276	393	501	587	634	651
9	3	12	22	41	86	171	280	396	505	590	635	651
10	3	12	22	42	88	174	284	400	508	593	636	652
11	3	12	22	42	90	177	288	404	511	595	637	652
12	4	12	23	43	92	179	292	408	515	598	638	652
13	4	13	23	44	93	182	295	411	518	601	639	653
14	4	13	24	44	95	185	299	415	522	603	641	653
15	5	13	24	45	97	188	303	419	525	606	642	653
16	5	14	25	47	100	192	307	422	529	607	642	654
17	5	14	25	48	103	196	311	426	530	608	642	654
18	6	14	26	50	108	200	314	429	533	610	643	654
19	6	15	27	52	109	204	318	432	536	611	643	655
20	6	15	27	54	112	207	322	436	539	612	644	655
21	6	16	28	55	115	211	325	439	541	613	644	655
22	7	16	29	57	118	215	329	443	544	614	644	656
23	7	16	29	59	120	219	333	446	547	615	645	656
24	7	17	30	60	123	223	337	450	549	616	645	656
25	7	17	31	62	128	227	340	453	552	618	646	657
26	8	18	31	34	129	230	344	456	555	619	646	657
27	8	18	32	66	132	234	348	460	558	620	646	657
28	8	18	33	67	135	238	352	463	560	621	647	658
29	9	****	33	69	130	242	355	467	563	622	647	658
30	9	****	34	71	141	246	359	470	566	623	648	658
31	8	****	35	****	144	****	363	474	****	625	****	658

\*\*\* INTSORMIL - UNIVERSIDAD DE NEBRASKA - LINCOLN \*\*\*

Anexo 3

VALORES ACUMULADOS DIARIOS DE 1.00"PEI (MM) PARA LA ESTACIÓN DE COATEPEC DE LOS OLIVOS,  
 MPIO. DE IXTAPALUCA, MÉX  
 LATITUD 18° 19' LONGITUD 98° 51' ALTURA 2410 MSNM

DÍAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1	1	45	93	162	240	324	399	469	535	597	656	705
2	3	47	95	164	243	326	401	471	537	599	658	706
3	4	48	97	166	245	329	404	473	539	601	659	708
4	5	50	99	169	248	332	406	476	542	603	661	709
5	7	51	101	171	251	334	408	478	544	605	663	711
6	8	53	103	174	254	337	411	480	546	607	665	712
7	10	55	105	176	256	339	413	482	548	609	666	713
8	11	56	107	179	259	342	415	484	550	611	668	715
9	12	58	109	182	262	345	418	486	552	613	670	716
10	14	60	111	184	264	347	420	489	554	615	671	718
11	15	61	114	187	267	350	422	491	556	617	673	719
12	16	63	116	189	270	352	425	493	558	619	675	721
13	18	65	118	192	273	355	427	495	560	621	676	722
14	19	66	120	194	275	357	429	497	562	623	678	723
15	21	68	122	197	278	360	431	499	564	625	680	725
16	22	70	124	200	281	362	434	501	567	627	681	726
17	23	71	127	202	284	365	436	504	569	629	683	728
18	25	73	129	205	286	367	438	506	571	630	685	729
19	26	75	131	208	289	370	440	508	573	632	686	730
20	28	77	133	210	292	372	443	510	575	634	688	732
21	29	78	136	213	294	375	445	512	577	636	689	733
22	30	80	138	216	297	377	448	514	579	638	691	735
23	32	82	140	218	300	380	449	516	581	640	693	736
24	33	84	142	221	302	382	452	518	583	642	694	737
25	35	86	145	224	305	385	454	520	585	643	696	739
26	36	88	147	226	308	387	456	523	587	645	697	740
27	38	90	149	229	310	389	458	525	589	647	699	741
28	39	91	152	232	313	392	460	527	591	649	700	743
29	41	****	154	235	316	394	463	529	593	651	702	744
30	42	*****	157	237	318	397	465	531	595	652	703	745
31	44	****	159	****	321	****	467	533	****	654	****	747

LA CUADRADA (PARA TEMPERATUR) = 97.49

\*\*\* INTSORMIL - UNIVERSIDAD DE NEBRASKA - LINCOLN \*\*\*

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

Anexo 4

VALORES ACUMULADOS DIARIOS DE 0.50" PET (MM) PARA COATEPEC DE LOS OLIVOS,  
 MUNICIPIO DE IXTAPALUCA, MÉX.  
 LATITUD 19° 19' LONGITUD 98° 51' ALTURA 2410 MSNM

DÍAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	1	23	47	81	120	162	199	235	268	299	328	352
2	1	23	48	82	121	163	201	236	269	300	329	353
3	2	24	49	83	123	164	202	237	270	301	330	354
4	3	25	50	84	124	166	203	238	271	302	331	355
5	3	26	51	86	125	167	204	239	272	303	331	355
6	4	27	52	87	127	168	205	240	273	304	332	356
7	5	27	53	88	128	170	207	241	274	305	333	357
8	5	28	54	90	130	171	208	242	275	306	334	357
9	6	29	55	91	131	172	209	243	276	306	335	358
10	7	30	56	92	132	174	210	244	277	307	336	359
11	8	31	57	93	134	175	211	245	278	308	337	360
12	8	31	58	95	135	176	212	246	279	309	337	360
13	9	32	59	96	136	177	213	247	280	310	338	361
14	10	33	60	97	138	179	215	249	281	311	339	362
15	10	34	61	99	139	180	216	250	282	312	340	362
16	11	35	62	100	140	181	217	251	283	313	341	363
17	12	36	63	101	142	182	218	252	284	314	342	364
18	12	37	64	102	143	184	219	253	285	315	342	364
19	13	37	66	104	144	185	220	254	286	316	343	365
20	14	38	67	105	146	186	221	255	287	317	344	366
21	15	39	68	106	147	187	222	256	288	318	345	367
22	15	40	69	108	149	189	224	257	289	319	345	367
23	16	41	70	109	150	190	225	258	290	320	346	368
24	17	42	71	111	151	191	226	259	291	321	347	368
25	17	43	72	112	153	192	227	260	292	322	348	369
26	18	44	74	113	154	193	228	261	294	323	349	370
27	19	45	75	115	155	195	229	262	295	324	349	371
28	20	46	76	116	157	196	230	263	296	324	350	371
29	20	****	77	117	158	197	231	264	297	325	351	372
30	21	****	78	119	159	198	232	266	298	326	352	373
31	22	****	80	****	161	****	233	267	****	327	****	373

R-CUADRADA (PARA TEMPERATUR) = 97.49

\*\*\* INTSGOIRML - UNIVERSIDAD DE NEBRASKA-LINCOLN \*\*\*

Anexo 6

DIFFERENCIAS DIARIAS DE PRECIPITACIÓN -1.00° ETP (MM) PARA LA ESTACIÓN DE COATEPEC DE LOS OLIVOS,  
 MPIO. DE IXTAPALUCA, MÉX.  
 LATITUD 19° 18' LONGITUD 98° 51' ALTURA 2410 MSNM

DÍAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	-1	-1.2	-1.5	-1.8	-1	0.3	1.4	1.6	1.3	0.7	-0.6	1.1
2	-1	-1.3	-1.6	-1.8	-1	0.3	1.5	1.6	1.3	0.7	-0.6	1.1
3	-1	-1.3	-1.6	-1.8	-1	0.3	1.5	1.6	1.3	0.7	-0.6	1.1
4	-1	-1.3	-1.6	-1.8	-1	0.3	1.5	1.6	1.3	0.7	-0.6	1.1
5	-1	-1.3	-1.6	-1.8	-1	0.3	1.5	1.6	1.3	0.7	-0.6	1.1
6	-1	-1.3	-1.6	-1.8	-1	0.4	1.5	1.6	1.3	0.7	-0.6	1.1
7	-1.1	-1.3	-1.6	-1.8	-1	0.4	1.5	1.6	1.3	0.7	-0.6	1.1
8	-1.1	-1.3	-1.7	-1.9	-1	0.4	1.5	1.6	1.3	0.7	-0.6	-1
9	-1.1	-1.3	-1.7	-1.9	-1	0.4	1.5	1.6	1.3	0.7	-0.5	-1
10	-1.1	-1.4	-1.7	-1.9	-1	0.4	1.5	1.6	1.3	0.7	-0.5	-1
11	-1.1	-1.4	-1.7	-1.9	-1	0.4	1.5	1.6	1.3	0.8	-0.5	-1
12	-1.1	-1.4	-1.7	-1.9	-1	0.4	1.5	1.6	1.4	0.8	-0.5	-1
13	-1.1	-1.4	-1.8	-1.9	-1	0.4	1.5	1.6	1.4	0.8	-0.5	-1
14	-1.1	-1.4	-1.8	-1.9	-1	0.4	1.5	1.6	1.4	0.8	-0.5	-1
15	-1.1	-1.4	-1.8	-1.9	-1	0.4	1.6	1.6	1.4	0.8	-0.5	-1
16	-1.1	-1.3	-1.5	-0.9	0.2	1.3	1.5	1.3	0.6	0.8	-1.2	1.1
17	-1.1	-1.4	-1.5	-0.9	0.2	1.3	1.5	1.3	0.6	-0.8	-1.2	1.1
18	-1.1	-1.4	-1.5	-0.9	0.2	1.3	1.5	1.3	0.6	-0.8	-1.2	1.1
19	-1.1	-1.4	-1.6	-0.9	0.2	1.3	1.5	1.3	0.6	-0.7	-1.2	1.1
20	-1.1	-1.4	-1.6	-0.9	0.2	1.3	1.5	1.3	0.6	-0.7	-1.2	1.1
21	-1.1	-1.4	-1.6	-0.9	0.2	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.7	-1.2	1.1
22	-1.2	-1.4	-1.6	-0.9	0.3	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.7	-1.2	1.1
23	-1.2	-1.4	-1.6	-0.9	0.3	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.7	-1.2	1.1
24	-1.2	-1.5	-1.6	-1	0.3	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.7	-1.2	1.1
25	-1.2	-1.5	-1.7	-1	0.3	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.7	-1.1	1.1
26	-1.2	-1.5	-1.7	-1	0.3	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.7	-1.1	-1
27	-1.2	-1.5	-1.7	-1	0.3	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.7	-1.1	-1
28	-1.2	-1.5	-1.7	-1	0.3	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.7	-1.1	-1
29	-1.2		-1.7	-1	0.3	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.7	-1.1	-1
30	-1.2		-1.7	-1	0.3	1.4	1.5	1.3	0.7	-0.6	-1.1	-1
31	-1.2		-1.8 ****		0.3 ****		1.5	1.3 ****		-0.6 ****		-1

## Anexo 6

GRADOS-DÍA (GDH) ACUMULADOS DIARIAMENTE (FASE 5 C) PARA LA ESTACIÓN DE COATEPEC DE LOS RÍOS,  
MPIO. DE IXTAPALUCA, MÉX.  
LATITUD 19° 19' LONGITUD 98° 51' ALTITUD 2410 MSNM

DÍAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0	266	530	903	1290	1707	2071	2417	2753	3081	3400	3692
2	10	275	550	916	1312	1720	2083	2427	2764	3092	3410	3701
3	24	284	560	929	1320	1733	2094	2438	2775	3103	3420	3710
4	32	293	571	942	1339	1745	2106	2449	2786	3114	3430	3719
5	40	302	582	955	1353	1758	2117	2460	2797	3125	3440	3727
6	48	311	593	967	1366	1770	2128	2471	2808	3136	3450	3736
7	57	321	604	980	1379	1783	2140	2482	2819	3146	3460	3744
8	65	330	616	993	1393	1795	2151	2493	2830	3157	3470	3753
9	73	339	627	1006	1406	1808	2163	2503	2841	3168	3480	3761
10	81	349	638	1019	1420	1820	2174	2514	2852	3179	3490	3770
11	89	358	649	1033	1433	1833	2185	2525	2862	3189	3507	3779
12	97	367	661	1046	1448	1845	2196	2536	2873	3200	3517	3787
13	105	377	672	1059	1460	1857	2208	2547	2884	3211	3527	3795
14	114	387	684	1072	1473	1869	2219	2558	2895	3221	3536	3803
15	122	396	696	1085	1486	1882	2230	2568	2906	3232	3546	3812
16	130	406	707	1098	1499	1894	2241	2579	2917	3243	3555	3820
17	138	416	719	1112	1513	1906	2252	2590	2928	3253	3565	3828
18	147	426	731	1125	1528	1918	2263	2601	2939	3264	3574	3837
19	155	436	743	1139	1539	1930	2274	2612	2950	3274	3583	3845
20	163	446	755	1152	1552	1942	2285	2623	2961	3285	3593	3853
21	172	456	767	1165	1565	1954	2293	2633	2972	3295	3602	3861
22	180	466	779	1179	1578	1966	2307	2644	2983	3306	3611	3869
23	189	476	791	1192	1591	1978	2318	2655	2994	3316	3620	3878
24	197	486	803	1205	1604	1989	2329	2666	3005	3327	3629	3886
25	206	497	816	1219	1617	2001	2340	2677	3016	3337	3639	3894
26	214	507	828	1232	1630	2013	2351	2688	3027	3347	3647	3902
27	223	519	841	1245	1643	2025	2362	2699	3038	3358	3656	3910
28	231	529	853	1259	1656	2036	2373	2710	3049	3368	3665	3918
29	240	****	866	1272	1669	2048	2384	2720	3059	3378	3674	3926
30	248	****	879	1286	1682	2060	2395	2731	3070	3388	3683	3934
31	258	****	891	****	1695	****	2406	2742	****	3398	****	3942

R-CUADRA - 07-46

\*\* INTERMEDI - UNIVERSIDAD DE NEBRASKA - LINCOLN \*\*

## Anexo 7

DURACION DEL DIA PARA LA ESTACION DE COATEPEC DE LOS OLIVOS, MPIO. DE IXTAPALUCA, MEX.  
 LATITUD 19° 18' LONGITUD 98° 51' ALTURA 2410 MSNM

UNIDADES: HORAS Y CENTESIMAS

(MULTIPLICAR LA FRACCION DECIMAL POR 60 PARA OBTENER MINUTOS)

DÍAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	11.1	11.4	11.9	12.4	12.9	13.3	13.4	13.1	12.6	12.1	11.5	11.2
2	11.1	11.4	11.9	12.4	13	13.3	13.4	13.1	12.6	12.1	11.5	11.2
3	11.1	11.4	11.9	12.5	13	13.3	13.4	13.1	12.6	12	11.5	11.2
4	11.1	11.4	11.9	12.5	13	13.3	13.4	13.1	12.6	12	11.5	11.1
5	11.1	11.5	11.9	12.5	13	13.4	13.4	13.1	12.6	12	11.5	11.1
6	11.1	11.5	11.9	12.5	13	13.4	13.4	13	12.5	12	11.5	11.1
7	11.1	11.5	12	12.5	13	13.4	13.4	13	12.5	12	11.5	11.1
8	11.1	11.5	12	12.5	13	13.4	13.4	13	12.5	12	11.4	11.1
9	11.1	11.5	12	12.6	13.1	13.4	13.3	13	12.5	11.9	11.4	11.1
10	11.1	11.5	12	12.6	13.1	13.4	13.3	13	12.5	11.9	11.4	11.1
11	11.2	11.5	12	12.6	13.1	13.4	13.3	13	12.4	11.9	11.4	11.1
12	11.2	11.6	12.1	12.6	13.1	13.4	13.3	13	12.4	11.9	11.4	11.1
13	11.2	11.6	12.1	12.6	13.1	13.4	13.3	12.9	12.4	11.9	11.4	11.1
14	11.2	11.6	12.1	12.7	13.1	13.4	13.3	12.9	12.4	11.8	11.4	11.1
15	11.2	11.6	12.1	12.7	13.1	13.4	13.3	12.9	12.4	11.8	11.3	11.1
16	11.2	11.6	12.1	12.7	13.2	13.4	13.3	12.9	12.4	11.8	11.3	11.1
17	11.2	11.6	12.1	12.7	13.2	13.4	13.3	12.9	12.3	11.8	11.3	11.1
18	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.4	13.3	12.9	12.3	11.8	11.3	11.1
19	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.4	13.3	12.8	12.3	11.8	11.3	11.1
20	11.2	11.7	12.2	12.8	13.2	13.4	13.3	12.8	12.3	11.7	11.3	11.1
21	11.3	11.7	12.2	12.8	13.2	13.4	13.2	12.8	12.3	11.7	11.3	11.1
22	11.3	11.7	12.2	12.8	13.2	13.4	13.2	12.8	12.2	11.7	11.3	11.1
23	11.3	11.7	12.3	12.8	13.2	13.4	13.2	12.8	12.2	11.7	11.2	11.1
24	11.3	11.8	12.3	12.8	13.2	13.4	13.2	12.8	12.2	11.7	11.2	11.1
25	11.3	11.8	12.3	12.8	13.3	13.4	13.2	12.7	12.2	11.7	11.2	11.1
26	11.3	11.8	12.3	12.9	13.3	13.4	13.2	12.7	12.2	11.6	11.2	11.1
27	11.3	11.8	12.3	12.9	13.3	13.4	13.2	12.7	12.2	11.6	11.2	11.1
28	11.3	11.8	12.3	12.9	13.3	13.4	13.2	12.7	12.1	11.6	11.2	11.1
29	11.4	****	12.4	12.9	13.3	13.4	13.2	12.7	12.1	11.6	11.2	11.1
30	11.4	****	12.4	12.9	13.3	13.4	13.1	12.7	12.1	11.6	11.2	11.1
31	11.4	****	12.4	****	13.3	****	13.1	12.6	****	11.6	****	11.1

\*\*\* INTSORMI - UNIVERSIDAD DE NEBRASKA - LINCOLN \*\*\*



## Anexo 8

TEMPERATURAS PROMEDIO DIARIAS ESTIMADAS EN °C PARA LA ESTACIÓN DE COATEPEC DE LOS OLIVOS,  
MPIO. DE IXTAPALUCA, MÉX  
LATITUD 19° 19' LONGITUD 98° 51' ALTURA 2410 MSNM

DÍAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	13.1	13.8	15.7	17.7	18.4	17.7	16.6	15.9	15.9	15.9	15.1	13.8
2	13.1	13.9	15.7	17.7	18.4	17.7	16.5	15.9	15.9	15.9	15.1	13.8
3	13.1	13.9	15.8	17.8	18.4	17.7	16.5	15.9	15.9	15.9	15	13.7
4	13.1	14	15.9	17.8	18.4	17.6	16.5	15.9	15.9	15.9	15	13.7
5	13.1	14.1	15.9	17.9	18.4	17.6	16.4	15.9	15.9	15.8	14.9	13.7
6	13.1	14.1	16	17.9	18.4	17.6	16.4	15.8	15.9	15.8	14.9	13.6
7	13.1	14.2	16.1	17.9	18.4	17.5	16.4	15.8	15.9	15.8	14.9	13.6
8	13.1	14.2	16.2	18	18.4	17.5	16.3	15.8	15.9	15.8	14.8	13.6
9	13.1	14.3	16.2	18	18.4	17.4	16.3	15.8	15.9	15.8	14.8	13.5
10	13.1	14.4	16.3	18.1	18.4	17.4	16.3	15.8	15.9	15.8	14.7	13.5
11	13.1	14.4	16.4	18.1	18.3	17.4	16.3	15.8	16	15.7	14.7	13.5
12	13.2	14.5	16.4	18.1	18.3	17.3	16.2	15.8	16	15.7	14.6	13.4
13	13.2	14.5	16.5	18.2	18.3	17.3	16.2	15.8	16	15.7	14.6	13.4
14	13.2	14.6	16.6	18.2	18.3	17.2	16.2	15.8	16	15.7	14.6	13.4
15	13.2	14.7	16.7	18.2	18.2	17.2	16.2	15.8	16	15.6	14.5	13.3
16	13.2	14.7	16.7	18.2	18.2	17.1	16.1	15.8	16	15.6	14.5	13.3
17	13.3	14.8	16.8	18.3	18.2	17.1	16.1	15.8	16	15.6	14.4	13.3
18	13.3	14.9	16.9	18.3	18.2	17.1	16.1	15.8	16	15.6	14.4	13.3
19	13.3	14.9	16.9	18.3	18.2	17	16.1	15.8	16	15.5	14.3	13.2
20	13.4	15	17	18.3	18.1	17	16	15.8	16	15.5	14.3	13.2
21	13.4	15.1	17	18.3	18.1	16.9	16	15.8	16	15.5	14.3	13.2
22	13.4	15.2	17.1	18.4	18.1	16.9	16	15.8	15.9	15.5	14.2	13.2
23	13.5	15.2	17.2	18.4	18.1	16.9	16	15.8	15.9	15.4	14.2	13.2
24	13.5	15.3	17.2	18.4	18	16.8	16	15.9	15.9	15.4	14.1	13.1
25	13.5	15.4	17.3	18.4	18	16.8	16	15.9	15.9	15.4	14.1	13.1
26	13.6	15.4	17.3	18.4	18	16.8	15.9	15.9	15.9	15.3	14	13.1
27	13.6	15.5	17.4	18.4	17.9	16.7	15.8	15.9	15.9	15.3	14	13.1
28	13.7	15.6	17.5	18.4	17.9	16.7	15.8	15.9	15.9	15.3	13.9	13.1
29	13.7 ****		17.5	18.4	17.9	16.6	15.9	15.9	15.9	15.2	13.9	13.1
30	13.7 ****		17.6	18.4	17.8	16.6	15.8	15.9	15.9	15.2	13.9	13.1
31	13.8 ****		17.6 ****		17.8 ****		15.9	15.9 ****		15.1 ****		13.1

R-CUADRADA = 97.49

\*\*\* INTSORMIL - UNIVERSIDAD DE NEBRASKA-LINCOLN \*\*\*

**NORMALES CLIMATOLÓGICAS  
1961 - 1990**

LATITUD 19° 19'  
LONGITUD 96° 51'

COATEPEC DE LOS OLIVOS, OXTAPALUCA, MÉX  
ALTITUD 2410 MSNM

EST. CLIMATOLÓGICA  
ORG. SMN-SARH

PARÁMETROS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURAS</b>														
MÁXIMA EXTREMA	10	27	27	30.5	31.5	31.5	29	28.5	28	26	28	26	26.5	31.5
-FECHA (DÍA/AÑO)		27/73	VS/SVS	VS/SVS	27/71	19/71	VS/SVS	08/71	14/71	VS/SVS	VS/SVS	VS/SVS	08/71	VS/SVS/71
PROMEDIO DE MÁXIMA	10	21.3	22.2	25.1	25.7	25.5	22.7	21.7	21.7	21.5	22.1	21.6	20.9	22.7
MEDIA	10	13.5	14.1	17	18.1	18.5	16.9	16.1	15.1	15.9	15.5	14.5	13.4	15.8
PROMEDIO DE MÍNIMA	10	5.8	6.1	8.9	10.5	11.5	11.1	10.5	10.5	10.4	9	7.5	6	9
MÍNIMA EXTREMA	10	-1	-5	2	1.5	5	5	6	2	2	3	0	-5	-5
-FECHA (DÍA/AÑO)		08/70	11/71	08/77	11/71	VS/70	14/79	14/74	17/71	26/79	VS/79	27/74	31/80	VS/SVS/SVS
OSCILACIÓN	10	15.5	16.1	16.2	15.2	14	11.6	11.1	11.2	11.1	13.1	14.1	14.9	13.7
<b>HUMEDAD</b>														
EVAPORACIÓN	10	121.6	139.6	204.8	206	186.8	135.1	112.3	107	98.1	109	99.7	98.7	1518.3
<b>PRECIPITACIÓN</b>														
MEDIA	10	9.4	7.3	14.8	27	78.9	106.1	123.4	108	104.8	57.4	13.6	10	658.6
MÁXIMA	10	55.2	24	52.9	59	159.1	151.9	200	180	228.9	140.9	38.1	49.6	228.9
-FECHA (AÑO)		80	79	75	74	75	75	75	50	79	75	80	76	03/79
MÁXIMA DEL MES EN 24 HRS.	10	23	16	34.5	30.1	42.2	50	37.9	43.7	53	34	24.3	39.9	53
-FECHA (DÍA/AÑO)		25/80	12/79	18/78	16/72	24/75	27/80	29/75	10/80	10/79	07/76	01/77	02/76	10/09/79
MÍNIMA	10	0.5	3.5	0.8	3	22.7	44.6	74.1	67.1	49.3	1.6	2.9	3	0.5
-FECHA (AÑO)		77	74	80	75	71	76	73	77	75	79	71	78	VS/SVS
<b>VISIBILIDAD</b>														
DOMINANTE	10	4	4	4	4	7	7	4	4	4	4	4	4	4
<b>FRECUENCIA DE ELEMENTOS Y FENÓMENOS ESPECIALES</b>														
NÚM. DÍAS CON LLUVIA APREC.	10	1.16	2.38	2.63	7.27	11.7	15.09	19.3	16.7	17	8.8	2.8	1.4	108.23
NÚM. DÍAS CON LLUVIA INAP.	10	0.36	0.72	1	1.45	2.2	2.09	3.7	4.2	2.5	2.2	1	0.4	21.82
NÚM. DÍAS DESPEJADOS	10	16.72	13.35	16.45	23.35	7	4.72	0.8	1.1	2.5	5	7.1	9.5	94.71
NÚM. DÍAS MEDIO NUBLADOS	10	12.9	13.09	13.27	18.5	20	17.54	21.5	22	19.6	20.3	20.6	19.9	219.51
NÚM. DÍAS NUBLADO/CERRADO	10	1.36	1.51	1.27	1.51	4	7.72	6.7	7.9	7.8	4.7	2.3	1.6	50.97
NÚM. DÍAS CON ROCÍO	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NÚM. DÍAS CON GRANIZO	10	0	0	0	0.09	0	0.09	0.6	0.3	0.1	0	0.1	0.1	1.25
NÚM. DÍAS CON HELADA	10	1.9	2.54	0.09	0.09	0	0	0	0	0.1	0	0.1	2.4	7.22
NÚM. DÍAS CON TORM. ELÉC.	10	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.2
NÚM. DÍAS CON NIEBLA	10	0.81	0.78	0.45	0	0	0.27	0.1	0.7	1.6	2.6	1.3	1	3.01
NÚM. DÍAS CON NEVADA	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

UNIDADES TEMPERATURA (°C), HUMEDAD RELATIVA (%), EVAPORACIÓN, PRECIPITACIÓN (mm) Y PRESIÓN (mb)

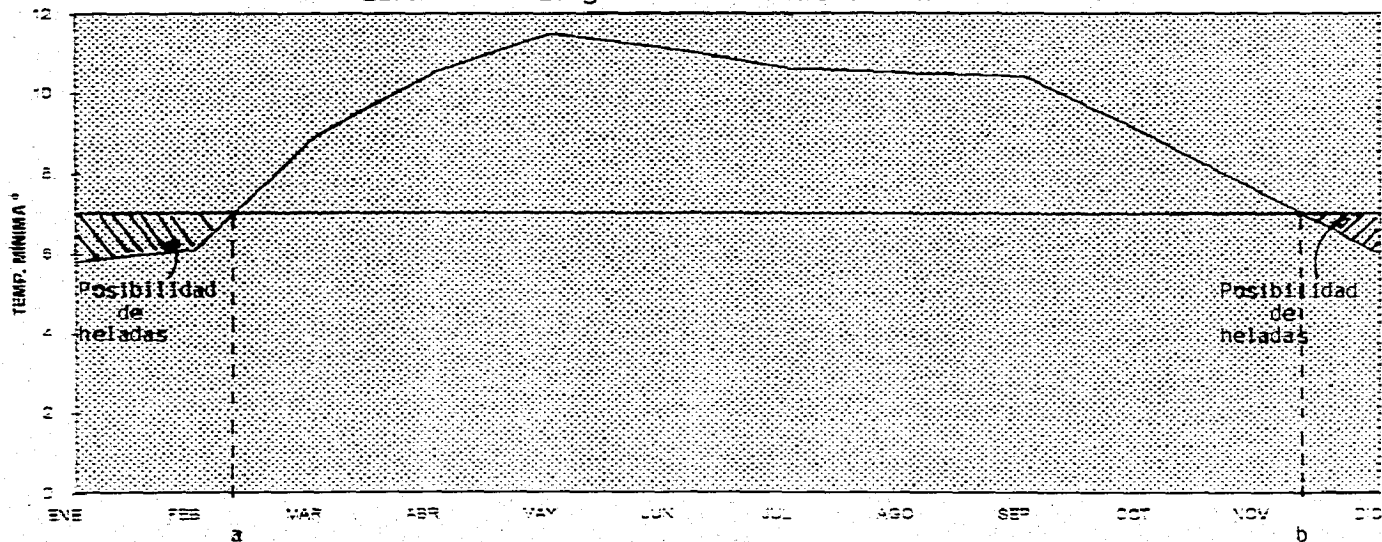
Anexo 10

COEFICIENTES DE AJUSTE C PARA ESTIMAR LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL  
COMO FUNCIÓN DE LA EVAPORACION MEDIDA EN TANQUE TIPO A

TANQUE TIPO A HUMEDAD % PROMEDIO	TANQUE RODEADO DE TIERRAS SECAS			TANQUE RODEADO DE TIERRAS HEDIZAS			
	BAJA < 40	ME DIA 40-70	ALTA > 70	BAJA < 40	ME DIA 40-70	ALTA > 70	
VIENTO Km/h	VIENTO SUP. DISTANCIA A LA VEGETA CIÓN m			VIENTO SUP. DISTANCIA A LA TIERRA SECA m			
LIGERO < 175	0	0.55	0.65	0.75	0	0.70	0.80
	10	0.85	0.75	0.85	10	0.60	0.70
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60
MODERADO 175-425	0	0.60	0.60	0.65	0	0.65	0.75
	10	0.60	0.70	0.70	10	0.55	0.65
	100	0.65	0.70	0.80	100	0.50	0.60
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55
FUERTE 425-700	0	0.45	0.45	0.50	0	0.60	0.70
	10	0.55	0.55	0.60	10	0.50	0.55
	100	0.60	0.60	0.65	100	0.45	0.50
	1000	0.65	0.60	0.65	1000	0.40	0.45
MUY FUERTE > 700	0	0.40	0.45	0.50	0	0.50	0.60
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40

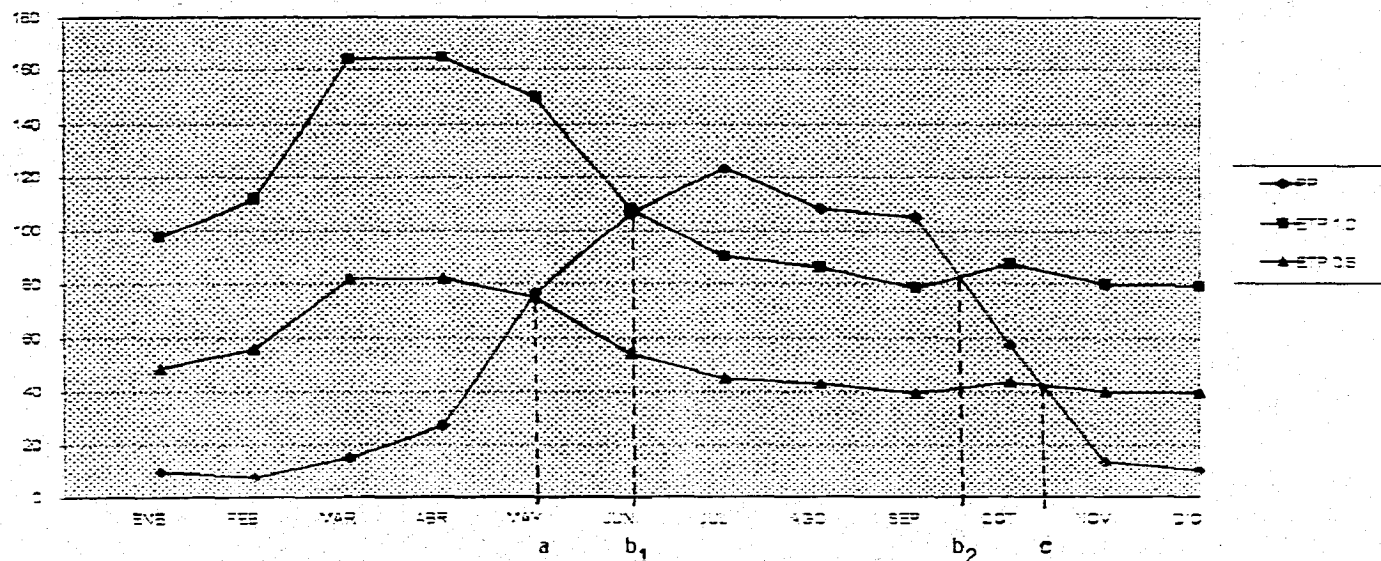
FIG. 1 PERIODO LIBRE DE HELADAS SEGÚN EL MÉTODO DE ARTEAGA (1987) PARA LA ESTACIÓN DE COATEPEC DE LOS OLIVOS, MPIO. DE IXTAPALUCA, MÉX.

Latitud 19° 19' Longitud 98° 51' Altura 2410 msnm



a-b: Periodo libre de heladas.

FIG. 2 ESTACIÓN DE CRECIMIENTO DEL TIPO NORMAL DE LA ESTACIÓN DE COATEPEC  
DE LOS OLIVOS, MPIO. DE IXTAPALUCA, MÉX.  
Latitud 19° 19' Longitud 98° 51' Altura 2410 msnm



- a: Inicio del período de crecimiento y de las lluvias  
 b<sub>1</sub>: Inicio del período húmedo.  
 b<sub>2</sub>: Fin del período húmedo.  
 c: Terminó de las lluvias y de la estación de crecimiento.