



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

CAMPUS ARAGÓN

PLANIFICACIÓN AGRÍCOLA DEL MAÍZ EN TLAXCALA
BASADA EN LA PREDICCIÓN ESTACIONAL DE LA
LLUVIA EN LA REPÚBLICA MEXICANA.

PROYECTO DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADA EN PLANIFICACIÓN
PARA EL DESARROLLO
AGROPECUARIO.

296704

P R E S E N T A :
ANAYATZIN SAGRARIO MENDOZA CASTRO.

ASESOR:
DR. VICTOR MANUEL MENDOZA.





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 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

*A mi bebé Ariel...
Porque una sonrisa tuya
Es suficiente aliento para
Continuar.*

Agradecimientos

Agradezco en especial el apoyo moral y académico de mi papá el Dr. Víctor M. Mendoza Castro ya que sin su dirección no hubiera sido posible la realización de esta tesis.

Al Dr. Julián Adem Chaín por la gran oportunidad que me brindo para pertenecer al grupo de Teoría del Clima y Predicción del C.C.A, UNAM.

Al Biol. Cudberto Garrido Román, al Lic. José de Jesús Landeros López, al M.v.z Fernando Guadarrama Sosa y al Ing. Eugenio Cedillo Portugal por la revisión de esta tesis y a sus comentarios que fueron fundamentales para el enriquecimiento de la misma.

A mis compañeros del C.C.A UNAM Adriana Huerta, Julio González, Alejandro Aguilar, a la M. en C. Berta Oda y a la Dra. Elba Villanueva por su apoyo y grata compañía.

A mis padres Rubén Mendoza y Beatriz Castro por estar conmigo en los momentos más difíciles.

A la mamá mayita (Ana María Mendoza) por cuidar de mi bebé como si fuera su propio hijo.

Y a mis hermanas Cristina Mendoza y Carmen Mendoza por su apoyo incondicional.

INDICE GENERAL

Introducción	1
Capítulo 1.-Planteamiento del Problema de Investigación	5
1.1.-Justificación	7
1.2.-Delimitación del Problema	10
1.3.-Objetivos de la Investigación	10
1.4.-Supuestos	12
1.5.-Metodología	12
Capítulo 2.-Factores que influyen en el desarrollo del maíz.	15
2.1.-Características Genéticas de la planta	15
2.2.-Factores Edáficos	19
2.3.-Factores Climáticos	19
2.4.-Técnicas de Cultivo Empleadas	22
Capítulo 3.-Tlaxcala, Principales Características Fisico-Geograficas y Productivas	27
3.1.-Localización	27
3.2.-Geología	28
3.3.-Suelos	30
3.4.-Clima	32
3.5.-Vegetación	34

3.6.-Fauna	38
3.7.-Hidrología e Infraestructura Hidroagrícola	40
3.8.-Sistemas de Cultivos Tradicionales en Tlaxcala	42
3.9.-Características Generales de Caupixtla, Huamatla, Ixtacuixtla y Tlaxco	47
Capítulo 4.-Análisis Económico Productivo del Maíz por Décadas en Tlaxcala	51
4.1.-Método	51
4.2.-Relación Costo-Beneficio en la década de los años 70's, 80's y 90's.	55
4.3.-Análisis Comparativo	73
Capítulo 5.-Año Agroclimático	78
5.1.-Precipitación	78
5.2.- Evapotranspiración	81
5.3.-Humedad del suelo	89
5.4.-Balance hídrico del maíz	93
5.5.-Condiciones Climáticas en los Estados Fenológicos del maíz.	103
5.6.-Factores que influyen en el rendimiento	110
Capítulo 6.-El modelo termodinámico del clima (MTC) y la predicción estacional.	114
6.1.-El Modelo Termodinámico del Clima (MTC)	114
6.2.-Pronóstico para la primavera 2000	116

Conclusiones

131

Bibliografía

135

INDICE DE TABLAS

Capítulo 2

Tabla 2.1 Ciclos Vegetativos del maíz	17
Tabla 2.2 Rangos de temperaturas viables para el cultivo del maíz	19

Capitulo 3

Tabla 3.3 Cultivos de Temporal	48
Tabla 3.4 Cultivos de Riego	48

Capitulo 4

Tablas 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8 Estimación Aproximada del Costo de Material para para los cuatro municipios de estudio respectivamente años 70's	57-58
Tablas 4.9,4.10,4.11 y 4.12 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio para para los cuatro municipios de estudio respectivamente años 70's	58-59
Tablas 4.13, 4.14, 4.15 y 4.16 Estimación aproxima del costo de material para para los cuatro municipios de estudio respectivamente años 80's	61-63
Tablas 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20 Estimación aproximada del costo de mano de obra para los cuatro municipios de estudio respectivamente años 80's	63-64
Tablas 4.21, 4.22, 4.23 y 4.24 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio para para los cuatro municipios de estudio respectivamente años 80's	65-66
Tablas 4.25, 4.26, 2.27 y 4.28 Estimación aproxima del costo de material para para los cuatro municipios de estudio respectivamente años 90's	68-70

Tablas 4.29, 4.30, 4.31 y 4.32 Estimación aproximada del costo de mano de obra para los cuatro municipios de estudio respectivamente años 90' 70-71

Tablas 4.33, 4.34, 4.35 y 4.36 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio para para los cuatro municipios de estudio respectivamente años 90's 72

Capítulo 5

Tabla 5.37 Serie Histórica con datos de precipitación 79

Tabla 5.38 Balance Hídrico para el maíz de temporal en Cuapixtla, Tlaxcala 96

Tabla 5.39 Balance Hídrico para el maíz de temporal en Cuapixtla, Tlaxcala con fecha de siembra recorrida 97

Tabla 5.40 A y B Condiciones Climáticas en los Estados Fenológicos del maíz En Cuapixtla, Tlaxcala 104

Tabla 5.41 A y B Condiciones Climáticas en los Estados Fenológicos del maíz En Huamantla, Tlaxcala 105

Tabla 5.42 A y B Condiciones Climáticas en los Estados Fenológicos del maíz En Ixtacuixtla, Tlaxcala 106

Tabla 5.43 A y B Condiciones Climáticas en los Estados Fenológicos del maíz En Tlaxco, Tlaxcala 107

Tabla 5.44 Índice Agroclimático y Rendimiento 109

Capítulo 6

Tabla 6.45 Temperaturas del aire, Evapotranspiración Potencial y lámina de precipitación, así como anomalías calculadas por el MTC

para Cuapixtla, Tlaxcala 127

Tabla 6.46 Temperatura del aire, Evapotranspiración Potencial y lámina de precipitación, así como anomalías con valores observados

para Caupixtla, Tlaxcala 128

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 3

Figura 3.1 Localización de Tlaxcala en la República mexicana 28

Figura 3.2 Climas de Tlaxcala 33-I

Figura 3.3 División Municipal del Estado de Tlaxcala 47-I

Capítulo 4

Figura 4.4.-Superficie Sembrada para los cuatro municipios de estudio en los Años 70's, 80's, y 90's 76

Figura 4.5.-Rendimiento para los cuatro municipios de estudio en los años 70's, 80's y 90's 77

Figura 4.6.-Porcentaje del Beneficio para los cuatro municipios de estudio En los años 70's, 80's y 90's 77

Capítulo 5

Figura 5.7 Precipitación acumulada en 10 días en Cuapixtla, Tlaxcala Basada en un período de 18 años de datos 80

Figura 5.8 Evapotranspiración Potencial acumulada en 10 días en mm Para Cuapixtla, Tlaxcala calculada por el método de Penman.	83
Figura 5.9 Mitad de Evapotranspiración Potencial en Cuapiuxtla, Tlaxcala	86
Figura 5.10 Períodos de Siembra y Madurez	88
Figura 5.11 Porcentaje de Humedad	92
Figura 5.12 Etapas del Maíz	95
Figuras de 5.13 a la 5.16 Necesidades Hídricas del Maíz para los cuatro municipios respectivamente	99-102
Figura 5.17 Correlación del Índice Agroclimático	109
Figura 5.18 Relación del Rendimiento con diferentes densidades de siembra	111
Figura 5.19 Relación del Rendimiento con diferentes usos de agua	112
 Capítulo 6	
Figura 6.20 Puntos de la Red del MTC en la República Mexicana	117
Figura 6.21 y 6.22 Pronostico del MTC para la primavera del 2000	119-121
Figura 6.23 Anomalías de temperatura de la superficie Para Marzo del 2000, parte A pronóstico del MTC y parte B observación Obtenida por NCEP data. Set.	123
Figura 6.24 Anomalías de precipitación para Marzo del 2000 Parte A pronóstico del MTC y parte B observación obtenida Por NCEP data. Set.	124
Figura 6.25 Correlación de la Evapotranspiración Potencial	126

Figura 6.26 Fecha de estación de lluvias en base al pronóstico del MTC	127
Figura 6.27 Fecha de estación de lluvias en base a la observación	129

Introducción

Un problema para la agricultura de temporal es la variabilidad de la cantidad de lluvia año con año. Por ello una vez conocido el requerimiento mínimo de lluvia durante el ciclo de un cultivo, es necesario conocer con que frecuencia se tendrá esa cantidad de lluvia y cual es la probabilidad de que se presente una lluvia menor o mayor que ella, así se predecirá el éxito o fracaso al establecer el cultivo.

La importancia de evaluar los posibles cambios climáticos se explica en términos de su influencia e impacto de la agricultura, por lo que se trata entonces de analizar y entender las probables irregularidades del clima, que no pueden ser previstas por los agricultores y que puede perjudicar el desarrollo de su actividad.

Por lo anterior, en esta tesis se analizan las condiciones agroclimáticas del maíz ya que este cultivo tiene un potencial de rendimiento muy elevado gracias a su alta eficiencia fotosintética, la cual no alcanza ningún otro cultivo anual básico u oleaginoso. Sin embargo su uso consuntivo de agua es elevado. Y por ello es uno de los cultivos mas susceptibles a la sequía sobre todo en la etapa de floración, de tal forma que permite abatir los

rendimientos hasta en un 50%. El cultivo del maíz requiere para un buen desarrollo estar en zonas de por lo menos un mínimo de 600 mm de precipitación anual.

Otro de los parámetros más importantes analizados en esta tesis es la determinación de la estación de crecimiento disponible para el desarrollo de los cultivos. La estación de crecimiento está básicamente determinada por la disponibilidad de agua y temperatura favorables para el desarrollo del cultivo.

Se selecciono al estado de Tlaxcala, ya que éste es un buen ejemplo de donde la agricultura de maíz de temporal es la base de actividades económicas de un sector importante de la población, por lo que se hizo un análisis económico por décadas en el estado para ver con claridad cual ha sido la historia de la relación Costo- Beneficio. Además, Tlaxcala es representativa de la vulnerabilidad de la región central del país considerando la densidad de población, la agudeza de los problemas sociales y económicos que surgen ante eventos climáticos extremos.

La Planificación Agrícola abarca la evaluación teórica y práctica de las medidas de mitigación o adaptación de los posibles cambios climáticos que afectan a los productores agrícolas. Así como el análisis de la viabilidad de los resultados obtenidos por su aplicación.

El documento se estructura en 6 capítulos. En el primero se hace una pequeña introducción del Problema de Investigación que se trabajo, el objetivo general, así como los objetivos específicos de la investigación, la justificación el de porque escoger el problema y su delimitación.

El segundo se muestra los factores que influyen en el desarrollo del maíz como las características genéticas de la planta , así como factores edáficos, climáticos y las técnicas de cultivo empleadas.

El tercero habla de la localización geográfica de Tlaxcala, su Geología, las características del suelo, su clima, vegetación, fauna e Hidrología e Infraestructura Hidroagrícola así como de los Sistemas de cultivo Tradicionales en Tlaxcala el cultivo de temporal, el cultivo de riego y el cultivo de humedad, los cuales son más utilizados en los municipios de estudio. También se habla de el clima de los municipios escogidos, así como de las principales actividades agrícolas.

El cuarto muestra los resultados del Análisis Económico Productivo realizado por Décadas en Tlaxcala.

Dentro del quinto capítulo se analiza la base de datos proporcionada por el Centro de Ciencias de la Atmósfera (C.C.A) de la UNAM para calcular la probabilidad de la lluvia promedio que es del 43% y la probabilidad de la lluvia al 60%, se calcula la Evaporación Potencial, la Evaporación Real, la Humedad del suelo, el inicio de la estación de lluvias. Se analiza el ciclo vegetativo del maíz así como el requerimiento de agua de la planta y se

calcula el índice agroclimático para planificar las fechas de siembra y cosecha más apropiadas para obtener un incremento en el rendimiento en Toneladas x Hectárea (Ton/Ha).

En el sexto capítulo se hace un breve explicación de cómo funciona y de que consiste el Modelo Termodinámico del Clima. Se hace la predicción estacional de la lluvia mediante el Modelo Termodinámico del Clima para planificar la fecha de siembra más óptima para incrementar el rendimiento.

Y por último en las Conclusiones se muestran los resultados obtenidos y se dan respuesta a los supuestos a comprobar. Por lo que se espera que los resultados aquí presentados sean útiles para los agricultores y para el equipo de estudiantes de la carrera de Planificación para el Desarrollo Agropecuario.

Capítulo 1

Planteamiento del Problema de Investigación

La lluvia es uno de los elementos climáticos con gran influencia en la producción agrícola sobre todo cuando ésta es de temporal y donde es la única fuente disponible de ingreso de agua en los suelos para satisfacer sus requerimientos básicos.

Para establecer un cultivo es necesario conocer la mínima cantidad de precipitación requerida. La cantidad de precipitación requerida para la germinación de una especie vegetal, depende principalmente del nivel de agua perdida por escurrimientos y demanda atmosférica, que guardan una relación inversa al nivel de agua captada por el suelo y disponible para la planta. De esta manera en regiones con suelo plano, profundo de textura migajón-arcillosa, se requerirá una menor cantidad de milímetros de lluvia para iniciar el periodo de crecimiento, en comparación con aquellas de suelo delgado, arenoso, con pendientes pronunciadas correspondientes al estado de Tlaxcala; es por esto que la demanda de agua para el maíz en esta región de estudio es mucho mayor que el requerimiento normal.

Para nuestro país, donde la mayor parte del maíz se cultiva en temporal, la cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores fundamentales; ya que la escasez de agua en cualquier etapa del desarrollo de la planta afectara la cosecha.

Un problema para la agricultura de temporal en México es la canícula. que año con año se presenta en algunas regiones del país. El maíz sembrado en Marzo y Abril llega a las etapas críticas de la disminución de agua en la canícula de los meses de Julio, Agosto o Septiembre afectando directamente al rendimiento; este es el caso de los cuatro municipios de Tlaxcala: Huamantla, Ixtacuixtla, Cuapixtla y Tlaxco escogidos para este trabajo de tesis.

Si conocemos el requerimiento mínimo de lluvia durante el ciclo vegetativo del maíz, y la probabilidad de que se presente una lluvia menor o mayor que dicho mínimo; estaremos en condiciones de poder pronosticar el éxito o fracaso al establecer el cultivo.

Concretamente una vez conocida la cantidad de precipitación anual así como su distribución, es necesario calcular, en base a criterios establecidos, el inicio y término de la estación lluviosa, el inicio y término del período húmedo, temperatura mínima y probabilidad de heladas, para poder determinar si las condiciones climatológicas son las adecuadas para el desarrollo del maíz.

El problema a resolver consiste en hacer una planificación agrícola del Maíz para obtener una producción óptima que este basada en factores climáticos, mencionados de manera general en los párrafos anteriores, y en la predicción estacional de la lluvia.

El método a utilizar pretende obtener una mayor producción y calidad en el cultivo del maíz, que lo que actualmente obtienen los agricultores.

1.1.-Justificación

El estado de Tlaxcala sirve como estudio de caso por que la agricultura ocupa un 82.6 % de su superficie (INEGI, 1991 VII Censo Agropecuario). De esa superficie el 92.2 % se dedica a la producción de agricultura de temporal, lo que hace a la agricultura dependiente de las variaciones del clima. La producción de maíz de temporal predomina, ocupando el 53 % de la superficie dedicada a labores de campo, con rendimientos promedio de 2 toneladas por hectárea. La mayor parte de propiedades agrícolas (85 %) corresponden a unidades productivas de menos de 5 Hectáreas.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 1999) de Tlaxcala reporta que durante el ciclo primavera-verano, más del 90 % de la superficie de labor se encuentra bajo condiciones de temporal (Legorreta, 1999).

De acuerdo a datos del VII Censo Agropecuario de 1991 la superficie de labor sembrada con maíz es grande, pero los rendimientos obtenidos son bajos. Una gran extensión de la superficie resulta siniestrada debido al que el maíz se cultiva en regiones del Estado en donde, ni el clima, las condiciones topográficas, y el suelo son adecuadas.

Los estudios realizados por INIFAP (1999), demuestran que de la superficie sembrada con el maíz de temporal, sólo alrededor de 23 mil hectáreas son clasificadas como de buen potencial productivo, mientras que para los cultivos de trigo y cebada se consideran aptas más de 50 mil y 60 mil hectáreas, respectivamente.

Por lo anterior, en Tlaxcala se presenta la aparente incongruencia de tener el 53 % de su superficie dedicada a la producción de maíz de temporal, cuando sólo el 15 % de la misma o

menos, es considerada por el INIFAP como buen potencial para tal cultivo. Tal condición vuelve al Estado altamente vulnerable a variaciones climáticas.

Siendo Tlaxcala un estado de actividades agrícolas poco eficientes y vulnerables a extremos climáticos, el uso del pronóstico Estacional de la lluvia y diagnósticos del clima, se considera de gran utilidad y se justifican para la realización de una planificación agrícola del maíz que reporte las mejores utilidades para el productor.

Evidentemente, el ciclo productivo más importante es el de primavera-verano, donde resulta clave describir y pronosticar; por ejemplo, el inicio y fin del período de lluvias, así como lluvia acumulada. Esta información es un elemento adicional de juicio en la elección de la variedad de maíz a sembrar (dependiendo de su ciclo vegetativo), o aún en la decisión de un cambio de cultivo, si las condiciones pronosticadas son lluvias escasas.

Los agricultores tradicionales tienen un íntimo conocimiento de su medio, obtenido a través de la observación constante de su entorno. Tal conocimiento ha llevado a elaborar pronósticos del clima basándose en la presencia de fenómenos como la forma y color de las nubes o el comportamiento de algunos animales y otras observaciones de su entorno.

Pero a pesar de este conocimiento empírico, los agricultores tradicionales enfrentan los aspectos negativos de las variaciones climáticas extremas, por lo que es necesario tomar medidas alternativas en los manejos y tipos de cultivo que reduzcan las pérdidas en el campo, así como información climática regional.

La cultura popular que se tiene sobre el clima, se traduce en una serie de dichos o expresiones populares que son indicativos de las expectativas e intereses de los agricultores del estado en lo que a pronóstico de cambio climático se refiere. Para los meses de marzo a junio se tienen dichos populares asociados a la lluvia, resaltando el conocimiento empírico sobre el pronóstico de la lluvia en este período. Podemos suponer que para los agricultores las lluvias de marzo son poco confiables para la toma de decisiones, sobre todo si se presentan en forma aislada, como lluvias tempranas, (“marzo florido, año perdido”), pero las lluvias de abril son fundamentales para el desarrollo del cultivo, ya que corresponden a las primeras etapas de crecimiento (“lluvia de abril, granos mil”), por lo que un pronóstico de precipitación para este mes es de sumo interés; finalmente, el dicho “lo que San Juan ve nacido (24 de junio), San Pedro (29 de junio) lo da por perdido”, indica las fechas límite para aplicar cualquier medida de adaptación, es por esto que sólo hasta junio tienen los agricultores para decidir si se cambia de semilla (por una más precoz) o incluso si se cambia de cultivo dependiendo si las lluvias se adelantaron y luego escasearon o, más grave aún, si hubo condiciones de sequía entre marzo y junio. Después del mes de Junio se incrementa el peligro de que el cultivo no pueda prosperar por la aparición de heladas.

Con este estudio se hace evidente que la realización de pronósticos climáticos asociados a la planeación de las actividades agrícolas posibilita la reducción de pérdidas y riesgos para los productores. La vulnerabilidad de la región decrecería si estos estudios se realizaran sistemáticamente.

El planteamiento de estrategias que consideren a los pronósticos climáticos, permitiría el diseño de posibles medidas de adaptación previamente experimentadas y viables.

pronóstico establecer el inicio de la estación de lluvias, así como la fecha propuesta para sembrar en las mejores condiciones climatológicas.

1.4.-Supuestos

Los supuestos sujetos a comprobación son los siguientes:

- a) La mejor fecha de siembra del maíz se determina cuando inicia la estación de lluvias, es decir cuando la Precipitación es mayor o igual a la mitad de la Evapotranspiración Potencial ó cuando en un período corto (7-10 días) la lluvia recibida es mayor o igual a 25mm.
- b) El cubrir el requerimiento de agua de la planta principalmente en las etapas de floración y llenado de grano, ayuda a que madure el grano de maíz y evita el jiloteo (Crecimiento de mazorcas sin granos) de la planta, dando con ello un mayor rendimiento.

1.5.-Metodología

Descripción de actividades que se realizaron y métodos que se emplearon:

1.5.1-Investigación Documental:

-Se efectuó un análisis de diversos documentos bibliográficos y hemerográficos que se relacionen con el tema.

-Se analizaron los datos climatológicos de los municipios de Huamantla, Ixtacuixtla, Cuapixtla y Tlaxco, así mismo se ilustró el trabajo con gráficas, estadísticas, etc.

-Se conformaron propuestas (basadas en el ciclo climático de la lluvia) fechas de siembra y cosecha así como de cambio de semilla para ver si se obtiene una mayor producción de grano y

La tabla 2.1 muestra la duración en días de cada una de los Estados Fenológicos del maíz durante los diferentes tipos de Ciclos Vegetativos.

Siembra-Germinación:

Con suficiente humedad y a partir de los 12°C de temperatura del suelo, la semilla del maíz inicia la germinación. Las primeras raíces primarias permanecen activas a lo largo del todo ciclo vital de la planta, aunque su función va disminuyendo progresivamente en importancia. En condiciones normales de siembra, el primer nudo se halla siempre próximo a la superficie. La primera fase del desarrollo concluye, con la emisión de la tercera hoja.

Establecimiento-Crecimiento:

La fase de Establecimiento-Crecimiento se caracteriza por la emisión de hojas, la formación de la gran masa de raíces y el alargamiento de la caña que resulta muy rápido.

Floración-Fecundación:

La floración-Fecundación se inicia con el surgimiento de la inflorescencia masculina en la extremidad superior de la planta y concluye con la formación de una o más espigas en las axilas de las hojas de la parte media del tallo. El número de espigas de la planta depende, entre otras cosas de la variedad y del estado nutritivo de aquella, pero lo común es una espiga por planta. En el maíz la maduración del polen precede a la de los órganos femeninos. Para la fecundación es necesario que la temperatura sea superior a los 19 o 20 °C.

Llenado de Grano y Madurez:

La maduración del grano comprende diversas partes:

- a) **Madurez láctea:** Se presenta transcurrida la tercera semana después de la polinización, la mazorca toma el tamaño definitivo, se forman los granos y aparece el embrión; para después los granos llenarse con una sustancia lechosa, rica en azúcares.
- b) **Madurez pastosa:** Al final de la quinta semana después de la polinización la sustancia lechosa se transforma en almidón
- c) **Madurez completa:** Hacia el final de la octava semana después de la polinización el grano alcanza su madurez completa conocida como madurez fisiológica.
- d) **Madurez muerte.** A medida que va perdiendo humedad la mazorca toma un color castaño que es sinónimo de la madurez muerte.

Para la madurez del grano se necesita un ciclo vegetativo más largo con un verano soleado con ocasionales precipitaciones y un otoño seco (Centro de Investigaciones Agrarias, 1980).

Tabla 2.1 Ciclos Vegetativos del Maíz

<i>Estados Fenológicos del Maíz</i>	<i>Días(Ciclo Vegetativo Precoz)</i>	<i>Días(Ciclo Vegetativo Medio)</i>	<i>Días(Ciclo Vegetativo Tardío)</i>
<i>Siembra-Germinación</i>	<i>0-5 días</i>	<i>0-5 días</i>	<i>0-35 días</i>
<i>Establecimiento-Crecimiento</i>	<i>5-20 días</i>	<i>5-20 días</i>	<i>35-50 días</i>
<i>Floración-Fecundación(Necesidad de mayor cantidad de agua)</i>	<i>20-60 días</i>	<i>20-60 días</i>	<i>50-90 días</i>
<i>Llenado de Grano(Necesidad de Mayor cantidad de agua)</i>	<i>60-80 días</i>	<i>60-80 días</i>	<i>90-110 días</i>
<i>Madurez</i>	<i>80-110 días</i>	<i>80-140 días</i>	<i>110-170 días</i>

Fuente: Centro de Investigaciones Agrarias, 1980

Elección de la variedad:

La elección de la variedad adecuada es la decisión más importante que debe tomar el agricultor. Los factores a tener en cuenta en la elección son:

- Precocidad.
- Capacidad productiva y adaptabilidad
- Posibilidad de germinar a bajas temperaturas y el alto vigor juvenil.
- Resistencia a plagas y enfermedades.
- Adaptabilidad a la mecanización.
- Destino de la futura cosecha.

En México, el primer intento serio y sistemático de coleccionar e identificar a las razas del maíz que existen en el país, se debe a Wellhausen, Roberts y Hernández (1970). Estos investigadores identificaron 32 razas, de cada una de las cuales señalan sus principales características, su posible genealogía, su comparación con ancestros, razas más cercanas y su distribución geográfica (*Centro de Investigaciones Agrarias, 1980*).

Dentro de estas razas existen diferentes variedades y clases de maíz, las principales que se utilizan en Tlaxcala son:

Maíz Pepitilla: De color blanco uniforme. Su producción se ubica en los estados de Morelos, Guerrero, Oaxaca y **Tlaxcala**

Maíz Blanco Tierra Fría: De color blanco con ligero matiz amarillento. Se produce en el Estado de México y en los estados de **Tlaxcala**, Puebla, Querétaro, Hidalgo, Chihuahua y Durango.

Maíz Ancho Blanco Se cosecha en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas, Veracruz Quintana Roo, Yucatán, Tabasco, Baja California Norte, Sonora, Colima, Jalisco, Chiapas, y **Tlaxcala**.

Maíz Palomero: Se usa únicamente en la industria de la transformación y se produce en los estados de México, Puebla y **Tlaxcala**.

2.2.-Factores Edáficos:

El maíz se adapta a una amplia gama de condiciones edafológicas, pero se ve favorecido por suelos profundos, de consistencia media, con buen contenido de materia orgánica y bien drenados pero con suficiente capacidad de retención de agua.

2.3.-Factores climáticos:

Temperatura:

Las exigencias climáticas del maíz se dirigen a valores relativamente altos, no tolera el frío a no ser que se sea por tiempo corto. En primavera resiste hasta 3.5°C y en otoño hasta 1.0°C, como valores mínimos y, como se ha dicho, por breves horas, en general la tabla 2.2 muestra el rango de temperaturas viables para el cultivo del maíz.

Tabla 2.2 Rangos de temperaturas viables para el cultivo de maíz.

Temperatura Máxima:	Temperatura Media:	Temperatura Mínima
37 grados centígrados	30 grados centígrados	13 grados centígrados

Fuente: Centro de Investigaciones Agrarias, 1980.

Desde el punto de vista climático, unos de los inconvenientes del maíz para ampliar su distribución es la susceptibilidad de la planta a heladas, quizá por su origen tropical, lo que obliga a los agricultores a introducir variedades de ciclo muy corto donde éstas se presentan ya que el maíz pierde la viabilidad (fertilidad) de su polen a los 5°C.

Humedad:

Es exigente en cuanto a suministro de agua y no le es suficiente la humedad invernal de los campos. Es necesario que llueva durante el ciclo vegetativo o que se le administre agua mediante riego, esto indicará que se trata más bien de un cultivo de regadío.

Se considera al maíz más eficiente que la mayoría de los cultivos para el aprovechamiento de humedad, requiere 370 partes de agua para producir una parte de materia seca en grano y rastrojo, lo anterior, indica que las necesidades de agua del cultivo en condiciones óptimas son de 800 a 1200 mm durante su ciclo vegetativo (Alarcón Velazco, 1985).

Para nuestro país, donde la mayor parte del maíz se cultiva en temporal, la cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores fundamentales para la producción de maíz. La escasez de agua en cualquier etapa de desarrollo de la planta afectará a la cosecha, pero se ha confirmado que la deficiencia de agua en el suelo durante el período de floración y en el inicio de llenado de grano es particularmente crítica para el rendimiento de grano en maíz

Esta observación es muy importante ya que en algunas regiones de nuestro país se presenta la canícula o veranillo. Inicialmente Mosiño (1984) al estudiar al fenómeno que llamó sequía intraestival estableció que la causa de la sequía al medio verano obedece a cambios en la circulación de la atmósfera que año con año tienen lugar en el Golfo de México. Recientemente Magaña (1984) y Medina (1997) han encontrado que la sequía intraestival no es una forma de variabilidad intraestacional, sino que es parte del ciclo anual, ya que ocurre sistemáticamente en la parte sur central de México, Centro América y algunas regiones del Caribe, siempre durante la misma época del año. En el Pacífico del Este es donde la canícula es más intensa, justo donde se localiza durante el verano una importante lente alargada de mar relativamente caliente. El fenómeno en cuestión tiene una duración diferente, dependiendo del área de que se trate y el mínimo de precipitación puede caer en junio, agosto o septiembre, estos son los meses en que el maíz sembrado entre Febrero y Junio llega a las etapas críticas en que la escasez de agua afecta directamente al rendimiento.

Otro aspecto importante para la producción de maíz en México, es la precipitación total anual. El promedio general de lluvias en México, alcanza 700-717 mm, el cual es bastante bajo y sitúa al país en su conjunto en los límites de la agricultura de temporal con bajos rendimientos. La escasez de agua no afecta en forma simultánea a todo el país sino que enormes extensiones del norte, noroeste, centro y sur sufren de sequía absoluta y relativa, por eso se observan notorios contrastes entre los sitios donde se precipita más de 4,500 mm al año como en algunas regiones de Chiapas, 3,500 mm en el sur de Tabasco y 2,500 mm en el sudeste de Veracruz por un lado y solamente 800 mm en Tlaxcala, 700 mm en los

valles centrales de Oaxaca y centro de Sinaloa, 400 mm en Zacatecas y menos de 100 mm en Mexicali y la mayor parte de Baja California. (Bassols B. 1988).

Las áreas donde se puede lograr buenas cosechas deben disponer de precipitación pluvial bien distribuidas y que acumulen más de 800 mm de lluvia entre los meses de mayo a noviembre.

2.4 Técnicas de cultivo empleadas:

Para una buena nacencia y posterior desarrollo de la planta, además de emplear semilla de calidad, es necesario que el terreno este bien labrado y fertilizado, que la fecha de siembra y su ejecución sean las adecuadas, que se aplique el riego adecuado con las necesidades de la planta y que se realicen los tratamientos fitosanitarios y técnicas complementarias.

La Siembra:

El maíz requiere un lecho de siembra mullido en profundidad sin apelmazamientos , con buena aireación y buen drenaje. Las principales labores para la preparación del terreno son:

-Labores con volteo mediante subsulador (profundidad del volteo de 30-40 cm.), para agricultura manual.

-Labores con volteo con vertedera seguido de gradas o rastras alternando con pases de rodillo (profundidad del volteo de 40-50 cm.), para agricultura mecánica. Se cual fuera la labor escogida, no hay que olvidar que debe trabajarse con el suelo húmedo (después de 7 a 10 días de precipitación) y que hay que tratar de minorar al máximo el número de pasadas para evitar la compactación del terreno.

Métodos de Siembra:

1.-Manual: Este método a su vez se puede realizar de dos formas, golpe a golpe y a chorrillo.

-Golpe a golpe la semilla es colocada a golpes (se dejan 2-3 semillas por golpe).

-A chorrillo (los granos se depositan uno a uno y a una distancia más o menos regular).

2.-Mecánica: Es el método más aconsejable y el más empleado ya que se mejoran las condiciones de siembra y se disminuyen la necesidad de mano de obra. En este tipo de siembra se pueden emplear :

-Sembradoras convencionales: “a golpe o a chorrillo”.

-Sembradoras de Precisión: distribuyen la semilla en el surco de una en una, la distancia entre semilla es de 1 m^2 y la del surco es de 85 cm a 90 cm, y se utiliza 20 kg de semilla por hectárea para sembrar(Agrícola de la Riva S.L, 2000).

Es recomendable el empleo de sembradoras de hasta 4 líneas para explotaciones de 30-50 hectáreas. Para explotaciones mayores se recomienda el empleo de máquinas de hasta 8 líneas. Para todos los casos la profundidad de la siembra es de 5 cm.

Una de las fuentes de error más comunes al sembrar se produce cuando la estación o período de lluvias llega tardía, ya que muchos agricultores intentan ponerse al corriente con las fechas de cosecha y van demasiado rápido. La velocidad imprime un grado de variabilidad en todos los aspectos del proceso de siembra y dificulta aún más la adecuada colocación de la semilla.

La Fertilización:

Fertilizante Nitrogenado:

El maíz es exigente respecto a la fertilización del suelo el suministro adecuado de nitrógeno provoca:

- Crecimiento vigoroso de todas las partes de la planta, tomando esta una coloración verde intensa debida a la abundancia de clorofila.
- Mayor resistencia a plagas y enfermedades.
- Intensa actividad asimiladora en las hojas, lo que se traduce en una excelente cosecha tanto en calidad como en cantidad.
- Mayor resistencia al encamado al ser cañas más rígidas y consistentes.

La aplicación del abono debe de ser del 40% del total , al mes y medio de la siembra y el 60% restante cuando las plantas tengan una altura de 40 a 80 cm. La siguiente aplicación es de Urea y se incorpora en la segunda labor que corresponde a los 45 días después de la siembra y se le llama labra (Agrícola de la Riva S.L, 2000).

Abonado Fosfórico:

Un buen suministro de fosfatos se traduce en :

- Mejoramiento en el empleo del nitrógeno, especialmente en las primeras etapas de crecimiento del vegetal.
- Acelera al crecimiento en la primera edad y mejora la resistencia contra el frío.
- Incrementa la floración y por lo tanto la fecundación y favorece el desarrollo de la mazorca y el grano.

El abonado fosfórico hay que realizarlo con suficiente antelación a la siembra, aplicándolo en el volteo y enterrándolo posteriormente (Agrícola de la Riva, S.L, 2000).

Abonado Potásico:

El contenido adecuado de potasio en el suelo provoca:

- Resistencia a las heladas y a la sequía.
- Resistencia al encamado
- Aumenta la actividad fotosintética y la actividad respiratoria.
- Resistencia a las enfermedades.

La Recolección:

La cosecha de maíz puede tener dos destinos bien diferenciados, maíz para grano y maíz para forraje.

La obtención del grano se puede realizar de dos maneras:

- Arranque y deshojado manual y su posterior desgranado.
- Arranque, deshojado y desgranado simultáneo con máquinas específicas.

El maíz para forraje se realiza también en forma manual y mecanizada.

En forma manual se obtiene el picado con machete.

-En forma mecanizada se emplearan las segadoras-picadoras que realizan el picado de la planta y a la vez lanzan al producto picado sobre una tolva o remolque (Agrícola de la Riva, S.L, 2000).

Conservación del grano de maíz ya cosechado.

Para tener una alto rendimiento cualitativo y cuantitativo, la cosecha deberá iniciarse inmediatamente después del término del ciclo vegetativo del maíz para evitar heladas o infestaciones de plagas. Los métodos de conservación del grano del maíz son necesarios

para tratar de evitar pérdidas. El método más adecuado en este caso y que resulta relativamente barato es el de Secado y Almacenamiento manual:

Cuando se alcanza la madurez fisiológica del grano, éste posee una humedad del orden del 35%; a partir de ese momento, en el propio campo, se inicia el secado del maíz, es decir se inicia un proceso cuya finalidad es disminuir el contenido de humedad del grano hasta alcanzar el 14%. Este proceso consiste en airear por lo menos una semana el cultivo ya cosechado para evitar los ataques de hongos y virus en el período de almacenamiento. Una vez realizado el proceso de secado, ya se puede proceder al almacenamiento del grano. Para almacenar el grano hay que disponer de instalaciones dimensionales de acuerdo con las cantidades totales que se van a guardar y con el tiempo que el grano va a permanecer en ellas.

En función de las condiciones climáticas de la zona es aconsejable disponer en el almacén elementos que permitan la ventilación para minorar en lo posible los riesgos de pérdidas de contenido de materia seca. Las instalaciones pueden ser del tipo de celdas independientes con todas las formas existentes (circular, cilíndricas, poligonales o cuadradas). En el caso de emplear celdas circulares significa ocupar el 50% más de suelo que si se emplean las poligonales o cuadradas. Las celdas cilíndricas resisten mejor la presión del grano por lo que pueden emplearse materiales más livianos. Los materiales más empleados en la construcción de celdas son la chapa galvanizada, la ondulada y la madera. Durante la fase de almacenamiento es recomendable el empleo de productos tales como fumigantes y conservantes (Agrícola de la Riva, S.L, 2000).

Capítulo 3

Tlaxcala, Principales Características Fiso-Geográficas y Productivas.

3.1.-Localización

El estado de Tlaxcala se localiza en la zona centro-oriental de la República Mexicana entre los 97° 37'07'' y los 98° 42'51'' de longitud oeste y entre los 19° 05'43'' y los 19° 44'07'' de latitud norte. Está situado en las tierras altas del eje Neovolcánico sobre la meseta de Anáhuac y todo el estado se localiza por encima de los 2000 metros de altitud. Tlaxcala es el estado más pequeño del país, algo mayor que el Distrito Federal y cuenta con una superficie de 4,060.923 km²

Al poniente limita con el Estado de México y al noroeste con Hidalgo, el resto de su perímetro está rodeado por el estado de Puebla. Tlaxcala tiene la forma general de un rombo, con el eje mayor en sentido sureste-noroeste.

Su vértice oriental se localiza en las laderas más orientales de la sierra de Huamantla y el occidental en las de la Sierra Nevada, al norte del Iztaccíhuatl.

Sus extremos septentrional y meridional se ubican en las cumbre de dos volcanes, el Huintetépetl, al norte de Tlaxco y la Malintzin, (Malinche o Matlacuéyetl) que domina el panorama tlaxcalteca con una altitud de 4,461 metros. La figura 3.1 muestra la localización de Tlaxcala en la República Mexicana. (INEGI.1986).

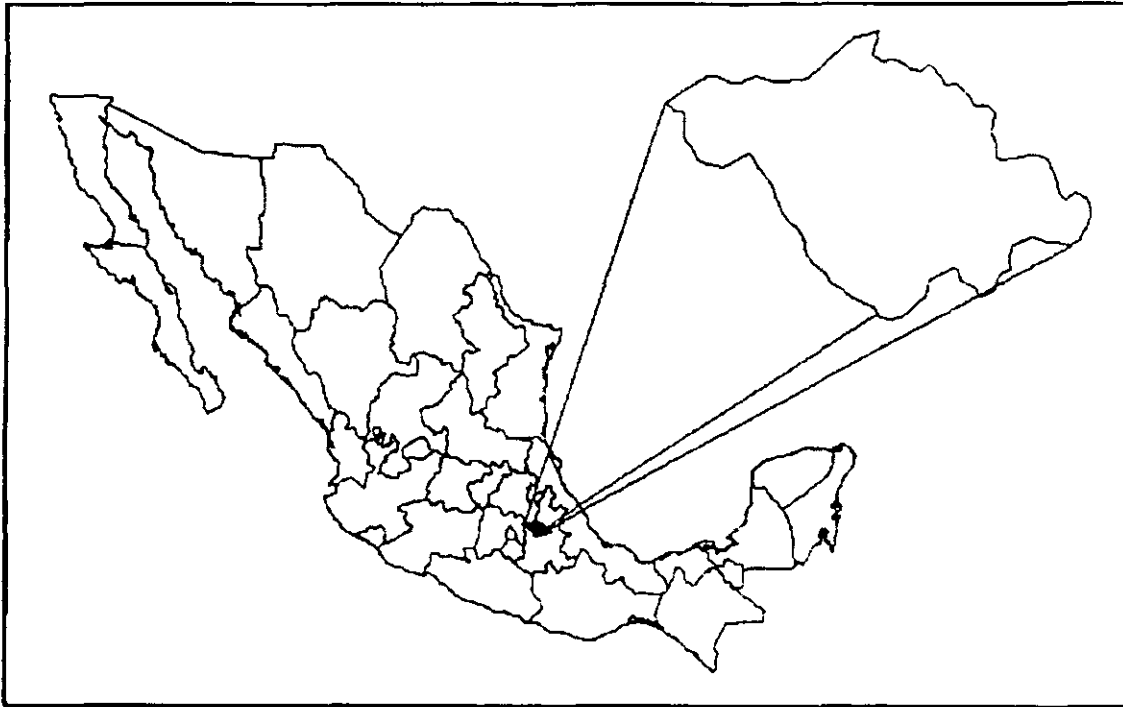


Figura 3.1 Localización de Tlaxcala en la República Mexicana
Fuente: Geografía Raquel Araujo.

3.2.-Geología

En Tlaxcala predominan las rocas volcánicas como las andesitas, las riolitas, los basaltos, las tobas y las brechas volcánicas. Se encuentran además sedimentos lacustres, fluviales y fluvio-glaciares. El Estado de Tlaxcala está comprendido en su totalidad dentro de la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico, por lo que su geología ha sido moldeada por la actividad volcánica la cual le ha dado al relieve un perfil característico.

Las unidades estratigráficas más antiguas del Estado son las rocas sedimentarias, en particular los depósitos clásticos formados en un ambiente continental lacustre, que de

acuerdo con su litología son clasificadas como asociaciones alternantes de areniscas y limolitas y de areniscas y calizas. Es posible que estas rocas pertenezcan al Terciario Inferior ya que se encuentran cubiertas por derrames andesíticos y tobas intermedias del Terciario Superior (Mioceno).

Las riolitas y tobas ácidas, que se encuentran restringidas a unos cuantos afloramientos dentro del Estado, pertenecen al Terciario superior (Plioceno). En este mismo periodo los agentes de denudación fluviales y fluvio-glaciares iniciaron una intensa actividad que condujo a la nivelación de un relieve activo formándose así grandes cuerpos de depósitos fluvio-glaciares (brechas sedimentarias) en las faldas de los volcanes andesíticos como la Malinche.

La actividad volcánica basáltica comenzó en el terciario Superior y alcanzó una gran intensidad en el Cuaternario (Pleistoceno) dejando distribuidas numerosas estructuras volcánicas relativamente pequeñas. Durante los últimos derrames basálticos que hubo en Tlaxcala se cerraron algunos valles y se formaron cuencas derréicas, algunas de las cuales siguen siendo rellenadas por productos de denudación del relieve, esto es, por aluviones y depósitos lacustres.

Las estructuras geológicas más importantes de Tlaxcala son volcánicas, entre ellas se destaca la Malinche como uno de los seis estratos volcánicos más grandes del país. En toda la entidad se encuentran numerosas estructuras volcánicas menores de tipo basáltico. Además de los volcanes, en el Estado se presentan otras estructuras como fallas y fracturas

que han contribuido a modelar el relieve del mismo y que están íntimamente asociadas a la actividad volcánica y tectónica continental (INEGI 1986).

3.3.-Suelos

El paisaje de Tlaxcala se compone de extensos llanos que se alternan con sierras y edificios volcánicos y con lomeríos formados también por rocas ígneas extrusivas. Los suelos tlaxcaltecas muestran una gran influencia del vulcanismo muchos de ellos están constituidos en su totalidad por vidrio y arena volcánica. Los tepetates son abundantes, afloran y subyacen a los suelos someros tienen también un origen volcánico.

La variedad de tipos de suelo se debe fundamentalmente a la constitución litológica y al clima de la zona. En la provincia predominan las rocas ígneas extrusivas básicas, aunque hay zonas con rocas ígneas extrusivas intermedias y ácidas, el clima imperante es el templado subhúmedo C (w₂) por lo que no existe una gran diversidad edáfica.

En las sierras del norte del Estado los suelos son de origen residual, con un desarrollo incipiente o moderado, con textura media o arenosa. En la sierra de Tlaxco dominan suelos con profundidad menor a 10 cm (Litosoles) asociados a una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes (Feozems).

En el cerro Huintetépetl y en la parte norte de la sierra de Huamantla los suelos son derivados de cenizas volcánicas (Andosoles húmicos) y presentan en su superficie una capa de color oscuro o negro rica en materia orgánica, pero, ácida y pobre en nutrientes. Este tipo de suelos se presentan asociados con el Litosol y con el Regosol dístico que es un

suelo infértil y ácido. En la parte central de la sierra domina el Feozem háplico, suelo moderadamente fértil y limitado por una fase dura o lítica profunda que se encuentra sólo o asociado con suelos someros como el Litosol y con suelos de textura arenosa del tipo Regosol eutríco.

Los suelos de la meseta escalonada son lomeríos, que se ubican al sur de Huamantla, son de origen residual y coluvial, entre ellos se encuentran los Cambisoles eutrícos y los Regosoles. En los lomeríos predominan los Regosoles eutrícos asociados a Litosoles o suelos oscuros como el Feozem háplico.

En las lomas y llanos de la zona centro del Estado, los suelos son de origen residual y abundan los suelos del tipo Feozem háplico asociado a Litosol, en los llanos dominan el Feozem y el Cambisol y en algunas zonas se presentan asociados a Vertisol pélico que son suelos de color gris oscuro o negro, muy arcilloso y que en épocas de sequía forman grietas anchas y profundas y cuando hay humedad son suelos pegajosos.

En la región conocida como llanos de Apan y Pie Grande prevalece la fase dúrica conocida como tepetate sobre la cual se desarrollan suelos oscuros bien desarrollados, Feozems háplicos solos o asociados a Cambisol, Litosol y Vertisol pélico.

En la Sierra de la Malinche se presentan suelos de origen residual y volcánicos, abundan los Regosoles eutrícos, calcáricos y dítricos de textura arenosa, se encuentran con menor frecuencia Fluviosoles eutrícos asociados a Cambisoles y Litosoles. En las cercanías del volcán se presentan Andosoles mólicos aunque muy reducidos, son suelos de desarrollo moderado, derivados de cenizas volcánicas con una capa superficial oscura o negra rica en materia orgánica y nutrientes. A diferencia de esta unidad, en la Sierra Nevada dominan

suelos con una capa superficial de color oscura o negra, rica en materia orgánica pero ácida y pobre en nutrientes del tipo de Andosoles y Cambisoles húmicos.

En los lomeríos ubicados en el llano de Apan y el bloque de Tlaxcala destacan los suelos de desarrollo moderado del tipo Feozem háplico solos o con asociación con Cambisoles eutricos, regosoles, Litosoles y Vertisoles pélicos. La meseta o bloque de Tlaxcala está constituida básicamente por suelos de textura media en los que predomina el Cambisol eutrico asociado con Regosol y Litosol, limitados por una fase dúrica, profunda o pedregosa.

En el valle de Tlaxcala-Puebla los suelos dominantes son Fluvisoles eutricos de origen aluvial asociados con Feozems, regosoles y Cambisoles, al sur y sudoeste de esta zona se presentan suelos hidromórficos de origen lacustre denominados Gleysoles calcáridos, mólicos y vérticos que limitan el desarrollo de los cultivos de esa zona. Estos suelos se encuentran asociados con Fluvisoles eutricos y Feozmes gléyicos (*INEGI 1986*).

3.4.-Clima

El clima es un factor importante que influye sobre la distribución de la vegetación y sus componentes florísticos debido a que depende de una serie de elementos tales como la temperatura, la precipitación y la humedad, así como a la dirección y a la fuerza de los vientos. Otros factores a considerar, sobre todo a nivel regional serían la topografía y principalmente la altitud.

En Tlaxcala (Figura 3.2) se presentan dos tipos climáticos: el grupo de climas templados y el grupo de climas fríos (INEGI 1986). Se puede decir que en general, el estado posee climas templados subhúmedos con lluvias de verano. Las precipitaciones medias mensuales son más abundantes en la zona centro sur, donde oscilan entre los 600 y 1,200 mm, mientras que en las regiones noreste y oriente la cantidad de lluvia acumulada es de 500 mm anuales.

El grupo de climas templados presenta dos subgrupos el templado(Cw) y el semifrío (CE). El primer subgrupo (Cw), se presenta particularmente en los valles y llanuras, su temperatura media anual está entre 12 y 18°C, este subgrupo cubre alrededor del 84% de la superficie del Estado y se presenta en tres modalidades diferentes con respecto al grado de humedad y al porcentaje de lluvia de invierno.

El segundo subgrupo está caracterizado por un régimen térmico medio anual menor a 12°C, la precipitación media anual está entre 700 a 1,000 mm con un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 mm. Este subgrupo ocupa aproximadamente el 15% de la superficie estatal y se presenta en dos modalidades distintas considerando su porcentaje de lluvia invernal: climas fríos (CE), (W₂), (w) y muy frío (ETH) el segundo tipo se caracteriza por presentar una temperatura media menor a 6.5°C y se localiza en la cumbre de la Malinche cubriendo alrededor de 1% de la superficie total de la entidad (INEGI 1986).

Heladas y Granizadas

La descripción de las heladas y granizadas se realiza de acuerdo con las zonas definidas por el clima y se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

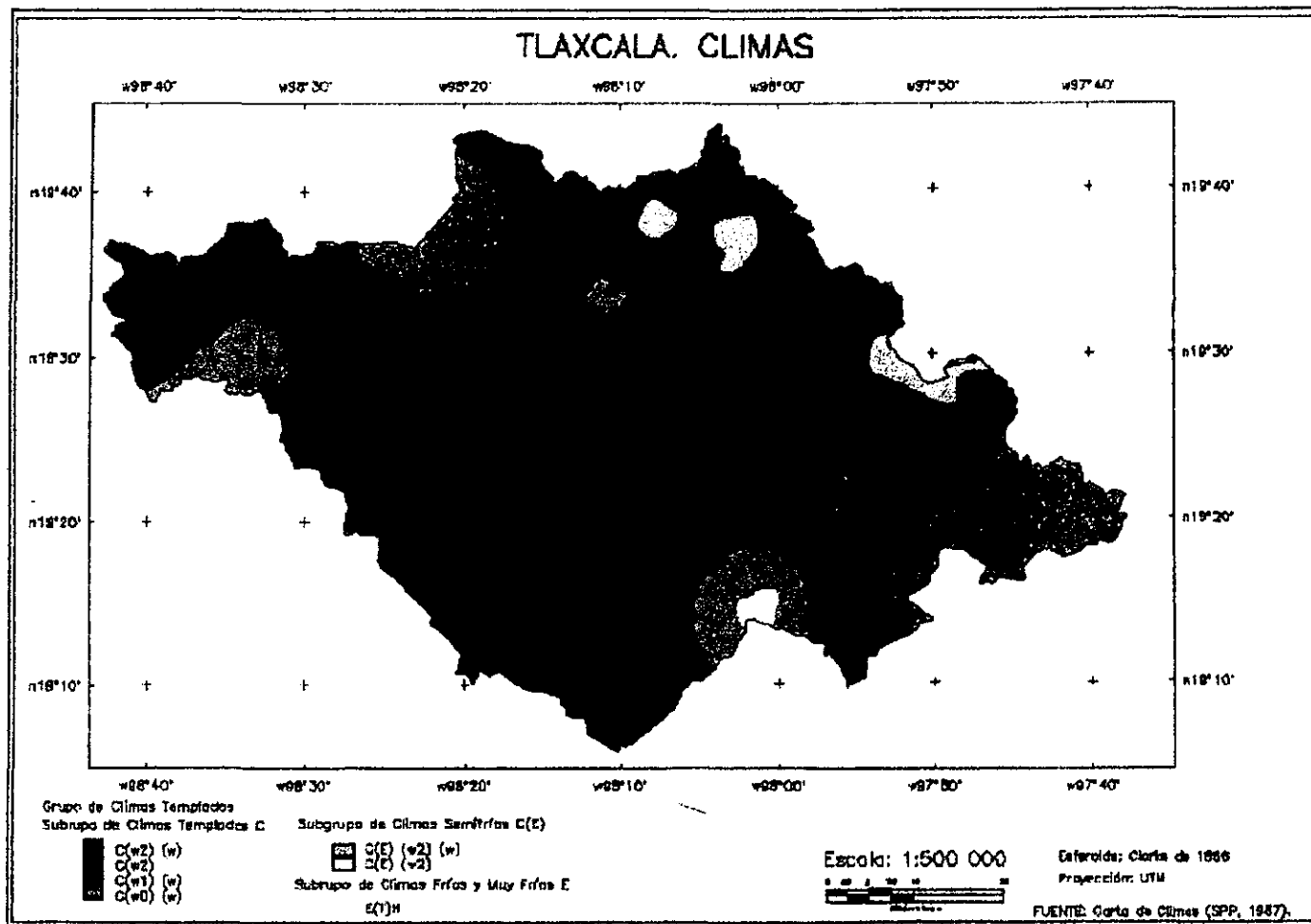


Figura 3.2. Climas de Tlaxcala según la clasificación de Köppen.

a) *Heladas*: En los climas templados C(w), las heladas se presentan casi siempre con una frecuencia de 20 a 40 días al año, aunque hay años con heladas durante 140 a 150 días. En los climas semifríos (CE) la frecuencia de heladas se encuentra dentro del rango de 80 a 100 días al año, con extremos hasta de 140 y 160 días durante algunos años. La máxima incidencia de este fenómeno se registra durante los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero.

b) *Granizadas*: Graniza de 2 a 4 días al año, en promedio, sobre 40% del estado, aproximadamente; en especial en las zonas donde imperan climas templados subhúmedos C(w₂) y en una pequeña porción de aquellas en las que rigen los semifríos (CE).

Un 30% del estados tiene en promedio de 0 a 2 días al año con granizo, en zonas de climas templados subhúmedos (Cw₂). En otras zonas donde se presenta el clima semifrío (CE) es el 15% con granizadas de 4 a 6 días al año. Este fenómeno no guarda un patrón de comportamiento definido y está asociado con el de la lluvia. Su máxima incidencia se presenta en los meses de Julio y agosto. (INEGI 1999).

3.5.-Vegetación

El Estado de Tlaxcala queda inscrito dentro de la provincia florística denominada "Provincia de la Altiplanicie" que se extiende desde Chihuahua, Coahuila hasta Jalisco, Michoacán, estado de México, Tlaxcala y Puebla.

En el Estado se han reconocido diez tipos de vegetación definiendo como tipo de vegetación a un grupo de plantas que pueden ser reconocidas fisonómicamente como unidad y que es más o menos estable. Con base en la Vegetación de Tlaxcala (Acosta, P, et

al,1991) a continuación se describen de manera sinóptica los tipos de vegetación presentes en el Estado.

- a) *Bosque*: Incluye tipos de vegetación arbórea con pocas especies dominantes, frecuentemente una a dos. Se localizan principalmente en zonas montañosas, templadas y frías en donde hay humedad suficiente para mantener a una comunidad arbórea.
- b) *Bosque de Pino*: Se caracteriza por la dominancia de especies arbóreas pertenecientes al género *Pinus*. En Tlaxcala los bosques de pino son relativamente pobres en especies y en extensión. En la actualidad los pinares sólo se encuentran en las zonas del Volcán de la Malinche, en el cerro de las Mesas, en el cerro del Peñón y en elevaciones localizadas en los municipios de Calpulalpan y Mariano Arista que limitan con Puebla y el Estado de México así como Terrenate. El pino (*pinus hartweggi Lindl*) se encuentran en los bosques que forman el último nivel arbóreo de la cima de la Malinche.
- c) *Bosque de Abetos u Oyameles*: Comunidad bien definida, se presenta generalmente entre los 2,800 y 3,500 metros sobre el nivel del mar (m s n m), sobrepasando en ocasiones estos límites, casi siempre se encuentra en suelos profundos, bien drenados, ricos en materia orgánica y húmedos durante casi todo el año. Su distribución se encuentra limitada a pequeñas porciones sobre las laderas de los cerros El Rey, el Peñón, Huitlapizco, cerros aledaños al Villarreal, Emiliano Zapata así como a las Barrancas de la Malinche.
- d) *Bosque de encino*: Son comunidades características de las zonas montañosas de México, en el Estado de Tlaxcala prosperan desde los 2,200 a los 3,000 (m s n m) sobre suelos profundos de origen volcánico o someros como los suelos de tepetate y calizos que se encuentran en la región central del Estado. Existen varios tipos de encinares que

sólo difieren en la especie dominante. Fisonómicamente se caracterizan por ser de tallas intermedias, en su mayoría alcanzan alturas de 8 a 15 m.

- e) *Bosque de Junípero*: Se trata de una comunidad abierta y baja que en algunas ocasiones apenas y ameriza el término de bosque. Ocupa extensiones relativamente grandes sobre la llanura central de Tlaxcala, los lomeríos bajos situados entre Apizaco-Tlaxco. El Rosario y en general sobre lugares más o menos planos localizados entre los 2,200 y 2,700 (m s n m). La especie dominante es el cedro (*Juniperus deppeana Steud*), árboles bajos de 3 a 6m de alto siempre verdes, los árboles tienen mucho espacio libre entre sí lo que favorece la presencia de arbustos y hierbas como el pirúl (*Schinus molle L.*), el tepozán (*Buddleia cordata HBK*), la uña de gato (*Mimosa biuncífera Benth.*), el chicalote blanco (*Argemone platyceras Link & Otto*), la lengua de vaca (*Reseda luteola L.*), el maguey pulquero (*Agave salmiana Gentry*), varias especies de nopales (*Opuntia spp.*), la gobernadora (*Brickelia veronicifolia Gray*), el abrojo (*Adolphia infesta Meisn.*), el capulín (*Prunus serotina Cav.*), el zacate lobero (*lycurus pleoides HBK.*) y (*Aegopogon cenchroides Humbl & Bonpl*), es muy común encontrar este bosque asociado a elementos propios del matorral xerófito y bosque de encino. Existe un tipo de muérdago (*Phoradendron minutifolium Urban*) que ha parasitado exclusivamente al cedro.
- f) *Matorral Xerófito*: Agrupa a una comunidad que se caracteriza por poseer un gran número de formas biológicas preparadas para afrontar la aridez. Son notables los diferentes tipos de plantas suculentas, los de hoja arrosetada, plantas sin hojas, los tipos gregarios o coloniales, etc.
- g) *Pastizales*: Son comunidades secundarias que se localizan siempre sobre áreas boscosas sometidas a intensos disturbios o sobre claros originados por la tala. En el Estado de

Tlaxcala se distinguen dos tipos de pastizales que se localizan desde los 2,200 hasta los 4,200 (m s n m). El pastizal más abundante está constituido por la cañuelilla que es una gramínea baja que tiende a formar manchones de tamaño considerable. Se encuentra asociado a este tipo de pastizal algunos pastos fasciculares (*amacollados*) de hasta 1m de altura siendo las especies más importantes el zacatón de zorra (*Stipa ichu*), el zacate flechilla (*S. emines Cav.*) y el zacatón (*Muhlenbergia macroura.*). Es frecuente encontrar conviviendo con este comunidad algunos árboles espaciados como sería el pirúl (*Schinus molle L.*) o cedro (*Juníperus deppeana Steud.*)

h) *Páramo de altura*: Este tipo de vegetación ocupa un área arriba de los 4,300 (m s n m) y representa la comunidad vegetal de la cima de la Malinche donde la insolación y los vientos son intensos.

i) *Vegetación halófito*: El pastizal salino alcanza su mayor desarrollo sobre dos valles cerrados, uno cercano al Carmen Tequesquitla y el otro a orilla de la Laguna de Atlangatepec.

j) *Vegetación acuática y subacuática*: existen seis cuerpos de agua importantes: Lago de Acuitlapico, Laguna de Atlangatepec, Laguna de Apizaquito, Cuenca Inundable de la Región de Tequesquitla y las Presas de la Luna y El Sol en los que se han encontrado numerosas plantas, algunas de ellas se localizan en los seis sitios mientras que otras se restringen sólo a algunos de ellos.

k) *Otros tipos de vegetación*: se han clasificado la vegetación secundaria en arvenses (*vegetación o plantas que invaden los cultivos agrícolas*) y rodeares (*plantas o comunidades vegetales silvestres características de los alrededores de los poblados, orillas de camino, basureros, etc.*), las plantas típicamente arvenses a la vez pueden comportarse como rodeares. Las especies más representativas son el bacín de perro

- c) Perdiz de Cola Larga *Macroura, Dendrortyx*. Estas aves duermen en los árboles y se alimentan y pasan el día en el suelo
- d) Codorniz Común *Colinus Virginianus*. Es la especie de caza más importante de México, también es una ave de granjas agrícolas ya que su principal alimento es el maíz.

Mamíferos

- a) Tlacuache. *Didelphis Marsupialis*, Son animales omnívoros y probablemente la mayor parte de su dieta esté constituida por insectos y otros invertebrados. Los nativos de diversas partes de México le confieren propiedades medicinales al tlacuache, particularmente a la grasa de su cola.
- b) Armadillo. *Dasypos Novemcinctus*, Son animales que comen insectos que habitan el suelo, sus principales atributos son su coraza y su habilidad para cazar. Debido al buen sabor de carne el animal es cazado en toda su área de distribución.
- c) Torda. *Lepus Callotis, Liebre* En México se cazan las liebres principalmente como fuente de alimento. Su alimentación preferida son los retoños de las plantas y las yemas de diversos arbustos y árboles.
- d) Coyote. *Canis Latrans* De los carnívoros mexicanos es el que se observa con mayor frecuencia. Es una especie que ha resultado beneficiada con la expansión de la población humana.
- e) Mapache. *Procyon Lotor* Es uno de los pocos mamíferos que se localizan en casi todo el territorio nacional. Son omnívoros.

f) Gato Montés *Lynx rufus*,. Es un depredador natural que se ha acomodado muy bien a las condiciones de las tierras colonizadas. Su alimentación se basa en roedores y conejos.

De los estudios de *Rodríguez y Barcenás* (1988) así como de *Vázquez* (1987) con respecto a la introducción de cultivos de organismos acuáticos en la Presa de Atlangatepec se pueden identificar los siguientes organismos:

Ajolote (*Ambystoma*), Rana (*Montezumae*) , Charal (*Chirostoma Jordani*) , Carpa Israel (*Ciprinus Carpio*) y al Acocil (*Cambarellus Montezumae*).

Entre la fauna asociada a los Cultivos, *Altieri y Trujillo* (1987) señalan al Frailecillo (*Macroductylos*) que constituye una plaga común de los cultivos de maíz. A la Gallina Ciega (*Phyllophaga*) y a los artrópodos del follaje representados por diversos tipos de Escarabajos correspondientes a las especies *Hippodamia Convergens*, *Koebli*, *Coccinella* y *Scymnus*, varios hemípteros de los géneros *Orious* y *Nabis*, moscas de las familias *Syrphidae* y *Lycosidae* así como Arañas de las familias *Lycosidae*, *argiopidae*, *Tetragnatidae*, *Salticidae* y *Thomisidae* que son frecuentes en las plantas.

3.7.-Hidrología e Infraestructura Hidroagrícola

La mayor parte de Tlaxcala, (3,051.370 km²) en sus porciones centro y sur están comprendidos dentro de la región hidrológica Río Balsas. Un área de 750.092 km² al noroeste de la entidad es parte de la región Alto Pánuco y la región de Tuxpan-Nautla cubre 259.461 km² del noroeste del Estado.

El Río Balsas conocido también como Atoyac, Mezcala o Zacatula es uno de los más importantes del país, nace a unos 40 km. al norte de la Ciudad de Tlaxcala en los límites del estado de Puebla. En sus orígenes se llama Río Zahuapan y al confluir con el Atoyac a unos 10 km. al norte de Puebla toma este último nombre. Penetra en Izúcar de Matámoros y después de unir sus aguas con las del Río Mixteco se le llama Río Poblano, atraviesa los estados de Morelos y Guerrero recibiendo varios afluentes hasta que desemboca en el Océano Pacífico.

El Río Atoyac, que da origen al Balsas, se forma a partir de los escurrimientos que bajan por la vertiente norte del Iztaccíhuatl desde una altitud de 4,000 (m s n m), en los límites de los Estados de México y Puebla. La corriente toma el nombre de Río Atoyac desde que se une con los Ríos Tlahuapan y Turín. En esta cuenca se localizan las ciudades de Puebla, Atlixco y Tlaxcala, ésta es la región de la cuenca más densamente poblada. Sus afluentes intermedios son el Río Atoyac-San Martín Texmelucan, el lago Totozingo y el Río Zahuapan. Este último río es la principal corriente de Tlaxcala, tiene su origen en los escurrimientos que descienden de la vertiente sur del accidente orográfico conocido como Sierra de Puebla. Escurre inicialmente al sudeste hasta la población de Atlangatepec en el que construyó el vaso de almacenamiento de San José Atlanga. Dentro del estado de Tlaxcala, el curso del Río Zahuapan es irregular hasta que confluye con el Río Atoyac.

El desarrollo industrial de la entidad en los últimos años ha provocado problemas de contaminación, ya que únicamente cuenta con un cuerpo receptor, el Río Zahuapan. El municipio de Chiautempan contamina por sus industrias textiles, le sigue en grado de contaminación el sector de celulosa y papel ubicado en la zona de Apizaco.

En esta región hidrológica en la que ubican la mayoría de los almacenamientos de Tlaxcala, destaca entre ellos la presa de San José Atlanga, la más importante del Estado, con una capacidad de 54,430,000 metros cúbicos, se utiliza para irrigar 16,000 hectáreas, beneficia a 1,200 familias. Le siguen en importancia las presas Cárdenas y San Fernando con 3,200,000 metros³ y 2,700,00 metros³ de capacidad, respectivamente (INEGI 1986).

3.8 Sistemas de cultivos tradicionales en Tlaxcala

Se define a la agricultura tradicional como *“una colección de conocimientos empíricamente generados por agricultores de muchas generaciones que se han comunicado de alguna forma, particularmente directa, entre padres e hijos”* (Trautmann 1991).

En México existen múltiples sistemas de agricultura tradicional, y a pesar de que se presentan dificultades en la reconstrucción de las formas de cultivo indígenas por el carácter fragmentario de los documentos y a la fisonomía uniforme de sus vestigios, que hace necesaria la combinación de métodos históricos, arqueológicos y geográficos para la identificación y datado de dichos tipos de cultivos, existen trabajos que permiten generar una descripción de los mismos.

Trautmann elaboro una descripción de los sistemas tradicionales agrícolas en la Mesa Central y Tlaxcala clasificándolos en tres tipos con base en el balance hídrico de los suelos siguiendo el esquema adoptado por los agrónomos. Los tres tipos son:

3.8.1.-Cultivo de temporal:

En el cual el aprovechamiento de la tierra depende de la temporada de lluvias, lo que permite, en general, sólo una cosecha al año. En las sierras periféricas de la Mesa Central todavía se emplea el sistema de roza, que se caracteriza por el abandono de los campos después de un período de explotación de pocos años, principalmente se cultiva el maíz en el período de lluvias dejando los campos abandonados durante el invierno. Poco se sabe si los indígenas conocían períodos de barbechos más largos, que consisten en la tala y quema de la vegetación existente para su posterior cultivo donde el periodo de descanso de la tierra es igual o menor al de la siembra e incluye el suministro de insumos para la conservación de la fertilidad del suelo y modificación de la fisonomía del terreno para evitar o disminuir los efectos de la erosión que permite la regeneración del suelo.

Hay evidencias de que el cultivo de temporal se encontraba conectado a la construcción de terrazas en los cerros. Al norte de Tlaxcala, los taludes de las terrazas son frecuentemente verticales y estaban cubiertos con muros de piedras de cal y fragmentados de tepetate. En el resto del estado dominan terrazas sin muros y con taludes de inclinación más ligera, en la mayoría de los casos, presentan un foso en el margen superior, se observan también filas de magueyes en los cerros.

Debido a la presencia de bosques sobre vestigios de terrazas es posible calcular la antigüedad de las mismas. Asimismo, el hallazgo de restos de cerámicas asociadas a ellas permiten suponer a los arqueólogos que éstas fueron construidas sobre terrazas aún más antiguas. Otro rasgo que sustenta tal afirmación es la presencia de fosos sobre las terrazas más actuales, hecho que no se presenta en las más primitivas.

Según Kaerger Trautmann (1991) las terrazas con fosos y magueyes son innovaciones más recientes que fueron difundidas a finales del siglo XIX y que se usaban con el objeto de impedir la erosión del suelo y para el incremento de las cosechas, pero los mapas y planos de la época colonial muestran que la técnica de plantar los bordes de las terrazas con magueyes ya era conocida.

3.8.2.-Cultivo de riego:

En este tipo la falta de humedad debida a la temporada de secas se compensa por la introducción de agua en los campos a través de diversas técnicas. En este caso, se pueden obtener cuando menos dos cosechas al año. Se cree que pocos lugares tenían cultivos de riego importantes que probablemente ya existían antes de la conquista como serían Temoac y Zacualpan en el sudoeste del Popocatepetl en donde la agricultura se basaba en el riego.

En la agricultura de riego se pueden encontrar tres modalidades, la más temprana incluye la construcción de canales que partían de arroyos y represas, también se perforaban jagüeyes (fosos) en las que se acumulaba el agua para el riego a mano. Otra modalidad implicaba el riego por gravedad utilizando diferentes inclinaciones en los canales y finalmente el tercer sistema de cultivos de riego implicaban la inundación de las zonas de cultivo y su posterior desagüe.

3.8.3.-Cultivo de humedad:

Se presenta en zonas pantanosas y la humedad de los suelos es tan abundante que se requieren métodos de drenaje permanente para poder usarlos. En este caso se pueden generar varias cosechas por año. En las áreas de los pueblos indígenas los cultivos de

humedad están representados por la chinampa, denominación que abarca diversos tipos de cultivos que pueden distinguirse según las condiciones hidrológicas, las técnicas que se usan para ganar tierra y los métodos para explotar las parcelas.

Un primer tipo se origina en las riberas de las lagunas, dentro de un rectángulo delimitado se acumulaba tierra y lodo hasta que la superficie de la parcela surgía del agua, entonces se plantaban ahuejotes (*Salix bonplandiana* HKB) en sus márgenes para consolidar el nuevo campo de cultivo.

Un segundo tipo consiste en camellones que tienen entre 35 y 95 metros de largo por 4 metros de ancho separados de otros camellones por fosos. Como rasgo característico presentan una curvatura ligera en su superficie que rebasa en metro y medio el nivel de los fosos.

En general una unidad de chinampa de este tipo incluía entre 8 y 30 camellones, varias unidades forman a su vez complejos mayores delimitados por fosos más profundos. En la actualidad, los principales sistemas agrícolas que se practican son: el de temporal, con tracción animal o motorizada; el de riego por gravedad, aspersión o brazo; el de terrazas; el de huertos familiares y del humedad en barrancas. Para la producción se emplean insumos tanto modernos como de origen tradicional.

Otra característica de la agricultura tradicional es que quienes la practican tienen un íntimo conocimiento de su medio, obtenido a través de observaciones continuas en su entorno. Tal

conocimiento permite que los productores intenten pronosticar los cambios climáticos por medio del comportamiento de ciertos fenómenos u objetos.

Aunque ya se menciona en el Planteamiento del Problema de Investigación, es conveniente reiterar que los dichos populares referentes al comportamiento climático observado por los productores constituyen otra fuente de conocimiento empírico que fortalece a la cultura tradicional con respecto a los cultivos. Refranes como “lluvias de abril, granos mil” y “marzo florido, año perdido” determinan la importancia de la selección de las fechas de siembra como resultado de la modificación de los patrones de lluvias.

Además de las prácticas anteriores en diversas comunidades campesinas de Tlaxcala se mantiene los mitos en torno a la agricultura y se realizan rituales específicos que mezclan elementos de origen prehispánico con otros provenientes del catolicismo mexicano.

En conclusión se puede resumir que:

1.-La agricultura en Tlaxcala es una amalgama de sistemas y técnicas modernas con sistemas y técnicas tradicionales, estas últimas son el resultado de una combinación de aspectos físicos, bióticos, culturales, económicos y sociales.

2.-La agricultura tradicional de las poblaciones tlaxcaltecas se caracteriza por tener un profundo conocimiento de su entorno ecológico y por el manejo integral de los recursos bióticos del microambiente en el que se desarrolla.

3.9 Características Generales de Huamantla, Ixtacuixtla, Cuapixtla y Tlaxco (Area de estudio).

3.9.1.-Localización

Los municipios de estudio se localizan entre los 19° 29' y los 19° 22', latitud norte y entre los 98° 04' y los 98° 11', longitud oeste (INEGI, 1993). Se encuentran a una altura de 2,420 metros sobre el nivel del mar. (m s n m). La figura 3.3 muestra la División Municipal del Estado.

3.9.2.-Agricultura:

La agricultura es por hoy una de las actividades más importantes del Estado de Tlaxcala, aunque se desarrolla dentro de un marco poco favorable debido a las graves limitaciones físicas y climáticas, como la erosión, que afecta vastas superficies, y las lluvias, que son escasas, irregulares y mal distribuidas. A pesar de esto, más de la mitad de la superficie estatal ésta dedicada a la agricultura de temporal 2,767.117km² y una pequeña parte a la agricultura de riego 152.227km² lo que significa un porcentaje del 82.6% con respecto a la superficie del estado. La agricultura de temporal se lleva a cabo principalmente en los municipios de Huamantla, Ixtacuixtla, Cuapixtla y Tlaxco sobre suelos medianamente profundos y fértiles, con pendientes menores de 6% y sin obstrucción superficial, lo que permite la labranza mecanizada y con tracción animal. La principal forma de labranza en estos municipios es por tracción animal y es mínimo el uso de fertilizantes y pesticidas. Se desarrolla principalmente en partes de las faldas del volcán Matlacuéyatl, en la meseta o bloque de Tlaxcala y en los lomeríos y llanos del centro. La Tabla 3.3 muestra los cultivos

de temporal que se destinan principalmente al comercio nacional y regional así como su rendimiento.

La agricultura de riego aunque su área es reducida reporta grandes rendimientos. Está distribuida a lo largo del corredor llano, en el valle de las laderas tendidas y en los lomeríos y llanos del centro, sobre suelos generalmente profundos y fértiles.

Se utiliza el riego por gravedad y por aspersión; la labranza es mecanizada y en ocasiones, de tracción animal y manual. El uso de fertilizantes y pesticidas es generalizado. La Tabla 3.4 muestra los cultivos de riego así como su rendimiento, que en su mayoría son de ciclo anual y semiperennes, se destinan al comercio nacional y regional:

Tabla 3.3 Cultivos de temporal

CULTIVO DE TEMPORAL	RENDIMIENTO (KG./HA)
maíz	600-2,000
frijol	500
haba	500
arvejón	800
papa	9,000
Cebada, avena y alfalfa	600

Fuente: INEGI, 1996

Tabla 3.4 Cultivos de Riego

CULTIVOS DE RIEGO	RENDIMIENTO (KG/HA)
calabacita	1,500
acelga	2,500
epazote	2,000
espinaca	6,500
rábano	6,000
jitomate	7,000-7,300

Fuente: INEGI, 1996

Capítulo 4

Análisis Económico Productivo del maíz por Décadas en Tlaxcala

4.1 Método

El método para obtener el análisis económico en Tlaxcala se efectuó con la aplicación de la metodología y los conceptos presentados en el libro titulado “Estudio Regionales” de Javier Masías (1982).

4.1.1 Costos de Producción

Hay dos rubros en los Costos de Producción Agrícolas:

- a) Costos Variables: Fertilizantes, renta de la tierra, fungicidas, semillas, etc.
- b) Costos Fijos: Administración, renta, luz, etc.

Los costos de producción analizados fueron: de la semilla, fertilizantes (costos variable) y mano de obra (costo fijo), a continuación se explican:

1.-La siembra total de la semilla se obtiene multiplicando la cantidad de semilla utilizada por Has por la superficie de siembra, es decir:

$$ST(Ton)=S(Has)\times SS \quad (4.1)$$

Donde ST(Ton) es la siembra total de semilla, S(Has) es la cantidad de semilla de utilizada por Has y SS es la superficie de siembra.

2.-El costo total de la semilla se obtiene multiplicando la siembra total de semilla en toneladas por el precio de la semilla por tonelada, es decir:

$$CTS(\$)=ST(Ton)\times PST(\$) \quad (4.2)$$

Donde CTS(\$) es el costo total de la semilla, en pesos (moneda nacional); ST(Ton), siembra total de semilla, en toneladas, y PST(\$) precio total de la semilla, en pesos por tonelada.

3.-La cantidad total de fertilizante utilizada en toneladas se obtiene multiplicando el fertilizante utilizado por Has por la superficie de siembra, es decir:

$$CTF(Ton)=F(Has)\times SS \quad (4.3)$$

Donde CTF(Ton) es la cantidad total de fertilizante utilizada en toneladas, F(Has) es el fertilizante utilizado por Has. y SS es la superficie de siembra

4.-El costo total del fertilizante se obtiene multiplicando la cantidad total de fertilizante en toneladas por el precio del fertilizante por tonelada, es decir:

$$CTF(\$)=CTF(Ton)\times PFT \quad (4.4)$$

Donde CTF(\$) es el Costo Total del Fertilizante en Pesos, CTF(Ton) es la Cantidad Total del Fertilizante en toneladas y PFT es el Precio del Fertilizante por Tonelada.

3.-El costo de mano de obra: Las actividades analizadas fueron, Labor de volteo, siembra y fertilización, escarda, deshierbe, cosecha, secado, desgrano, encostado y barbecho postcosecha. Cada una de las actividades tiene un costo por hectárea el cual es multiplicado por la superficie sembrada.

Una vez desglosados los costos de producción se hace la suma total de ellos.

4.1.2 Relación Costo-Beneficio

Para obtener una relación del costo-beneficio en la producción agrícola es necesario conocer los siguientes datos: a) superficie cosechada, b) rendimiento en toneladas por hectárea, c) precio a la venta en el mercado del producto agrícola por tonelada y d) costo de la producción.

Además, usando los datos anteriores, es necesario calcular las siguientes cantidades: la producción total en toneladas, la producción total en pesos, los ingresos por la comercialización del producto, la utilidad del producto, la rentabilidad del producto y el porcentaje del beneficio en la producción. En la siguiente sección (4.2) se calcularán dichas cantidades para las décadas de los años 70's, 80's y 90's y se hará un análisis comparativo de la relación costo-beneficio en estas décadas.

A continuación se explica como se obtienen estas cantidades económicas:

1.-La producción total en toneladas se obtiene multiplicando el rendimiento de Toneladas por hectárea por la superficie cosechada en hectáreas:

$$PT(Ton)=R \times SC \quad (4.5)$$

Donde PT(Ton) es la producción total en toneladas, R es el rendimiento en toneladas por hectárea y SC es la superficie cosechada en hectáreas.

2.-Para obtener la producción total en pesos se multiplica la producción total en toneladas por el precio a la venta en el mercado del producto agrícola por tonelada, es decir:

$$PT(\$)=PT(Ton) \times PV(\$) \quad (4.6)$$

PT(\$ es la producción total en esos, PT(Ton) es la producción total en toneladas y PV(\$ es el precio a la venta del producto agrícola en pesos.

3.-Para calcular los ingresos obtenidos por la comercialización del producto se hace de la siguiente manera: A la producción en pesos obtenida de la fórmula 4.6 se le resta los costos de producción, es decir:

$$I=PT(\$) - C \quad (4.7)$$

Donde I es el Ingreso, PT(\$ es la producción total en pesos y C es el costo de la producción.

4.-La utilidad de un producto agrícola se obtiene al restar el precio a la venta del producto agrícola menos el precio de la semilla por tonelada, el resultado se multiplica por la siembra total de la semilla por tonelada, es decir:

$$U= PV(\$)-PST(\$) \times ST(Ton) \quad (4.8)$$

Donde U es la utilidad en pesos, PV(\$) es el Precio a la venta del producto agrícola en el mercado, PST(\$) es el precio de la semilla por tonelada y ST(Ton) es la siembra total de la semilla por tonelada

5.-Para obtener la rentabilidad de un producto agrícola se obtiene al dividir la utilidad obtenida entre sus costos de producción

$$R = \frac{U}{C} \quad (4.9)$$

donde R es la rentabilidad.

- a) Cuando la rentabilidad resulta menor a cero, nos indica que la utilidad o ganancia obtenida es menor a los costos de producción, por lo que no podemos cubrir dichos costos.
- b) Cuando la rentabilidad es igual a cero, se mantiene una situación de equilibrio entre ingresos y costos.
- c) La rentabilidad positiva señala la existencia de ganancia monetaria para el productor.

5.-Para obtener el porcentaje del beneficio en la producción se hace de la siguiente manera: Los ingresos obtenidos por la comercialización del producto, determinado de la fórmula (4.7), se dividen entre la producción total en pesos y se multiplica por 100, es decir:

$$B(\%) = \frac{I}{PT(\$)} \times 100 \quad (4.10)$$

donde B(%) es el porcentaje del beneficio.

4.2-Relación Costo-Beneficio en las décadas de los años 70's, 80's y 90's.

4.2.1 Década de los años 70's

En la década de los años 70's existía en Tlaxcala los Ejidoa que tenían en su propiedad grandes extensiones de tierra dedicadas a la agricultura tradicional, (siembra manual y empleo de animales para el arado) la superficie de siembra oscilaba entre 11,226.97 Has. en Huamantla y 2023.11 Has. en Tlaxco.(V Censo Agrícola-Ganadero y Ejidal del INEGI 1979).

El principal cultivo, es y era el maíz de temporal, utilizándose la semilla de la región, (variedades) y se sembraba con una población de 10,000 plantas por Has.

Estas variedades típicas producen mazorcas de 19 centímetros de longitud y para conseguir esta densidad de población la distancia entre surco y mata es de un metro, se colocan tres granos por golpe aclarando, (cortando) dos plantas por mata después de la primera escarda (actividad de escarbar alrededor de la plántula de maíz y fertilizarla 30 días después de la siembra), utilizando 18 kilogramos de semilla por Has.

En cuanto a fertilizantes únicamente utilizaban el abono de los animales, ya que no fue que hasta la mitad de los años 80's que con la Revolución Verde el gobierno canalizó al campo subsidio por la vía de paquetes agrícolas, semillas híbridas con fertilizantes químicos con el principal objetivo de motivar el uso y compra de dichos insumos. (Agendas técnicas agrícolas para Tlaxcala SAGAR 1978).

Las tablas 4.5, 4.6, 4.7, y 4.8 muestran la estimación aproximada del costo de material (semilla y fertilizante) para los cuatro municipios Cuapixtla, Huamantla, Ixtacuixtla y Tlaxco con las variedades de maíz V26-A, V-23, VS-22 y V-25 respectivamente. Se puede observar que no se utilizaba fertilizante químico y en los Ejidos el pago de mano de obra era en especie no en dinero, otorgándoles un parte mínima de la producción para autoconsumo, por lo que este costo no fue considerado en las tablas.

Tabla 4.5 Estimación aproximada en Costo de Material del Municipio de Cuapixtla, Tlaxcala de los años 70's en una superficie sembrada de 3,440.44 Ha.

SEMILLA ABONO	CANTIDAD UTILIZADA POR HECTAREA S(Has) F(Has)	CANTIDAD TOTAL UTILIZADA ST(Ton) CTF(Ton)	PRECIO DE LA SEMILLA Y DEL ABONO POR TONELADA		COSTO TOTAL DE LA SEMILLA Y DEL ABONO CTS(\$) CTF(\$)
			PST(\$)	PFT(\$)	
V26-A	18 kg.	61.92 Ton.	N\$ 9.50		N\$ 588.24
estiércol	26 kg.	89.45 Ton.	N\$ 1.06		N\$ 94.81
CANTIDAD TOTAL Y COSTO TOTAL DEL MATERIAL	44 kg.	151.137 Ton	N\$ 10.56		N\$ 683.05

Fuente: Anayatzín Mendoza Castro.

Tabla 4.6 Estimación aproximada en Costo de Material del Municipio de Huamantla, Tlaxcala de los años 70's en una superficie sembrada de 11,226.97 Ha.

SEMILLA ABONO	CANTIDAD UTILIZADA POR HECTAREA S(Has) F(Has)	CANTIDAD TOTAL UTILIZADA ST(Ton) CTF(Ton)	PRECIO DE LA SEMILLA Y DEL ABONO POR TONELADA		COSTO TOTAL DE LA SEMILLA Y DEL ABONO CTS(\$) CTF(\$)
			PST(\$)	PFT(\$)	
V-23	18 kg.	202.08 Ton.	N\$16.50		N\$3,334.32
estiércol	26 kg.	291.90 Ton.	N\$ 1.06		N\$ 309.41
CANTIDAD TOTAL Y COSTO TOTAL DEL MATERIAL	44 kg.	493.98 Ton	N\$17.56		N\$3,643.73

Fuente: Anayatzín Mendoza Castro.

Tabla 4.7 Estimación aproximada en Costo de Material del Municipio de Ixtacuixtla, Tlaxcala de los años 70's en una superficie sembrada de 3,735.89 Ha.

SEMILLA ABONO	CANTIDAD UTILIZADA POR HECTAREA S(Has) F(Has)	CANTIDAD TOTAL UTILIZADA ST(Ton) CTF(Ton)	PRECIO DE LA SEMILLA Y DEL ABONO POR TONELADA		COSTO TOTAL DE LA SEMILLA Y DEL ABONO CTS(\$) CTF(\$)
			PST(\$)	PFT(\$)	
VS-22	18 kg.	67.25 Ton.	N\$12.70		N\$854.075
estiércol	26 kg.	97.14 Ton.	N\$ 1.06		N\$102.97
CANTIDAD TOTAL Y COSTO TOTAL DEL MATERIAL	44 kg.	164.39	N\$13.76		N\$957.045

Fuente: Anayatzín Mendoza Castro.

Tabla 4.8 Estimación aproximada en Costo de Material del Municipio de Tlaxco, Tlaxcala de los años 70's en una superficie sembrada de 2,023.11 Ha.

SEMILLA ABONO	CANTIDAD UTILIZADA POR HECTAREA S(Has) F(Has)	CANTIDAD TOTAL UTILIZADA ST(Ton) CTF(Ton)	PRECIO DE LA SEMILLA Y DEL ABONO POR TONELADA PST(\$) PFT(\$)	COSTO TOTAL DE LA SEMILLA Y DEL ABONO CTS(\$) CTF(\$)
V-25	18 kg.	36.41 Ton.	N\$8.30	N\$302.20
estiércol	26 kg.	52.60 Ton.	N\$1.06	N\$ 55.75
CANTIDAD TOTAL Y COSTO TOTAL DEL MATERIAL	44 kg.	89.01 Ton.	N\$9.36	N\$357.95

Fuente: Anayatzín Mendoza Castro.

Las tablas 4.9., 4.10, 4.11 y 4.12 contienen el análisis económico de la relación Costo-Beneficio para los cuatro municipios Cuapixtla, Huamantla, Ixtacuixtla y Tlaxco, respectivamente. Los municipios muestran un rendimiento (segunda columna) promedio de 843 kg. por Has., por lo que la agricultura de temporal en los años 70's estaba considerada como de autoconsumo y no comercial. El porcentaje que hay en el beneficio (última columna) resulta en promedio de 55.2%, lo que indica una rentabilidad en promedio de -0.79%, es decir que no se cubren los costos de producción y no hay una ganancia pues se obtiene una utilidad en promedio (octava columna) de N\$-1,207.70

Tabla 4.9 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio para el municipio Cuapixtla, Tlaxcala en los años 70's.

Super. Cosec (Ha) SC	Rendí. (Ton × Ha) R	Cantidad Cosec. (Ton) PT(Ton)	Precio del grano de Maíz V-26 × Ton (N\$) PV(\$)	Produc. Total (N\$) PT(\$)	Costo de Producción (N\$) C	Ingreso (N\$) I	Utilidad (N\$) U	Renta. R	Benef. (%) B(%)
3,293.21	0.80	2,634.56	.640	1686.11	683.05	1003.06	-548.70	-0.8%	59.48

Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Tabla 4.26 Estimación aproximada en el costo de material del municipio de Huamantla, Tlaxcala de los años 90's en una superficie sembrada de 16,367.50 Ha.

SEMILLA ABONO	CANTIDAD UTILIZADA POR HECTAREA S(Has) F(Has)	CANTIDAD TOTAL UTILIZADA ST(Ton) CTF(Ton)	PRECIO DE LA SEMILLA Y DEL ABONO POR TONELADA PST(\$) PFT(\$)	COSTO TOTAL DE LA SEMILLA Y DEL ABONO CTS(\$) CTF(\$)
H-30	25 kg.	409.18 Ton.	N\$ 18,000.00	N\$ 7,365,240.00
estiércol	26 kg.	425.55 Ton	N\$ 1,170.00	N\$ 497,893.50
Nitrato de Amonio	130 kg.	2,127.77 Ton.	N\$ 2,512.00	N\$ 5,344,958.20
Superfosfato Triple	40 kg	654.70 Ton	N\$ 2,676.00	N\$ 1,751,977.20
Cloruro de Potasio	130 kg.	2,127.77 Ton.	N\$ 3,656.00	N\$ 7,779,127.10
CANTIDAD TOTAL Y COSTO TOTAL DEL MATERIAL	216 kg.	5,744.97 Ton.	N\$ 28,014.00	N\$22,739,196.00

Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Tabla 4.27 Estimación aproximada en el costo de material del municipio de Ixtacuixtla, Tlaxcala de los años 90's en una superficie sembrada de 5,401.16 Ha.

SEMILLA ABONO	CANTIDAD UTILIZADA POR HECTAREA S(Has) F(Has)	CANTIDAD TOTAL UTILIZADA ST(Ton) CTF(Ton)	PRECIO DE LA SEMILLA Y DEL ABONO POR TONELADA PST(\$) PFT(\$)	COSTO TOTAL DE LA SEMILLA Y DEL ABONO CTS(\$) CTF(\$)
H-28	25 kg.	135.029 Ton.	N\$ 18,000.00	N\$ 2,430,522.00
estiércol	26 kg.	140.43 Ton	N\$ 1,170.00	N\$ 164,303.10
Nitrato de Amonio	130 kg.	702.15 Ton.	N\$ 2,512.00	N\$ 1,763,800.80
Superfosfato Triple	40 kg	216.04 Ton	N\$ 2,676.00	N\$ 578,123.04
Cloruro de Potasio	130 kg.	702.15 Ton.	N\$ 3,656.00	N\$ 2,567,060.40
CANTIDAD TOTAL Y COSTO TOTAL DEL MATERIAL	216 kg.	1,895.799 Ton.	N\$ 28,014.00	N\$ 7,503,809.34

Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Tabla 4.28 Estimación aproximada en el costo de material del municipio de Tlaxco, Tlaxcala de los años 90's en una superficie sembrada de 9,437 Ha.

SEMILLA ABONO	CANTIDAD UTILIZADA POR HECTAREA S(Has) F(Has)	CANTIDAD TOTAL UTILIZADA ST(Ton) CTF(Ton)	PRECIO DE LA SEMILLA Y DEL ABONO POR TONELADA PST(\$) PFT(\$)	COSTO TOTAL DE LA SEMILLA Y DEL ABONO CTS(\$) CTF(\$)
H-311	25 kg.	235.90 Ton.	N\$ 16,000.00	N\$ 3,774,400.00
estiércol	26 kg.	254.30 Ton	N\$ 1,170.00	N\$ 287,001.00
Nitrato de Amonio	130 kg.	1,226.80 Ton.	N\$ 2,512.00	N\$ 3,081,721.60
Superfosfato Triple	40 kg	377.40 Ton	N\$ 2,676.00	N\$ 1,009,922.40
Cloruro de Potasio	130 kg.	1,226.80 Ton.	N\$ 3,656.00	N\$ 4,485,180.80
CANT.TOTALY COSTOTOTAL DEL MATERIAL	216 kg.	3,321.20.	N\$ 26,014.00	N\$12,638,225.80

Fuente: Anayatzín S. Mendoza Castro.

En las tablas 4.29, 4.30, 4.31 y 4.32 se desglosa el costo de mano de obra para cada uno de los municipios respectivamente.

Tabla 4.29 Estimación aproximada del costo de mano de obra del municipio Cuapixtla, Tlaxcala de los años 90's en una superficie sembrada de 7,828 Ha.

ACTIVIDAD	COSTO × HA	COSTO × SUPERFICIE SEMBRADA
Labor de Volteo	N\$ 16.00	N\$ 125,248.00
Siembra y Fertilización	N\$ 26.00	N\$ 203,528.00
1era.Escarda (30 días después de la siembra)	N\$ 10.00	N\$ 78,280.00
1erDeshierbe(40 días después de la Siembra)	N\$ 24.00	N\$ 187,872.00
Cosecha, Secado, Desgrano y Encostalado	N\$ 200.00	N\$1,565,600.00
Barbecho Postcosecha	N\$ 32.00	N\$ 250,496.00
COSTO TOTAL × HA Y COSTO TOTAL × SUPERFICIE SEMBRADA	N\$ 308.00	N\$2,411,024.00

Fuente: Anayatzín S. Mendoza Castro

En las tablas 4.33, 4.34, 4.35 y 4.36 se muestra un rendimiento promedio de 1.46 toneladas por Ha. Para una agricultura comercial es una producción muy baja. El porcentaje del beneficio resulta en promedio de 16.2% lo que nos indica que menos de la mitad de la producción en pesos obtenida es destinada a los ingresos y el 83.8% esta destinada a cubrir los costos de producción por lo que la rentabilidad es igual a menos cero, es decir que se cubren los costos de producción pero hay perdidas sobre nuestra utilidad neta.

Tabla 4.33 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio Municipio Cuapixtla, Tlaxcala de los 90's

Super. Cosec (Ha) SC	Rendf. (Ton × Ha) R	Cantidad Cosec. (Ton) PT(Ton)	Precio del grano de MaízV- 26 × Ton (N\$) PV(\$)	Produc. Total (N\$) PT(\$)	Costo de Producción (N\$) C	Ingreso (N\$) I	Utilidad (N\$) U	Renta. R	Benef (%) B(%)
7.582	1.62	12,282.84	1,275	15,660,621	12,894,740.40	2,765,880.60	-2,881,682.5	-0.22	17.66

Tabla 4.34. Análisis Económico Relación Costo-Beneficio Municipio Huamntla, Tlaxcala de los años 90's

Super. Cosec (Ha) SC	Rendf. (Ton × Ha) R	Cantidad Cosec. (Ton) PT(Ton)	Precio del grano de MaízV- 26 × Ton (N\$) PV(\$)	Produc. Total (N\$) PT(\$)	Costo de Producción (N\$) C	Ingreso (N\$) I	Utilidad (N\$) U	Renta. R	Benef (%) B(%)
16,071.08	1.35	21,695.95	1,552.72	33,687,735.48	27,780,386	5,907,349.48	-6,729,898.03	-0.24	17.53

Fuente: Anayatzín S. Mendoza Castro

Tabla 4.35 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio Municipio Ixtacuixtla, Tlaxcala de los años 90's

Super. Cosec (Ha) SC	Rendf. (Ton × Ha) R	Cantidad Cosec. (Ton) PT(Ton)	Precio del grano de MaízV- 26 × Ton (N\$) PV(\$)	Produc. Total (N\$) PT(\$)	Costo de Producción (N\$) C	Ingreso (N\$) I	Utilidad (N\$) U	Renta. R	Benef (%) B(%)
5,389.83	1.32	7,114.57	1,510	10,743,000.7	9,167,368.45	1,575,632.25	-2,226,628.21	-0.24	14.6

Fuente: Anayatzín S. Mendoza Castro.

Tabla 4.36 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio Municipio Tlaxco, Tlaxcala de los años 90's

Super. Cosec (Ha) SC	Rendf. (Ton × Ha) R	Cantidad Cosec. (Ton) PT(Ton)	Precio del grano de MaízV- 26 × Ton (N\$) PV(\$)	Produc. Total (N\$) PT(\$)	Costo de Producción (N\$) C	Ingreso (N\$) I	Utilidad (N\$) U	Renta. R	Benef (%) B(%)
9,209	1.56	14,366.04	1,275	18,316,701	15,544,822.80	2,771,878.20	-3,473,627.5	-0.22	15.13

Fuente: Anayatzín S. Mendoza Castro.

4.3 Análisis comparativo

6.3.1 Superficie de Siembra

En la década de los años 70's existía en Tlaxcala una gran superficie de siembra. Para Cuapixtla, Huamantla, Tlaxco e Ixtacuixtla la superficie total era de 20,426.4 Has.; esto debido a que existían los Ejidos, los cuales eran grandes extensiones de tierra dedicadas a la agricultura tradicional. En la década de los años 80's se reduce considerablemente la superficie de siembra de los cuatro municipios a 14,672.6 Has, esto debido a la reestructuración en la tenencia de la tierra, transformando a los ejidos en pequeñas propiedades. En la década de los años 90's hay un incremento importante en la superficie de siembra de 24,361.0 Has dando como resultado 39,033.6 Has debido a la nueva política de expansión de tierra para la agricultura que hay en el país apoyando a los agricultores de cultivos de temporal con créditos agrícolas para puedan comprar hectáreas para la siembra. La figura 4.4 muestra la superficie sembrada en hectáreas en cada uno de los cuatro municipios en los años 70's, 80's y 90's.

4.3.2 Rendimiento

En la década de los años 70's hay un rendimiento en promedio en los cuatro municipios de .842 toneladas por hectárea, utilizando semillas de la región y abono. En la década de los años 80's hay un incremento en el rendimiento de 380 kilogramos por hectárea dando como resultado un rendimiento en promedio de 1.2 toneladas por hectárea, esto debido a que en la primera mitad de los años 80's, ya con la reestructuración en la tenencia de la tierra, el gobierno mexicano vende a los campesinos paquetes agrícolas originados por la Revolución Verde, los cuales consisten en semillas mejoradas o híbridos y dos nuevos fertilizantes Nitrato de Amonio y Superfosfato Triple, conservando el estiércol utilizado en

producción es introducido originando que no haya una relación de equilibrio entre los costos de producción y los ingresos obtenidos por la comercialización del producto, ya que la rentabilidad obtenida es menor a cero, es decir, que hay pérdidas sobre la utilidad neta.

En la década de los años 90's hay una reducción todavía más grande que en la década de los años 80's pues de 6.75% baja hasta un 32.57% dando como resultado una relación de 16.2%, esto debido al nuevo paquete agrícola introducido por el gobierno llamado kilo x kilo; es decir, se compra un kilo de semilla con un kilo de fertilizante solo que la semilla híbrida exige más cantidad de fertilizante que la otorgado por el gobierno así que los agricultores son obligados a comprar más fertilizante y hasta un nuevo fertilizante Cloruro de Potasio, unido todo esto a que la semilla híbrida vendida por el gobierno es de mala calidad y por consiguiente deben comprar más semilla que en la década de los años 80's, el agricultor no pudiendo sustentar tal incremento en los costos de producción debe utilizar los créditos agrícolas empobreciéndose todavía más. La figura 4.6 muestra de manera dramática la reducción tan importante en el porcentaje del beneficio en la producción agrícola que se da en los años 90's con relación a los años 80's y 70's, en los cuatro municipios de estudio.

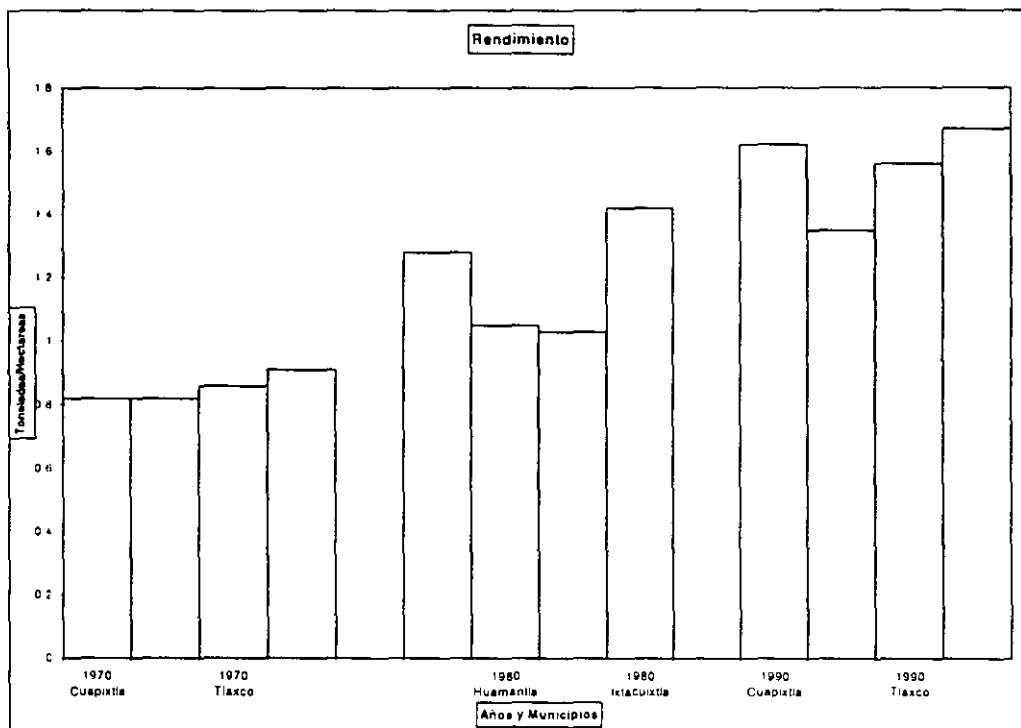


Figura 4.5 Rendimiento en Cuapixtla, Huamantla, Tlaxco e Ixtacuixtla para los años 70's, 80's y 90's obtenida de los datos del V Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal de 1970, Anuarios Estadísticos Agrícolas y Ganaderos de 1980 a 1990. Fuentes: Archivo General de la Nación, Centro de Estadística Agropecuaria SAGAR.

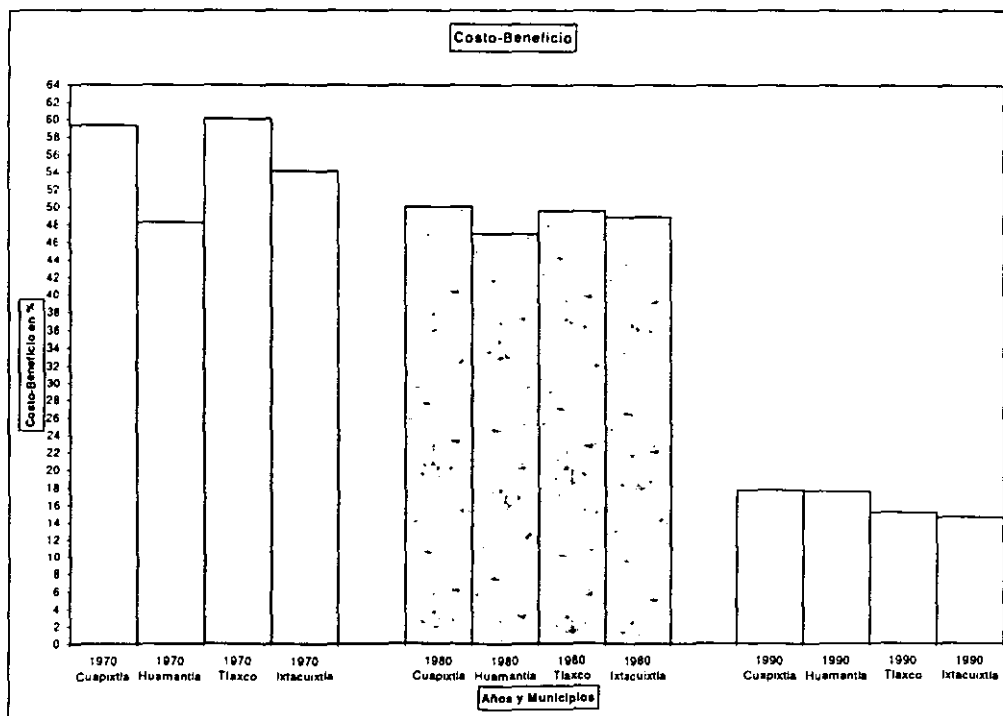


Figura 4.6 Porcentaje del beneficio en la producción agrícola, obtenido de la fórmula (4.10), para los municipios de Cuapixtla, Huamantla, Tlaxco e Ixtacuixtla en los años 70's, 80's y 90's

Capítulo 5

Año Agroclimático

5.1.-Precipitación

La producción de cultivos de temporal está determinada en gran parte por la cantidad de lluvia, bajo estas condiciones; la cuantificación de la precipitación pluvial en términos de probabilidad resulta de primordial importancia, ya que la mayoría de los casos, la lluvia es el factor clave para determinar el potencial de producción de una región dada.

El cálculo de probabilidades de lluvia tiene diferentes aplicaciones agrícolas, las que se utilizaron para este estudio fueron:

- a) Estimación de fecha de siembra, basada en una cantidad mínima de lluvia que asegure la germinación y establecimiento del cultivo.
- b) Cálculo de la cantidad mínima de lluvia que podría recibirse durante la etapa de desarrollo más crítica del cultivo (etapa reproductiva y de maduración)
- c) El uso de la precipitación para calcular la humedad en el suelo.
- d) El estudio de la relación entre la cantidad de lluvia y rendimiento, con fines de predecir el rendimiento con anticipación a la cosecha.

Para incrementar la producción de un cultivo, se requiere en primer lugar de un entendimiento de la variación en tiempo y espacio de las variables climáticas y su influencia sobre el rendimiento de los cultivos. De esta manera la cuantificación de la cantidad de precipitación pluvial en términos de probabilidades de ocurrencia y no de promedios aritméticos resulta de primordial importancia, pues la lluvia es el factor clave para determinar el potencial de producción de una región agrícola. Para el cálculo de probabilidad de lluvia pueden utilizarse diversos métodos: método de frecuencia, distribución acumulativa, distribución normal y distribución gama incompleta. En este trabajo se ha usado la distribución gama incompleta, pues con este método se puede obtener resultados más confiables. El método para calcular la distribución gama incompleta se obtuvo del libro "Metodología de Investigación Agroclimatológica" de Villalpando (1983), el método se describe en detalle en sus páginas de la 74 a 79. Para el procedimiento del cálculo se utilizaron los datos de lluvia diarios obtenidos de la Comisión Nacional del Agua (CNA). El número de estación asignado a cada municipio, así como la serie histórica y el número de años con datos de precipitación, se muestra en la tabla 5.37

Tabla 5.37 Serie histórica y número de años con datos de precipitación diaria obtenidos del CNA, para los cuatro municipios de estudio.

Municipio	No. Estación	Serie Histórica	No. años con información
Cuapixtla	29005	01-01-1964 a 31-12-1964 01-01-1967 a 31-12-1967 01-01-1970 a 31-12-1985	18 años
Huamantla	29011	01-01-1961 a 31-12-1966 01-01-1971 a 31-12-1971 01-01-1973 a 31-12-1973 01-01-1976 a 31-12-1985	18 años
Tlaxco	29032	01-01-1962 a 31-12-1962 01-01-1967 a 31-12-1968 01-01-1970 a 31-12-1970 01-01-1972 a 31-12-1975 01-01-1980 a 31-12-1984	15 años
Ixtacuixtla	29040	01-01-1975 a 31-12-1985	11 años

Fuente: Comisión Nacional del Agua CNA, 2000.

Con los datos de cada estación se obtuvieron años climatológicos con valores de lluvia acumulada en 10 días. El promedio aritmético de la precipitación acumulada en 10 días

para todo el año (año climático) en el municipio de Cuapixtla, se muestra en la figura 5.7 (línea con rombos). Según la distribución gama incompleta, la precipitación promedio para este municipio tiene una probabilidad de 41%, es decir que 4 de cada 10 años se tendrá una lluvia igual o mayor que el promedio aritmético; este resultado es poco representativo, pues una planificación agrícola basada en una probabilidad tan baja es poco confiable.

Por lo tanto, para hacer una mejor planificación agrícola, hemos estimado para cada municipio un año climático de precipitación con una probabilidad de ocurrencia de 60%.

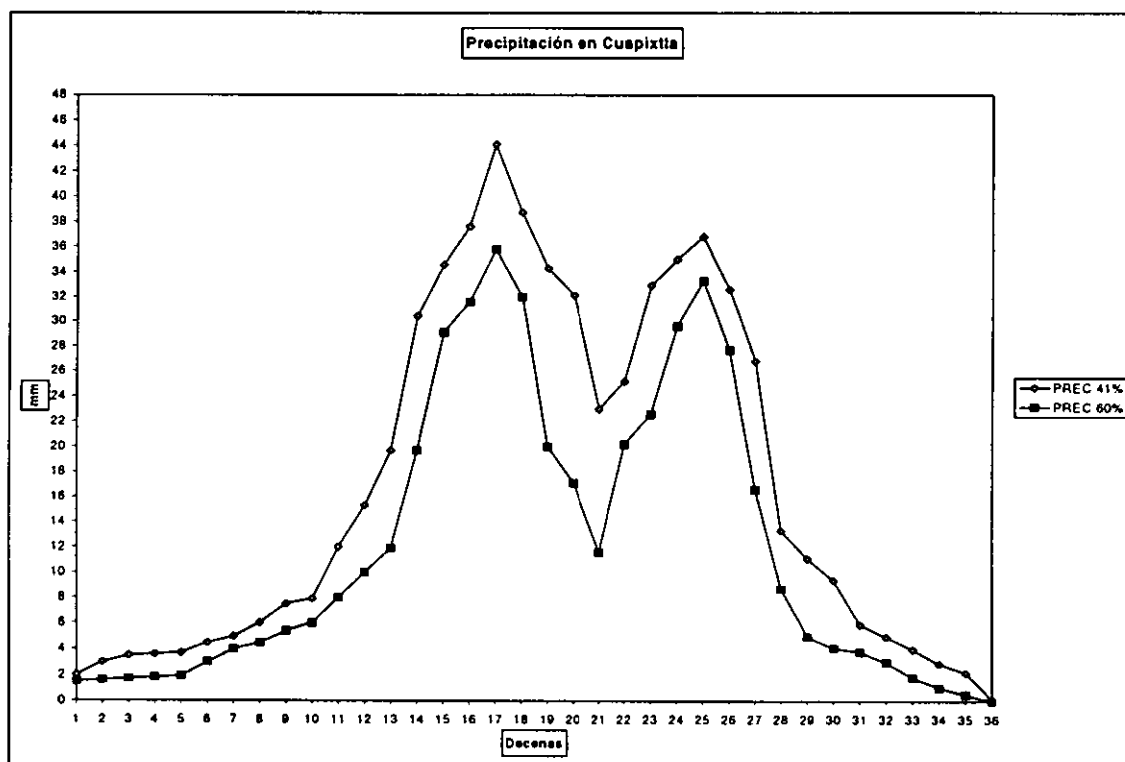


Figura 5.7 Precipitación acumulada en 10 días en Cuapixtla, basada en un período de 18 años de datos. La curva superior con rombos corresponde al promedio, el cual tiene una probabilidad del 41%, y la curva inferior con cuadros corresponde a la precipitación al 60% de probabilidad según la distribución gama incompleta. Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

La precipitación con una probabilidad de 60% para Cuapixtla, también se muestra en la figura 5.7 (curva con cuadros) junto con la precipitación promedio, notándose en ambas la sequía intraestival. En dónde la cantidad menor de lluvia en milímetros ocurre en la decena

21 (29 de Julio), cabe señalar que el estado fenológico de madurez del maíz sembrado en los municipios de estudio ocurre aproximadamente entre la decena 20 a la 26 (19 de Julio al 17 de Septiembre), tocándole el período más crítico de sequía.

5.2 Evapotranspiración

Una gran parte del agua que llega a la tierra, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, directamente por evaporación desde la superficie o a través de las plantas por transpiración.

La Evapotranspiración es el resultado por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, desde la superficie y a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, es decir, la Evapotranspiración es la suma de evaporación y transpiración y el término, sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación. Cuando ésta no existe, únicamente podrá hablarse de evaporación. (E.Custodio et all.1983)

La evapotranspiración potencial (ETP), se define como la tasa de evaporación de un cultivo sano, de altura uniforme y que cubre el suelo de manera uniforme y sin limitaciones de humedad en el suelo.

Otro concepto importante en agroclimatología es la evapotranspiración de un cultivo ETC, ésta se define como la tasa de evaporación de un cultivo creciendo sano bajo condiciones óptimas de suelo. La ETC incluye pérdida de agua por transpiración y por evaporación del suelo.

La ETC se determina por medio de la ecuación:

$$ETC = k_c \cdot ETP \quad (5.2.1)$$

Donde k_c es el coeficiente de cultivo el cual varía dependiendo de la etapa de desarrollo de la planta.

Existen métodos de balance hídrico, incluyendo los lisímetros y métodos micrometeorológicos diseñados para medir la evapotranspiración (Tanner, 1967); sin embargo, la evapotranspiración puede ser determinada a través del cálculo de la evapotranspiración potencial en donde se usan únicamente variables climatológicas.

La ETP se calcula a través de evaporímetros o usando fórmulas empíricas como la de Penman (1948) o Thornthwaite (1948). En este trabajo hemos usado la fórmula de Penman para determinar la evaporación del suelo, usando un modelo simple de balance hidrológico y para determinar la evapotranspiración del maíz a través de la ecuación (5.2.1).

El procedimiento del cálculo de la evapotranspiración potencial por el método de Penman se obtuvo del libro "Hidrología Subterránea" de E. Custodio *et al.* (1983). El método es detallado de sus páginas 327 a 329. Los datos climáticos usados, a excepción de la temperatura del aire en superficie, se obtuvieron del Atlas de la República Mexicana (1976). Para la temperatura del aire en superficie se usaron los datos diarios del CNA.

La evapotranspiración potencial, en mm, acumulada en 10 días para el municipio de Cuapixtla, se muestra en la figura 5.8, en donde se observa que los valores máximos, alrededor de 52 mm, se obtienen a finales de abril y principios de mayo (días 12 y 13) y los valores mínimos, alrededor de 36 mm, en los meses de diciembre y enero.

El período de crecimiento básicamente está determinado por la disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo y producción de cultivos. En regiones tropicales en donde la temperatura del aire no representa un problema para el cultivo, el período de crecimiento está determinado únicamente por el grado de humedad del suelo disponible para las plantas.

En cambio, en regiones templadas como lo es el estado de Tlaxcala, además de determinar el grado de humedad del suelo es necesario considerar la temperatura ambiente favorable para el cultivo.

Se ha encontrado que en climas templados, subhúmedos y con lluvias de verano, como el caso de Tlaxcala, las necesidades de agua para la adecuada germinación de los cultivos se satisfacen de manera general cuando la precipitación excede a la mitad de la ETP, concretamente cuando $P > \frac{1}{2} \text{ETP}$.

De esta manera, el inicio del período de crecimiento ocurre cuando $P > \frac{1}{2} \text{ETP}$ (Villalpando, 1983). Como inicio del período de crecimiento también puede usarse el inicio de la estación de lluvias, el cual se da cuando la lluvia acumulada en un período de 7 a 10 días es mayor o igual a los 25 mm.

Para una región de clima templado y subhúmedo la terminación del período de crecimiento ocurre cuando $P = \frac{1}{2} \text{ETP}$, el cual puede coincidir con el término de la estación lluviosa; es decir, cuando la lluvia acumulada en 7 a 10 días sea igual a 25 mm. La mitad de la evapotranspiración potencial en Cuapixtla y la precipitación al 60% de probabilidad acumuladas en 10 días; así como la temperatura mínima del aire obtenida de los datos de la

CNA, son mostradas en la Figura 5.9, de donde observamos que el inicio del período de crecimiento ($P > \frac{1}{2}$ ETP) ocurre aproximadamente en la decena 14.8 (28 de Mayo) y termina en la decena 26.5 (22 de Septiembre), dando un período de 117 días. Sin embargo, es importante hacer notar que el período de crecimiento se ve interrumpido entre la decena 18 y 19 (29 Junio y 9 Julio) por la sequía intraestival, período en el cual se da un considerable déficit de agua, y se reanuda nuevamente después de transcurridos algo más de 40 días.

En algunas regiones de Tlaxcala, estadísticamente es más probable que se den eventos de heladas con temperaturas por debajo de los 6°C (W. Ritter Ortiz, *et al.*, 1991). De esta manera el período durante el cual la temperatura mínima esta por arriba de 6°C es, es primera aproximación, un período libre de heladas.

La Figura 5.9 muestra que el período de temperaturas favorables para el cultivo está dentro del período en donde la disponibilidad de agua para el cultivo (excepto por la sequía intraestival) es favorable.

Los períodos de crecimiento para las otras tres estaciones de Huamantla, Tlaxco e Ixtacuixtla son , respectivamente de 94 días, 105 días y 108 días, siendo interrumpidos en menor o mayor grado por la sequía intraestival.

En los tres municipios mencionados se tienen temperaturas mínimas favorables superiores a 6°C dentro de los períodos considerados. El maíz sembrado en Cuapixtla, Huamantla, Tlaxco e Ixtacuixtla es el híbrido H-311, H-30, H-311 y H-28 respectivamente. En todos los casos su período de siembra a madurez es de 170 días en total. Los estados fenológicos

de estos híbridos y su período de duración son mostrados en la primera y segunda columnas de las tablas 5.38 a 5.39.

La segunda limitante que encontramos para el buen desarrollo del cultivo, después de la sequía intraestival, es que el período de siembra a madurez excede, en los cuatro municipios de estudio, al período de crecimiento; para el caso de Cuapixtla el exceso es de 53 días.

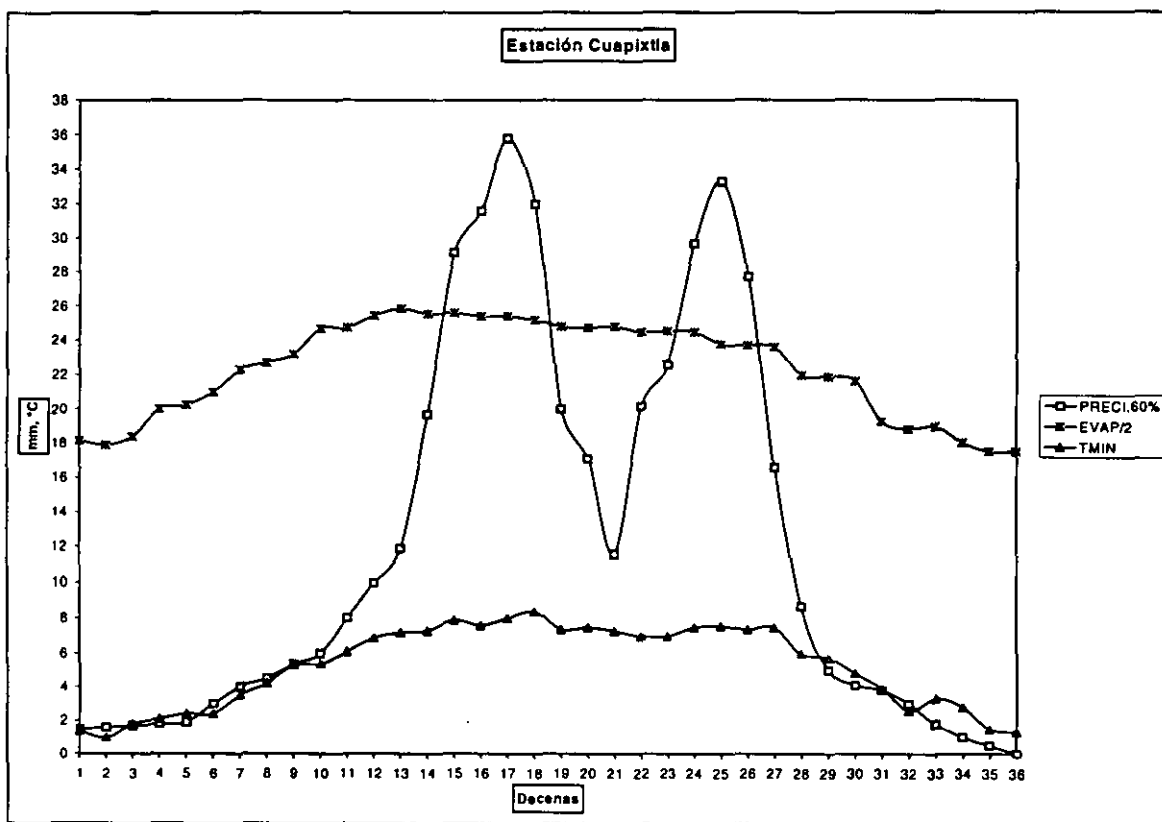


Figura 5.9 Mitad de la evapotranspiración potencial en Cuapixtla y la precipitación al 60% de probabilidad acumuladas en 10 días; así como la temperatura mínima del aire. Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

El otro problema con el que nos enfrentamos es la fecha de siembra. En el caso de Huamantla es el 1° de abril (decena 10) y para los otros 3 municipios es el 31 de Marzo (decena 9). En todos los casos la fecha de siembra está alejada más o menos 50 días del inicio de la estación de crecimiento, es decir cuando el suelo tiene un contenido de humedad pobre.

La razón de estas fechas de siembra tan pocos favorables para el cultivo obedecen a causas socio-económicas y políticas: La razón por la cual los agricultores de Tlaxcala siembran en condiciones tan desfavorables para el maíz; es por el miedo a las heladas y por no contar con recursos económicos para comprar una semilla de período más corto. La figura 5.10 es semejante a la figura 5.9, sólo que en lugar de graficar la temperatura mínima hemos representado con dos segmentos de línea gruesa los períodos de siembra-madurez, de 170 días cada uno. El primero (línea inferior) tiene su inicio en la decena 9 (31 de Marzo) que corresponde a la fecha de siembra usada tradicionalmente por los campesinos de Cuapixtla, el otro período (línea superior) tiene su inicio en la decena 15 (30 de Mayo) y corresponde a la fecha de siembra que en este trabajo se propone y que más adelante se discuten sus probables beneficios.

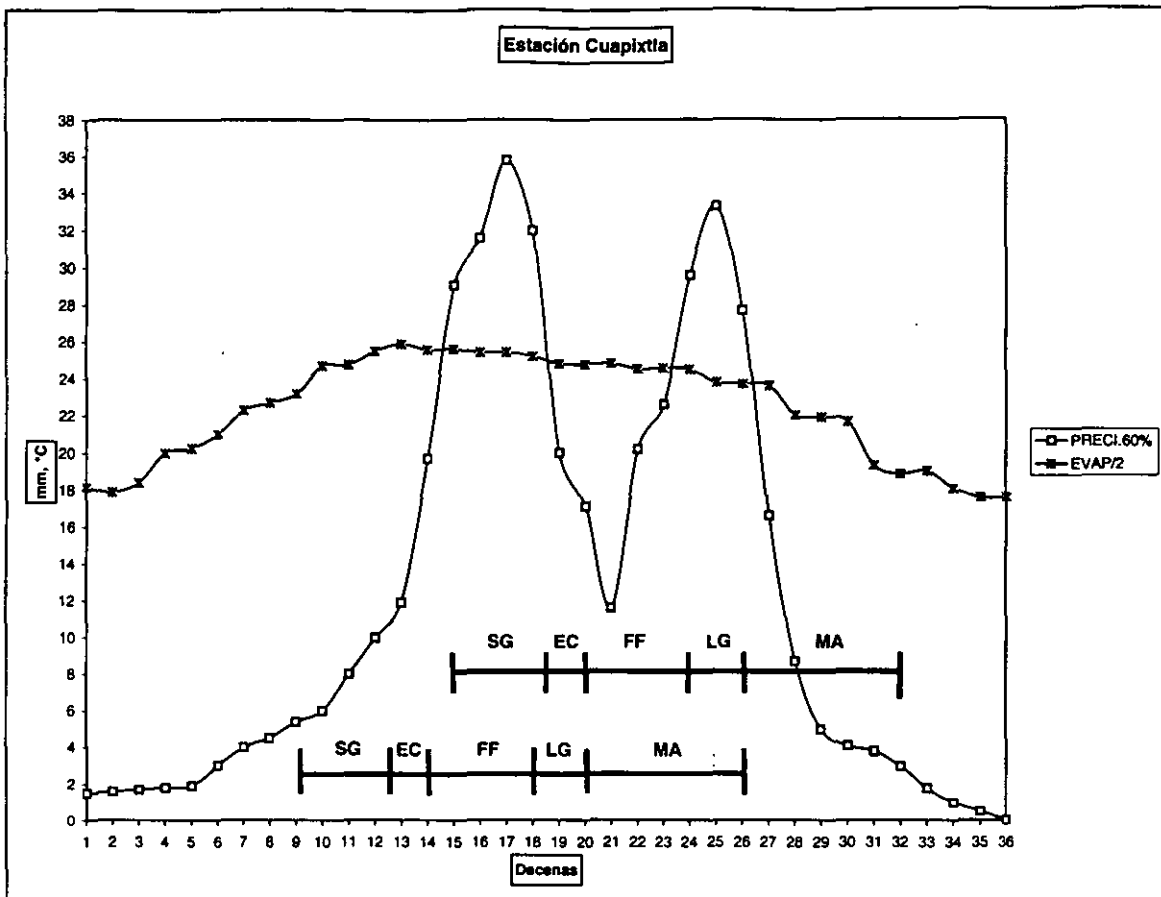


Figura 5.10 Periodos de Siembra y Madurez. Esta figura muestra dos segmentos de línea gruesa representando los períodos de siembra-madurez de 170 días cada uno. El primero (línea inferior) tiene su inicio en la decena 9 (31 de Marzo) que corresponde a la fecha de siembra usada tradicionalmente por los campesinos de Cuapixtla, el otro período (línea superior) tiene su inicio en la decena 15 (30 de Mayo) y corresponde a la fecha de siembra que en este trabajo se propone. Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Los dos segmentos de rectas se han subdividido señalando los inicios y períodos de cada estado fenomenológicos del maíz; SG corresponde a siembra-germinación, EC al establecimiento-crecimiento, FF a floración-fecundación, LG a llenado de grano y MA a madurez. En la siembra tradicional los estados SG y EC, en donde la humedad del suelo es crítica tienen una carencia importante de agua, el estado FF se ve favorecido por el inicio de la estación lluviosa, el estado LG y buena parte del MA se ven afectados por la sequía intraestival.

Para el caso de la fecha de siembra propuesta, el estado inicial SG se ve ampliamente favorecido por el inicio de la estación lluviosa, los estados EC y FF resultan afectados por la sequía intraestival y el estado LG y el inicio del estado MA se ven favorecidos por el segundo período de lluvias que se presenta en el patrón bimodal de la precipitación. Un impedimento para llevar a cabo la siembra en la fecha propuesta puede ser la temperatura mínima desfavorables que se presenta al final del período del estado MA.

5.3 Humedad del suelo

Ahora estamos interesados en estimar el grado de humedad del suelo al momento de la siembra, lo cual es de suma importancia para incorporar la humedad inicial del suelo en el balance hídrico decenal del cultivo, el cual se expondrá en la siguiente sección.

Para conocer la lamina de agua que un suelo es capaz de almacenar y que puede ser aprovechada por las plantas, es necesario conocer primero la capacidad de campo, CC, y el punto de marchitez permanente PMP.

En la mayoría de los suelos la CC se obtiene llevando al suelo a condiciones de humedad de saturación mediante lluvia o riego y dejando drenar por gravedad el exceso de agua (agua gravífica) por un período de 2 a 4 días; después de ese tiempo se determina la cantidad de agua que la muestra de suelo ha retenido y esa cantidad será la CC. Normalmente la CC se expresa en porcentajes o también en mm.

El PMP se determina, sometiendo a 12 atmósferas de tensión una muestra de suelo saturado que ha perdido su agua gravífica. Si el suelo tiene una humedad menor o igual al PMP, resulta que la fuerza de succión de las raíces no es suficiente para extraer el agua del suelo

y en consecuencia la planta se marchita. Por lo tanto, la máxima humedad del suelo, H_{max} , disponible para las plantas está dada por:

$$H_{max} = CC - PMP \quad (5.3.1)$$

Donde H_{max} , CC y PMP se expresan en mm.

La humedad del suelo es estimada usando un modelo simple de balance hidrológico propuesto por Manabe(1969), en donde la humedad está dada por:

$$H = H_p + P_p - E_p \quad (5.3.2)$$

Donde H y H_p son la humedad del suelo (en mm) en el día actual y en el día previo respectivamente, P_p y E_p son la precipitación y la evaporación del suelo (ambas en mm/día) en el día previo, respectivamente.

Hemos supuesto que si el suelo está completamente saturado, entonces evapora a una razón igual a la de la evapotranspiración potencial ETP y que si no lo está entonces evapora con una razón igual a una fracción de ETP, esta condición está expresada por.

$$E = \frac{H}{H_{max}} ETP \quad (5.3.3)$$

donde E es la evaporación del suelo (en mm/día).

La ecuación 5.3.3 es valida si $H < H_{max}$, si por el contrario $H_{max} > H$, entonces $E = ETP$ y el exceso, $H - H_{max}$, se escurre, quedando:

$$Q = H - H_{max} \quad (5.3.4)$$

Donde Q es el escurrimiento (en mm). Dado que el exceso de humedad se escurre, el suelo queda saturado, condición que se expresa tomando $H = H_{max}$ cuando H resulta mayor que

Hmax. En la ecuación 5.3.2 la evaporación del suelo en el día previo, E_p , se calcula usando en la ecuación 5.3.3 valores de H y ETP del día previo.

Para la capacidad de campo hemos usado una lámina de 150 mm, este valor comúnmente usado en modelos sencillos de balance de agua Manabe, (1969); para el punto de marchitez permanente hemos usado, de acuerdo con Walter Ritter del Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM (comunicación personal), la mitad de la capacidad de campo; es decir $PMP=1/2 CC$; de esta manera de acuerdo con la ecuación 5.3.1 se tiene que $H_{max}=75mm$.

Hemos calculado el ciclo anual climatológico de humedad del suelo en cada uno de los 4 municipios de estudio, usando en la ecuación 5.3.2 los valores de precipitación al 60% de probabilidad y evapotranspiración potencial del ciclo anual climatológico correspondiente; en particular para Cuapixtla, los valores usados de precipitación al 60% de probabilidad y evapotranspiración potencial son mostrados en las gráficas de las figuras 5.2.1 y 5.2.2 respectivamente. Estos valores que son cantidades acumuladas en 10 días han sido divididas entre 10; y de esta manera hemos usado valores medios diarios de P y ETP en la ecuación 5.3.2 y en la ecuación 5.3.3. La ecuación 5.3.2 es aplicada día por día usando los valores de H y E calculados en el día anterior, el proceso se continua por varios años (climatológicos) hasta que el valor medio de H calculado para cualquier decena, por ejemplo la decena 9, coincide aproximadamente con el calculado en la decena 9 del año climatológico anterior, esta condición se logra a partir del 5º año climatológico de corrida. Con este método el año climatológico obtenido para H no depende de la condición inicial usada para H. Sin embargo en los 4 municipios las corridas fueron iniciadas tomando $H=H_{max}/2$ como condición inicial.

La figura 5.11 muestra el porcentaje de humedad del suelo disponible, $H/H_{max} \times 100$, para Cuapixtla; notándose que en esta variable también se manifiesta la sequía interestival. Las líneas discontinuas verticales señalan la fecha de siembra tradicional (decena 9) y la fecha de siembra propuesta (decena 15).

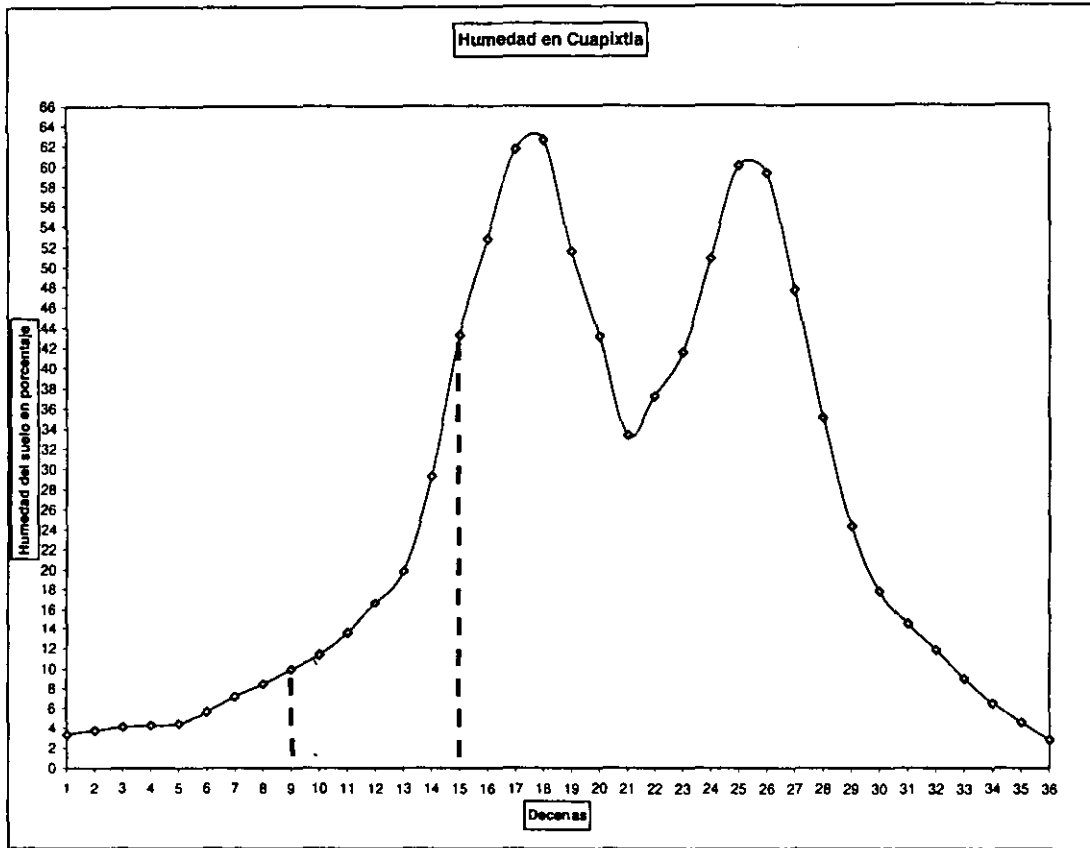


Figura 5.11 Porcentaje de humedad del suelo disponible, $H/H_{max} \times 100$, para Cuapixtla; notándose que en esta variable también se manifiesta la sequía interestival. Las líneas discontinuas verticales señalan la fecha de siembra tradicional (decena 9) y la fecha de siembra propuesta (decena 15). Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Podemos observar que al momento de la siembra tradicional el porcentaje de humedad del suelo disponible para la planta es de tan sólo 10%, en cambio para la fecha de siembra propuesta es de 44%, la que representa una mejor condición para que inicie la germinación

5.4 Balance hídrico del maíz

La división de producción y protección de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) ha formulado un método de pronóstico de rendimiento de cosechas basado en un método de balance hídrico que utiliza datos agroclimáticos. El método permite calcular un índice agroclimático el cual resulta ser proporcional a las necesidades hídricas del cultivo que pudieran ser satisfechas en el balance hídrico; concretamente, si las necesidades hídricas del cultivo son satisfechas en un 100%, entonces el índice agroclimático resulta ser de 100%.

El método de la FAO utiliza una ecuación de balance semejante a la ecuación 5.3.2, usada en la sección anterior para determinar la humedad del suelo, pero en lugar de usar la evaporación del suelo dada por la fórmula 5.3.3, se usa la evapotranspiración del cultivo dada por la fórmula 5.2.1.

En este caso E_c es identificada con las necesidades hídricas del cultivo y se denota por NH . De esta manera, la ecuación de balance, la cual se aplica por decenas de días está dada por:

$$R_s = R_{sp} + L_p - NH \quad (5.4.1)$$

Donde R_s y R_{sp} son las reservas de agua del suelo, en mm, en la decena actual y en la decena previa, respectivamente; L_p es la lámina precipitada (en mm) en 10 días y NH las necesidades hídricas del cultivo (en mm) en 10 días.

Si $R_s > 0$ el déficit hídrico del cultivo, denotado por D , es igual a cero; si por el contrario, en la ecuación 5.4.1 $R_{sp} + L_p - NH < 0$, entonces $R_s = 0$ y $D = R_{sp} + L_p - NH$; por lo que D siempre es menor o igual a cero.

Si $R_{sp} + L_p - NH > H_{max}$, donde $H_{max} = 75\text{mm}$ ha sido determinada en la sección anterior, entonces el exceso $R_s - H_{max}$ se escurre y R_s toma el valor de H_{max} , es decir, $R_s = H_{max}$.

suficiente para compensar el déficit $Lp-NH=-8.52$, no quedando ninguna reserva de agua en el suelo ($R_s=0$). En el noveno y décimo renglones se muestra el déficit del cultivo y el agua disponible.

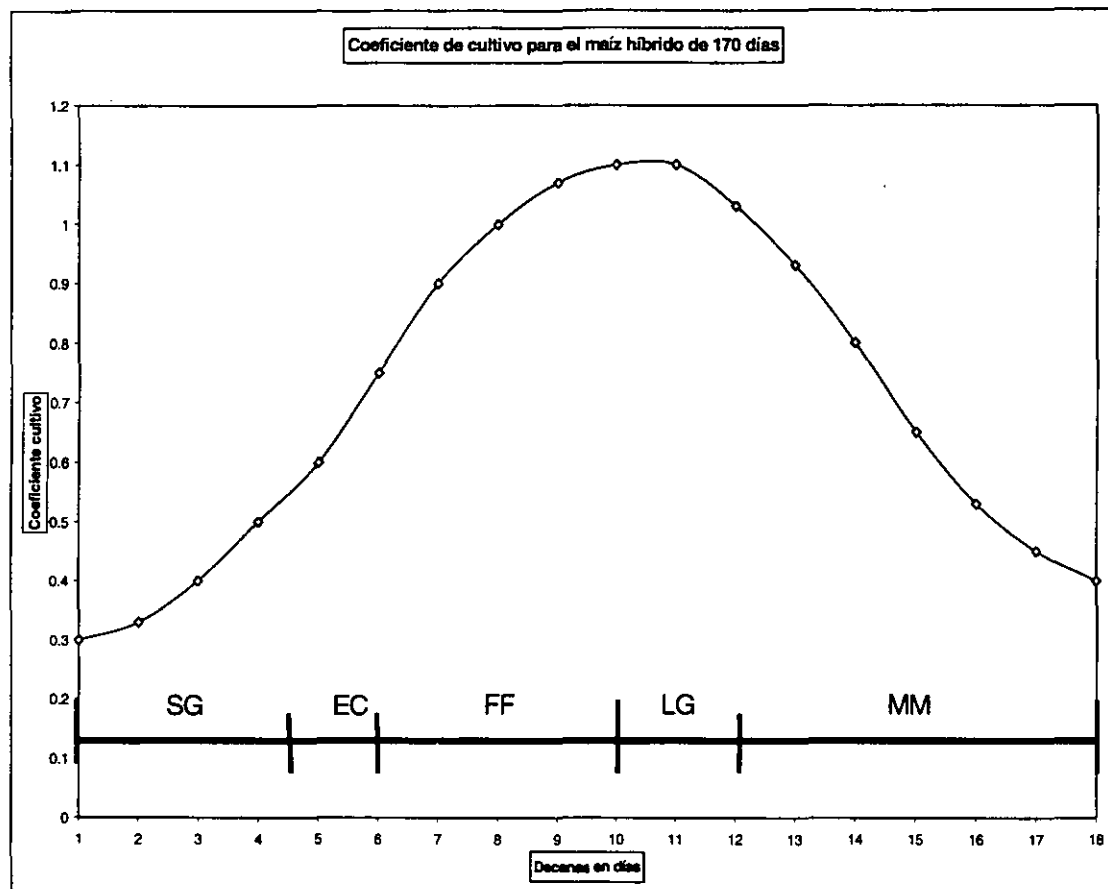


Figura 5.12 Etapas del maíz y los coeficientes decenales del cultivo que indican la fracción de la ETP que se considera como necesidades hídricas de un determinado cultivo y varían según la etapa fenológica del mismo. Fuente: Villalpando, 1986.

Finalmente en los últimos renglones se muestra el total de las necesidades hídricas del maíz $\sum NH=640.6$ mm y el total del agua disponible $\sum ADP=353.51$ mm; así como el índice agroclimático $IA=55.3\%$, calculado con la fórmula:

$$I_A = \frac{\sum ADP}{\sum NH} \times 100 \quad (5.4.3)$$

Tabla 5.38 Balance hídrico para el maíz de temporal en Cuapixtla, Tlaxcala.

MESES	MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE		
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Lp			54	6	8	10	119	197	291	316	358	32	20	171	116	202	226	296	333	277	
EIP			464	494	495	509	517	511	512	508	508	504	496	495	496	49	491	49	476	474	
Kc			03	033	04	05	06	075	09	10	107	11	11	103	093	08	065	053	045	04	
NH			139	163	198	254	310	383	460	508	543	554	545	509	461	392	319	259	214	189	
LpNH			-852	-103	-118	-154	-19	-186	-169	-192	-185	-234	-345	-338	-345	-19	-931	363	118	874	
Rs	533	633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	363	155	242	
D			-219	-103	-118	-154	-19	-186	-169	192	-185	-234	-345	-338	-345	-19	-931	0	0	0	
ADP			117	6	8	10	119	197	291	316	358	32	20	171	116	202	226	259	214	189	
ΣNH	646			ΣADP																	
ΣADP	3531			$IA = \frac{\quad}{\Sigma NH} \times 100 = 55.3\%$																	

La tabla 5.39 es semejante a la tabla 5.38 pero en este caso con la fecha de siembra propuesta en este trabajo; es decir la decena 15. Observamos que con la fecha de siembra propuesta, se mantiene una reserva de agua en el suelo considerable en los dos primeros meses de junio y julio, siendo, por lo tanto, satisfechas completamente las NH del cultivo (D=0); sin embargo, en el caso de la fecha tradicional de siembra la reserva de agua Rs es nula gran parte del período del cultivo y por consiguiente existe un déficit de agua en casi todo el período. En este caso IA =61.4% es decir el IA se incrementa en 6.1% con respecto al IA obtenido con la fecha tradicional de siembra.

Tabla 5.39 Balance hídrico para el maíz de temporal en Cuapixtla, Tlaxcala con fecha de siembra recorrida

MESES	MAYO			JUNO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			
DEC	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
Lp			291	316	358	32	20	171	116	202	226	296	333	277	166	87	5	41	38	3		
EIP			512	508	508	504	496	495	496	49	491	49	476	474	472	44	438	433	386	377		
Kc			03	033	04	05	06	075	09	10	107	11	11	108	093	08	065	053	045	04		
NH			153	167	203	252	297	371	446	49	525	539	523	488	438	352	284	229	173	150		
LpNH			137	148	154	68	-97	-200	-330	-288	-299	-243	-190	-211	-272	-265	-154	-188	-135	-120		
Rs	1492	22	357	505	660	728	631	430	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
D			0	0	0	0	0	0	0	-187	-299	-243	-190	-211	-272	-265	-154	-188	-135	-120		
ADP			153	167	203	252	297	371	446	302	226	296	333	277	166	87	5	41	38	3		
ΣNH	60865			ΣADP																		
ΣADP	37338			IA= _____ X 100=61.4%																		
				ΣNH																		

La figura 5.13 muestra el balance hídrico del cultivo para el municipio de Cuapixtla. La parte A corresponde al balance con la fecha tradicional de siembra (decena 9) y la parte B al balance con la fecha de siembra propuesta (decena 15).

En ambas partes, la curva con rombos corresponde a las necesidades hídricas del cultivo (NH) y la curva con cuadros al el agua disponible (ADP); por lo tanto, el área contenida entre las dos curvas (con rombos y con cuadros) es una medida de la carencia de agua del cultivo.

La comparación de la parte A con la parte B, muestra que en la parte B hay una disminución significativa del área contenida entre ambas curvas, lo cual indica que al recorrer la fecha de siembra a una decena donde la precipitación es mayor o igual a ½ ETP

(=25mm) habrá una mayor disponibilidad de agua para la planta. En la parte A y en la B se muestra el índice agroclimático, IA. Las figuras 5.14, 5.15 y 5.16 son iguales que la figura 5.13, sólo que para los municipios de Huamantla, Tlaxco e Ixtacuixtla, respectivamente. En todos los casos se muestra un incremento en el índice agroclimático cuando la fecha de siembra tradicional (decena 9 o decena 10) es cambiada por la fecha de siembra propuesta (decena 15).

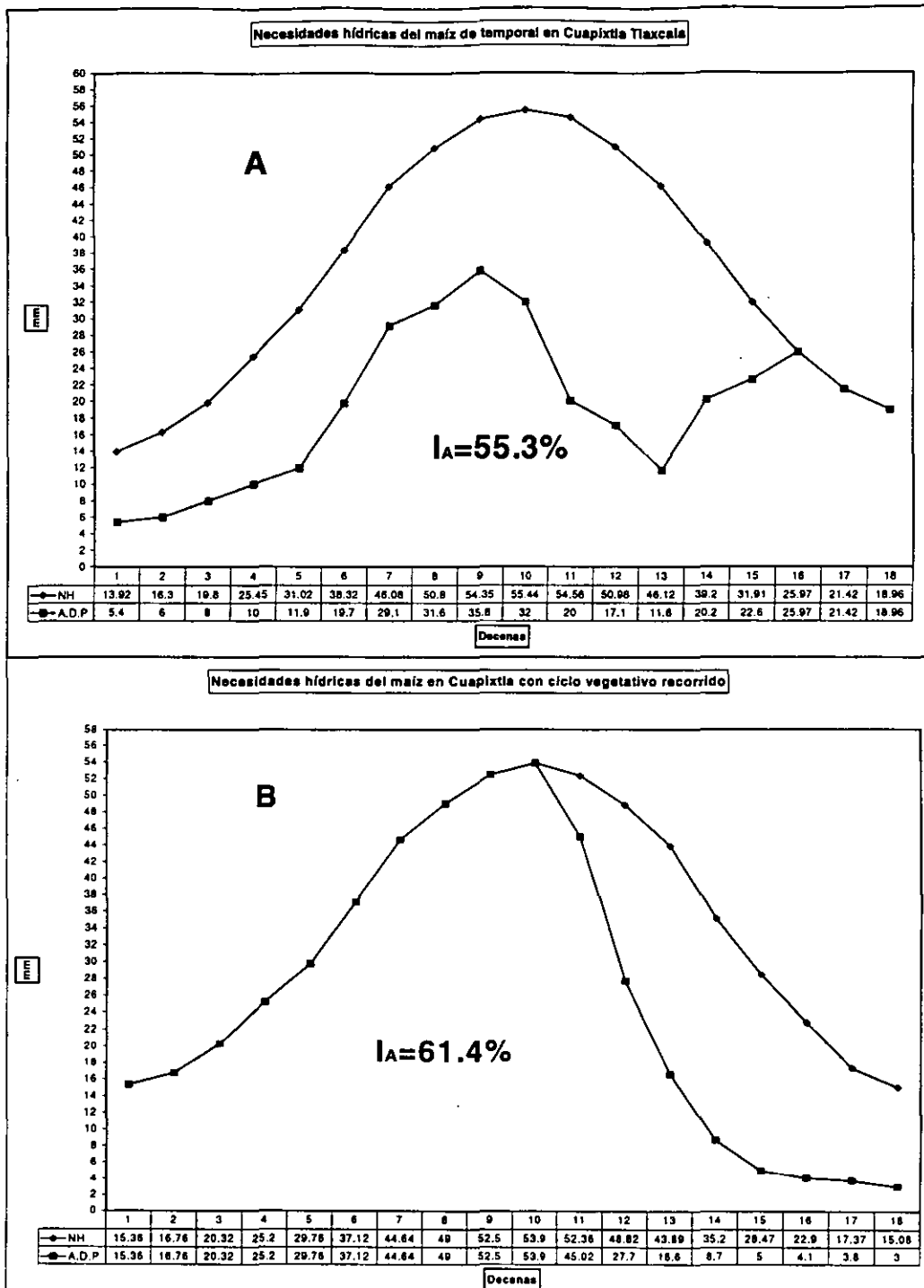


Figura 5.13 Necesidades hídricas del maíz (NH), curva con rombos, y el agua disponible para el cultivo (ADP), curva con cuadros, así como el índice agroclimático (I_A) para Cuapixtla. La parte A corresponde a la fecha de siembra tradicional y la B a la fecha de siembra propuesta. Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

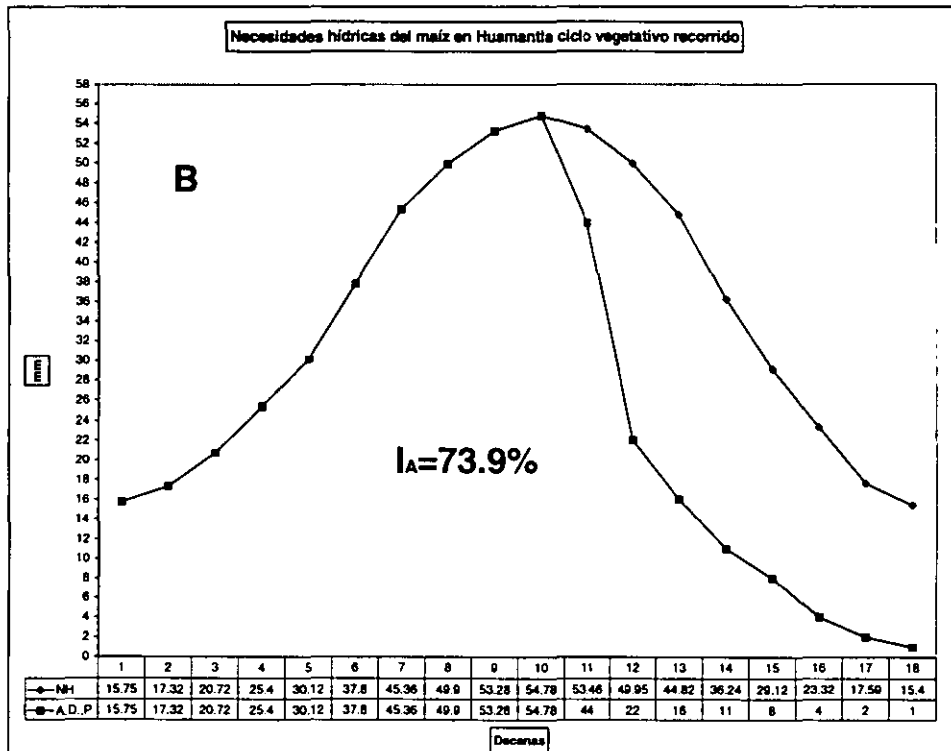
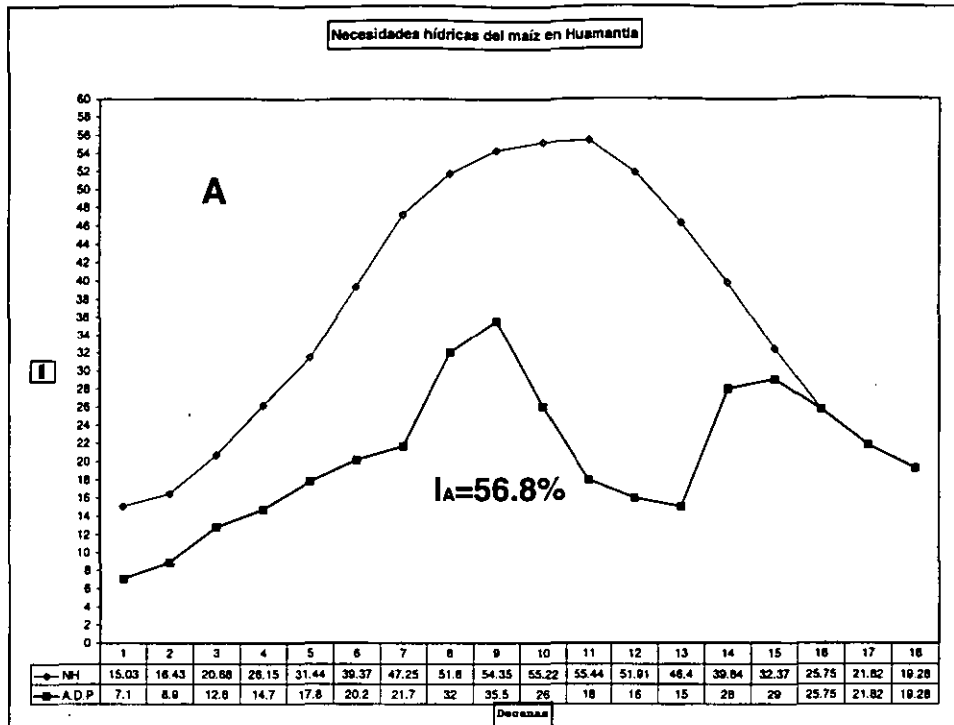


Figura 5.14 Necesidades hídricas del maíz (NH), curva con rombos, y el agua disponible para el cultivo (ADP), curva con cuadros, así como el índice agroclimático (I_A) para Huamantla. La parte A corresponde a la fecha de siembra tradicional y la B a la fecha de siembra propuesta. Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

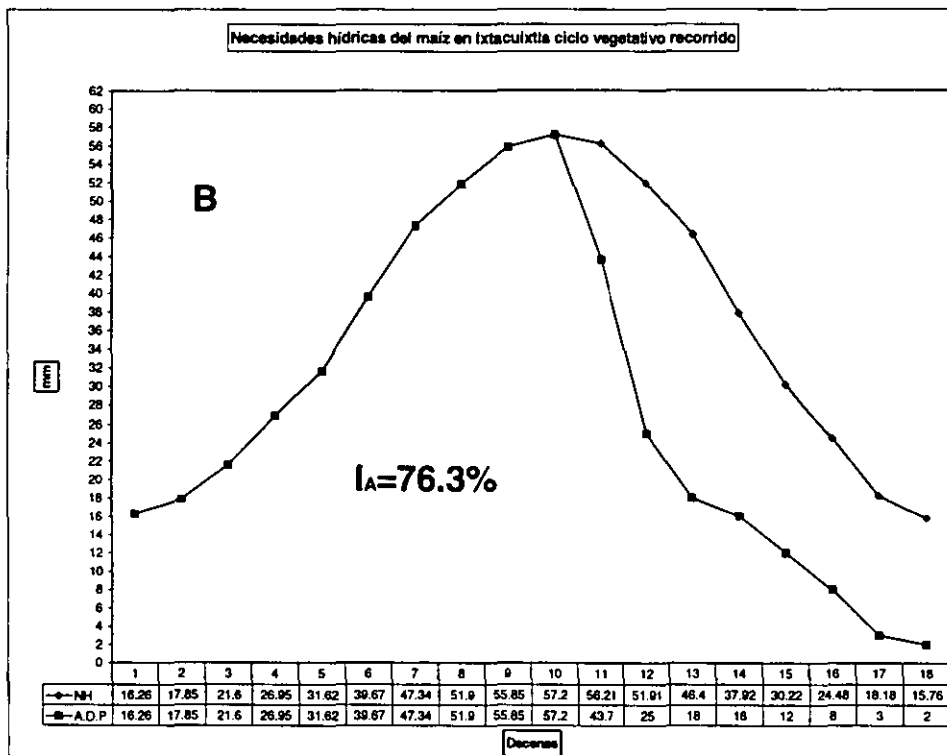
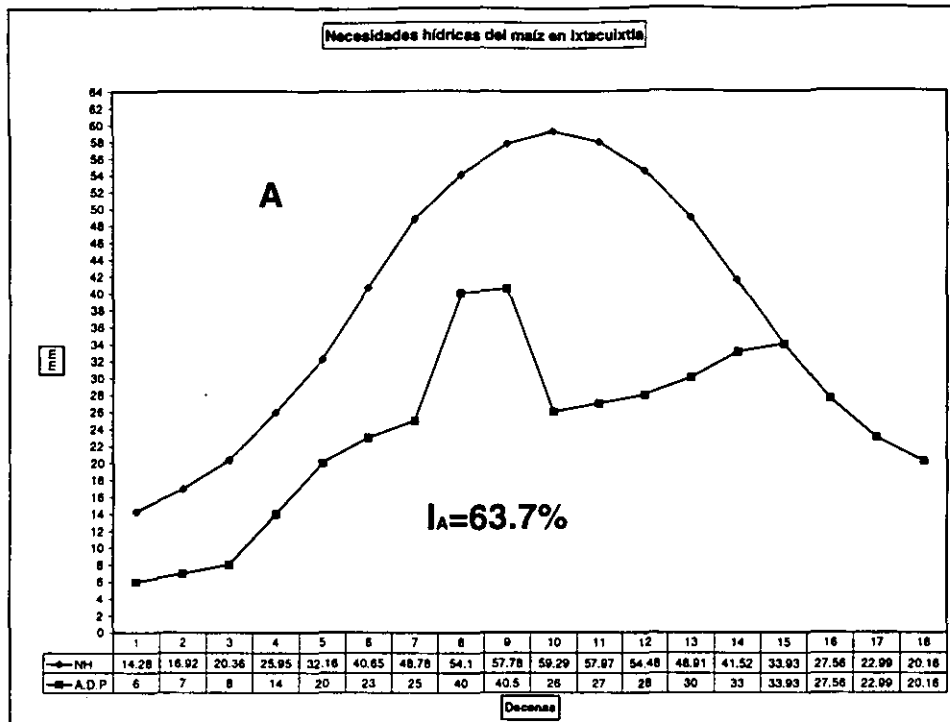


Figura 5.15 Necesidades hídricas del maíz (NH), curva con rombos, y el agua disponible para el cultivo (ADP), curva con cuadros, así como el índice agroclimático (I_A) para Ixtacuixtla. La parte A corresponde a la fecha de siembra tradicional y la B a la fecha de siembra propuesta. Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

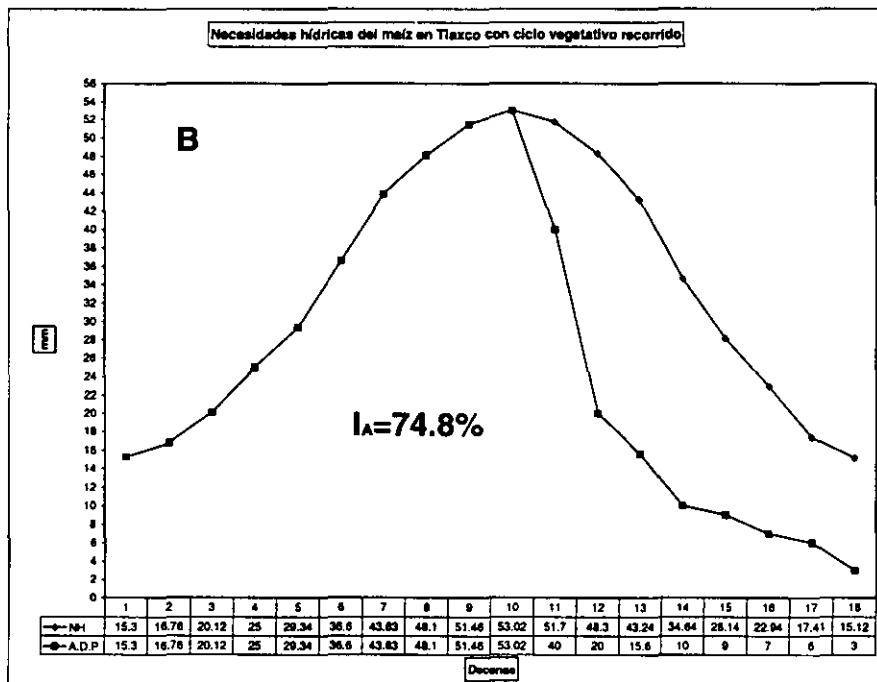
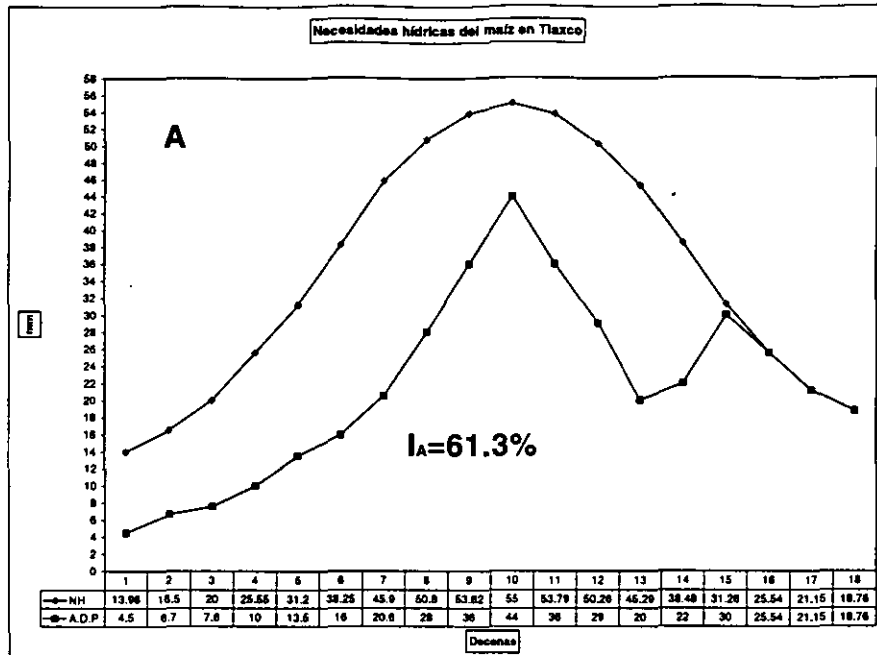


Figura 5.16 Necesidades hídricas del maíz (NH), curva con rombos, y el agua disponible para el cultivo (ADP), curva con cuadros, así como el índice agroclimático (I_A) para Tlaxco. La parte A corresponde a la fecha de siembra tradicional y la B a la fecha de siembra propuesta. Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

5.5 Condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz.

Los factores climáticos más importantes que intervienen en el crecimiento y desarrollo del maíz son: la precipitación, la pérdida de humedad del suelo por transpiración y evaporación y la temperatura. Así que una herramienta útil es el análisis del potencial climático de una región a partir de la evaluación de estos factores.

Las tablas 5.40 A y 5.40 B, muestran las condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido H-311 sembrado en Cuapixtla con fecha de siembra tradicional y alternativa, respectivamente. En estas tablas, en la primera columna se muestra los estados fenológicos del maíz; en la segunda , tercera y cuarta columnas se muestra la duración de los estados, en días, en decenas y meses respectivamente; en la quinta, séptima, octava y novena columnas se muestran respectivamente, la precipitación, las necesidades hídricas, el agua disponible y el déficit hídrico, todas ellas cantidades acumuladas durante el período del estado fenológico; y finalmente la sexta columna muestra la temperatura media mínima en cada estado fenológico.

Las tablas 5.41, 5.42 y 5.43 en sus partes A y B, son semejantes a las correspondientes tablas 5.40 A y 5.40 B solo que para los municipios de Huamantla, Tlaxco e Ixtacuixtla, respectivamente. La comparación para cada municipio de las tablas A con las tablas B, muestra que con la fecha de siembra propuesta se obtiene una disminución en las necesidades hídricas del cultivo (NH) para todos los municipios, un aumento en el agua disponible (A.D.P) y una disminución importante en el déficit hídrico

Tabla 5.40 A Condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido H-311 con fecha de siembra tradicional en Cuapixtla

Fecha de siembra: 31 de Marzo (decena 9)

Fecha de madures: 17 de Septiembre (decena 26)

Fecha de cosecha: 16 de Noviembre (decena 32)

Período libre de heladas: Del 01 de marzo al 06 de Noviembre (decena 6 a la decena 30.8)

ESTADO FENOLOGICO	DURACION EN DIAS	DURACION EN DECENAS	DURACION EN MESES	P PRECIP	T TEMP. MIN	NH NECESIDADES HIDRICAS	ADP AGUA DISPONIBLE	D DEFICIT HIDRIC
Siembra-Germinación	0-35	9 a la 125	31 Marzo 05 Mayo	294mm	59°C	7547mm	294mm	4607mm
Establecimiento-Crecimiento	35-50	125 a la 14	05 Mayo 20 Mayo	316mm	72°C	6934mm	316mm	3774mm
Floración-Fecundación	50-90	14 a la 18	20 Mayo 29 Junio	1285mm	79°C	20667mm	1285mm	7817mm
Llenado de grano	90-110	18 a la 20	29 Junio 19 Julio	371mm	74°C	10554mm	371mm	6844mm
Madurez	110-170	20 a la 26	19 Julio 17 Septiembre	145mm	73°C	18358mm	12075mm	6283mm
TOTAL	170 días	18 decenas	6 meses	3716mm	71.4°C	6406mm	34735mm	29325mm

Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Tabla 5.40 B Condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido H-311 con fecha de siembra alternativa en Cuapixtla

Fecha de siembra: 30 de Mayo (decena 15)

Fecha de madures: 16 de Septiembre (decena 32)

Fecha de cosecha: 16 de Noviembre (decena 32)

Período libre de heladas: Del 01 de marzo al 06 de Noviembre (decena 6 a la decena 30.8)

ESTADO FENOLOGICO	DURACION EN DIAS	DURACION EN DECENAS	DURACION EN MESES	P PRECIP	T TEMP. MIN	NH NECESIDADES HIDRICAS	ADP AGUA DISPONIBLE	D DEFICIT HIDRIC
Siembra-Germinación	0-35	15 a la 185	30 Mayo 04 Julio	1285mm	79°C	7764mm	7764mm	0mm
Establecimiento-Crecimiento	35-50	185 a la 20	04 Julio 19 Julio	371mm	74°C	6688mm	6688mm	0mm
Floración-Fecundación	50-90	20 a la 24	19 Julio 28 Agosto	84mm	72°C	20004mm	20004mm	0mm
Llenado de grano	90-110	24 a la 26	28 Agosto 17 Septiembre	61mm	75°C	10118mm	7272mm	2846mm
Madurez	110-170	26 a la 32	17 Septiembre 16 Noviembre	412mm	50°C	16291mm	412mm	12171mm
TOTAL	170 días	18 decenas	6 meses	3518mm	7°C	60865mm	45848mm	15017mm

Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Tabla 5.41 A Condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido H-30 con fecha de siembra tradicional en Huamantla

Fecha de siembra: 10 de Abril (decena 10)

Fecha de madurez: 27 de Septiembre (decena 27)

Fecha de cosecha: 16 de Noviembre (decena 32)

Período libre de heladas: Del 24 de marzo al 12 de Octubre (decena 8.3 a la decena 28.5)

ESTADO FENOLOGICO	DURACION EN DIAS	DURACION EN DECENAS	DURACION EN MESES	P PRECIP	T TEMP. MIN	NH NECESIDADE SHIDRICAS	ADP AGUA DISPONIBLE	D DEFICIT HIDRIC
Siembra-Cerminación	0-35	10ab135	10Abril 15Mayo	435mm	69°C	7829mm	435mm	3478mm
Establecimiento-Crecimiento	35-50	135ab15	15mayo 30mayo	38mm	83°C	7081mm	38mm	3281mm
Floración-Feundación	50-90	15ab19	30Mayo 09Julio	1152mm	86°C	20862mm	1152mm	9342mm
Llenado de grano	90-110	19ab21	09Julio 29Julio	34mm	8°C	10738m	34mm	7338mm
Madurez	110-170	21ab27	29Julio 27Septiembre	140mm	79°C	18546m	13885mm	4661mm
TOTAL	170días	18decenas	6meses	3707mm	79°C	69056mm	36955mm	28101mm

Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Tabla 5.41 B Condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido H-30 con fecha de siembra alternativa en Huamantla

Fecha de siembra: 30 de Mayo (decena 15)

Fecha de madurez: 16 de Noviembre (decena 32)

Fecha de cosecha: 16 de Noviembre (decena 32)

Período libre de heladas: Del 24 de marzo al 12 de Octubre (decena 8.3 a la decena 28.5)

ESTADO FENOLOGICO	DURACION EN DIAS	DURACION EN DECENAS	DURACION EN MESES	P PRECIP	T TEMP. MIN	NH NECESIDADE SHIDRICAS	ADP AGUA DISPONIBLE	D DEFICIT HIDRIC
Siembra-Cerminación	0-35	15ab18	30Mayo 04Julio	1094mm	86°C	7919mm	7919mm	0mm
Establecimiento-Crecimiento	35-50	18ab20	04Julio 19Julio	44mm	83°C	6792mm	6792mm	0mm
Floración-Feundación	50-90	20ab24	19Julio 28Agosto	88mm	78°C	20332mm	20332mm	0mm
Llenado de grano	90-110	24ab26	28Agosto 17Septiembre	52mm	82°C	10341mm	66mm	3741mm
Madurez	110-170	26ab32	17Septiembre 16Noviembre	42mm	54°C	16649mm	42mm	12449mm
TOTAL	170días	18decenas	6meses	3354mm	76°C	62033mm	45843mm	1619mm

Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Tabla 5.42 A Condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido H-28 con fecha de siembra tradicional en Ixtacuixtla

Fecha de siembra: 31 de Marzo (decena 9)

Fecha de madures: 17 de Septiembre (decena 26)

Fecha de cosecha: 16 de Noviembre (decena 32)

Período libre de heladas: Del 08 de marzo al 09 de Noviembre (decena 6.7 a la decena 31.3)

ESTADO FENOLOGICO	DURACION EN DIAS	DURACION EN DECENAS	DURACION EN MESES	P PRECIP	T TEMP. MIN	NH NECESIDADES HIDRICAS	ADP AGUA DISPONIBLE	D DEFICIT HIDRIC
Siembra-Germinación	0-35	9aba 125	31Mazo 05Mayo	35mm	5.7°C	77.51mm	35mm	4521mm
Establecimiento-Crecimiento	35-50	125aba 14	05Mayo 20Mayo	43mm	8.1°C	72.81mm	43mm	29.81mm
Floración-Fecundación	50-90	14aba	20Mayo 29Junio	131.5mm	10C	219.95mm	131.5mm	88.45mm
Llenado de grano	90-110	18aba 20	29Junio 19Julio	55mm	9.9°C	112.45mm	55mm	57.45mm
Madurez	110-170	20aba 26	19Julio 17Septiembre	210.7mm	9.4°C	195.07mm	167.64mm	27.43mm
TOTAL	170días	18decenas	6meses	475.2mm	8.6°C	677.79mm	432.14mm	245.65mm

Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Tabla 5.42 B Condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido H-28 con fecha de siembra alternativa en Ixtacuixtla

Fecha de siembra: 30 de Mayo (decena 15)

Fecha de madures: 16 de Noviembre (decena 32)

Fecha de cosecha: 16 de Noviembre (decena 32)

Período libre de heladas: Del 08 de marzo al 09 de Noviembre (decena 6.7 a la decena 31.3)

ESTADO FENOLOGICO	DURACION EN DIAS	DURACION EN DECENAS	DURACION EN MESES	P PRECIP	T TEMP. MIN++	NH NECESIDADES HIDRICAS	ADP AGUA DISPONIBLE	D DEFICIT HIDRIC
Siembra-Germinación	0-35	915aba 185	30Mayo 04Julio	131.5mm	10°C	82.66mm	82.66mm	0mm
Establecimiento-Crecimiento	35-50	185aba 20	04Julio 19Julio	55mm	9.9°C	71.29mm	71.29mm	0mm
Floración-Fecundación	50-90	20aba 24	19Julio 28Agosto	140mm	9.2C	212.29mm	212.29mm	0mm
Llenado de grano	90-110	24aba 26	28Agosto 17Septiembre	70.7mm	10°C	108.12mm	68.7mm	39.42mm
Madurez	110-170	26aba 32	17Septiembre 16Noviembre	59mm	6.2°C	172.96mm	59mm	113.96mm
TOTAL	170días	18decenas	6meses	456.2mm	9°C	647.32mm	493.94mm	153.38mm

Fuente: Anayatzin S. Mednoza Castro.

Tabla 5.43 A Condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido H-311 con fecha de siembra tradicional en Tlaxco

Fecha de siembra: 31 de Marzo (decena 9)

Fecha de madures: 17 de Septiembre (decena 26)

Fecha de cosecha: 16 de Noviembre (decena 32)

Período libre de heladas: Del 04 de marzo al 08 de Noviembre (decena 6 a la decena 31.2)

ESTADO FENOLOGICO	DURACION EN DIAS	DURACION EN DECENAS	DURACION EN MESES	P PRECIP	T TEMP. MIN	NH NECESIDADES HIDRICAS	ADP AGUA DISPONIBLE	D DEFICIT HIDRIC
Siembra-Germinación	0-35	9ah 125	31 Marzo 05 Mayo	288mm	61°C	7603mm	288mm	4723mm
Establecimiento-Crecimiento	35-50	125ah 14	05 Mayo 20 Mayo	295mm	73°C	6945mm	295mm	3995mm
Floración-Fecundación	50-90	14ah 20	20 Mayo 29 Junio	1286mm	8°C	20552mm	1286mm	7692mm
Llenado de grano	90-110	18ah 20	29 Junio 19 Julio	65mm	71°C	10405mm	65mm	3905mm
Madurez	110-170	20ah 26	19 Julio 17 Septiembre	165mm	69°C	18048mm	13745mm	4303mm
TOTAL	170 días	18 decenas	6 meses	4179mm	708°C	63553mm	38935mm	24618mm

Fuente: Anayatzin S. Mednoza Castro.

Tabla 5.43 B Condiciones climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido H-311 con fecha de siembra alternativa en Tlaxco

Fecha de siembra: 30 Mayo (decena 15)

Fecha de madures: 16 de Noviembre (decena 32)

Fecha de cosecha: 16 de Noviembre (decena 32)

Período libre de heladas: Del 04 de marzo al 08 de Noviembre (decena 6 a la decena 31.2)

ESTADO FENOLOGICO	DURACION EN DIAS	DURACION EN DECENAS	DURACION EN MESES	P PRECIP	T TEMP. MIN	NH NECESIDADE SHIDRICAS	ADP AGUA DISPONIBLE	D DEFICIT HIDRIC
Siembra-Germinación	0-35	15ah 185	30 de Mayo 04 Julio	1286mm	8°C	7718mm	7718mm	0mm
Establecimiento-Crecimiento	35-50	185ah 20	04 Julio 19 Julio	65mm	7°C	6594mm	6594mm	0mm
Floración-Fecundación	50-90	20ah 24	19 Julio 28 Agosto	105mm	67°C	19641mm	19641mm	0mm
Llenado de grano	90-110	24ah 26	28 Agosto 17 Septiembre	60mm	75°C	100mm	60mm	40mm
Madurez	110-170	26ah 32	17 Septiembre 16 Noviembre	505mm	5°C	16149mm	506mm	11089mm
TOTAL	170 días	18 decenas	6 meses	4102mm	68°C	60102mm	45013mm	15089mm

Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Sin embargo, si se considera la fecha de siembra propuesta, los primeros tres municipios presentan en promedio temperaturas mínimas por debajo de 6°C en el último estado fenomenológico; indicando con ello, que si bien las condiciones hídricas del cultivo mejoran considerablemente, existe un cierto riesgo de que se presente una helada que afecte al cultivo en su etapa madura; lo cual podría evitarse si los agricultores contaran con recursos económicos para introducir una semilla de un período más corto que 170 días. En general existe cierto grado de correlación entre el índice agroclimático I_A y el rendimiento en el cultivo, de manera que si el agricultor cuenta con algún método con el que pueda pronosticar, en base a las condiciones climáticas, el índice agróclimático; entonces puede hacerse un pronóstico del rendimiento que obtendrá en su cultivo.

La figura 5.17 muestra la correlación lineal del índice agroclimático con el rendimiento de los años 70's, para los cuatro municipios de estudio. Se puede observar que el municipio que tuvo mayor disponibilidad de agua tuvo mayor rendimiento. Cabe señalar que para la década de los años 80's y 90's no se obtuvo una correlación significativa, debido posiblemente a que esas décadas se produjeron dos fenómenos climáticos importantes el Niño 82-83 y el Niño 97-98, provocando sequías intensas en la República Mexicana. De acuerdo con la figura 5.17 el rendimiento, en toneladas por hectárea, podría determinarse a partir del índice agroclimático a través de la siguiente ecuación lineal:

$$y = 0.014x + 0.0502 \quad (5.4.4)$$

donde "y" es el rendimiento y "x" el índice agroclimático.

La tabla 5.44 muestra el índice agroclimático y el rendimiento, en toneladas por hectárea, obtenida de la ecuación (5.4.4) para el caso en que se aplica la fecha de siembra tradicional

y para el caso en que se aplica la fecha de siembra propuesta, en cada uno de los cuatro municipios de estudio; también se muestra el incremento en el rendimiento en porcentaje.

Tabla 5.44 Índice agroclimático y rendimiento, en toneladas por hectárea, obtenido de la ecuación (5.4.4), para el caso en que se aplica la fecha de siembra tradicional y para el caso en que se aplica la fecha de siembra propuesta, en cada uno de los cuatro municipios de estudio. También se muestra el incremento en porcentaje del rendimiento.

Municipio	Fecha de siembra tradicional		Fecha de siembra propuesta		Incremento en Rendimiento (%)
	I _A (%)	Rendimiento Ton/He.	I _A (%)	Rendimiento Ton/He.	
Cuapixtla	55.3	0.824	61.4	0.910	10.4
Huamantla	56.8	0.845	73.9	1.084	28.3
Ixtacuixtla	63.7	0.942	76.3	1.118	18.7
Tlaxco	61.3	0.908	74.8	1.097	20.8

Fuente: Anayatín S. Mendoza Castro.

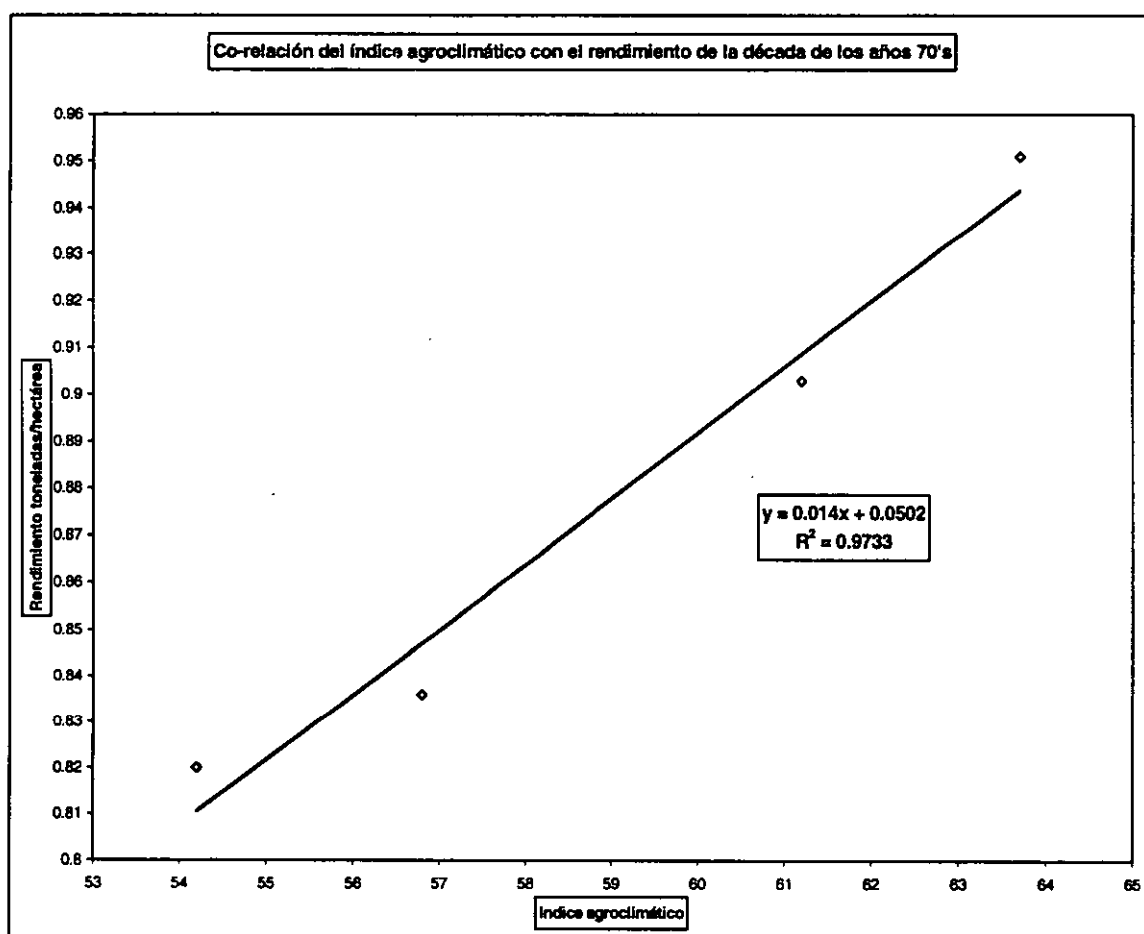


Figura 5.17 Correlación del índice agroclimático con el rendimiento de los años 70's, para los cuatro municipios de estudio. Fuente: Anayatín S. Mendoza Castro.

5.6 Factores que influyen en el rendimiento.

En la sección anterior se encontró que el incremento en el agua disponible del cultivo (o incremento en el I_A) es un factor que puede influir en el incremento del rendimiento del cultivo. Sin embargo, existen otros factores que pueden incrementar el rendimiento como el incremento en la cantidad de fertilizante (entre los años 70's y 80's se ve un incremento en el rendimiento por la introducción de nuevos fertilizantes en los municipios de estudio) y el incremento en la densidad de siembra. Para estimar lo anterior hemos considerado algunos datos del trabajo experimental de campo llevado a cabo en Chapingo por Hernández (1974), en dónde se analizó la correlación que tiene el agua usada por el cultivo, el fertilizante nitrogenado y la densidad de siembra con el rendimiento en toneladas por hectárea en el maíz híbrido H-30 de 130 días de ciclo vegetativo. Se puede observar en la figura 5.18 el efecto que tiene el incremento en el uso del agua del cultivo obtenida con cuatro diferentes tratamiento de riego, (tomando como base el tratamiento que uso menos agua), en el incremento en el rendimiento; para densidades de siembra de 10,000 (línea curva con rombos), 60,000 (línea curva con cuadros), 80,000 (línea curva con triángulos) y 160,000 plantas por hectárea (línea curva con x) cuando se usa una dosis de fertilizante nitrogenado de 75 kg. por hectárea. El incremento en el rendimiento por hectárea obtuvo su máximo de 83% en la densidad de siembra de 160,000 plantas por hectárea y en el incremento en porcentaje más alto en el uso de agua de 77%.

Se puede observar que entre las densidades de siembra de 80,000 y 160,000 plantas por hectárea se obtiene un incremento en el rendimiento del 13% ya que el incremento máximo en el rendimiento en la primera densidad fue de 70% y en la segunda densidad fue de 83%. Entre la densidades de siembra de 60,000 y 80,000 plantas por hectárea se obtiene un

incremento en el rendimiento de 34% ya que el incremento máximo en la primera densidad fue de 36% y en la segunda densidad fue de 70%. Entre las densidades de siembra de 10,000 y 60,000 plantas por hectárea se obtiene un incremento en el rendimiento de 8% ya que el incremento máximo en la primera densidad fue de 28% y en la segunda densidad fue de 36%.

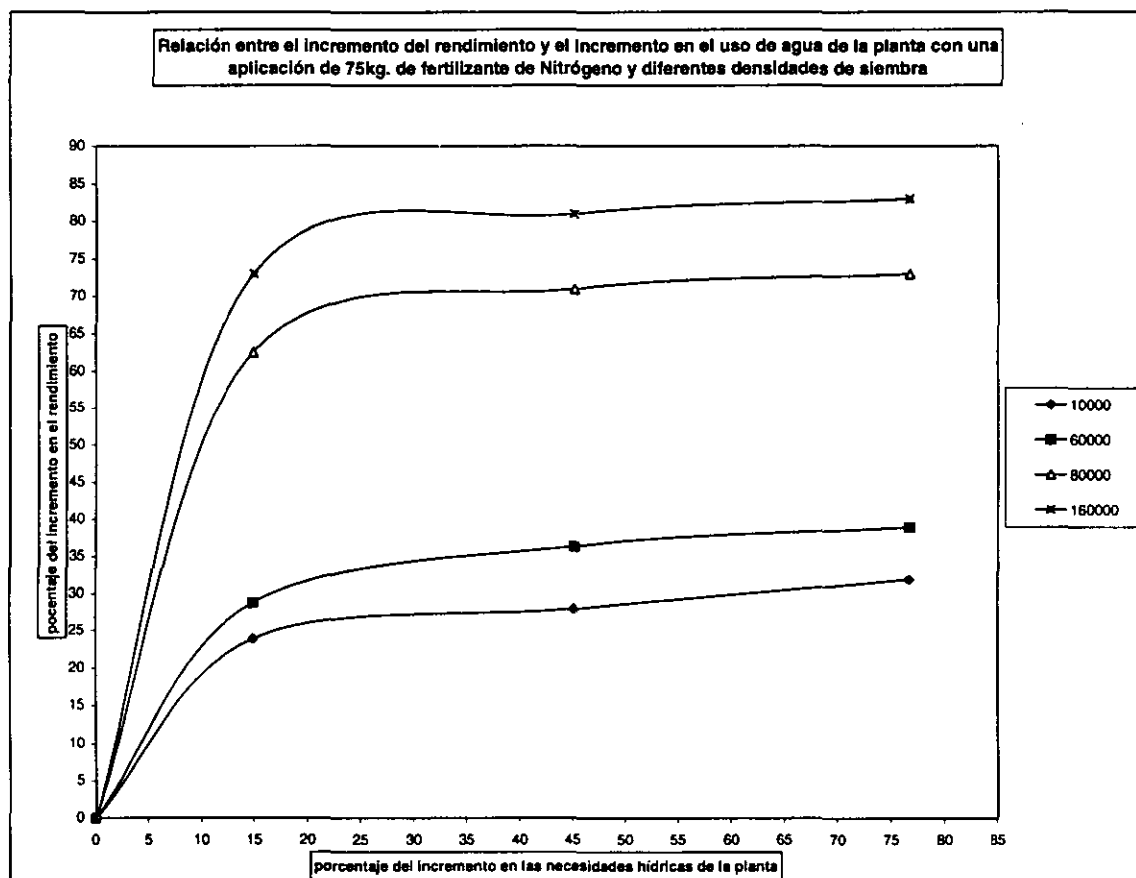


Figura 5.18 Relación entre el incremento del rendimiento y el incremento en las necesidades hídricas de la planta con una aplicación de 75kg. de fertilizante nitrogenado y para densidades de siembra de 10,000, 60,000, 80,000 y 160,000 plantas por hectárea. El punto (0,0) en la gráfica de la figura 5.18 corresponde a una cantidad de agua usada por la planta de 288mm y a un rendimiento de 3.8 toneladas por hectárea, todos los demás puntos en esta gráfica corresponden a incrementos (en porcentaje) sobre estas cantidades básicas. Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

La figura 5.19 muestra la correlación que tiene el agua usada por el cultivo y el fertilizante nitrogenado, con el rendimiento en toneladas por hectárea en el maíz híbrido H-30. Se puede observar el incremento en porcentaje que tiene el rendimiento por hectárea en relación a diferentes dosis de fertilizante nitrogenado por hectárea para una densidad de siembra de 10,000 plantas por hectárea y al incrementar el agua usada por el cultivo obtenido con cuatro diferentes tratamiento de riego, (tomando como base el tratamiento que uso menos agua).

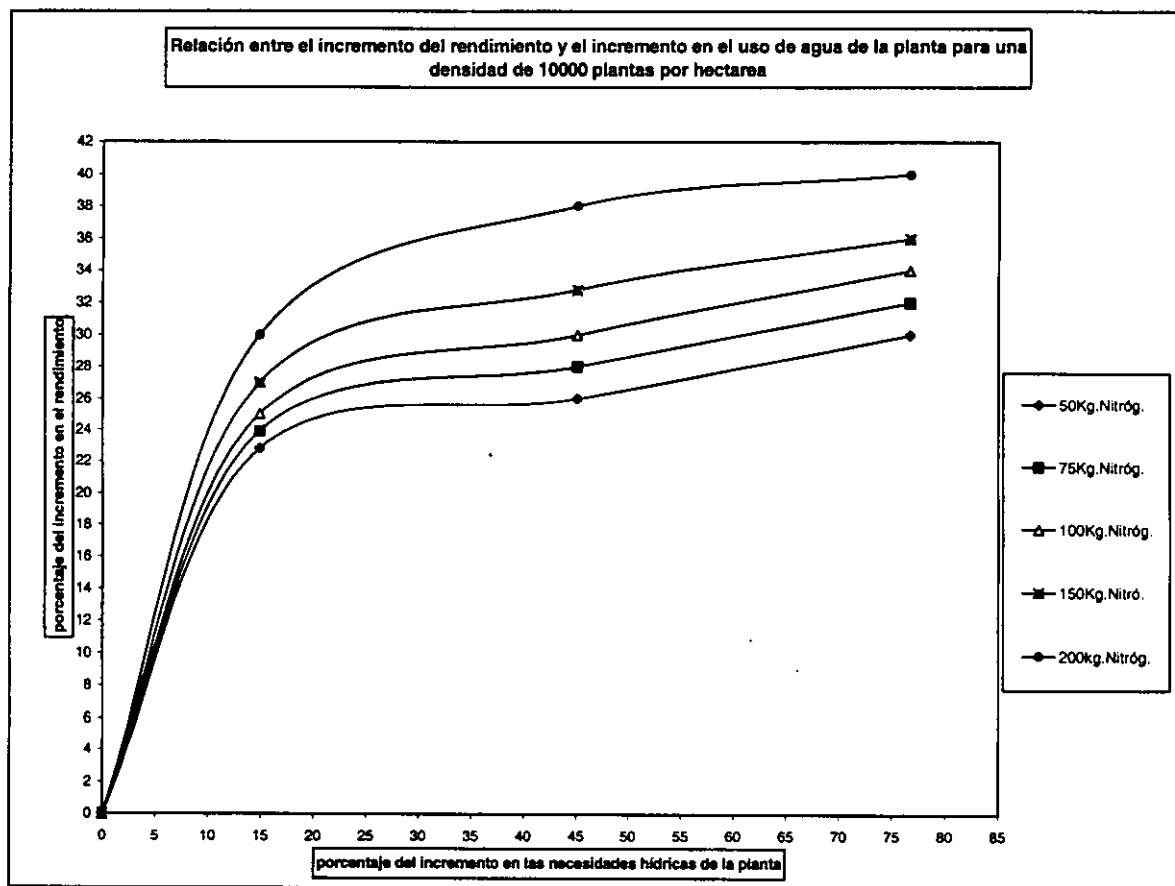


Figura 5.19 Relación entre el incremento del rendimiento y el incremento en el uso de agua de la planta con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y para la densidad de siembra de 10,000 plantas por hectárea. Fuente: Anayatzin S. Mendoza Castro.

Dónde al aumentar el fertilizante y el agua se obtiene un incremento en el rendimiento por hectárea; ya que se, obtuvo su máximo de 40% con una dosis de fertilizante nitrogenado de 200 kg. (línea curva con círculos) por hectárea y un incremento en el uso de agua del 75%.

Los datos obtenidos del trabajo experimental de Chapingo sugieren que se en Tlaxcala se aumenta la densidad de siembra de 10,000 plantas por hectárea (que es la que se usa actualmente) a 80,000 plantas por hectárea se podría obtener un incremento substancial en el rendimiento.

Capítulo 6

El Modelo Termodinámico del Clima (MTC) y la Predicción Estacional.

6.1 El modelo termodinámico del clima (MTC).

Es deseable conocer con anticipación, digamos al inicio de la primavera, cuantas decenas se adelantará o atrasará el inicio del período lluvioso ($P > \frac{1}{2}$ ETP), con respecto al inicio normal o climático (Figura 5.9). De esta manera estaríamos en posibilidad de elegir en que momento iniciar la siembra. Lo anterior requiere contar con un método de pronóstico de la temperatura del aire y la precipitación a largo plazo; por ejemplo una estación. Sin embargo, debemos estar conscientes de que cualquiera que sea el método, siempre existe un cierto grado de incertidumbre en cualquier pronóstico, principalmente si es a largo plazo.

La aplicación de modelos físico-matemáticos estadísticos o deterministas al pronóstico de las anomalías del clima (desviaciones con respecto al valor climático) a un mes o una estación o tal vez un año ofrece una opción atractiva para la planificación agrícola. En este trabajo de tesis hemos utilizado el modelo termodinámico del clima (MTC) para dar un

ejemplo de planificación agrícola basada en un pronóstico estacional de la temperatura y la precipitación.

El modelo MTC es un modelo determinista basado en el primer principio de la termodinámica o principio de conservación de energía interna. Este modelo aplica la ecuación de conservación de energía térmica (proporcional a la temperatura del sistema) a la capa troposférica de 9 km. de espesor, la cual incluye una cubierta de nubes; a la capa superior de los océanos de unos 60 m. de profundidad y a la capa superior de los continentes de espesor despreciable.

En el MTC, la superficie de océanos y continentes incluye una cubierta de hielo y nieve variable, generalmente en latitudes medias y altas.

En la capa troposférica, la ecuación termodinámica incorpora el almacenamiento de energía térmica, el transporte horizontal de calor por viento medio y por ciclones y anticiclones de latitudes medias de gran escala que viajan del ecuador a los polos; el almacenamiento y los transportes están balanceados por el calentamiento por radiación de onda corta (radiación solar emitida a unos 6,000°C) y larga (radiación terrestre emitida a unos 15°C en promedio), por calor latente liberado al nivel de las nubes y por calor sensible cedido por la superficie a través de transporte turbulento vertical.

En el océano la ecuación termodinámica incluye el almacenamiento de energía térmica (el cual es fundamental en el pronóstico a largo plazo); el transporte horizontal de calor por corrientes oceánicas medias y por giros oceánicos turbulentos de gran escala; al igual que en la atmósfera, el almacenamiento y los transportes están balanceados por el calentamiento

neto por radiación de onda larga y corta, la pérdida de calor latente (por evaporación) y sensible por transporte turbulento vertical desde la superficie.

En los continentes se asume que no existe almacenamiento de energía térmica ni transportes horizontales de calor; por lo que el calentamiento neto por radiación de onda corta y larga está balanceado con la pérdida de calor sensible y latente.

Las ecuaciones del MTC son resueltas en el Hemisferio Norte sobre una red o rejilla regular de 1977 puntos sobre puesta a la proyección estereográfica polar del Hemisferio Norte. La distancia entre punto y punto de la red es de 408 km.

Las condiciones iniciales que usa el MTC son las anomalías de la temperatura del aire en el nivel de 700 mb. (aproximadamente 3,000 metros) y las anomalías de la temperatura de la superficie de los océanos, ambas en el mes anterior al mes de predicción; el modelo también utiliza la cubierta de hielo y nieve de la última semana del mes previo al de la predicción, la cual es usada para generar anomalías en el albedo de la superficie.

El efecto de las anomalías del albedo por hielo y nieve sobre la predicción solo es importante en altitudes medias o altas ($>40^\circ$) y no en las latitudes que abarca la República Mexicana.

Si embargo, dado que la República Mexicana está rodeada de océanos, las anomalías de la temperatura de la superficie de los océanos del mes anterior si tienen un efecto importante sobre la predicción mensual y estacional de la temperatura y precipitación (Adem, *et al* 2000).

6.2 Pronóstico para la primavera 2,000.

Los pronósticos mensuales y estacionales de temperatura y precipitación con el MTC han sido ampliamente evaluados sobre el Territorio Nacional (Adem, *et al* 1995). Para este

trabajo se ha realizado un pronóstico mensual y estacional de las anomalías de la temperatura del aire en la superficie y de la precipitación, sobre la República Mexicana para la primavera del 2,000.

La figura 6.20 muestra los puntos de la red del MTC que están sobre la región de México y sus mares adyacentes. La figura también muestra la localización de Tlaxcala. Claramente el modelo no tiene resolución como para hacer un pronóstico regional sobre los municipios de Tlaxcala, por lo que el valor de las anomalías de temperatura y precipitación que se han interpolado para el punto de Tlaxcala en la figura 6.20, se toma como el mismo para cualquier municipio de Tlaxcala.

Puntos de la red del MTC sobre la región de la República

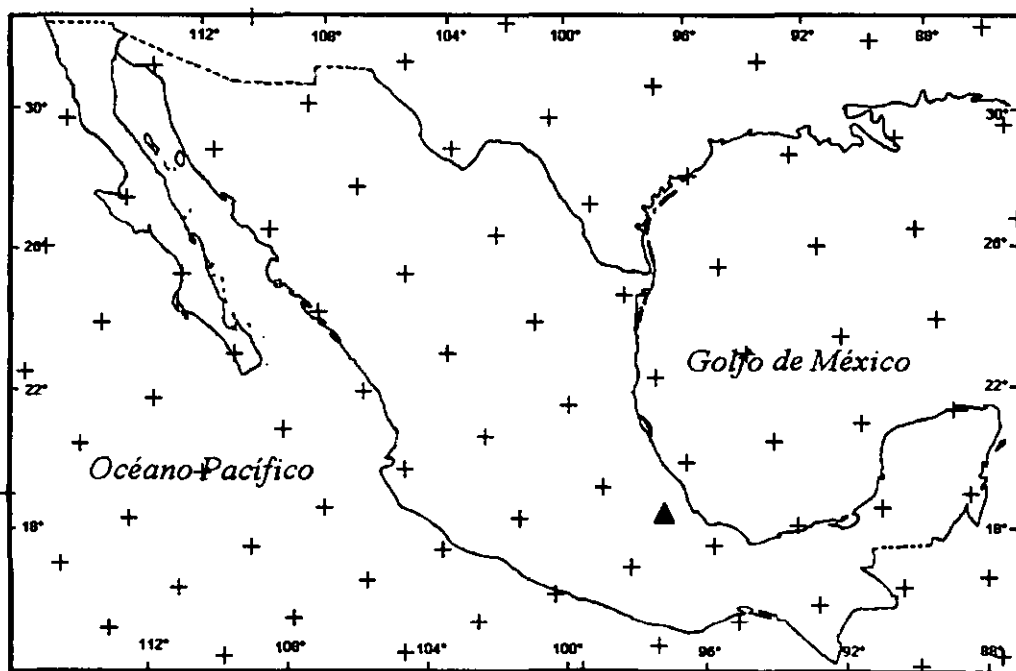


Figura 6.20 muestra los puntos de la red del MTC que están sobre la región de México y sus mares adyacentes. El ▲ símbolo indica la localización del estado de Tlaxcala. Fuente Anayatzin S. Mendoza Castro.

La figura 6.21 muestra las anomalías mensuales de la temperatura de la superficie (en $^{\circ}\text{C} \times 10$) pronosticadas por el MTC para la primavera del 2,000 en la región de México.

Sobre las áreas oceánicas los valores corresponden a las anomalías de la temperatura de la superficie del mar, y sobre las áreas continentales, los valores pueden ser considerados como anomalías de la temperatura del aire cerca de la superficie.

En esta figura la parte A corresponde a Marzo, la parte B a Abril y la C a Mayo.

El modelo pronostica para la parte sur este de la República Mexicana temperaturas por debajo de la normal; sobre la región de Tlaxcala hemos estimado, mediante interpolación, anomalías de -0.3°C para Marzo y -0.5°C para Abril y Mayo.

La figura 6.22 es como la figura 6.21 sólo que para el porcentaje de precipitación normal, en donde los valores arriba del 100% indican el porcentaje de precipitación arriba de lo normal y valores abajo del 100% indican porcentaje de precipitación por debajo de lo normal.

La comparación de la figura 6.22 con la figura 6.21 muestra que sobre el área continental existe una correlación negativa entre las anomalías de la temperatura del aire y las anomalías de la precipitación; es decir, anomalías negativas en temperatura del aire están asociadas con anomalías de precipitación por arriba de lo normal (situación de lluvia); inversamente anomalías positivas de temperatura del aire están asociadas con anomalías de precipitación por debajo de lo normal (situación de sequía).

Por interpolación, hemos estimado para la región de Tlaxcala porcentajes de precipitación de 106% para Marzo y 109% para Abril y Mayo.

TSDN ($^{\circ}\text{C} \times 10$) pronosticada para Marzo 2000

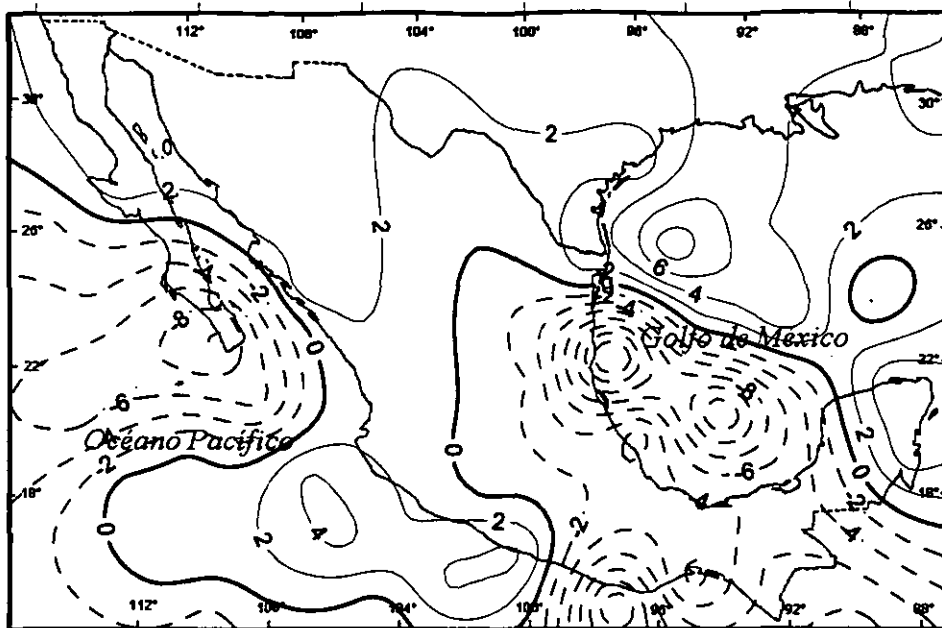


Figura 6.21 A Anomalías mensuales de la temperatura de la superficie (en $^{\circ}\text{C} \times 10$) calculadas por el MTC para el mes de Marzo 2000 en la región de la República Mexicana. Fuente: Anayatzin S.

TSDN ($^{\circ}\text{C} \times 10$) pronosticada para Abril 2000

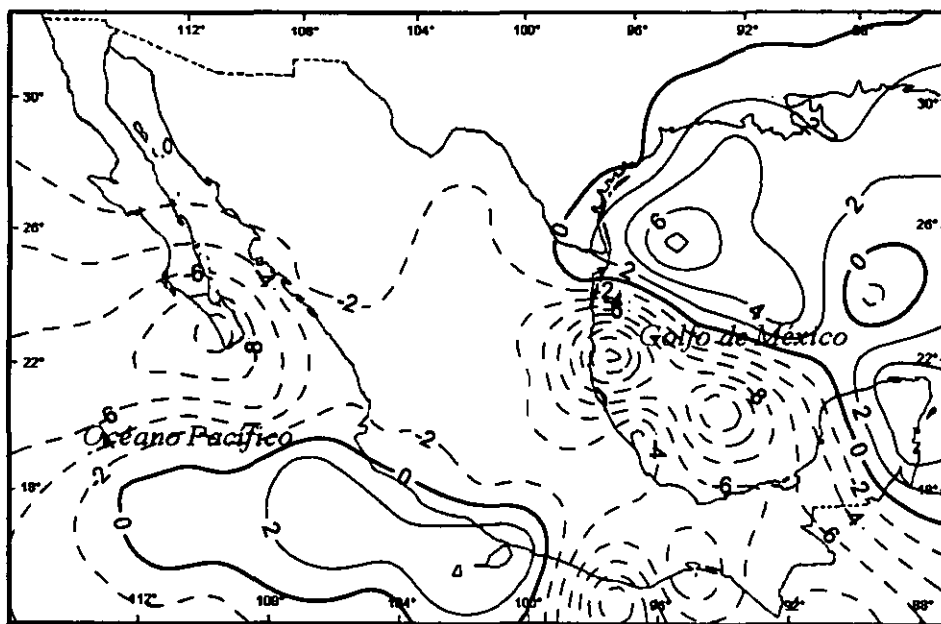


Figura 6.21 B Anomalías mensuales de la temperatura de la superficie (en $^{\circ}\text{C} \times 10$) calculadas por el MTC para el mes de Abril 2000 en la región de la República Mexicana. Fuente Anayatzin S. Mendoza

TSDN ($^{\circ}\text{C} \times 10$) pronosticada para Mayo 2000

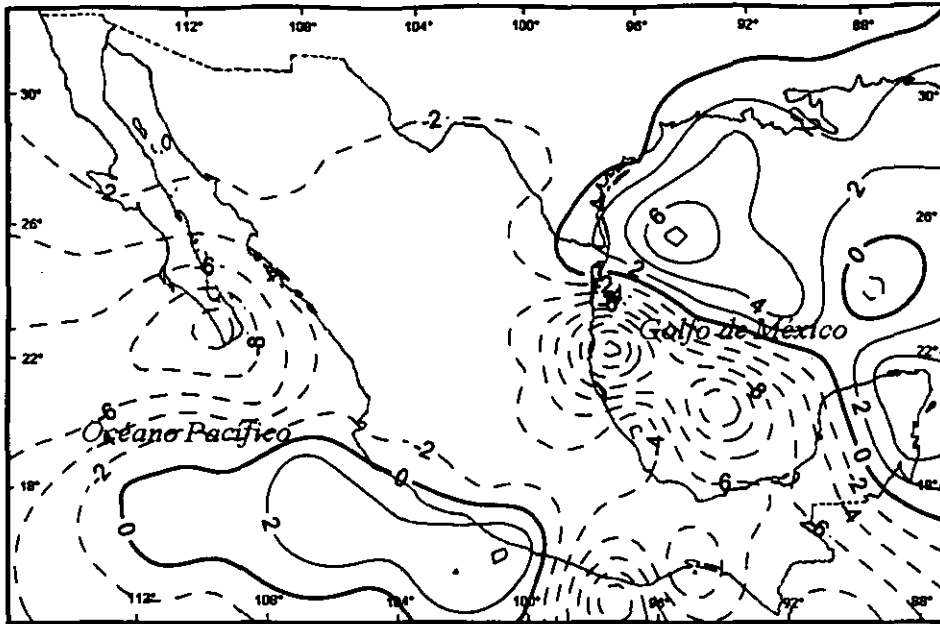


Figura 6.21 C Anomalías mensuales de la temperatura de la superficie (en $^{\circ}\text{C} \times 10$) calculadas por el MTC para el mes de Mayo 2000 en la región de la República Mexicana. Fuente: Anayatzin S. Mendoza

PRDN (%) pronosticada para Marzo 2000

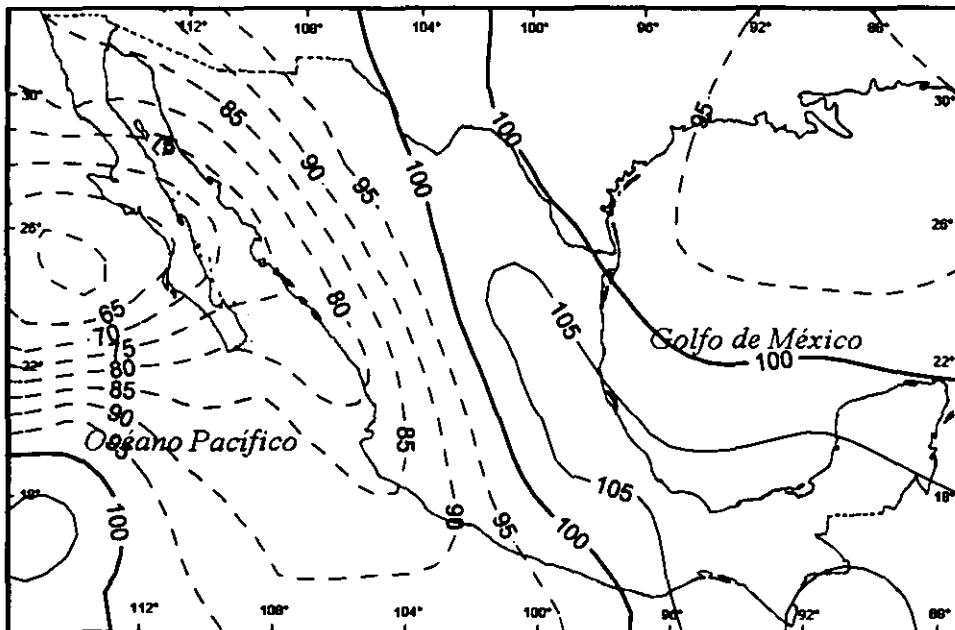


Figura 6.22 A Anomalías mensuales de precipitación porcentaje (%) calculadas por el MTC para el mes de Marzo 2000 en la región de la República Mexicana. Fuente: Anayatzin S. Mendoza

PRDN (%) pronosticada para Abril 2000

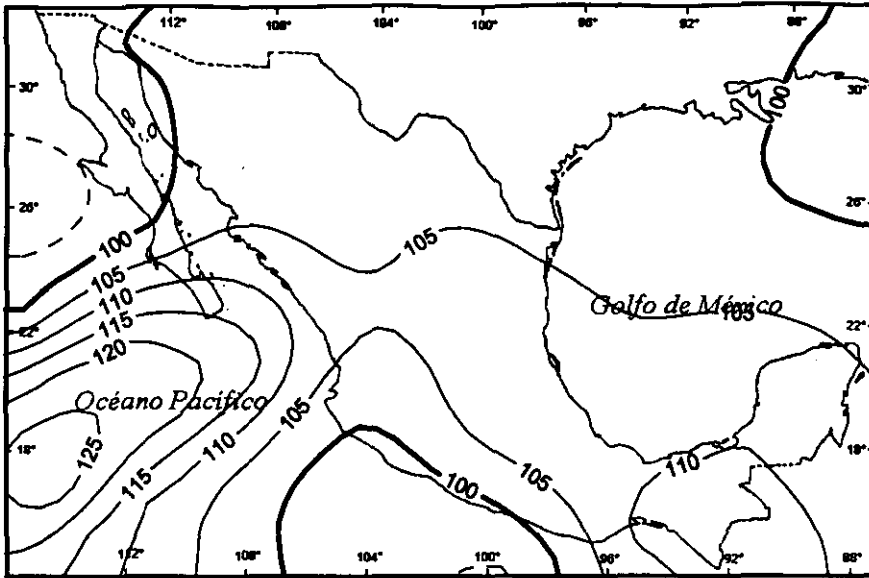


Figura 6.22 B Anomalías mensuales de precipitación porcentaje (%) calculadas por el MTC para el mes de Abril 2000 en la región de la República Mexicana. Fuente: Anayatzin S. Mendoza

PRDN (%) pronosticada para Mayo 2000

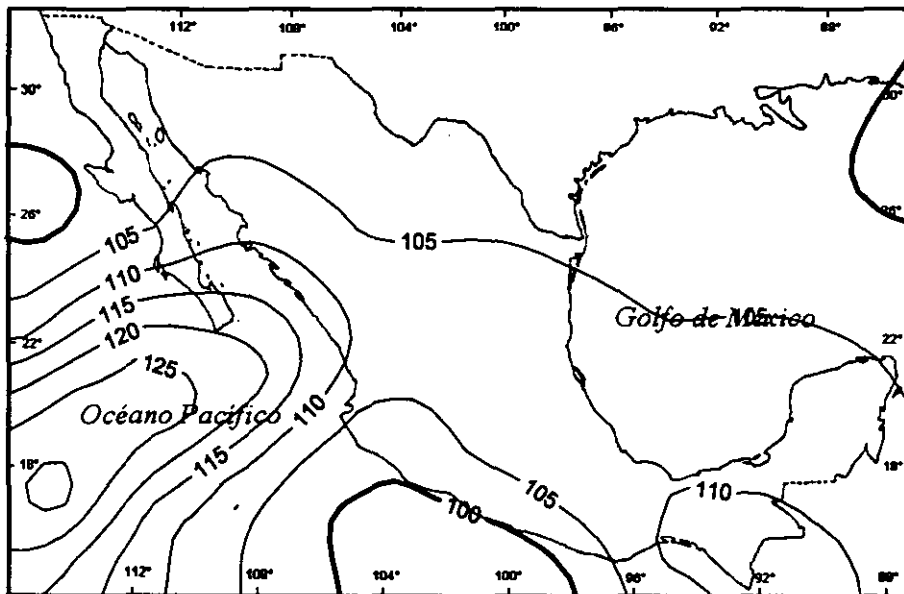


Figura 6.22 C Anomalías mensuales de precipitación porcentaje (%) calculadas por el MTC para el mes de Mayo 2000 en la región de la República Mexicana. Fuente: Anayatzin S. Mendoza

La figura 6.23 muestra las anomalías mensuales de la temperatura de la superficie para Marzo del 2000. La parte A ($^{\circ}\text{C} \times 10$) corresponde al pronóstico del MTC y la parte B ($^{\circ}\text{C}$) corresponde a la observación obtenida del Atlas Electrónico de la página Web del Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP), perteneciente a la Administración Nacional de la Atmósfera y el Oceano (NOAA) de los Estados Unidos de Norteamérica.

La figura 6.24 es similar a la 6.23 solo que para la precipitación, la parte A esta dada en porcentaje de precipitación y es similar a la figura 6.22 A. La parte B que corresponde a la observación (en seg.^{-1} que al multiplicarse por 86,400 seg. se obtiene las anomalías de precipitación en mm/día).

Al igual que el pronóstico las anomalías de la temperatura muestran una correlación negativa con las anomalías de la precipitación en el área continental. La comparación de la parte A con la parte B muestran que en el sur de la República Mexicana el pronóstico del MTC es acertado en signo y tamaño en cuanto a anomalías de temperatura, y en cuanto a anomalías de precipitación, el pronóstico del signo es acertado prácticamente en toda la República Mexicana.

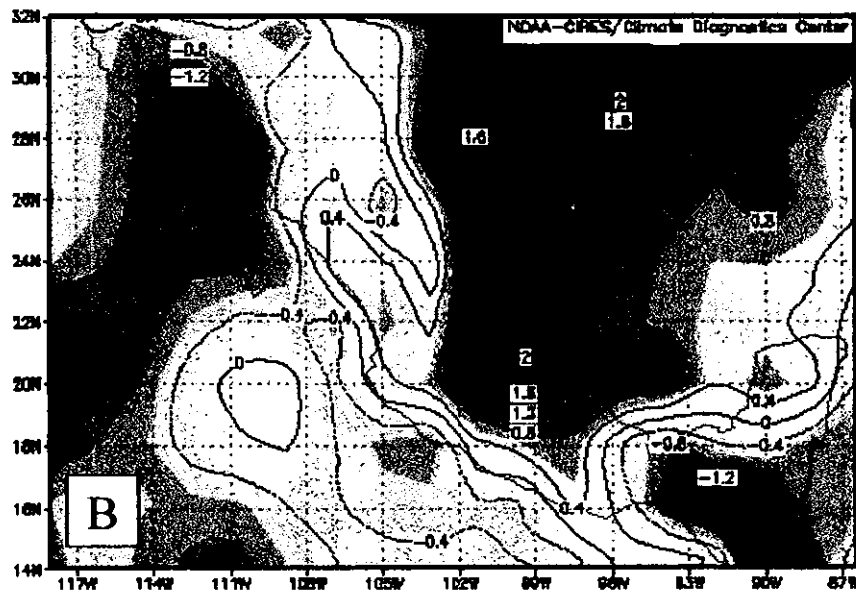
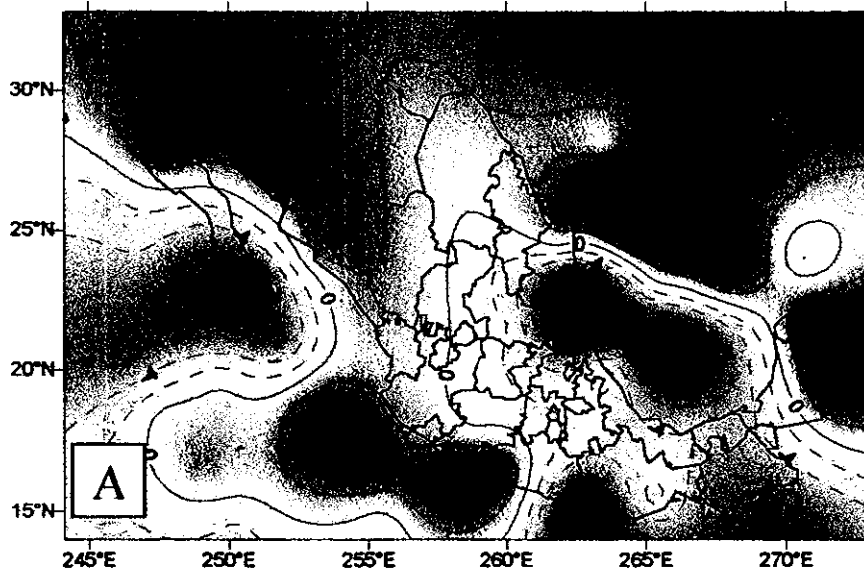


Figura 6.23. Anomalías de la temperatura mensual de la superficie para Marzo 2000. La parte A (en $^{\circ}\text{C} \times 10$) corresponde al pronóstico del MTC y la parte B (en $^{\circ}\text{C}$) corresponde a la observación obtenida del Atlas Electrónico de la página Web del Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) perteneciente a la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA) de los Estados Unidos.

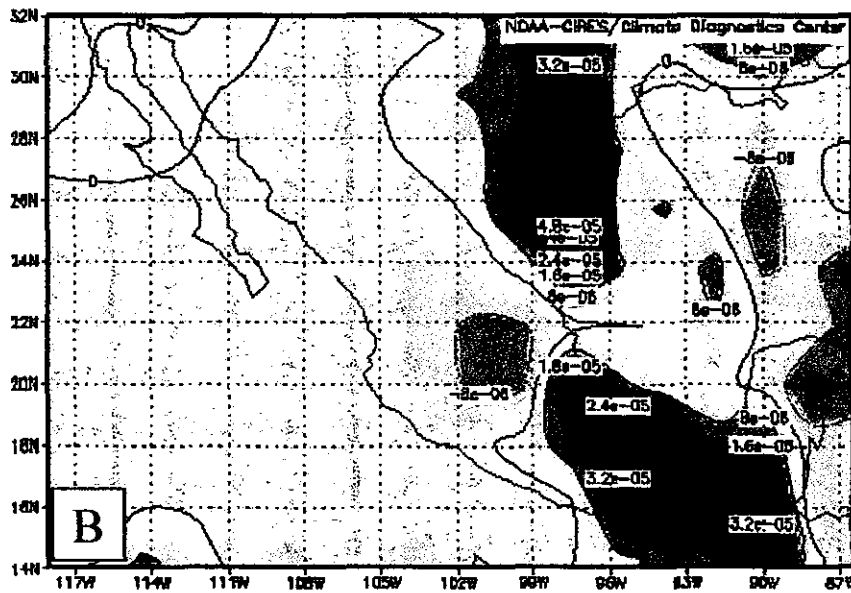
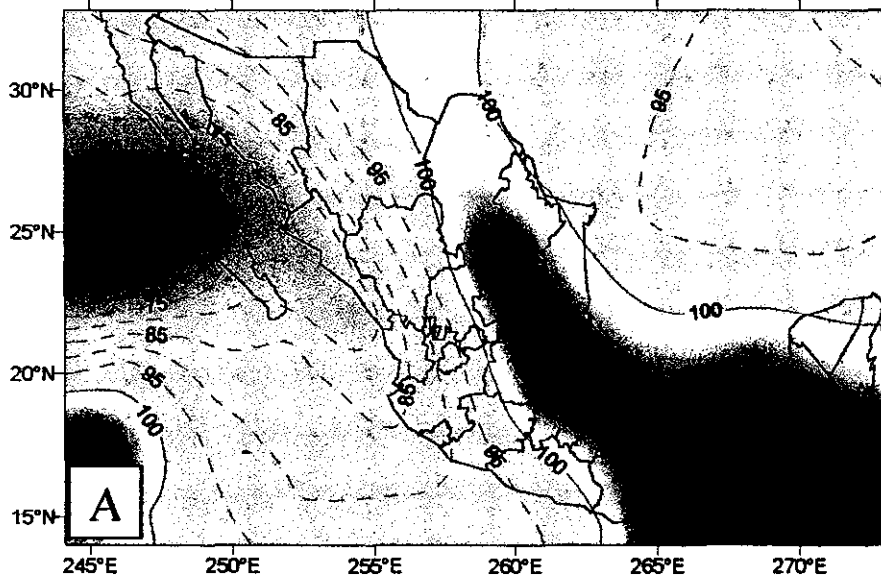


Figura 6.24. Anomalías de la precipitación mensual para Marzo 2000. La parte A (en porcentaje de normalidad) corresponde al pronóstico del MTC y la parte B (en seg^{-1} , que al multiplicarse por 86400 seg . se obtienen mm/día) corresponde a la observación obtenida del Atlas Electrónico de la página Web del Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) perteneciente a la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA) de los Estados Unidos.

A hora vamos a ver que cambios en el ciclo anual climático de evapotranspiración potencial y precipitación produce las anomalías pronosticadas para la primavera 2000 por el MTC.

Para ello, en primer lugar vamos a correlacionar la evapotranspiración potencial con la temperatura del aire de cada decena del ciclo anual climático, Dicha correlación es mostrada en la figura 6.25.

De esta manera, en el rango de variación de temperaturas climáticas se tiene que:

$$ETP_N = ATa_N + B \quad (6.1)$$

Donde ETP_N es la evapotranspiración potencial, Ta_N es la temperatura media del aire cerca de la superficie, el subíndice N indica valores climáticos; $A = 3.0934$ y $B = 2.1759$.

Si asumimos que la ecuación (8.1) es igualmente valida para temperaturas anómalas; es decir:

$$ETP_A = ATa_A + B \quad (6.2)$$

Donde ahora el subíndice A indica valores anómalos, entonces restando (6.1) de (6.2) obtenemos que:

$$ETP_{DN} = ATa_{DN} \quad (6.3)$$

Donde $ETP_{DN} = ETP_A - ETP_N$ y $Ta_{DN} = Ta_A - Ta_N$, son las anomalías de ETP y Ta , respectivamente.

Por lo tanto la evapotranspiración potencial pronosticada puede expresarse como:

$$ETP = ETP_N + ATa_{DN} \quad (6.4)$$

Por su parte la precipitación pronosticada es simplemente la lámina de precipitación al 60% de probabilidad, L_p multiplicada por el porcentaje de precipitación normal $PC(\%)$ pronosticada por el MTC entre 100, es decir:

$$Lp = \frac{PC(\%) \times Lp_N}{100} \quad (6.5)$$

Ahora bien los valores de T_{aDN} y $PC(\%)$ pronosticados por el MTC, los cuales son mostrados en las figuras 6.21 y 6.22, son mensuales, por lo que hemos tomado el mismo valor mensual para cada una de las tres decenas del mes, y como ya lo hemos mencionado los valores de $PC(\%)$, T_{aDN} , interpolados para Tlaxcala los hemos supuesto igualmente validos para cualquiera de los cuatro municipios.

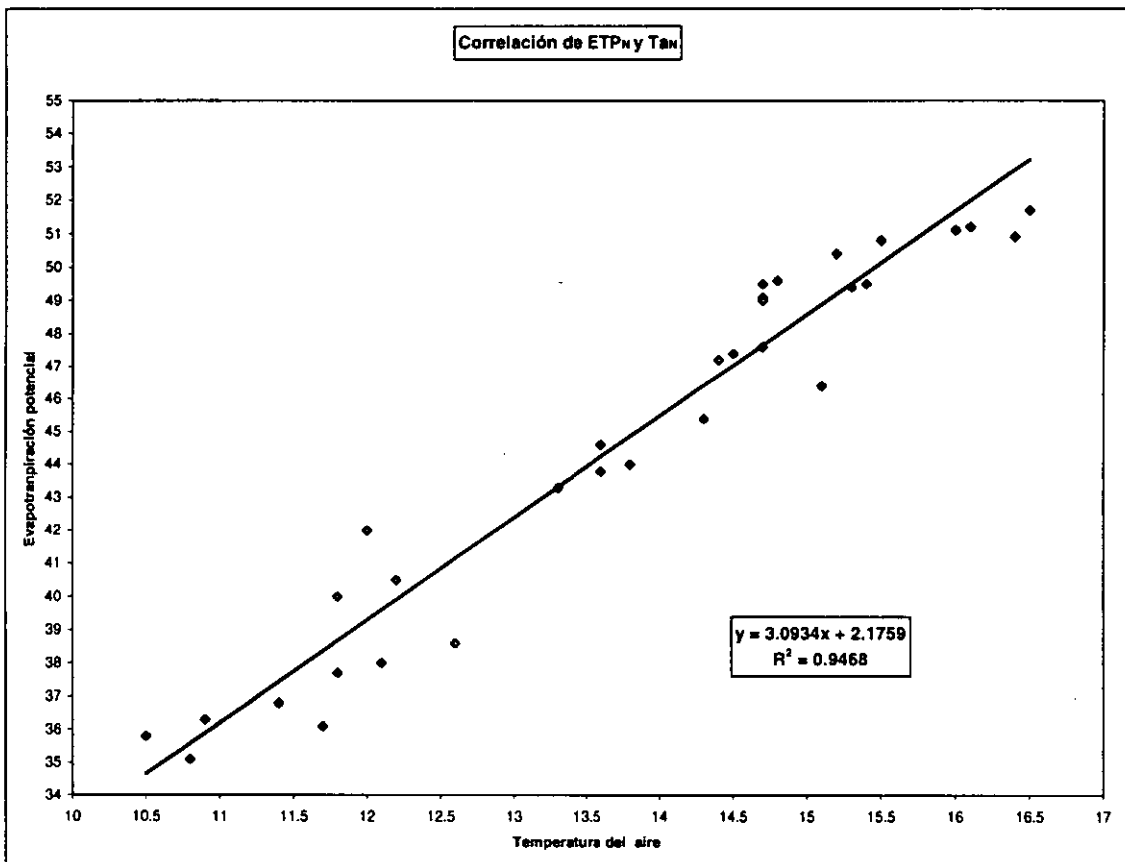


Figura 6.25 muestra la correlación de la evapotranspiración potencial con la temperatura del aire de cada decena del ciclo anual climático, para el municipio de Cuapixtla. Fuente: Anayatzin S. Mendoza

La tabla 6.45 muestra para cada una de las tres decenas de primavera, la temperatura del aire, la evapotranspiración potencial y la lámina de precipitación para Cuapixtla. Del

tercero al quinto renglón se muestran los valores climáticos; del sexto al octavo renglón las anomalías y del noveno al onceavo renglón los valores anómalos (climáticos más anomalías); calculados de las ecuaciones (6.4) y (6.5) en base al pronóstico del MTC.

Tabla 6.45 Temperatura del aire, evapotranspiración potencial y lamina de precipitación para Cuapixtla

MESES	MARZO			ABRIL			MAYO		
DECENAS	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TaN	13.6	14.3	15.1	15.3	15.4	16.4	16.5	16	16.1
ETPN	44.6	45.4	46.4	49.4	49.5	50.9	51.7	51.1	51.2
LpN	4	4.5	5.4	6	8	10	11.9	19.7	29.1
TaDN	-0.3	-0.3	-0.3	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
ETPDN	-0.93	-0.93	-0.93	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
PC(%)	106	106	106	106	109	109	109	109	109
TaA	13.3	14	14.8	14.8	15.1	16.1	16	15.5	15.6
ETPA	43.6	44.4	45.4	47.9	48	49.4	50.2	49.6	49.7
LpA	4.24	4.77	5.77	6.54	8.72	10.9	12.9	21.4	31.7

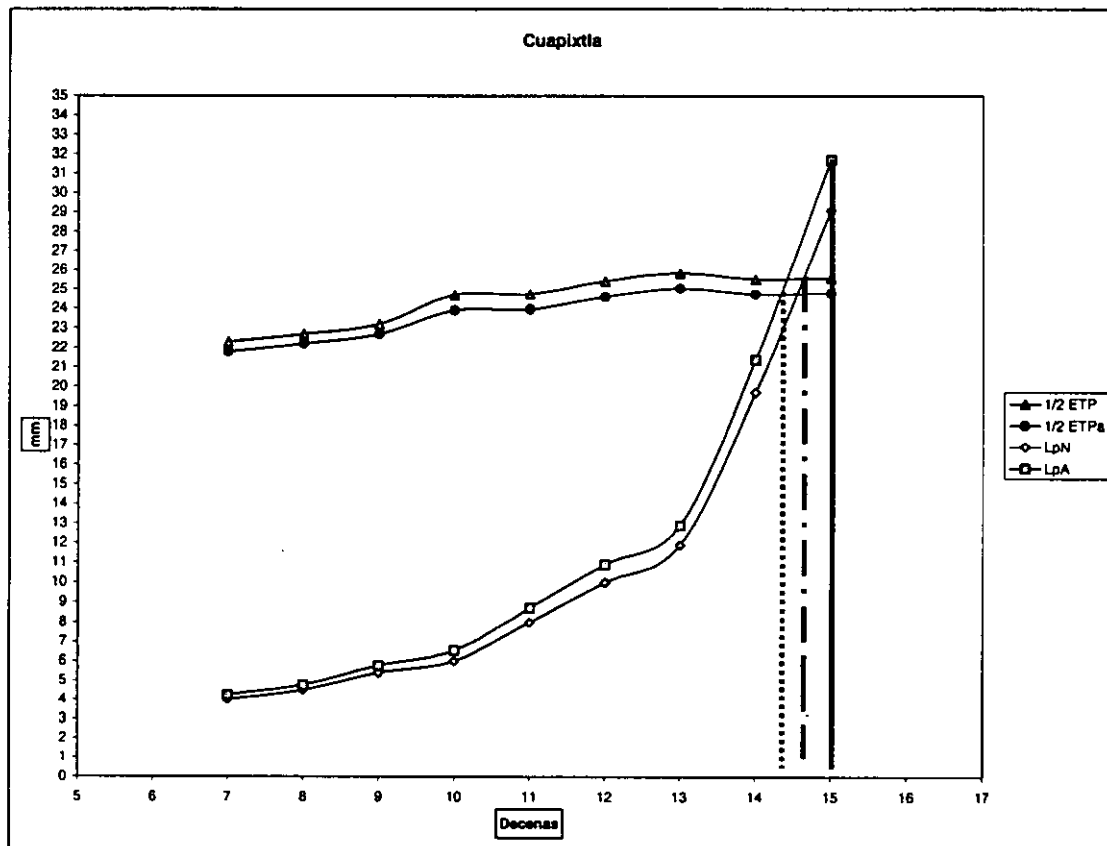


Figura 6.26 La gráfica muestra para Cuapixtla la lámina de precipitación climática (curva con rombos) y la anomalía (curva con cuadrados); así como 1/2 de ETP (curva con triángulos) y la anomalía (curva con círculos). La línea con puntos señala la fecha del inicio del período de crecimiento o la estación de lluvias adelantada por el pronóstico del MTC (decena 14 con 3 días), la línea con puntos y rayas muestra la fecha de inicio del período de crecimiento o la estación de lluvias (decena 14 con 5 días) y la línea continua vertical señala la fecha de siembra propuesta (decena 15) Fuente: Anayatzin S. Mendoza.

La figura 6.26 muestra la gráfica de la lámina de precipitación climática (curva con rombos) y la anómala (curva con cuadros); así como ½ de ETP obtenida con la evapotranspiración climática (curva con triángulos) y la anómala (curva con círculos).

La figura 6.26 también muestra tres líneas verticales; la línea con puntos y rayas señala el inicio de la estación de lluvias (decena 14 con 5 días), la línea con puntos señala el inicio de la estación de lluvias pronosticada por el MTC (decena 14 con 3 días) para la primavera del 2000 y la línea continua señala la fecha de siembra propuesta (decena 15).

Esta figura indica que el MTC pronostica una adelanto del inicio de la estación de lluvias de 2 días. Por lo tanto, la fecha de siembra propuesta también se puede adelantar 2 días; es decir dicha fecha sería en la decena 14 con 8 días.

Adelantar la fecha de siembra 2 días en base a este pronóstico climático puede resultar de importancia si se considera que con ello se reduce el riesgo de una helada al final del periodo de vegetativo del maíz.

La tabla 6.46 es similar a la tabla 6.45 sólo que las anomalías corresponden a los valores observados en la primavera del 2000.

Tabla 6.46 Temperatura del aire, evapotranspiración potencial y lámina de precipitación para Cuapixtla

MESES	MARZO			ABRIL			MAYO		
DECENAS	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TaN	18.34	19	20	20.5	21	22	22	22	21.5
ETPN	44.6	45.4	46.4	49.4	49.5	50.9	51.7	51.1	51.2
LpN	4	4.5	5.4	6	8	10	11.9	19.7	29.1
TaDN	-0.34	-0.66	-0.16	-1.16	-0.5	-0.16	-0.16	-0.16	-0.66
ETPDN	-1.05	-2.04	-0.49	-3.59	-1.54	-0.49	-0.49	-0.49	-2.04
PC(%)	128	128	128	107	107	100	118	120	133
TaA	18	18.34	19.84	19.34	20.5	21.84	21.84	21.84	20.84
ETPA	43.5	43.3	45.9	45.8	47.8	50.4	51.2	50.6	49.1
LpA	5.1	5.7	6.9	6.4	8.5	10	14	23.6	38.7

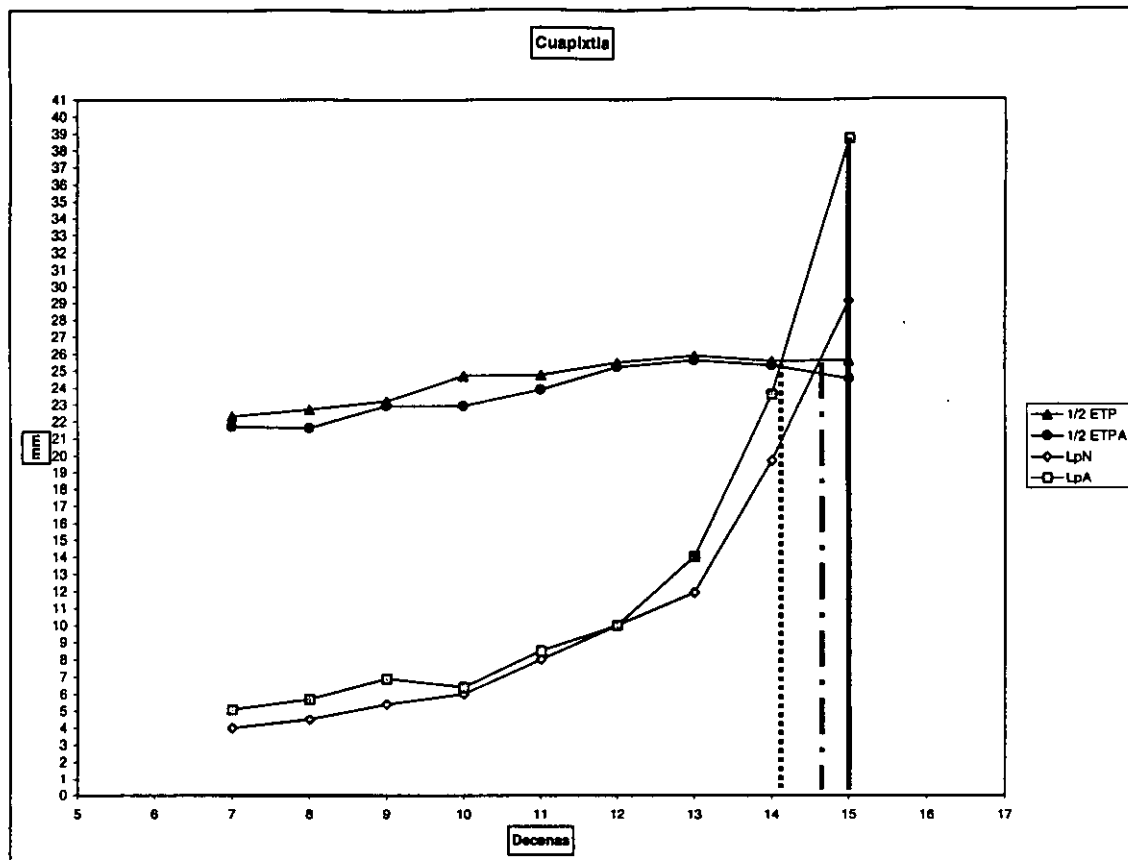


Figura 6.27 La gráfica muestra para Cuapixtla la lámina de precipitación climática (curva con rombos) y la anómala (curva con cuadros); así como $\frac{1}{2}$ de ETP (curva con triángulos) y la anómala (curva con círculos). La línea con puntos señala la fecha del inicio de la estación de lluvias adelantada según lo observado (decena 14 con 1 día), la línea con puntos y rayas muestra la estación de lluvias (decena 14 con 5 días) y la línea continua vertical señala la fecha de siembra propuesta (decena 15) y Fuente: Anayatzin S. Mendoza.

La figura 6.27 muestra la gráfica de la lámina de precipitación climática (curva con rombos) y la anómala (curva con cuadros); así como $\frac{1}{2}$ de ETP obtenida con la evapotranspiración climática (curva con triángulos) y la anómala (curva con círculos); así como una línea continua vertical señalando la fecha de siembra propuesta (decena 15). La línea vertical con puntos señala el inicio del período de crecimiento o el inicio de la estación de lluvias con lo observado. Notándose que el inicio del período de crecimiento o

el inicio de la estación de lluvias se adelantan aproximadamente 4 días (decena 14 con 1 día).

La figura 6.27 es similar a la figura 6.26, sólo que para el caso observado. La figura muestra que la fecha del inicio del período de lluvias se adelanta 4 días (decena 14 con 1 día), es decir 2 días más que el pronóstico del MTC.

Conclusiones

La producción agropecuaria es de gran importancia para cualquier país pues es el medio por el cual se abastece de alimentos a una población. Una inadecuada producción de alimentos con lleva a grandes problemas de desbaste y obliga al país a importar alimentos, motivo por el cual es importante una planificación agrícola para asegurar niveles crecientes de producción.

Una de las causas más importantes que ha derivado en una reducción de la capacidad productiva del campo agrícola mexicano es sin duda, los efectos de algunos eventos climáticos extremos, como son las sequías.

La falta de lluvias en Abril y la primera quincena de Mayo se traduce en rendimientos bajos, principalmente en la región centro de México; Puebla, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro, y por supuesto Tlaxcala.

Por lo que es claro que la alternativa de modificación en la fechas de siembra propuestas en esta tesis llamada Planificación Agrícola; permitiría el incremento en el rendimiento del maíz de temporal.

Así que las conclusiones finales en la realización de esta tesis son las siguientes:

El resultado del análisis económico que se hizo en las décadas de los años 70's, 80's y 90's, fue que aunque se aumento el rendimiento en la producción de toneladas por hectárea del grano del maíz debido a la introducción de semillas híbridas y fertilizantes químicos; el porcentaje del beneficio decae considerablemente, implicando un empobrecimiento de los campesinos, lo cual es indicativo de que el maíz de temporal se siembra en Tlaxcala en condiciones desfavorables para su desarrollo.

La mejor fecha de siembra del maíz es cuando se inicia el periodo de crecimiento; es decir, cuando la precipitación es mayor o igual a la mitad de la evapotranspiración potencial o cuando en un período corto de 5 a 10 días la lluvia recibida es mayor o igual a 25 mm. Con la fecha de siembra propuesta se obtienen incrementos en el rendimiento de hasta 28.3% para Huamantla.

El pronóstico que se hizo para la primavera del 2000 con el Modelo Termodinámico del Clima (MTC), puede ayudar a tomar decisiones para planificar la fecha de siembra debido a que se esta pronosticando el inicio del Período de Crecimiento o el inicio de la Estación de lluvias, en este pronostico la fecha de siembra propuesta puede adelantarse 2 días, reduciendo el riesgo de una helada al final del periodo vegetativo del maíz. Las observaciones muestran que efectivamente la fecha del inicio del período de crecimiento se adelantan pero por 4 días.

Las principales limitaciones de esta tesis son:

Aunque en este trabajo de tesis se mejoran las condiciones de humedad para la planta recorriendo la fecha de siembra; existe la limitante de las heladas al final del ciclo vegetativo del maíz. Por lo que se sugiere usar una semilla de período más corta

La medida adaptativa que se sugiere permitiría el incremento en los rendimientos del maíz de temporal, buscando que fuera económicamente viable. Sin embargo existe la limitante de la actual política agraria. La cual exige a cambio de créditos agrícolas, el uso de semillas híbridas de ciclos vegetativos largos con aplicación de fertilizantes químicos de alto costo. La condición económica de los agricultores de Tlaxcala resalta la urgencia de diseñar estrategias mucho más coherentes que las existentes.

Cabe señalar que los agricultores de Tlaxcala están conscientes de que las fechas de siembra utilizadas actualmente no son las adecuadas, pero ante las heladas e híbridos con períodos vegetativos tan largos; no les queda otra solución ya que al seguir sembrando estas semillas vendidas por el gobierno aseguran el único mercado para sus productos: el gobierno y por lo tanto su subsistencia.

Trabajo a futuro:

El trabajo a futuro necesario para continuar esta línea de investigación es el siguiente:

Hacer un Pronóstico Estacional de la Lluvia en la República Mexicana en Tlaxcala con el Modelo Termodinámico de Adem ante un evento del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en donde es sabido que hay una disminución de precipitación y que una planificación agrícola a tiempo podría disminuir pérdidas económicas ante un bajo rendimiento.

Hacer un análisis económico de las medidas adaptativas sugeridas ante variaciones climáticas extremas, así como de las medidas que aplican los productores afectados.

Hacer una planificación agrícola no sólo del maíz sino de otros cultivos como son: el trigo y la cebada.

Bibliografía

Acosta Pérez R., *et. al* 1991. *La vegetación del Estado de Tlaxcala*, Tlaxcala, México. Ed. Jardín Botánico Tizatlán. Gobierno del Estado de Tlaxcala. 31 pp.

Adem, J., 1962. *On The Theory Of The General Circulation Of The Atmosphere*. D.F México. Ed. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. 102-115 pp.

Adem, J., 1964. *On The Physical Basis For The Numerical Prediction Of Monthly And Seasonal Temperatures In The Troposphere-Ocean-Continent System*. Extended Forecast Branch, Bureau. Washington, U.S Ed. National Meteorological Center, Bureau, Washington, U.S. 91-104 pp.

Adem, J., 1968. *One Year Experiment In Numerical Prediction Of Monthly Mean*

Temperature In The Atmosphere-Ocean-Continent System. Extended Forecast Division, NMC, Neather Bureau, ESSA, Washington, D.C. 714-719 pp.

Adem, J.,1970. *Incorporation Of Advectiont Of Heat By Mean Winds And By Ocean Currents In A Thermodynamic Model For Long Range Weather Prediction.* Nacional Meterological Center, Weather Bureau, ESSA, Suitland, Md. 776-786 pp.

Altieri, M.A, Trujillo, J. 1987. *The Agroecology of Can Production in Tlaxcala, México.* Human Ecology. 15(2): 189-220 pp.

Asociación Periodística Síntesis. 1993. *Historia Mínima de Tlaxcala.*México.87 pp.

Atlas del Agua de la República Mexicana, 1976. Ed. Secretaria de Recursos Hidráulicos, México, 125 pp.

Calva-Tellez, J.L., 1997. *Crisis Agrícola en México: 1982-1996. Diagnóstico y propuesta de solución.* Reporte de Investigación N° 38. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agricultura y de la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 16pp.

Custodio et all, 1983. *Hidrología Subterranea,* Editorial Omega. Barcelona España
Capítulo 6.

García-Samper, M.A., 1991. *Los atomíes-matlames del norte de Tlaxcala, S. XVI Historia y Sociedad en Tlaxcala*. Memorias del 4° y 5° Simposio. Internacional de Investigaciones Socio-Históricas sobre Tlaxcala De Octubre de 1988 a Octubre de 1989. Gobierno del Estado de Tlaxcala 168-176 pp.

Hernández-Rojas, F.C., 1991. *Sistemas y Técnicas Agrícolas Tradicionales en Tlaxcala, Historia y Sociedad en Tlaxcala*. Memorias del 6° y 7°. Simposio Internacional de Investigaciones Socio-Históricas sobre Tlaxcala Octubre de 1989 a Octubre de 1990. Gobierno del Estado de Tlaxcala. 289-295 pp.

INEGI 1991 VII Censo Agropecuario de Tlaxcala. México 80 pp.

INEGI 1996 Síntesis Geográfica de Tlaxcala. México 91 pp.

INEGI 1996 Atlas Agropecuario del Estado de Tlaxcala 100 pp.

INIFAP 1999 Produce. Paquete Tecnológico del Cultivo de Maíz de bajo Temporal en Areas de Media Productividad en el Estado de Tlaxcala.

Leopold, S. H. 1982. *Fauna Silvestre de México. Aves y Mamíferos de Caza*. Instituto Mexicano de Recursos Renovables. México 127-584.

- Legorreta Padilla F. 1998. *Conversión Productiva de Temporal para Tlaxcala. Opciones para reducir el impacto de Eventos Climáticos en el Agro Trípico de Divulgación.* SAGAR, AGROTLAX e INIFAP. Fundación Produce Tlaxcala.
- Manabe, S. 1969. *Climate And Ocean Circulation, I. The Atmospheric Circulation And The Hydrology Of The Earth's Surface.* Mon. Weather Rev. 97, 739-774.
- Masías, J. 1982 *Estudios Regionales.* México. D.F Ed Trillas. México 189-200pp.
- Martínez, T. 1997 *La Diáspora Tlaxcalteca. Colonización Agrícola del Norte Mexicano.* Gobierno del estado de Tlaxcala 197 pp.
- Nava-Rodríguez, L. 1988. *Geografía de Tlaxcala.* Talleres Gráficos del Estado de Tlaxcala, México 41 pp.
- Nava-Rodríguez, L. 1991. *Historias Tlaxcaltecas* .Talleres Gráficos del Estado de Tlaxcala, México. 104 pp.
- Rendón-Garcini, R., 1988 *Producción y comercialización del pulque en dos haciendas de los Llanos de Apan, segunda mitad del siglo XIX. Historia y Sociedad en Tlaxcala.* Memoria del 3° Simposio Internacional de Investigaciones Socio-Historicas sobre

Tlaxcala Octubre de 1987 a Octubre de 1988. Gobierno del estado de Tlaxcala. 57-66 pp.

Ramos, Y.(Coordinadora). 1994 Instrumentos Agrícolas tradicionales de Tlaxcala. INAH. México 118 pp.

Riva S.L., 2000 Agrícola de la Riva. Barcelona. España De. Omega. Barcelona 220 pp.

Rojas Martinez, I. 1997. Guía para la Producción de Maíz de Temporal en Tlaxcala Folleto Técnico. N°4. SAGAR, AGROTLAX< INIFAP. Fundación Produce, Tlaxcala 9 pp.

SAGAR. 1998. El Impacto del Clima en el Sector Agropecuario presentada en el Taller de Prevención de Desastres. Mayo de 1998 en Lázaro Cárdenas. Michoacán. México 14 pp.

SPPa. 1987 Dirección General de Geografía del Territorio Estatal. Carta Estatal. Fenómenos Metereológicos. 2da. Edición. Escala 1:250,000. México.

SPPb. 1987 Dirección General de Geografía del Territorio Estatal. Carta Estatal. Suelos 2da. Edición. Escala 1:250,000 México.

SPPc 1987 Dirección General de Geografía del Territorio Estatal Carta Estatal.
Regionalización Fisiográfica 2da. Edición Escala 1:250,000 México.

SPPd. 1987. Dirección General de Geografía del Territorio Estatal Carta Estatal.
Geológica 2 da. Edición . Escala 1:250,000. México.

Torres Ruiz, E.1983. *Agro meteorología* . Editorial Diana D.F México 149 pp.

Villalpando I, F. 1983 Metodología de Investigación agroclimática Editorial SAGAR.
Tlaxcala México. 154pp.