



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

POSGRADO EN GEOGRAFIA

**TESIS
“PLANIFICACIÓN Y MITIGACIÓN AGRÍCOLA
DEL CULTIVO DE MAIZ DE TEMPORAL EN
EL ESTADO DE TLAXCALA
BASADA EN LA PREDICCIÓN DE EVENTOS
CLIMÁTICOS Y METEOROLÓGICOS
EXTREMOS”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORA EN GEOGRAFIA
PRESENTA:
ANAYATZIN SAGRARIO MENDOZA CASTRO**

**TUTOR DE TESIS:
DR. VICTOR M. MENDOZA**

**COMITÉ TUTORAL:
DRA. LAURA E. MADEREY
DRA. TERESA REYNA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN GENERAL: GEOGRAFÍA
FÍSICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICA: AGRO
CLIMATOLOGÍA**



2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

***A mis padres Rubén Mendoza† y Beatriz Castro†.....
Por amarme sin límites***

***A mis hijos Ariel y Lupita.....
Por tomarme de la mano y acompañarme a convertir un
sueño en realidad***

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Víctor M. Mendoza por la dirección de esta tesis, la cual no hubiera sido posible sin su apoyo académico; pero sobre todas las cosas, gracias por ser mi ángel guardián la mayoría de mis logros académicos y personales te los debo a ti, ya que desde mi niñez has sido más que un hermano, has sido mi papá y lo seguirás siendo por el resto de mis días.

A mi Comité Tutorial: Dra. Laura E. Maderey Rascón y Dra. Teresa Reyna Trujillo por la codirección de esta tesis y por ser unas finísimas personas conmigo.

A la Dra María Engracia Hernández Cerda y al Dr. Jorge Fujioka Rojas por la revisión de esta tesis y a sus comentarios que fueron fundamentales para el enriquecimiento de la misma.

Al agricultor Apolonio Martínez por la donación de la hectárea así como el apoyo y asesoramiento para la realización del experimento del cultivo de maíz.

A mi hermana Carmen Mendoza por el apoyo moral y económico cuando más lo necesite.

A mi hermana Ana María Mendoza por ser una madre para mis hijos.

Y A mi hermana Cristina Mendoza por sus consejos.

INDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	01
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	08
1.1 Justificación.....	09
1.2 Delimitación del problema de investigación.....	12
1.2.1 Localización.....	12
1.2.2 Clima.....	12
1.2.3 Hidrología.....	18
1.2.4 Regiones Fisiográficas.....	21
1.2.5 Suelos.....	23
1.2.6 Vegetación.....	25
1.2.7 Agricultura.....	25
1.2.8 Caso de Estudio.....	30
1.3 Objetivos de la investigación.....	34
1.4 Algunas consideraciones meteorológicas.....	36
CAPITULO II EVENTOS CLIMATICOS Y METEOROLOGICOS (HELADAS Y SEQUIAS EN TLAXCALA).....	37
2.1 Concepto de Helada.....	38
2.2 Clasificación de Heladas.....	39
2.3 Daños por Heladas al cultivo de maíz de temporal.....	51
2.4 Condiciones Físico-Geográficas que determinan la formación de Heladas en Tlaxcala.....	53



2.4.1 Condición Geográfica.....	53
2.4.2 Condición Topográfica.....	53
2.4.3 Condición Climática.....	55
2.5 Ocurrencia de Heladas en el estado de Tlaxcala.....	57
2.6 Concepto de Sequía.....	61
2.7 Clasificación de Sequía.....	63
2.8 Daños por Sequía al cultivo de maíz de temporal.....	65
CAPITULO III CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL ESTADO DE TLAXCALA.....	71
3.1 Origen y distribución de la precipitación en el estado de Tlaxcala.....	72
3.2 Caracterización de la precipitación en los años secos en el estado de Tlaxcala	79
3.3 Origen de los años secos en el estado de Tlaxcala.....	81
3.4 Caracterización de la precipitación en los años húmedos en el estado de Tlaxcala.....	96
3.5 Origen de los años húmedos en el estado de Tlaxcala.....	98
3.6 Pronóstico Año 2011.....	109
CAPITULO IV PLANIFICACIÓN AGROCLIMATICA DEL CULTIVO DEL MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE TLAXCALA.....	111
4.1 Estación de Crecimiento.....	112
4.2 Balance Hídrico del cultivo de maíz de temporal.....	118
4.3 Validación del Balance Hídrico del cultivo del maíz de temporal.....	126
4.4 Probabilidad de la precipitación y el IA.....	134



4.5 Pronóstico agro climático en el estado de Tlaxcala.....	136
4.6 Planificación de fechas de siembra.....	147
4.7 Experimento del cultivo de maíz de temporal H-311 con fecha de siembra tradicional y del cultivo de maíz de temporal V-23 con fecha de siembra alternativa.....	150
4.7.1 Objetivo del Experimento.....	150
4.7.2 Localización Geográfica del Experimento.....	150
4.7.3 Condiciones Climáticas en la Zona de Estudio.....	153
4.7.4 Trabajo de Campo.....	154
4.7.5 Características Agroclimáticas del Testigo 01 y Testigo 02.....	162
4.8 Relación Costo-Beneficio de la producción de maíz de temporal tradicional y alternativo.....	181
CAPITULO V ANALISIS Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA PRODUCTIVO DEL CULTIVO DEL MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE TLAXCALA.....	192
5.1 Antecedentes Históricos del cultivo de maíz de temporal.....	193
5.2 Introducción de Semillas Híbridas de Maíz en el estado de Tlaxcala 1967-1969.....	197
5.3 Impacto socioeconómico por la introducción de semillas híbridas de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala 1970-2006.....	205
5.4 Ciclo agrícola primavera-verano 2007 del cultivo de maíz de temporal en el municipio de Humantla, Tlaxcala.....	226



5.4.1 Localización Geográfica y Condiciones Climáticas de los cultivos de maíz de temporal del ciclo agrícola primavera-verano 2007 en el municipio de Huamantla, Tlaxcala.....	229
5.4.2 Pronóstico Agroclimático para el ciclo agrícola primavera-verano 2007	231
5.4.3 Análisis Cualitativo de los cultivos de maíz de temporal del ciclo agrícola primavera-verano 2007 en el municipio de Huamantla, Tlaxcala	240
5.4.4 Análisis Cuantitativo de los cultivos de maíz de temporal del ciclo agrícola primavera-verano 2007 en el municipio de Huamantla, Tlaxcala	246
CONCLUSIONES.....	257
BIBLIOGRAFÍA.....	281



INDICE GENERAL DE TABLAS

	Pág.
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
Tabla 1.1 Ubicación, altura y series de tiempo de las estaciones agro meteorológicas.....	17
Tabla 1.2 Cultivos de temporal.....	26
Tabla 1.3 Cultivos de riego.....	26
Tabla 1.4 Ciclos vegetativos del maíz.....	29
 CAPITULO II INTRODUCCIÓN A EVENTOS CLIMÁTICOS Y METEOROLÓGICOS EXTREMOS	
Tabla 2.1 Rangos de temperatura viables para el cultivo de maíz de temporal en el ciclo fenológico.....	51
Tabla 2.2 Requerimientos de precipitación en el ciclo fenológico del maíz.....	67
 CAPITULO III CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL ESTADO DE TLAXCALA	
Tabla 3.1 Años secos.....	81
Tabla 3.2 Años húmedos.....	98
 CAPITULO IV PLANIFICACIÓN AGROCLIMATICA DEL CULTIVO DEL MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE TLAXCALA	
Tabla 4.1 Probabilidad de la precipitación y el IA.....	135



Tabla 4.2 Fertilidad y Características morfológicas del perfil del suelo de los sitios evaluados.....164

Tabla 4.3 A Condiciones Agro climáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido número 311 con fecha de siembra tradicional en Huamantla.....171

Tabla 4.3 B Condiciones Agro climáticas en los estados fenológicos del maíz criollo variedad número 23 con fecha de siembra alternativa en Huamantla.....171

Tabla 4.4 Estimación aproximada en el costo del material del cultivo de maíz tradicional en el experimento del Testigo 01 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 5500 metros cuadrados...185

Tabla 4.5 Estimación aproximada del costo de mano de obra del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 01 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 5500 metros cuadrados....185

Tabla 4.6 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 01 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 5500 metros cuadrados....186



Tabla 4.7 Estimación aproximada en el costo del material del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 02 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 4400 metros cuadrados....186

Tabla 4.8 Estimación aproximada del costo de mano de obra del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 02 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 4400 metros cuadrados....187

Tabla 4.9 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 02 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 4400 metros cuadrados....187

CAPITULO V ANALISIS Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA PRODUCTIVO DEL CULTIVO DEL MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Tabla 5.1 Número de participantes al Programa de Asistencia Técnica Agrícola y Crédito (P.A.T.A.C) y número de hectáreas en donde fue aplicado Huamantla, Tlaxcala 1967-1969.....200

Tabla 5.2 Ciclo Agrícola, valor de la precipitación y rendimientos unitarios de maíz en predios participantes en el P.A.T.A.C Huamtla, Tlaxcala 1967-1969.....201

Tabla 5.3 Número de participantes al P.A.T.A.C y número de hectáreas en donde fue aplicado Huamantla, Tlaxcala.....206



Tabla 5.4 Ciclo Agrícola, valor de la precipitación y rendimientos unitarios de maíz en predios participantes en el P.A.T.A.C Huamantla, Tlaxcala 1970-1989.....208

Tabla 5.5 Costos totales de producción del maíz en los ciclos agrícolas de 1982 y 1984 en hectáreas sembradas por un campesino encuestado.....212

Tabla 5.6 Determinación de la ganancia (o pérdida) obtenida por un campesino encuestado en el ciclo agrícola 1982 y 1984.....213

Tabla 5.7 Ciclo Agrícola, valor de la precipitación y rendimientos unitarios de maíz en predios participantes en el P.A.T.A.C Huamantla, Tlaxcala 1990-2006.....217

Tabla 5.8 Precios de los insumos ciclo agrícola P-V 2007 del cultivo de maíz criollo número 23 de temporal.....247

Tabla 5.9 Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz criollo número 23 de temporal sembrado en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla en una superficie sembrada de 322 hectáreas248

Tabla 5.10 Logros y obstáculos del cultivo del maíz criollo número 23 de temporal ciclo agrícola P-V 2007.....249



Tabla 5.11 Precios de los insumos ciclo agrícola P-V 2007 del cultivo de maíz híbrido H-311 de temporal.....250

Tabla 5.12 Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz híbrido H-311 de temporal sembrado en los pueblos de Mariano Matamoros, José María Morelos, Cuahutemoc, Francisco Villa, Lázaro Cárdenas, El Carmen y Francisco Villa Tecual Huamantla en una superficie sembrada de 9015 Hectáreas.....251

Tabla 5.13 Precios de los insumos ciclo agrícola P-V 2007 del cultivo de maíz transgénico PORVENIR 67 de temporal.....253

Tabla 5.14 Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz transgénico PORVENIR 67 de temporal.....253



INDICE GENERAL DE FIGURAS

	Pág.
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
Figura 1.1 Mapa de localización de Tlaxcala en la República Mexicana.....	13
Figura 1.2 Mapa de precipitación media anual de Tlaxcala Base de Datos CICLOM y SICLIM	14
Figura 1.3 Mapa de Climas de Tlaxcala	17
Figura 1.4 Mapa de localización de Estaciones Agro meteorológicas.....	18
Figura 1.5 Mapa de regiones Hidrológicas del estado de Tlaxcala.....	19
Figura 1.6 Mapa del río Zahuapan-Atoyac.....	21
Figura 1.7 Mapa de vegetación y uso del suelo de Tlaxcala.....	25-1
Figura 1.8 Estados Fenológicos del cultivo de maíz de temporal	29
Figura 1.9 Mapa de la División Municipal de Tlaxcala.....	32

CAPITULO II INTRODUCCIÓN A EVENTOS CLIMÁTICOS Y METEOROLÓGICOS EXTREMOS

Figura 2.1 Imagen de presión en superficie de México Septiembre 24,25 y 26 Año 1979.....	41
Figura 2.2 Imagen de Presión en Superficie de México Abril 11,12 y 13 Año 1982.....	43
Figura 2.3 Imagen de Temperatura del aire en superficie de México Septiembre 26 Año 1979.....	43



Figura 2.4 Imagen de temperatura del aire en superficie de México Abril 13 Año 1982.....	44
Figura 2.5 Gráfica de temperatura mínima diaria de Huamantla, Tlaxcala Año 1979.....	44
Figura 2.6 Gráfica de temperatura mínima diaria de Huamantla, Tlaxcala Año 1982.....	45
Figura 2.7 Foto de presencia de helada blanca sobre cultivo de temporal tomada el 27 de marzo del 2005 a las 6:00 am. en Huamantla, Tlaxcala	48
Figura 2.8 Foto de escarcha sobre plántulas de maíz de temporal fase siembra-germinación tomada el 27 de marzo del 2005 a las 8:00 am. en Humantla, Tlaxcala.....	48
Figura 2.9 Foto de necrosis en plántula de maíz de temporal fase establecimiento-crecimiento tomada el 15 de mayo del 2005 a las 10:00 am. en Huamantla, Tlaxcala.....	50
Figura 2.10 Mapa de elevación del estado de Tlaxcala.....	54
Figura 2.11 Gráfica de climatología de Huamantla, Tlaxcala (1961-2000).....	56
Figura 2.12 Mapa de fecha de ocurrencia de las primeras heladas en Tlaxcala....	58
Figura 2.13 Mapa de fecha de ocurrencia de las últimas heladas en Tlaxcala.....	59
Figura 2.14 Mapa de período libre de heladas en Tlaxcala.....	59
Figura 2.15 Mapa de variabilidad de las primeras heladas en Tlaxcala.....	60
Figura 2.16 Mapa de variabilidad de las últimas heladas en Tlaxcala.....	61
Figura 2.17 Foto A cultivo de maíz de temporal sembrado en el año agrícola 2004 en Huamantla, Tlaxcala tomada el 04 de abril del 2004. Foto B cultivo de maíz de	



temporal sembrado en el año agrícola 2005 en Huamantla, Tlaxcala tomada el 07 de abril del 2005.....70

CAPITULO III CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL ESTADO DE TLAXCALA

Figura 3.1 Viento en superficie en la República Mexicana y mares adyacentes, de abril a octubre. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....72

Figura 3.2 Precipitación mensual (mm) en Huamantla, Tlaxcala para el periodo 1961-2000.....73

Figura 3.3 Presión en superficie (hecto-Pascales) para los meses de Julio y Agosto. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....74

Figura 3.4 Dirección del Viento en la República Mexicana en los meses de Julio y Agosto. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....75

Figura 3.5 Dirección del Viento en la República Mexicana en el mes de Septiembre. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....76

Figura 3.6 Presión en Superficie para los meses de Enero, Febrero y Marzo. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....77



Figura 3.7 Distribución estadística de la lluvia en Huamantla, Tlaxcala, en donde se muestra la moda con 14 años de precipitación igual a 711 mm, la mediana con 9 años de precipitación igual a 666 mm y el promedio con 5 años de precipitación igual a 636 mm.....78

Figura 3.8 Temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación en años secos para la estación Huamantla.....79

Figura 3.9 Imagen de Anomalías de Temperatura en Superficie de Enero de 1961 a Diciembre de 1962. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....82

Figura 3.10 Anomalías de Presión en Superficie del mes de Abril año 1961 (parte A) y del mes de Abril año 1962 (parte B). Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....84

Figura 3.11 Anomalías de Humedad Relativa del mes de Abril del año 1961, parte A y del mes de Abril del año 1962, parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....85

Figura 3.12 Anomalías de Precipitación del mes de Abril del año 1961, parte A y del mes de Abril del año 1962, parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....85



Figura 3.13 Anomalías de Presión en Superficie del mes de Abril año 1982, Parte A y del mes de Abril año 1983, Parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....87

Figura 3.14 Anomalías de Humedad Relativa en Porcentaje del mes de Abril año 1982 parte A y del mes de Abril año 1983 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....88

Figura 3.15 Anomalías de Precipitación del mes de Abril año 1982 parte A y del mes de Abril año 1983 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....88

Figura 3.16 Anomalías de Temperatura en Superficie del mes de Abril al mes de Septiembre año 1982 parte A y del mes de Abril al mes de Septiembre año 1983 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....90

Figura 3.17 Anomalías de Presión en Superficie del mes de Abril año 1997, parte A y del mes de Abril año 1998, parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....92

Figura 3.18 Anomalías de Humedad Relativa en porcentaje del mes de Abril año 1997 parte A y del mes de Abril del año 1998 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....93



Figura 3.19 Anomalías de Precipitación del mes de Abril año 1997 parte A y del mes de Abril año 1998 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA)...93

Figura 3.20 Anomalías de Temperatura en Superficie del mes de Abril al mes de Septiembre año 1997 Parte A y del mes de Abril al mes de Septiembre año 1998 Parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....95

Figura 3.21 Condiciones Climáticas en Años Húmedos.....97

Figura 3.22 Imagen de Anomalías de Temperatura en Superficie del mar de abril y mayo para el año 1979 parte A, año 1981 parte B, año 2006 parte C, año 2007 parte D y año 2010 parte E. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA)...101

Figura 3.23 Presión en Superficie Climática del 2 al 4 de Mayo. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....103

La Figura 3.24 muestra la presión en superficie del 2 al 4 de mayo para el año 1979 parte A, año 1981 parte B, año 2006 parte C y año 2010 parte D.....106

Figura 3.25 Anomalías de Humedad Relativa y de precipitación para los años 1979 , 1981, 2006, 2007 y 2010 parte A y parte B respectivamente Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).....108



Figura 3.26 Promedio de Enero a Abril de 2011, de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar (°C). Las anomalías son referidas a la climatología del periodo 1971-2000.....110

CAPITULO IV PLANIFICACIÓN AGROCLIMATICA DEL CULTIVO DEL MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Figura 4.1 Gráfica de la Mitad de la evapotranspiración potencial y la precipitación al 60% de probabilidad acumulada en 10 días; así como la temperatura mínima del aire en Cuapixtla, Tlaxcala.....115

Figura 4.2. Gráfica que muestra dos segmentos de línea gruesa representando dos 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 16 (10 de Junio) y corresponde a la fecha de la estación de crecimiento.....116

Figura 4.3 Gráfica de Coeficiente de Cultivo con 170 días de Maduración.123

Figura 4.4 Gráfica de Humedad del suelo en mm calculada por el modelo y la correspondiente humedad observada en la estación 29011 del municipio Huamantla. Para los años secos; parte A año 1961, parte B año 1962, parte C año 1982, parte D año 1983, y años húmedos; parte E año 1979 y parte F año 1981.....130

Figura 4.5 Correlación entre la humedad del suelo calculada (CH) y la humedad observada (CH OB) en la estación 29011 del municipio Huamantla. Para los años



secos; parte A año 1961, parte B año 1962, parte C año 1982, parte D año 1983, y años húmedos; parte E año 1979 y parte F año 1981.....	133
Figura 4.6 Gráfica de Precipitación acumulada Estación 29011-Huamantla.....	139
Figura 4.7 Grafica del Pronóstico de la precipitación acumulada año 2006 Huamantla.....	140
Figura 4.8 Grafica del Pronóstico de la precipitación acumulada año 2007 Huamantla.....	141
Figura 4.9 Grafica del Pronóstico de la precipitación acumulada año 2010 Huamantla.....	142
Figura 4.10 Grafica del Pronóstico de la precipitación acumulada año 2011 Huamantla.....	143
Figura 4.11 Grafica de Pronóstico decenal y datos observados año 2006 Estación 29011-Huamantla.....	144
Figura 4.12 Grafica de Pronóstico decenal y datos observados año 2007 Estación 29011-Huamantla.....	145
Figura 4.13 Grafica de Pronóstico decenal y datos observados año 2010 Estación 29011-Huamantla.....	145
Figura 4.14 Grafica de Pronóstico decenal y datos observados año 2011 Estación 29011-Huamantla.....	146
Figura 4.15 Gráfica de Necesidades hídricas del maíz (EP), curva con cuadros, y el agua disponible para el cultivo (ET), curva con rombos, así como el índice agro	



climático (IA) para el año seco compuesto fecha de siembra tradicional 31 de marzo.....	148
Figura 4.16 Gráfica de Necesidades hídricas del maíz (EP), curva con cuadros, y el agua disponible para el cultivo (ET), curva con rombos, así como el índice agro climático (IA) para el año seco compuesto fecha de siembra propuesta 25 de mayo.....	149
Figura 4.17 Localización Geográfica de la Hectárea Experimental. Fuente: Imagen Google Earth 2006.....	151
Figura 4.18 Testigo 01, Testigo 02 y Estación Agrometeorológica ICATLAX-INIFAP Fuente: Imagen Google Earth 2006.....	152
Figura 4.19. Estación agrometeorológica denominada ICATLAX-INIFAP propiedad del Centro de Investigación Regional Campo Experimental Tlaxcala, CIRCE del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIFAP.....	153
Figura 4.20 Condiciones Climáticas año 2006.....	154
Figura 4.21 Mazorca de Semilla H-311. Fuente Centro de Investigación Regional Campo Experimental Tlaxcala, CIRCE del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIFAP.....	156
Figura 4.22 Siembra del testigo 01.....	158
Figura 4.23 Mazorca de Semilla V-23.....	160
Figura 4.24 Estado fenológico Establecimiento-Crecimiento Testigo 02.....	161
Figura 4.25. Condiciones de encharcamiento del Testigo 01 en la etapa de Madurez parte A y condiciones de absorción del Testigo 02 en la etapa de Madurez parte B.....	165



Figura 4.26 deslave del suelo del Testigo 01 debido al encharcamiento de agua por el drenaje imperfecto del suelo.....	166
Figura 4.27. Balance de humedad con el coeficiente de cultivo para el Testigo 01 con semilla híbrida numero 311 parte A y el balance de humedad con el coeficiente de cultivo para el Testigo 02 con semilla criolla variedad numero 23 parte B.....	168
Figura 4.28. Balance Hídrico del cultivo del maíz de temporal, la parte A corresponde al balance con la fecha tradicional de siembra (31 de marzo) y semilla H-311 y la parte B al balance con la fecha de siembra propuesta (25 de Mayo) y semilla V-23.....	169
Figura 4.29 Condiciones de sequía en el suelo por falta de lluvias al inicio de la siembra.....	172
Figura 4.30 Barbecho Testigo 02.....	173
La figura 4.31 Testigo 01 parte A y al Testigo 02 parte B en la etapa de Establecimiento-Crecimiento.....	175
La figura 4.32 Parte A la espiguilla del testigo 01 y en la parte B la espiguilla del testigo 02.....	177
La figura 4.33 Testigo 01 parte A en el estado de llenado de grano y Testigo 02 parte B en el estado de llenado de grano.....	178
Figura 4.34. Testigo 01 y el Testigo 02 en el estado fonológico de Madurez....	180
Figura 4.35 se muestra la cosecha del Testigo 02.....	189



Figura 4.36 parte A y parte B muestra el desgranado para la venta de grano para pozole y para venta a granel realizado por el dueño de la hectárea prestada para el experimento.....190

Figura 4.37 en la parte A muestra la venta a granel de esquites y la parte B la venta a granel de elotes.....191

CAPITULO V ANALISIS Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA PRODUCTIVO DEL CULTIVO DEL MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Figura 5.1 Mapa de división política de Tlaxcala año 1967.....193

Figura 5.2 Prácticas de cultivo en Tlaxcala año 1967.....195

Figura 5.3 Diosa del maíz tierno o elote Centéotl fecha de celebración 03 de mayo195

Figura 5.4 Diosa de la madre tierra Yaxk'in fecha de celebración 20 de agosto..196

Figura 5.5 Localización Geográfica del DDR 163 Calpulalpan en el estado de Tlaxcala.....221

Figura 5.6 Localización geográfica del DDR 164 Tlaxcala en el estado de Tlaxcala222

Figura 5.7 Localización geográfica del DDR 165 Huamantla en el estado de Tlaxcala.....222

Figura 5.8 Localización geográfica de tipos de semillas sembradas en Huamantla en el ciclo agrícola primavera-verano 2007.....230

Figura 5.9 Condiciones climáticas en el año 2007 estación ICATLAX-INIFAP..231



Figura 5.10 Gráfica de precipitación acumulada en decenas de días en años húmedos estación ICATLAX-INIFAP.....	232
Figura 5.11 Gráfica de tendencia aritmética de la precipitación año 2007.....	233
Figura 5.12 Gráfica de pronóstico y datos observados año 2007.....	234
Figura 5.13 Gráfica de necesidades hídricas del maíz (EP) curva con rombos, agua disponible para el cultivo (ET) curva con cuadros e índice agroclimático (I _A) para el pronóstico año 2007 siembra de maíz transgénico parte A, siembra de maíz híbrido parte B y siembra de maíz criollo parte C.....	238
Figura 5.14 Gráfica de correlación del índice agroclimático con el rendimiento del cultivo del maíz de temporal para el municipio de Huamantla, Tlaxcala.....	240
Figura 5.15 Cultivos de maíz de temporal en el municipio de Humantla, Tlaxcala Parte A 12 de septiembre del 2006 y parte B 12 de septiembre del 2007.....	243
Figura 5.16 Parte A fotografía de cultivo de maíz criollo V-23, parte B cultivo de maíz híbrido H-311 y parte C cultivo de maíz transgénico PORVENIR 67 de temporal tomadas el 08 de septiembre del 2007.....	246



INTRODUCCIÓN

Una de las causas más importantes que han derivado en una reducción de la capacidad productiva del campo agrícola mexicano es sin duda a los efectos de algunos eventos climáticos extremos como son: sequías, las cuales se caracterizan por temperaturas por arriba de su valor climático y por precipitación por debajo de su valor climático y por eventos meteorológicos extremos como son: heladas asociadas a los nortes en México (Pérez I. 1996) o a Ciclones Tropicales (Pérez I.1990), estos fenómenos se desarrollan en cuestión de días (5 días). y lluvias en exceso, las cuales pueden presentarse por ondas del este intensas, frentes o huracanes.

En lo que respecta al régimen de precipitación, la falta de lluvias en Abril y la primera quincena de Mayo se traduce en rendimientos agrícolas bajos, principalmente en la región centro de México, Puebla, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro y Tlaxcala.

De esta manera, al contar con un pronóstico de lluvias para la primavera es de gran importancia, pues se pueden tomar medidas tales como adelantar o atrasar la fecha de siembra y/o usar semillas de período más corto (Mendoza A. S 2001).

Las heladas son fenómenos meteorológicos extremos que afectan alrededor del 70% del territorio mexicano, provocando graves daños a la agricultura, estadísticamente es más probable que se presente una helada cuando la temperatura mínima es menor a los 6°C,. En nuestro país se presentan principalmente debido a las invasiones de aire polar continental provenientes de

Autor: Anayatzin S. Mendoza Castro

Norteamérica (Estados Unidos y Canadá), estas masas de aire frío suelen trasladarse por toda la Antiplanicie Mexicana , dando origen a las heladas de advección. (Morales Méndez C. 1988)

Este tipo de heladas, son las que ocasionan más destrozos agrícolas en el estado de Tlaxcala; después de la sequía, sobre todo cuando el fenómeno se presenta en primavera u otoño, estaciones en donde los cultivos temporaleros están en los estados fenológicos de siembra-germinación en primavera y en maduración en otoño.

En el estado de siembra-germinación el cultivo del maíz se encuentra en los primeros 85 días de vida es aquí en donde se presenta la brotación y si en este estado se presenta una helada la plántula adquiere un color café marrón dañando directamente al macollamiento.

El macollamiento se inicia a los 85 días después de la emergencia y se prolonga hasta los 155 días posteriores, caracterizándose por el incremento de hojas jóvenes, el incremento rápido de hojas maduras y el incremento constante y rápido del número de tallos principales y secundarios. Esta fase termina cuando la planta inicia la reducción de sus hojas jóvenes y maduras, cerca de los 155 días. La reducción sucede como consecuencia de la caída de las hojas presentándose entonces la fase conocida como floración-fecundación (Morales Méndez C. 1988).

En el estado de madurez los daños de una helada son también importantes ya que aquí es cuando se desarrolla la mazorca y una reducción drástica de la

Autor: Anayatzin S. Mendoza Castro

temperatura en el ambiente puede disminuir considerablemente el tamaño de la mazorca y con esto la producción (Morales Méndez C. 1988)

Planificación y Mitigación Agrícola

La precipitación es uno de los elementos climáticos con gran influencia en la planificación y mitigación agrícola sobre todo cuando la agricultura es de temporal y donde la lluvia es la única fuente disponible de ingreso de agua en los suelos para satisfacer los requerimientos básicos, del 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 y el inicio y término del período húmedo para poder determinar si las condiciones agroclimáticas son las adecuadas para los cultivos de temporal.

En relación con las condiciones agroclimáticas para los cultivos de temporal; Baier (1966), analiza el rendimiento de la planta a las fluctuaciones de determinadas variables agrometeorológicas en diferentes fases fenológicas de los cultivos de temporal, estudiando las contribuciones diarias de energía solar, temperatura, humedad del suelo y evapotranspiración.

Para analizar la variabilidad de la precipitación y su efecto en los cultivos de temporal, Shaw (1974) propuso un índice de sequía (I) en el cultivo de maíz de temporal calculado como la razón de la precipitación anual y la evapotranspiración potencial anual, la cual se correlaciona linealmente con los rendimientos del cultivo de temporal del maíz, ya que este índice toma en consideración la etapa de

Autor: Anayatzin S. Mendoza Castro

desarrollo del cultivo en la cual la sequía ocurre, pues considera el grado de estrés asociado a la demanda de agua y a la humedad disponible en el suelo.

Frere y Popov (1979) encontraron que el índice de sequía de Shaw (1974) derivado de un balance hídrico tiene una correlación lineal con el rendimiento de varios cultivos de temporal.

Reddy (1983) propuso un sistema para poder realizar una planificación agrícola; la cual depende de la disponibilidad de humedad, de la duración de esta disponibilidad, de los períodos de sequía intraestival, así como de la variabilidad interanual de estos factores.

La Dependencia de Ecología de Cultivos y Recursos Genéticos de la División de Producción y Protección Vegetal de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (1981), formuló un método de pronóstico de cosechas, llamado método de análisis cultivo-ambiente, el cual se basa en datos agroclimáticos en donde se supone que el cultivo depende fundamentalmente de las variables: temperatura, evapotranspiración y precipitación. Cada variable modifica a las otras dos diariamente durante el ciclo fenológico del cultivo y produce un efecto en el rendimiento. Con este método se puede evaluar el monto del rendimiento a partir de un índice agroclimático y estadísticas de rendimientos de años anteriores.

Flores (1998) propone un balance hídrico para estimar la humedad del suelo en el Campo Experimental Altos de Jalisco (CEAJAL). Utilizando parámetros de lluvia,

Autor: Anayatzin S. Mendoza Castro

evapotranspiración y datos edafológicos de la zona de estudio, Flores logra estimar la humedad residual en la zona radicular del cultivo de maíz de temporal.

Por lo anterior en este trabajo; se analizaron las condiciones agroclimáticas del cultivo del maíz de temporal, 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 consecutivo de agua es elevado ya que debe sembrarse en zonas de por lo menos 600mm de precipitación anual para tener un buen desarrollo fenológico; por lo que es uno de los cultivos más susceptibles a las sequías sobre todo en la etapa de floración-fecundación y llenado de grano, de tal manera que la falta de lluvia en estos estados fenológicos abate los rendimientos hasta en un 50%. Así mismo se realizó una planificación agrícola del cultivo de maíz de temporal en el municipio de Huamantla, en el estado de Tlaxcala, la cual consiste en proponer fechas de siembra y cosecha alternativas tradicionales, así como el tipo de cultivo de temporal para obtener incrementos substanciales en el rendimiento y calidad de la producción de maíz. Para llevar a cabo esta planificación se utiliza un método basado en el análisis de la cantidad y distribución anual de la precipitación así como en el cálculo del período húmedo del suelo usando el balance hídrico propuesto por Flores (1998). Con los resultados obtenidos y utilizando el método de análisis cultivo-ambiente de la FAO (1981), el cual es modificado en este trabajo, se calculó el Índice Agroclimático en función de la fecha de siembra para estimar el rendimiento óptimo en la zona de estudio.

Autor: Anayatzin S. Mendoza Castro

Se realizo un experimento que abarcó la evaluación práctica del método mencionado, así como el análisis de la viabilidad de los resultados obtenidos por su aplicación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

DE INVESTIGACIÓN

1.1 Justificación

El estado de Tlaxcala sirve como estudio de caso por que la agricultura ocupa un 82.6 % de su superficie (Centro de Estadística Agropecuaria CEA 2003). De esa superficie el 92.2 % se dedica a la producción 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.

De acuerdo a datos del Censo Estadístico Agropecuario del 2003 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 resultados del Censo Estadístico Agropecuario del 2003, 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 como buen potencial para tal cultivo. Tal condición vuelve al Estado altamente vulnerable a variaciones climáticas.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

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 de eventos climáticos y meteorológicos extremos (sequías y heladas) 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.

Con este estudio se hace evidente que la realización de pronósticos climáticos asociados a la planeación de las actividades agrícolas posibilita la reducción de

Autor: Anayatzín S. Mendoza

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 meteorológicos y climáticos, permitiría el diseño de posibles medidas de adaptación, previamente experimentadas y viables.

Se selecciono Tlaxcala, ya que éste es un buen ejemplo de donde la agricultura es la base de actividades económicas de un sector importante de la población, y un estudio de planificación y mitigación agrícola será muy importante en esa región considerando la agudeza de los problemas sociales y económicos.

Lo anterior justifica el trabajo de tesis el cual se basó en la climatología y en la predicción estacional de la lluvia para poder hacer la planificación agrícola de la producción del maíz en Tlaxcala.

1.2 Delimitación del Problema de Investigación

1.2.1 Localización

El estado de Tlaxcala se localiza en la parte centro-oriental del país 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. Situado en las tierras altas del eje Neovolcánico sobre la meseta de Anáhuac; todo el estado se localiza por encima de los 2000 metros de altitud (Figura 1.1).

Tlaxcala es con una superficie de 4,060.923 km², la entidad más pequeña de la República Mexicana; es sólo mayor que el Distrito Federal. Limita al poniente con el Estado de México y al noroeste con Hidalgo, Puebla rodea el resto de su perímetro. El estado tiene la forma general de un rombo, con el eje mayor en sentido este sureste-oeste 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 cumbres de dos volcanes, el Huintetépetl, al norte de Tlaxco y la Malintzin, (Malinche o Matlacuéyetl) de amplias faldas, que domina el panorama tlaxcalteca a una altitud de 4,461 metros. (INEGI, 1986)

1.2.2. Clima

El estado de Tlaxcala posee en general climas templados subhúmedos con lluvias de verano que se presentan particularmente en los valles y las llanuras.

Las precipitaciones medias anuales en Tlaxcala son más abundantes en el centro y en el sur, donde van de 600 a 1200 mm, en tanto que en el noroeste y oriente las lluvias son menores de 500 mm al año. (Figura 1.2).

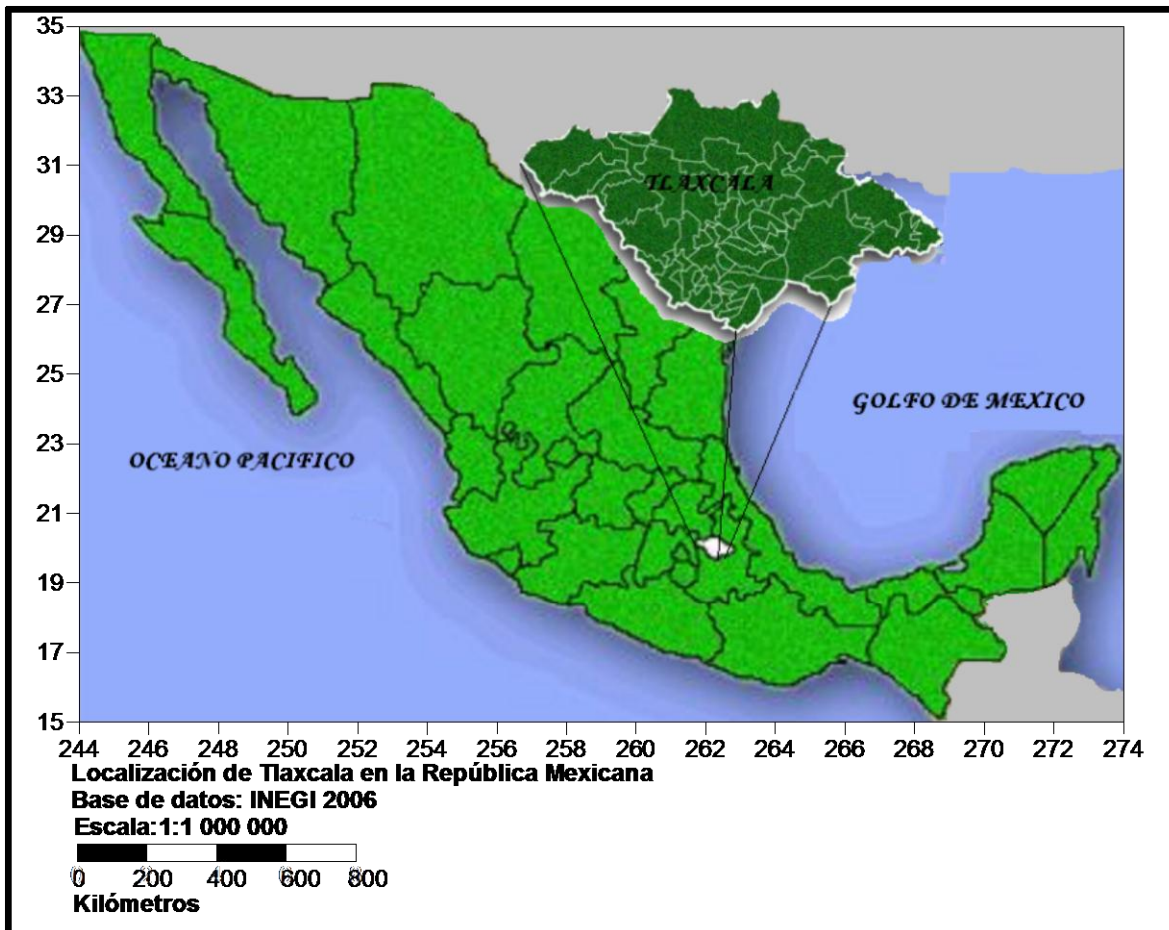


Figura 1.1 Localización de Tlaxcala en la República Mexicana

Los climas templados se presentan en los valles y las llanuras. El volcán de la Malinche, al sur del estado tiene un clima semi-frío , excepto en sus cumbres más altas, donde el clima puede calificarse como frío.

En algunas partes de la entidad se producen heladas y granizadas casi todo el año; factores climáticos que, junto con la escasez y la irregularidad de las lluvias, obstaculizan la actividad agrícola. A continuación se hace una descripción más detallada de las variables climáticas del estado en base a la modificación que hace García E. (1998) para la CONABIO a la clasificación de climas de köppen.

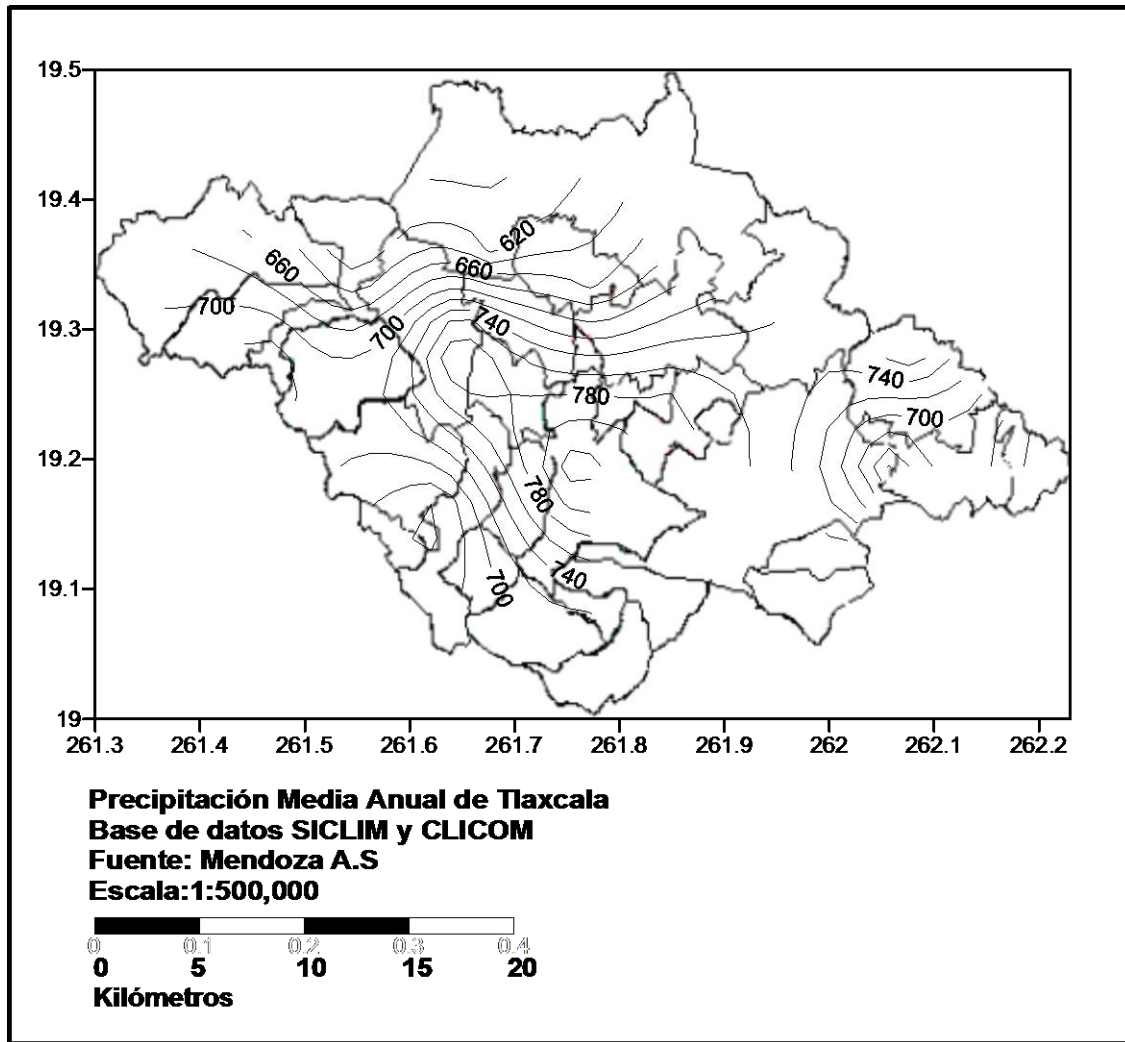


Figura 1.2 Precipitación media anual (mm) en Tlaxcala. Base de datos CLICOM y SICLIM del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

GRUPO DE CLIMAS TEMPLADOS

Presenta una temperatura media anual de entre 12 y 18°C; este tipo de climas cubre alrededor del 94% de la superficie del estado y se presenta con tres modalidades distintas en cuanto a grado de humedad y porcentaje de lluvia invernal.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Templado Sub-húmedo (Cw₂)

Es el más húmedo de los templados Sub-húmedos con lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor a 5. Rige en la parte sur oeste; comprende los municipios de Amaxac de Guerrero, Apizaco, Españita, Hueyotlipan, Ixtacuixtla, Juan Cuamatzi, Lardizabal, Lázaro Cárdenas, Miguel Hidalgo, Nativitas, Panotla, Tenancingo, Tepeyanco, Tetlahuaca, Tlaxcala, Totolac, y Zacatelco, La precipitación media anual fluctúa entre los 640 y 820mm y la temperatura media anual entre 12 y 18 °C.

Templado Sub-húmedo (Cw₁)

Es intermedio en cuanto a humedad, con precipitaciones en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5. Se localiza principalmente hacia el norte en una franja que va de este a oeste, comprende los municipios de Calpulalpan, Huamatla, y Tlaxco. El redimen pluvial medio anual tiene un rango entre los 600 y 760 mm. Y la temperatura media anual fluctúa entre 12 y 16°C.

Templado Sub-húmedo (Cw₀)

Es el menos húmedo de los templados sub-húmedos, con lluvias en verano y porcentaje de precipitación invernal menor de 5. Se localiza en la parte noroeste de Tlaxco y en el municipio de Cuapixtla. La precipitación media anual fluctúa entre los 600 y 620mm, el régimen térmico medio anual oscila entre 12 y 16°C.

GRUPO DE CLIMAS SEMIFRÍOS

El rasgo que caracteriza a este clima es un régimen térmico medio anual entre 5°C y 12°C. Los tipos de vegetación que comúnmente se desarrollan en estas condiciones son bosques y praderas altas de montaña. Se localiza en pequeñas

Autor: Anayatzín S. Mendoza

zonas del este y oeste de la entidad y ocupa aproximadamente el 5% de su superficie. Presenta dos variantes:

Semi-frío Cb'(w₂) con un régimen de temperatura media anual entre 5°C y 12°C, localizándose en el municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista, al norte en la sierra volcánica de Tlaxco y en las faldas del volcán la Malinche; y Frío (ETH) y muy Frío (EF) se caracteriza porque en el mes más cálido se registra una temperatura media entre 0°C y 6.5°C, y bajo 0°C, respectivamente, lo que sólo permite el desarrollo de líquenes, musgos y hierbas cuya estructura recuerda a la tundra; típica cubierta vegetal de llanuras árticas, que en nuestro país sólo se encuentra en las partes más altas de las montañas, encima de la línea arbolada. Este clima se localiza en la cumbre de la Malinche y cubre alrededor del 1% de su superficie. El último (muy frío) se presenta en zonas de hielos perpetuos. La figura 1.3 muestra los climas de Tlaxcala, que se mencionan arriba. Esta figura fue construida usando la imagen de topografía del satélite spot y la clasificación de climas de Enriqueta García (1998).

En este trabajo de investigación se analizaron datos de evaporación, temperatura máxima, temperatura mínima del sistema SICLIM así como del CLICLOM en 14 estaciones agro meteorológicas del estado de Tlaxcala.

En la tabla 1.1 y en la figura 1.4 se muestran las 14 estaciones meteorológicas, indicando su latitud, longitud y altitud. También se señala el número de estación y la serie de tiempo disponible en cada caso.

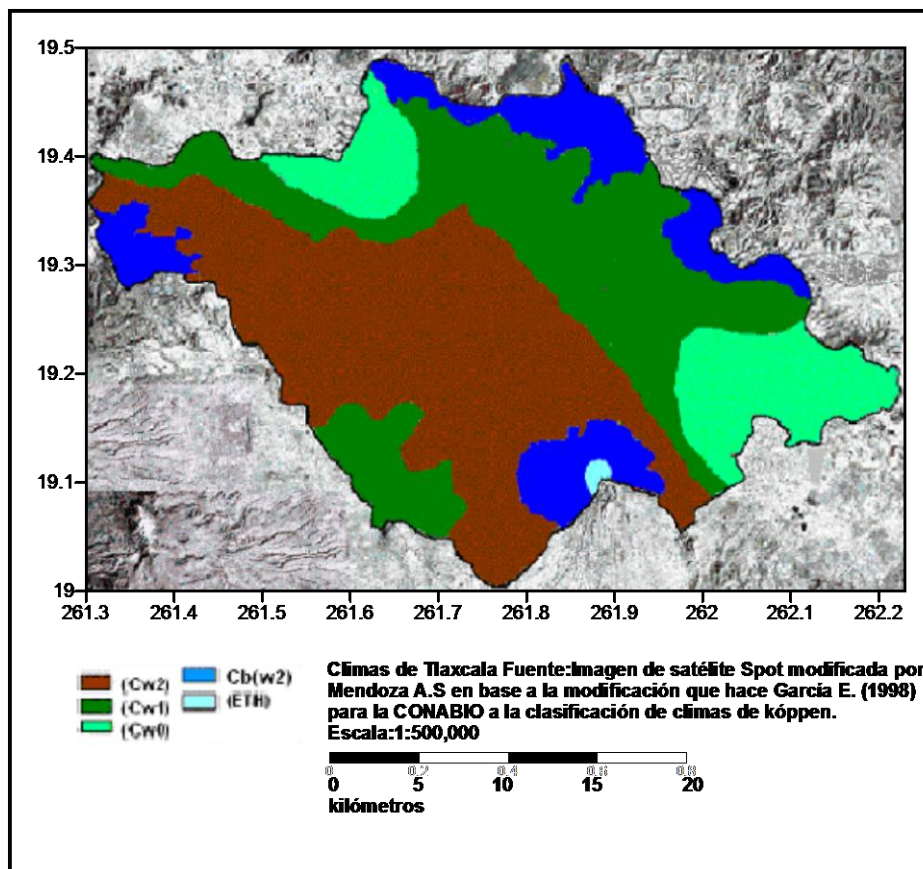


Figura 1.3 Climas de Tlaxcala obtenidos con la imagen topográfica del satélite Spot y la clasificación de climas de García E. (1998).

Tabla 1.1 Ubicación, altura y series de tiempo de las estaciones agro meteorológicas

MUNICIPIO	ESTACION	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTITUD (msnm)	AÑOS
APIZACO	29002	19°25'	98°09'	2410	1961-2000
ATLANGA SAN JOSE	29003	19°33'	98°12'	2489	1961-2000
CUAPIXTLA	29005	19°17'	97°46'	2440	1961-2000
HUEYOTLIPAN, HUEYOTLIPAN	29010	19°29'	98°21'	2479	1961-2000
HUAMANTLA	29011	19°18'	97°54'	2485	1961-2000
NANACAMILPA	29017	19°28'	98°33'	2734	1961-2000
SAN ANTONIO CALPULALPAN	29019	19°35'	98°39'	2585	1961-2000
ZITLALTEPEC, T. SANCHEZ	29026	19°11'	97°54'	2370	1961-2000
TOCOTLAN, TOCOTLAN	29027	19°23'	98°01'	2390	1961-2000
TLAXCALA DE XICOHTENCATL	29030	19°19'	98°14'	2247	1961-2000
TLAXCO, TLAXCO	29032	19°35'	98°07'	2530	1961-2000
TEPETITLA LARDIZABA	29041	19°15'	98°22'	2245	1961-2000
PANZACOLA PAPALOTLA	29049	19°07'	98°13'	2183	1961-2000
TERRENATE, TERRENATE	29053	19°28'	97°55'	2600	1961-2000

msnm=metros sobre el nivel del mar Fuente: SICLIM y CLICOM del S.M.N

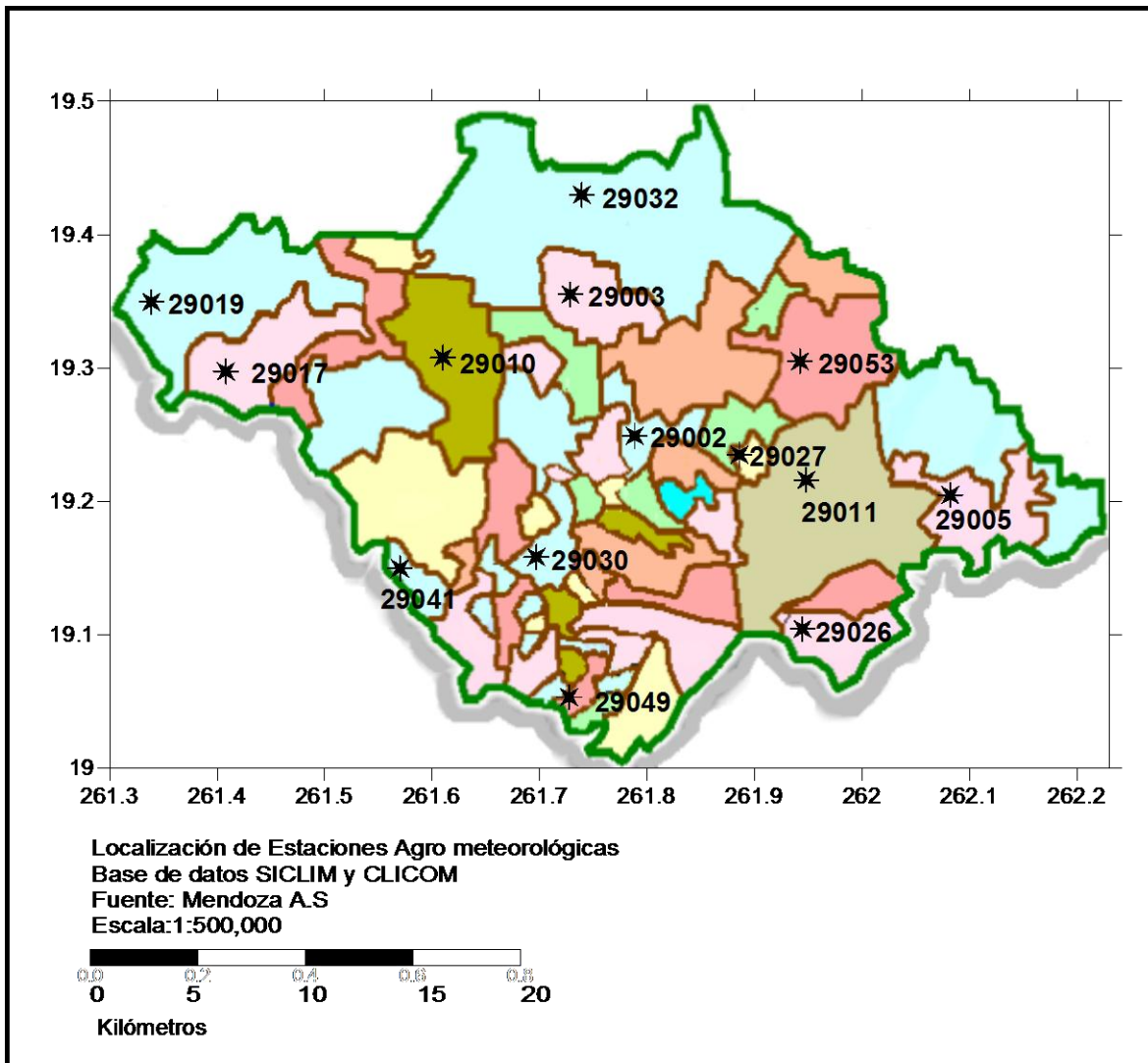


Figura 1.4 Localización de Estaciones meteorológicas.

1.2.3. Hidrología

La mayor parte (3,051.370 km²) del estado de Tlaxcala el 75.13%, en sus porciones centro y sur, queda comprendido dentro de la región hidrológica IV “Río Balsas”,. Un área de 750.092 km², con el 18.47%; al noroeste de la entidad es la

Autor: Anayatzín S. Mendoza

parte de la región “Alto Pánuco” (N. 26) y la región “Tuxpan-Nautla” (N. 27) cubre 259.461 km², es decir el 6.38% del noreste del estado.(Figura 1.5)

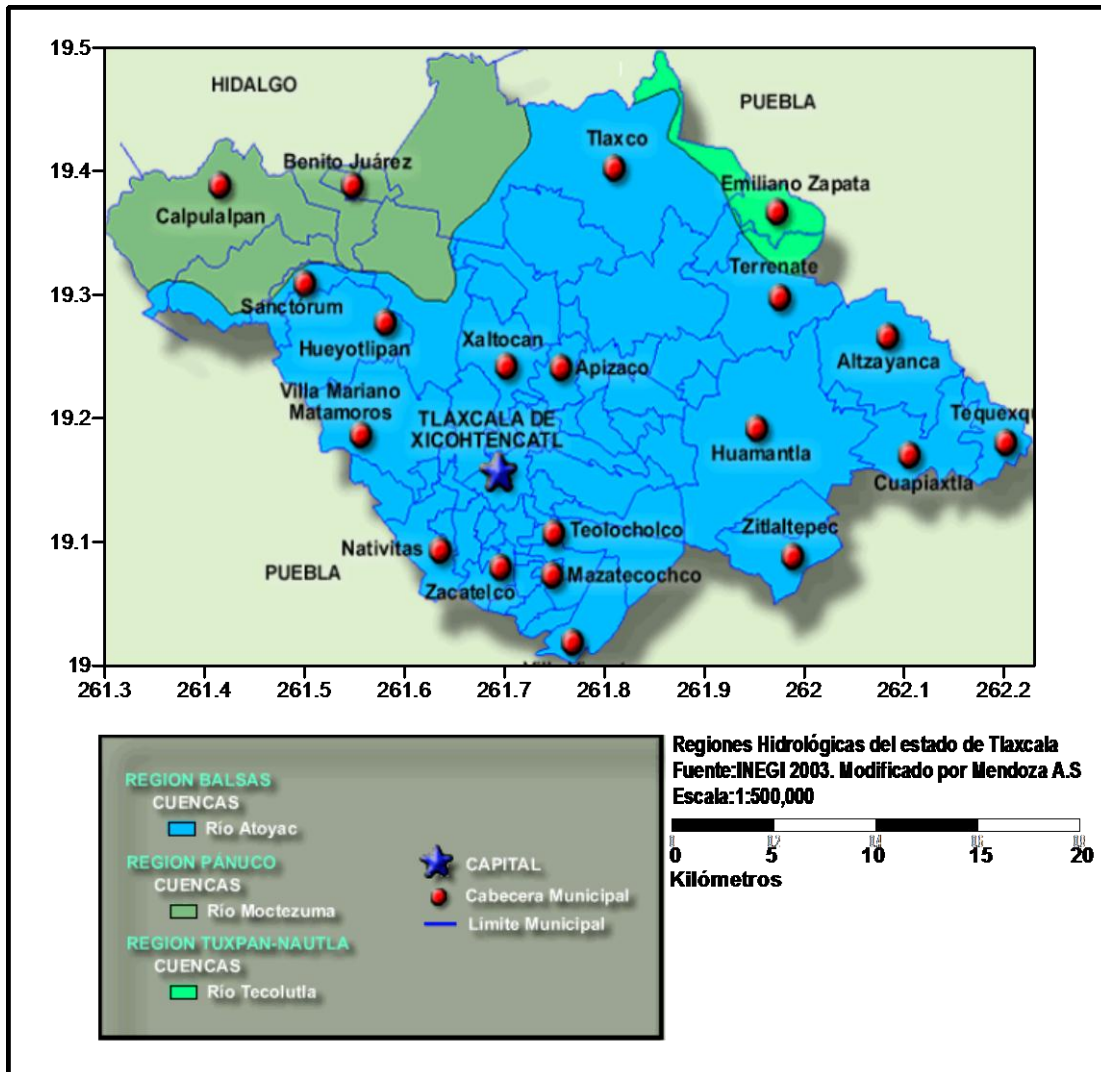


Figura 1.5 Regiones Hidrológicas del estado de Tlaxcala Fuente: INEGI 2003.

El río Balsas, conocido también como Atoyac, Mezcala o Zacatula, es uno de los más importantes en la República Mexicana y en la región que se va analizar se ubica entre los paralelos 17°00' y 20°00' de latitud norte y los meridianos 97°27' y 103°15' de longitud oeste.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Nace unos 40 Km. al norte de la ciudad de Tlaxcala, en los límites de este estado con el de Puebla. En sus orígenes se llama río Zahuapan y, al confluir con el Atoyac, unos 10 Km. al norte de Puebla, toma este último nombre.

Penetra en Izúcar de Matamoros y después de unir sus aguas con las del río Mixteco, se llama río Poblano. Atraviesa los estados de Morelos y Guerrero, recibiendo varios afluentes hasta que desemboca en Océano Pacífico. Dentro del estado de Tlaxcala se ubica parte de una cuenca perteneciente a esta región hidrológica. El río Atoyac que da origen al Balsas, cubre una superficie de 3,051.370 km² dentro del estado de Tlaxcala y 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 Atoyac desde que se une con los ríos Tlahuapan y Turín. En esta cuenca, dónde se localizan las ciudades de Puebla, Atlixco y Tlaxcala, hay un desarrollo industrial importante basado principalmente en las fábricas textiles. En lo que toca a la agricultura la cuenca incluye al distrito de riego de Valsequillo, con 34,340 has. Regadas, Atoyac-Zahuapan, con 6,029 has. regadas; debe mencionarse que esta es la región más densamente poblada de la cuenca. Sus afluentes intermedios son el río Atoyac-San Martín Texmelucan-, el lago Totolzingo 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 suroeste hasta la población de Tlangatepec, aguas arriba de la cual se construyó el vaso de almacenamiento San José Atlanga. Dentro del estado de Tlaxcala, el

Autor: Anayatzín S. Mendoza

curso del río Zahuapan es irregular hasta que confluye con el río Atoyac. La figura 1.6 muestra la imagen topográfica del satélite Spot, en donde se han referenciado 16 ríos, y la división política del Estado de Tlaxcala.

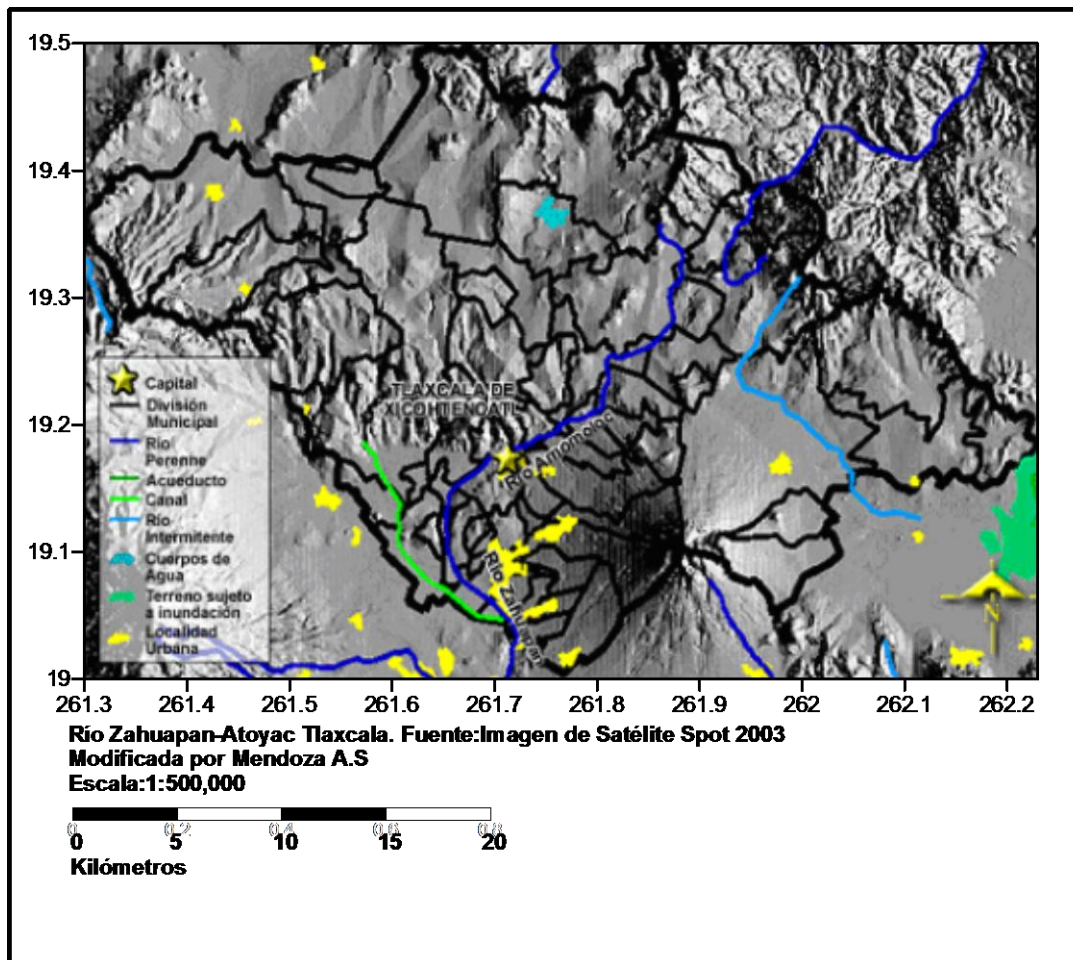


Figura 1.6 Río Zahuapan-Atoyac Fuente: Imagen de satélite Spot 2003.

1.2.4. Regiones Fisiográficas

El estado de Tlaxcala queda inscrito en una parte de la subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac de la Provincia del Eje Neovolcánico.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Provincia del Eje Neovolcánico

Esta provincia colinda al norte con la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, la Mesa Central, la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Norte; al sur, con la Sierra Madre del sur y la Llanura Costera del Golfo Sur. Por el oeste llega el Océano Pacífico y por el este alcanza al Golfo de México. Abarca parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Colima, Puebla y Veracruz, todo el estado de Tlaxcala y el Distrito Federal.

Subprovincia de los Lagos y volcanes de Anáhuac.

Esta subprovincia, en cuyo territorio se encuentran la capital de la República y cinco capitales (Toluca, Pachuca, Tlaxcala, Puebla y Cuernavaca) está integrada por grandes sierras volcánicas o aparatos individuales que se alternan con amplios vasos lacustres. A ella también pertenecen algunos de los más elevados volcanes como el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl. Y el gran volcán Matlalcuéyetl.

El estado de Tlaxcala es atravesado, en sentido noroeste-sureste, por un angosto corredor llano de carácter aluvial ($\approx 2,400$ m.s.n.m) que conecta los llanos de Apan Hidalgoenses, al norte con las llanuras de la cuenca de Puebla. Es dentro de esta alargada llanura que nace el río Zahuapan, el afluente más septentrional del Balsas que, a la altura de Apizaco, donde los lomeríos casi constriñen el corredor, se dirige al sur. Limitan por el norte a este corredor de Calpulalpan, Hueyotlipan, Apizaco y Huamantla, unidades de lomeríos de origen ígneo, algunas asociadas a llano. Estos rematan al oriente con mesetas y lomeríos lávicos y al norte con los

Autor: Anayatzín S. Mendoza

bordes de la sierra volcánica de Tlaxco. Por el lado sur, el corredor limita al oeste con los lomeríos periféricos de la Sierra Nevada, al centro con las cañadas de la meseta o bloque de Tlaxcala y al oriente con el gran volcán Matlalcuéyetl.. El río Zahuapan pasa hacia el suroeste por un angosto valle entre dos últimas unidades, donde se ubica la capital del estado.

El Volcán Matlacuéyetl (Faldas Azules) también conocido como Malinche, está considerado como una ruina volcánica pliocénica: el muñón erosionado de lo que fuera en otros tiempos un enorme estrato volcán. Por el área que abarca poco más de 30 Km. de diámetro es uno de los mayores del país. Sus faldas interiores se tienden radialmente con pendientes poco pronunciadas, en tanto que las laderas centrales, desde unos 3,300 m.s.n.m son muy escarpadas y se levantan hasta los 4,460 m.s.n.m. (INEGI, 1986).

1.2.5. Suelos

Los suelos tlaxcaltecas tienen una gran influencia del vulcanismo. Muchos de ellos están constituidos e su totalidad por vidrio o arena volcánica. Los abundantes tepetates que afloran o subyacen a los suelos someros tienen también este origen. En la sierra de Tlaxco se encuentra parte de los sistemas de topofomas denominados lomerío de colinas, en los que dominan suelos con una profundidad menor a los 10cm. (Litosoles) asociados a suelos con una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes (Feozems háplicos) asiendo esta zona óptima para la actividad agrícola.

En la parte norte de Huamantla los suelos son derivados de cenizas volcánicas (Andosoles húmicos) y presentan en su superficie de color oscuro o negro, ricos

Autor: Anayatzín S. Mendoza

en materia orgánica, pero ácida y pobre en nutrientes por lo que esta zona no es apta para la agricultura.

Los suelos de la meseta escalonada con lomeríos ubicados al sur de Huamantla son de origen residual y coluvial. Entre ellos destacan los Cambisoles eutricos, los cuales son suelos profundos de color gris oscuro o negro, muy arcillosos, que presentan grietas anchas y profundas en la época de sequía y son pegajosos cuando están húmedos esta zona no es óptima para la agricultura.

Otra llanura con lomeríos corresponde a la región conocida como llanos de Apan y Pie Grande. Aquí domina el tepetate, sobre los cuales se encuentra los suelos oscuros con humus y nutrientes por lo que esta zona que corresponde gran parte del territorio tlascalteca; es dedicada a la agricultura.

La gran sierra volcánica compleja está integrada por la Malinche, al sur del estado, y por la Sierra Nevada al oeste, cuyos suelos son de origen residual y volcánico. En la Malinche abundan los suelos de textura arenosa, con desarrollo moderado es decir Litosoles y en las cercanías del volcán se encuentra suelos Andesoles de desarrollo moderado, derivados de cenizas volcánicas, con una capa superficial oscura rica en materia orgánica por lo tanto da pie al crecimiento de bosques de coníferas y de encinos. A diferencia de esta unidad la Sierra Nevada dominan los suelos con una capa superficial de color negra, rica en materia orgánica pero ácida y pobre en nutrientes y a pesar de que existía gran cantidad de bosques de pino y encino la zona ha sufrido gran deforestación y el uso de suelo ha cambiado a agricultura de temporal en terraza provocando aun más la acidez del suelo por el deslave y la acumulación de sales por fertilizantes.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Hay que agregar que el estado de Tlaxcala está afectado en un alto porcentaje de su superficie por diferentes grados de erosión. Las zonas más dañadas son las faldas de la Malinche, pues sus bosques se han talado de manera irracional para llevar a cabo agricultura de temporal en terrazas lo que provoca problemas de deslave y salinización. (INEGI, 1986)

1.2.6 Vegetación

Debido a que el estado se encuentra por arriba de los 2 000 m.s.n.m; la vegetación es propicia a resistir bajas temperaturas como es el caso del oyamel , el encino, el pino y el enebro, entre otras. La vegetación está distribuida como sigue: Los bosques predominantes (diseminados por todo el estado) son las coníferas , aunque también hay encinos, generalmente se localiza a una altitud de 2 568 m.s.n.m .

El bosque de encino se localiza principalmente en la meseta de Tlaxcala, en el volcán de la Malinche, el bosque de coníferas se encuentra localizado en la Sierra Nevada.

Los grandes llanos (llanos de Apan y Pie Grande) están dedicados actualmente a la agricultura, aquí también existe la vegetación secundaria como es el matorral rosetólifo e izotal. El chaparral y el pastizal inducido son otros tipos de vegetación presentes en el estado y se encuentra localizados en Huamantla, (Figura 1.7).

1.2.7 Agricultura

La agricultura de temporal con labranza por tracción mecanizada 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. (Figura 1.7) La Tabla 1.2

Autor: Anayatzín S. Mendoza

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 en las laderas tendidas de las zonas más altas del estado de Tlaxcala en los municipios de Mariano Arista, Teolocholco, Trinidad Sanchez Santos y El Carmen Calpulalpan. (Figura 1.7). Se utiliza el riego por gravedad y por aspersión; la labranza es mecanizada. El uso de fertilizantes y pesticidas es generalizado. La Tabla 1.3 muestra los cultivos de riego así como su rendimiento Cabe mencionar que el uso de fertilizantes y pesticidas está condicionado a la compra de paquetes agrícolas, lo que origina un mal uso en cuanto a cantidad y distribución de dichos pesticidas y fertilizantes.

Tabla 1.2 Cultivos de temporal en Tlaxcala y su rendimiento

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: CEA, 2003

Tabla 1.3 Cultivos de Riego en Tlaxcala y su rendimiento

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: CEA 2003

Autor: Anayatzín S. Mendoza

De la superficie total estatal 4,060.923km², solo tienen posibilidades de uso agrícola 3,410.726km² y se están utilizando en dicha actividad 2,919.344km²; de manera que la superficie susceptible de ser incorporada a la agricultura es de 490.382km². (CEA, 2003).

Sin embargo, antes de abrir nuevas áreas a la agricultura es necesario hacer un análisis de la conveniencia de esta medida y prever los posibles riesgos de erosión para evitarlos mediante prácticas adecuadas de conservación del suelo (CEA, 2003).

Factores que influyen en el desarrollo del cultivo del maíz

Los principales factores que pueden influir en el desarrollo del maíz son:

Características Genéticas de la planta:

El pasaje de un cultivo a través de una secuencia de estados morfológicos o períodos temporales se le denomina Ciclo Vegetativo (SAGARPA, 2005). El Ciclo Vegetativo del Maíz se divide en los siguientes períodos temporales:

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. (SAGARPA, 2005).

Establecimiento-Crecimiento:

Autor: Anayatzín S. Mendoza

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. (SAGARPA, 2005).

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 (SAGARPA, 2005).

Llenado de Grano y Madurez:

La maduración del grano comprende diversas partes: madurez láctea, madurez pastosa, madurez completa y madurez muerte. Para la madurez del grano se necesita un ciclo vegetativo más largo con un verano asoleado con ocasionales precipitaciones y un otoño seco (SAGARPA, 2005). (Figura 1.8).

La tabla 1.4 muestra la duración en días de cada una de los Estados Fenológicos del maíz durante los diferentes tipos de Ciclos Vegetativos. El maíz como toda planta cultivada presenta una amplia variabilidad fenotípica, con diferentes tipos de ciclos vegetativos (Tardío, Medio y Precoz).

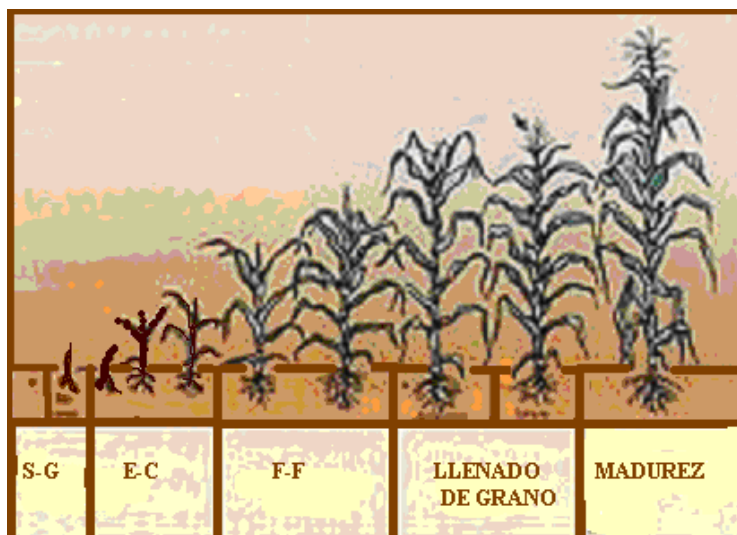


Figura 1.8 Estados Fenológicos del Cultivo del maíz de temporal Fuente: SAGARPA 2005

Tabla 1.4 Ciclos Vegetativos del Maíz

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

Fuente: SAGARPA, 2005

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.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Adaptabilidad a la mecanización.

Destino de la futura cosecha.

Las principales razas 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.

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.

1.2.8 Caso de Estudio

Se escogió al municipio de Huamantla para realizar la planificación agrícola por ser el principal productor del cultivo de maíz de temporal; con una producción de 135,465.55 toneladas anuales (CEA, 2003), y en donde la presencia de eventos

Autor: Anayatzín S. Mendoza

climáticos y meteorológicos extremos como son las sequías y las heladas pueden afectar dicha producción. El municipio de Huamantla se localiza en la parte centro-oriental del estado de Tlaxcala entre 97° 55' y 97° 58' de longitud oeste y entre 19° 10' y 19° 28' de latitud norte. Colinda al norte con los municipios de Terrenate y Alzayanca, al sur colinda con el municipio de Ixtenco, al oriente se establecen linderos con los municipios de Cuapiaxtla y Alzayanca, asimismo al poniente colinda con los municipios de Xaloztoc, San José Teacalco, Tetlanohcan, Tocatlán y Tzompantepec (figura 1.9). Situado en las tierras altas del eje Neovolcánico sobre la meseta de Anáhuac; todo el municipio se localiza a 2,357 metros de altitud sobre el nivel del mar. El municipio de Huamantla comprende una superficie de 354.34 km², lo que representa 8.73 % del total del territorio estatal.

En el municipio de Huamantla el clima se considera Templado Sub-húmedo Intermedio y Templado Sub-húmedo Seco (Cw₁ y Cw₀, respectivamente, según clasificación de Köppen modificada), con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, agosto y septiembre. Los meses más calurosos son marzo, abril y mayo. La dirección de los vientos en general es de sureste a noroeste, la temperatura promedio mínima anual registrada es de 5.4 °C y la máxima es de 23.2 °C.

También se presentan los climas Semí-frío Cb'(w₂) con temperatura media anual entre 5°C y 12°C en las faldas del volcán de la Malinche y Frío (ETH) con una temperatura media anual entre 0°C y 6.5°C en la cumbre del volcán de la Malinche.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

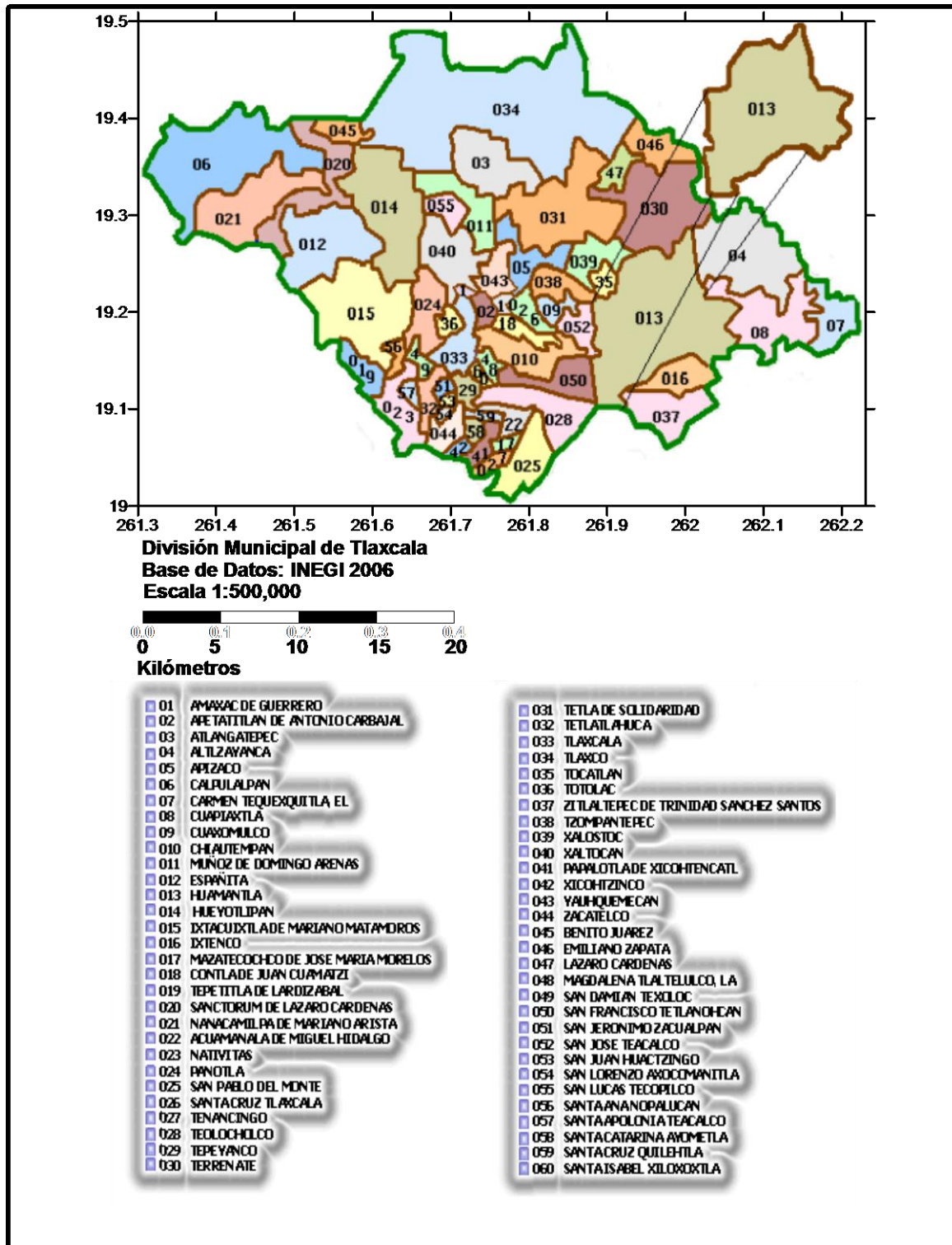


Figura 1.9 Mapa de la División Municipal de Tlaxcala. (Fuente: INEGI 2006), en donde se resalta el municipio de Huamantla (013).

Autor: Anayatzín S. Mendoza

La precipitación media anual durante el periodo 1961-2000 en el municipio, es de 640.7 mm. Las precipitaciones medias anuales son menos abundantes en el noroeste y más abundantes en el sureste del municipio y van de 660 mm a 740 mm. La precipitación menos abundante registrada fue de 343.9 mm y la más abundante de 824.6 mm.

La agricultura es por hoy una de las actividades más importantes en el municipio de Huamantla aunque se desarrolla dentro de un marco poco favorable debido a las graves limitaciones climáticas. A pesar de esto 276 km² esta dedicado al cultivo de maíz de temporal, lo cual es más de la mitad del municipio. El municipio de Huamantla sirvió como caso de estudio por que se presenta la aparente incongruencia de tener el 77.8 % de su superficie dedicada a la producción de maíz de temporal, cuando sólo el 15 % de la misma o menos, es considerada por el INEGI (1986) como buen potencial para tal cultivo.

1.3 Objetivos de la Investigación

Objetivo General:

El Objetivo General de este trabajo de investigación es el siguiente:

Realizar la planificación y mitigación agrícola en el estado de Tlaxcala, basada en la caracterización de eventos climáticos (sequías) y meteorológicos extremos (heladas) y su pronóstico.

Objetivos Específicos:

- a) Realizar una caracterización de eventos climáticos extremos: sequías y eventos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) asociados a la presencia de anomalías positivas de temperatura del aire y anomalías negativas de precipitación en verano en el territorio mexicano (Adem, J et al 2000) en el estado de Tlaxcala
- b) Realizar una caracterización de eventos meteorológicos extremos: heladas asociadas a los nortes en México (Pérez I, 1996) o a Ciclones Tropicales (Pérez I, 1990), las cuales tienen mayor incidencia en nuestro territorio, en el estado de Tlaxcala
- c) Analizar las condiciones agroclimáticas (precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima y evapotranspiración) del cultivo maíz de temporal sembrado en el estado de Tlaxcala en cada una de las caracterizaciones climáticas y meteorológicas mencionadas en los párrafos anteriores para determinar la estación de crecimiento del cultivo, la cual será determinada en base a la disponibilidad de agua y temperaturas favorables para el desarrollo del cultivo en cada fase fonológica. En base a los datos obtenidos del sistema

Autor: Anayatzín S. Mendoza

SICLIM y CLICOM de temperatura, evapotranspiración potencial y precipitación, así como al análisis del ciclo vegetativo del maíz y su requerimiento de agua, se determinarán índices agroclimáticos para planificar la fecha de siembra y cosecha más apropiada para el cultivo

- d) Realizar un análisis económico costo-beneficio del cultivo del maíz de temporal ante la presencia de eventos climáticos y meteorológicos extremos para comprobar su correlación.

1.4 Algunas consideraciones meteorológicas

Heladas

- a) Las masas de aire frío continental polar invaden al estado de Tlaxcala durante el invierno, aunque pueden presentarse también en las otras estaciones del año, éstas son las causantes principales en la ocurrencia de heladas (Morales Méndez C. 1988).
- b) La situación geográfica del estado de Tlaxcala (Morales Méndez C. 1988), sus condiciones climáticas y topográficas favorecen la incidencia de heladas tempranas (agosto y septiembre).
- c) La presencia de heladas reduce notablemente los rendimientos agrícolas tanto en cantidad como en calidad (Morales Méndez C. 1988).
- d) Suponiendo la frecuencia e intensidad de las heladas en el estado de Tlaxcala, deben utilizarse métodos indirectos (medidas de mitigación agrícola) para contrarrestarlas ya que de esta manera se puede proteger con mayor efectividad a los cultivos agrícolas.

Sequías

- a) Durante un evento El Niño Oscilación del Sur (ENOS), hay un probable atraso en el inicio del período lluvioso (Magaña Rueda V. O, 1999).
- b) Los impactos más notables durante un evento El Niño Oscilación del Sur (ENOS), serán durante la canícula y final del periodo lluvioso (Magaña Rueda V. O, 1999).

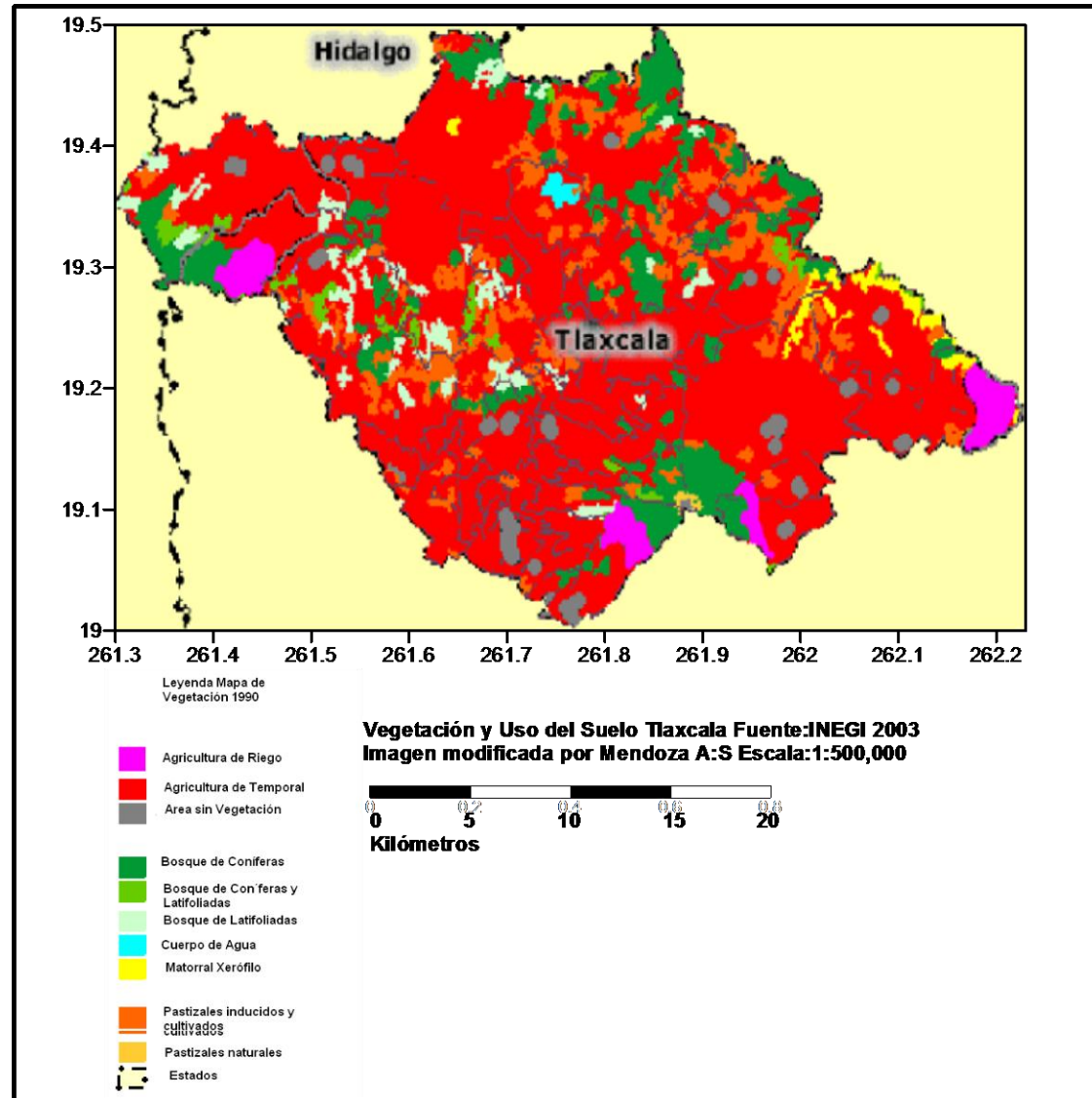


Figura 1.7 Vegetación y Uso del Suelo de Tlaxcala. Fuente: INEGI 1990

CAPITULO II EVENTOS CLIMÁTICOS Y METEOROLÓGICOS (HELADAS Y SEQUIAS EN TLAXCALA)



Autor: Anayatzín S. Mendoza

2.1 Concepto de helada

La mayoría de los estudios climáticos y meteorológicos consideran que una helada se presenta cuando la temperatura del aire, registrada en el abrigo meteorológico de la garita (a 1.50 metros sobre el nivel del suelo), es igual o inferior a 0°C. Desde el punto de vista de la agroclimatología, no se puede considerar helada a la ocurrencia de una determinada temperatura, ya que existen vegetales que sufren daños fisiológicos debido a las bajas temperaturas sin que éstas lleguen a cero grados por ejemplo: el café, el cacao y el maíz de temporal.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

2.2 Clasificación de heladas

Existen diferentes designaciones para clasificar a las heladas, se hará referencia a continuación a las clasificaciones que tienen mayor incidencia en Tlaxcala, según Villalpando (1988).

Heladas de advección: se presentan en una región geográfica cuando ésta es "invadida" por una masa de aire frío cuya temperatura es inferior a 0°C. Este tipo de heladas se caracteriza por la presencia de vientos con velocidades iguales o superiores a los 15 km/h y el gradiente vertical de temperatura es negativo, sin inversión térmica. Las áreas afectadas son extensas y la nubosidad no influye sobre la temperatura, que experimenta variaciones con la marcha horaria. Las plantas se enfrían por contacto con el aire.

Heladas de advección de tipo restringido: Este fenómeno tiene menor extensión que el descrito anteriormente, las bajas temperaturas quedan aisladas a espacios geográficos más pequeños, como puede ser valles o cuencas y se trata de una perturbación local. La velocidad del viento frío puede estimarse en 1 a 10 km/h .

En general las heladas de advección se producen principalmente en invierno, aunque pueden ocurrir en las otras estaciones del año, creando los mayores daños a los cultivos.

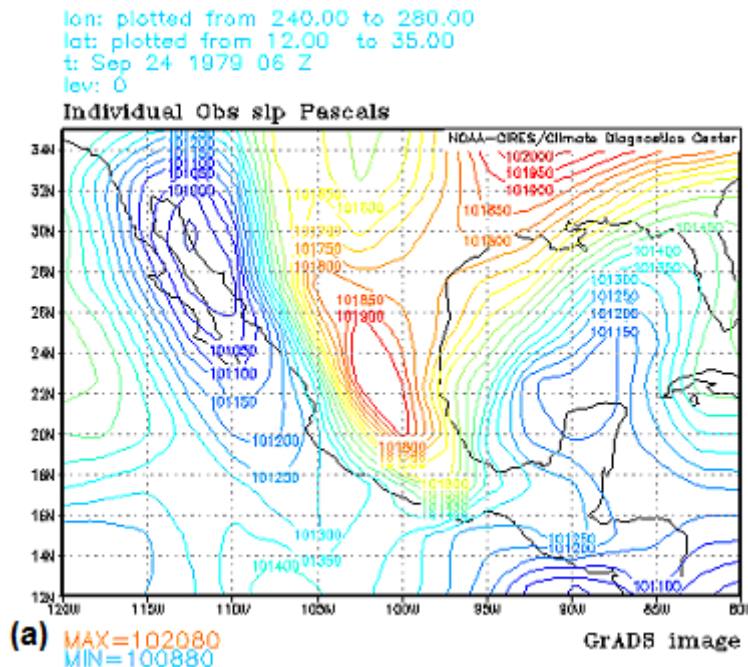
Un ejemplo de lo mencionado anteriormente fue en el mes de Septiembre de 1979 los días 24, 25 y 26 y en el mes de Abril de 1982 los días 11,12 y 13; en donde masas de aire polar continental invadieron la mayor parte del territorio mexicano. Estas masas de aire polar continental están asociadas a sistemas de alta presión en superficie que invaden desde el norte el territorio de México (Figuras 2.1 y 2.2)



Autor: Anayatzín S. Mendoza

y también están asociadas a sistemas de baja temperatura en superficie (Figuras 2.3 y 2.4).

Las figuras 2.5 y 2.6 muestran las temperaturas mínimas en Huamantla, Tlaxcala para los años 1979 y 1982, en donde ocurren heladas por advección señalas en rojo, al principio y al final de estos años. Al final del año los sistemas de alta presión relacionados con las masas de aire polar continental, suelen provocar un descenso brusco en la temperatura mínima del aire, induciendo la helada por advección.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

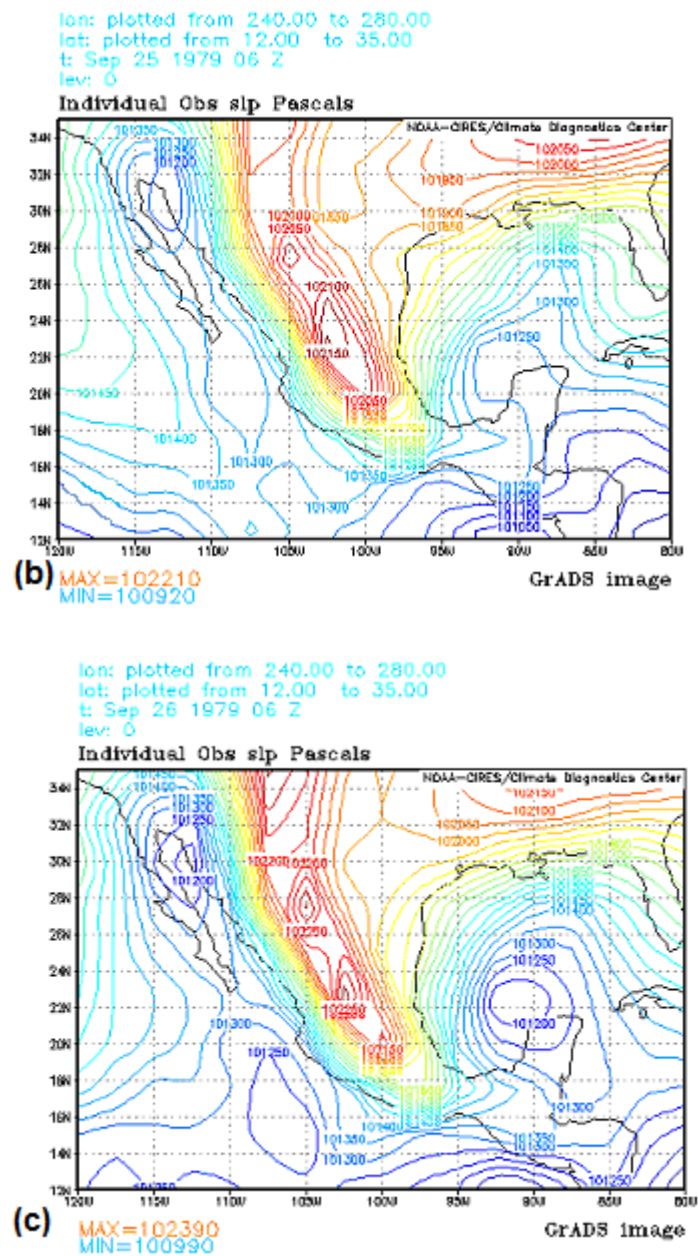
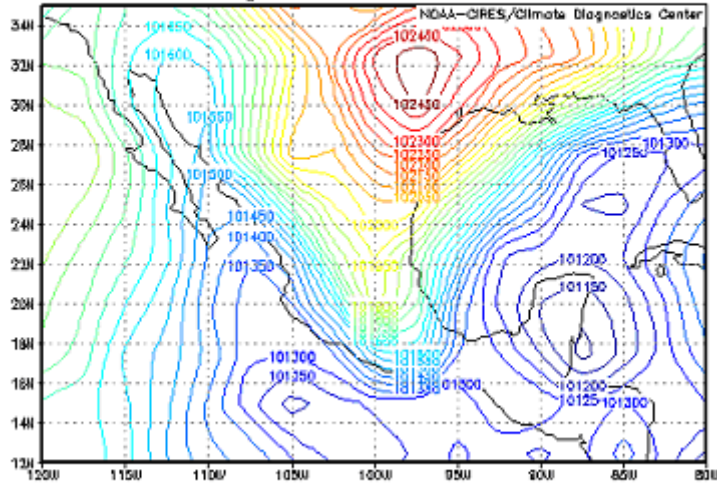


Figura 2.1 Presión al nivel del mar (Pa) Septiembre 24 (a), 25 (b) y 26 (c) Año 1979. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA).

Autor: Anayatzín S. Mendoza

lon: plotted from 240.00 to 280.00
lat: plotted from 12.00 to 35.00
t: Apr 11 1982 06 Z
lev: 0

Individual Obs slp Pascals

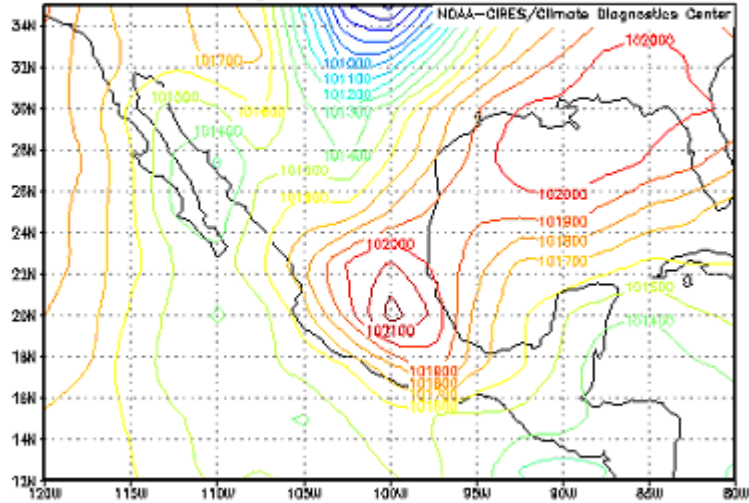


(a) MAX=102490
MIN=101080

GrADS image

lon: plotted from 240.00 to 280.00
lat: plotted from 12.00 to 35.00
t: Apr 12 1982 06 Z
lev: 0

Individual Obs slp Pascals



(b) MAX=102250
MIN=100460

GrADS image



Autor: Anayatzín S. Mendoza

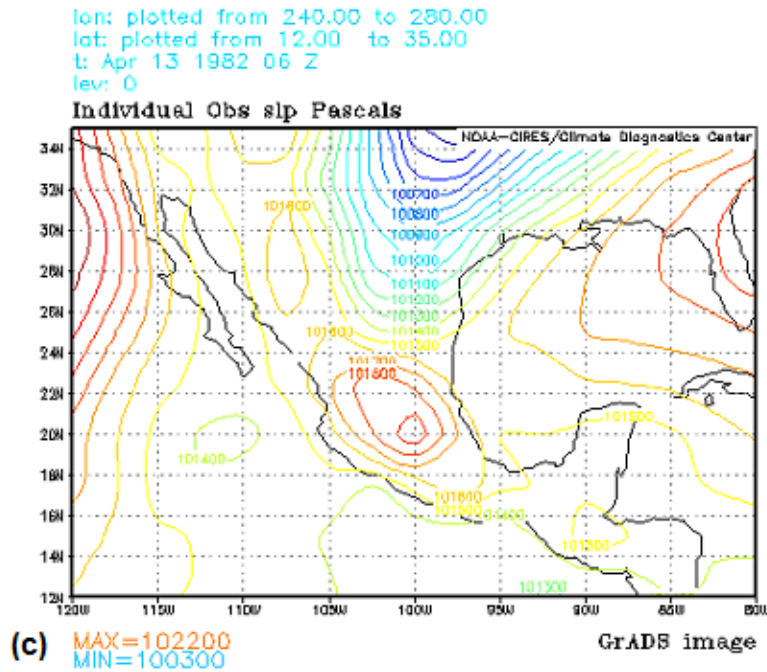


Figura 2.2 Presión al nivel del mar (Pa) Abril 11 (a), 12 (b) y 13 (c) Año 1982. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA).

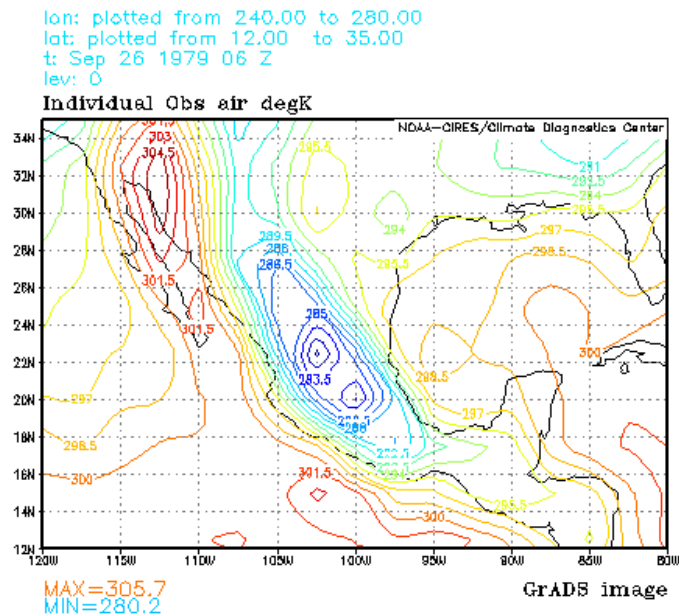


Figura 2.3 Temperatura del aire en superficie (K) de Septiembre 26 de 1979. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA).

Autor: Anayatzín S. Mendoza

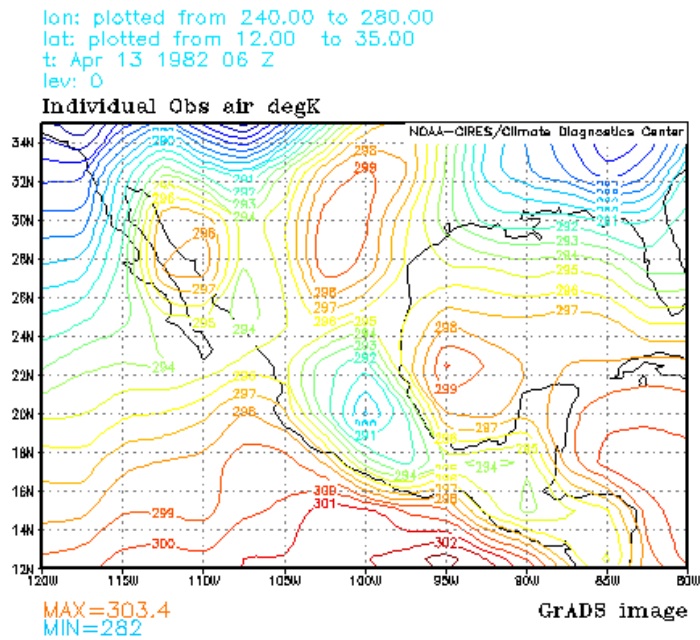


Figura 2.4 Temperatura del aire en superficie (K) Abril 13 Año 1982. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA).

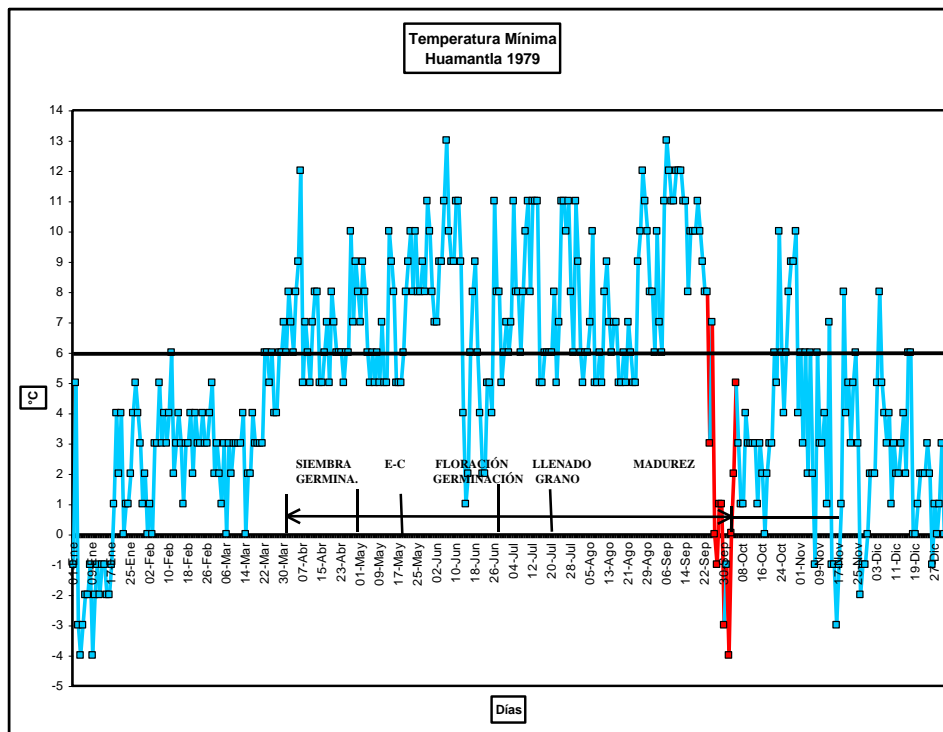


Figura 2.5 Temperatura mínima diaria (°C) Año 1979. Huamantla, Tlaxcala.

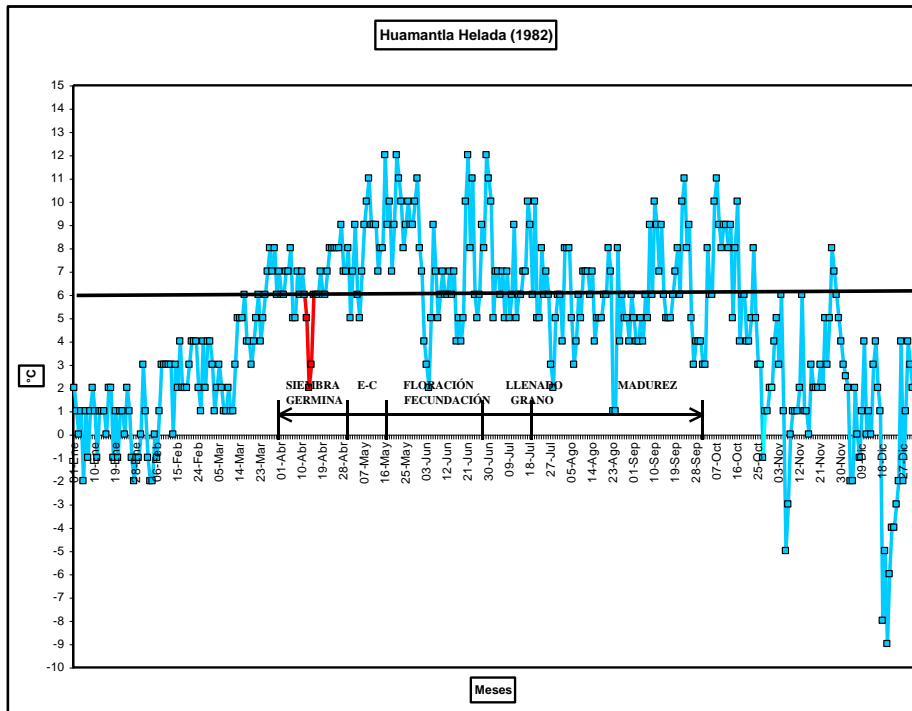


Figura 2.6 Temperatura mínima diaria (°C) Año 1982. Huamantla, Tlaxcala.

Heladas de radiación: Este tipo de helada es de carácter micro climático, son las más frecuentes en el estado de Tlaxcala y se originan por la pérdida de calor que sufren las plantas y el suelo. Se producen por el enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera y de los cuerpos que en ellas se encuentran debido a la pérdida de calor terrestre por irradiación durante la noche. Se produce una estratificación del aire en donde las capas más bajas son más frías y las capas más altas son más cálidas (inversión térmica). Este tipo de heladas se produce en condiciones de viento calmo o escaso, ya que la ausencia de viento impide mezclar estas capas, y además, con cielo despejado que permite una mayor pérdida de calor desde la superficie terrestre. La pérdida de calor es mayor cuando las noches comienzan a ser más largas y el contenido de humedad del aire es menor. En los

Autor: Anayatzín S. Mendoza

suelos cubiertos de vegetación y en el fondo de los valles es más probable que se den este tipo de heladas. (Villalpando I. J. 1988).

En el caso de la cubierta vegetal, esta actúa como aislante entre el suelo y la atmósfera, evitando que el calor del suelo se trasmite con rapidez al aire. Además disminuye la acumulación de calor en el suelo al impedir el ingreso de la radiación solar. El relieve del suelo, por sus diversos accidentes, determina la dirección e intensidad del flujo de aire frío nocturno. Si el suelo tiene pendiente, el aire frío (más denso) buscará niveles más bajos, donde se estacionará y continuará enfriándose. Es por ello que el fondo de los valles es un lugar propicio para la formación de este tipo de heladas. Las heladas por radiación se producen en cualquier época del año, pero sus efectos tienen mayor importancia en los cultivos de primavera y otoño.

Heladas de evaporación: Debidas a la evaporación de agua líquida desde la superficie vegetal. Suele ocurrir cuando, debido a la disminución de la humedad relativa atmosférica, el rocío formado sobre las plantas se evapora. El paso de agua líquida a su estado gaseoso requiere calor. Ese calor lo aporta la planta con su consiguiente enfriamiento. (Villalpando I. J. 1988).

Heladas Mixtas:

Se pueden presentar tres casos principales para la formación de heladas mixtas :

- 1 Formación simultánea advección y evaporación
- 2 Helada de advección seguida por helada de evaporación
- 3 Helada de evaporación procedida por advección.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

Tipos de heladas

La siguiente clasificación no obedece a la formación física de la helada sino a su observación de los efectos visuales que tienen esos fenómenos.

Helada agrícola: Se define cuando se presentan daños fisiológicos en los cultivos de temporal debido a las bajas temperaturas. En Tlaxcala las heladas agrícolas suelen ocurrir, con temperaturas por debajo de los 6°C. Se ha encontrado que el maíz de temporal experimenta daño irreversible, cuando la temperatura del aire desciende por debajo de 6°C en periodos breves de tiempo menores a 3 horas. (Villalpando, 1988). Por sus daños visibles, la helada agrícola se clasifica en dos tipos: helada blanca y helada negra.

Heladas blancas: Durante el fenómeno de radiación se produce enfriamiento en las plantas, el suelo y las partes bajas de la atmósfera y si existe suficiente humedad en el aire puede formarse rocío, es decir, se produce condensación de vapor de agua sobre las partes frías en forma de pequeñas gotitas. Al continuar el descenso de la temperatura, las gotitas de agua se pueden congelar, formando pequeños cristales de hielo quedando un color blanco a los cultivos y al suelo; es por esta razón que se le denomina Helada blanca (ver fotos de las Figuras 2.7 y 2.8). (Villalpando I. J. 1988).

Para que se lleve a cabo una helada blanca o de escarcha es necesario que las superficies afectadas adquieran una temperatura de 0°C centígrados o menos y además de que se alcance la temperatura del punto de rocío del aire, para que pueda ver condensación. (Villalpando I. J. 1988).



Autor: Anayatzín S. Mendoza

Cabe mencionar que en Tlaxcala no es tan dañino este tipo de helada e inclusive se puede contrarrestar; por ejemplo, los campesinos de Huamantla hacen rondas nocturnas aproximadamente cada hora y cuando notan que en el cultivo del maíz de temporal se presenta escarcha en sus hojas pasan antorchas en medio de cada parcela para subir la temperatura del aire.



Figura 2.7 Foto de Presencia de helada blanca sobre cultivo de maíz de temporal tomada el 27 de Marzo del 2005 a las 6:00 am. en Huamantla, Tlaxcala.



Figura 2.8 Foto de Escarcha sobre plántulas de maíz de temporal fase de Siembra-Germinación tomada el 27 de Marzo del 2005 a las 8:00 am. en Huamantla, Tlaxcala.

Heladas negras: En la helada negra el descenso de la temperatura del aire en superficie es por debajo de 0°C y no va acompañado de formación de hielo. Su designación responde a la visualización de la coloración que adquieren algunos



Autor: Anayatín S. Mendoza

órganos vegetales debido a la destrucción causada por el frío. Este tipo de heladas se produce cuando la masa de aire es seca. El cielo cubierto o semicubierto o la turbulencia en capas bajas de la atmósfera favorece la formación de este tipo de heladas. (Villalpando I. J. 1988).

En este tipo de heladas no hay condensación de agua porque no hay suficiente humedad atmosférica, pero se congela la savia de las plantas y el agua contenida en los tejidos, entonces el volumen de agua aumenta y hay rompimiento vegetal; al salir el sol hay evaporación ocasionando la manchas cafés o negras de las plantas afectadas

Un muestreo realizado en una primera práctica de campo en Huamantla, Tlaxcala reveló que los campesinos definen como helada dramática cuando observan en sus cultivos manchas cafés o negras a causa del frío (necrosis); es decir, que los campesinos perciben el fenómeno de una helada por el siniestro que causan en sus cultivos, esta forma de apreciar el fenómeno se reduce a espacios geográficos localizados en donde se encuentran áreas de frío intenso y cultivos sensibles a esté (Figura 2.9). La muerte en los tejidos vegetales a causa del descenso de temperatura depende de varios factores como; localización geográfica, tipo de especie y al estado fenológico.

La planificación para la mejor fecha de siembra del cultivo de maíz, que veremos más adelante, está basada en el concepto de helada agrícola.



Autor: Anayatzín S. Mendoza



Figura 2.9 Foto de Necrosis en plántula de maíz de temporal fase de Establecimiento-Crecimiento tomada el 15 de Mayo del 2005 a las 10:00 am. en Huamantla, Tlaxcala.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

2.3 Daños por heladas al cultivo del maíz de temporal

Las exigencias climáticas del maíz se dirigen a valores relativamente altos, no tolera el frío a no ser que se sea muy breve tiempo. En primavera resiste hasta 3.5°C por media hora y en otoño hasta 1.0°C, por 15 minutos como valores mínimos. Estos breves períodos de tiempo (minutos) es con lo que cuentan los agricultores para salvar algo de la cosecha cuando se presenta una helada. La tabla 2.1 muestra el rango de temperaturas viables para el cultivo del maíz. 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.

Tabla 2.1 Rangos de temperaturas viables para el cultivo de maíz en el ciclo fenológico (SAGARPA, 2005)

Estados Fenológicos del maíz	Requerimientos térmicos (grados centígrados) (°C)		
	Mínimo	Optimo	Máximo
1° Siembra-Germinación	12	20 a 25	37
2° Establecimiento-Crecimiento	15	20 a 30	37
3° Floración-Fecundación(Necesidad de mayor cantidad de agua)	20	20 a 30	30
4° Llenado de Grano(Necesidad de Mayor cantidad de agua)	20	20 a 30	30
5° Madurez	20	20 a 30	30



Autor: Anayatzín S. Mendoza

El grado de daño ocasionado por una helada va a depender de en que estado fenológico se encuentra el cultivo cuando ocurra el fenómeno de acuerdo con Villalpando (1988) en el cultivo de maíz de temporal se pueden establecer cuatro grados crecientes de daños:

Primer grado, cuando se presenta en el estado fenológico Siembra-Germinación y Establecimiento-Crecimiento: Muerte de algunos órganos vegetativos como hojas y tallos tiernos, perturbación de las funciones del resto de los órganos.

Segundo grado, cuando se presenta en Floración-Fecundación: Destrucción de un gran porcentaje de flores.

Tercer grado cuando se presenta en Llenado de Grano: Destrucción de los granos que se están formando y deformación de los sobrevivientes.

Cuarto Grado cuando se presenta en Maduración: Muerte de toda la planta.

Generalmente la heladas más dañinas para el cultivo de maíz de temporal en Tlaxcala son las tardías las cuales se presentan en primavera en los meses de Julio, Agosto y Septiembre debido a que en estas fechas el cultivo del maíz se encuentra en el estado fenológico Madurez provocando como se mencionó anteriormente la muerte de la mayoría de las plantas.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

2.4 Condiciones Físico-Geográficas que favorecen el desarrollo de heladas en el estado de Tlaxcala

2.4.1 Condición Geográfica

La situación geográfica de Tlaxcala favorece el desarrollo de heladas ya que el territorio tlascalteca se encuentra donde termina la altiplanicie mexicana y se levanta la Sierra Volcánica Transversal; en invierno las masas de aire frío penetran estas zonas altas por el norte, llegando su influencia principalmente hasta los estados del centro de la República Mexicana; la Altiplanicie Mexicana sirve entonces como un corredor para el paso del viento frío invernal, teniendo como flancos la Sierra Madre Oriental y Occidental.

Este viento frío llega hasta el estado de Tlaxcala, dando como origen las heladas por advección, si la temperatura desciende por debajo de los 0°C se producen grandes daños a los cultivos. Cabe mencionar que la Sierra Volcánica Transversal se comporta como barrera para que se estanque el aire frío proveniente de Canadá y estados Unidos.

2.4.2 Condición Topográfica

Algunas elevaciones montañosas en el estado tienen una altura de más de 3000 metros de altitud, localizándose al norte la Sierra de Tlaxco (3418m), al noreste la Sierra Nevada (3200m), al sur en los límites del estado de Puebla se encuentra el volcán de la Malinche (4461m) y al centro el Valle de Tlaxcala conocido como Valles de Apan (2400m) lugar en donde se encuentran las áreas de cultivo del maíz de temporal (Figura 2.10). Estas elevaciones actúan como barrera orográfica que impiden el paso de vientos alisios del noreste, debido a esta situación la



Autor: Anayatzín S. Mendoza

humedad en el estado de Tlaxcala es muy baja en casi todo el año (rango de humedad) por lo consiguiente hay mayor incidencia de heladas por evaporación.

La evaporación en Tlaxcala .es muy excesiva superando muchas veces a la precipitación, formando zonas casi desérticas como es el valle de san Vicencio.

Este fenómeno se debe a que las elevaciones orográficas mencionadas anteriormente impiden el libre paso de los vientos alisios cargados de humedad.

La falta de humedad da como resultado días muy cálidos y noches muy frías que hacen descender la temperatura a 0°C.

Mapa de Elevación del Estado de Tlaxcala

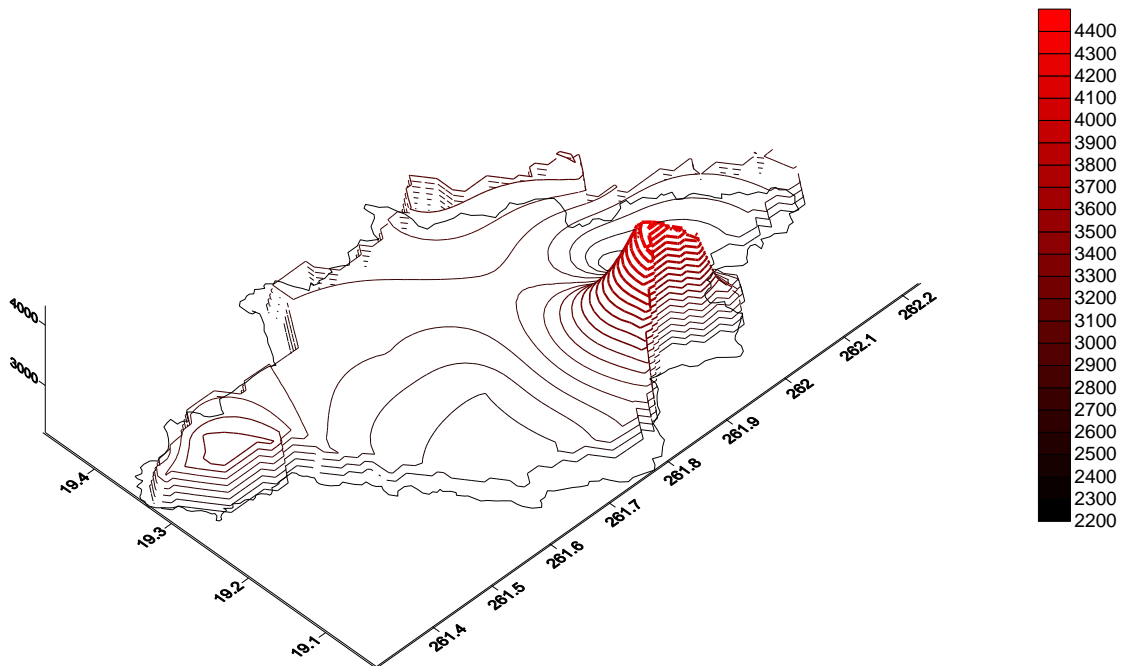


Figura 2.10 Mapa de Elevación del estado de Tlaxcala, mostrando las heladas por advección y los vientos alisios.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

2.4.3 Condición Climática

Temperatura

Las temperaturas máximas: se registran en los meses de abril, mayo y junio y sus valores medios son de 20°C a 24°C. Las Temperaturas máximas no son de peligro para la agricultura del maíz de temporal ya que no rebasan los valores críticos ; en general, las temperaturas máximas en Tlaxcala empiezan a descender cuando se inicia la temporada de lluvias debido a la humedad y nubosidad presente (Figura 2.11).

Las temperaturas mínimas: tienen su aparición en el mes de Diciembre y se prologan hasta mediados de Enero con promedios que van de -2°C a 6°C . En las elevaciones orográficas (Sierra de Tlaxco, Sierra Nevada , Volcán de la Malinche) se producen heladas durante casi todo el año (Figura 2.11).

Las temperaturas máximas extremas: van de 28°C a 30°C y se manifiestan en el Valle de San Vicencio, estas temperaturas se registran en los meses de Abril y Mayo.

Temperaturas Mínimas Extremas: se registran en las cimas de las montañas en el Volcán de la Malinche, en la Sierra de Tlaxco y en la Sierra Nevada y van de -8°C a -10°C.

Precipitación: En el estado de Tlaxcala la época lluviosa inicia en abril y termina en octubre, la precipitación media anual varia de 600 a 700mm, (Figura 2.11) si las lluvias tienen una frecuencia regular en el año agrícola difícilmente se producen heladas.



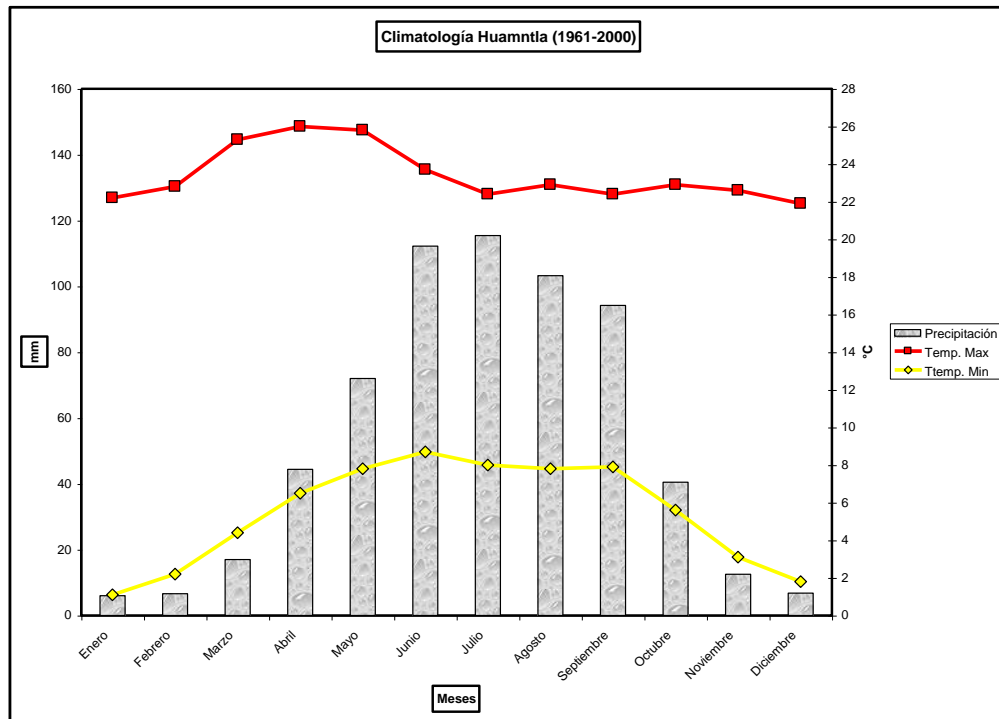


Figura 2.11 Valores mensuales de Temperatura máxima (en cuadros) y mínima (en rombos), y precipitación acumulada (en barras) para Huamantla para el periodo 1961-2000.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

2.5 Ocurrencia de Heladas en el estado de Tlaxcala

Para saber la ocurrencia de las heladas en Tlaxcala es necesario determinar el período libre de heladas.

El período libre de heladas se determina por el número de días que transcurre entre la primera helada y la última helada durante un año. Entonces para determinar el período libre de heladas se toman varios años que indiquen la fecha de inicio y el fin de bajas temperaturas de cada uno de los años, los cuales se promedian y así resulta el promedio libre de heladas.

Cuando se planifica con heladas no solamente es necesario saber el período libre de heladas promedio sino también su desviación estándar para determinar la variabilidad media de las fechas en que se presentaron las heladas.

Para las 14 estaciones meteorológicas de Tlaxcala (Tabla 1.1 y Figura 1.4) se calculó la fecha de ocurrencia de las primeras heladas, la fecha de ocurrencia de la últimas heladas, el período libre de heladas y su desviación estándar. Ocurren primero heladas en la Sierra de Tlaxco, La Sierra Nevada y El Volcán de la Malinche con fecha de inicio el 10 de Octubre, posteriormente en Lázaro Cárdenas con fecha de inicio el 15 de Octubre, después en casi todo el territorio tlaxcalteca con fecha de inicio el 20 de Octubre a excepción de los Valles de Huamantla y Cuapixtla que inician el 26 de Octubre (Figura 2.12).

Para en el caso de las fechas de ocurrencia de las Últimas Heladas (Figura 2.13) primero ocurren en la Sierra de Tlaxco, con fecha el 16 de Marzo. Sigue casi todo el territorio tlaxcalteca con fechas de ocurrencia hasta el 24 de Marzo y por último



Autor: Anayatzín S. Mendoza

los Valles de Huamantla y Cuapixtla con fecha de ocurrencia hasta el 28 de Marzo.

En la Figura 2.14 se puede observar el período libre de heladas para Tlaxcala, en donde el periodo más corto es en la Sierra de Tlaxco, la Sierra Nevada y el Volcán de la Malinche con 196 días, después es Lázaro Cárdenas y Cuapixtla con 214 días, se encuentra después los Valles de Huamantla con 218 días y el resto del territorio tlascalteca con 232 días

Primeras Heladas en el Estado de Tlaxcala

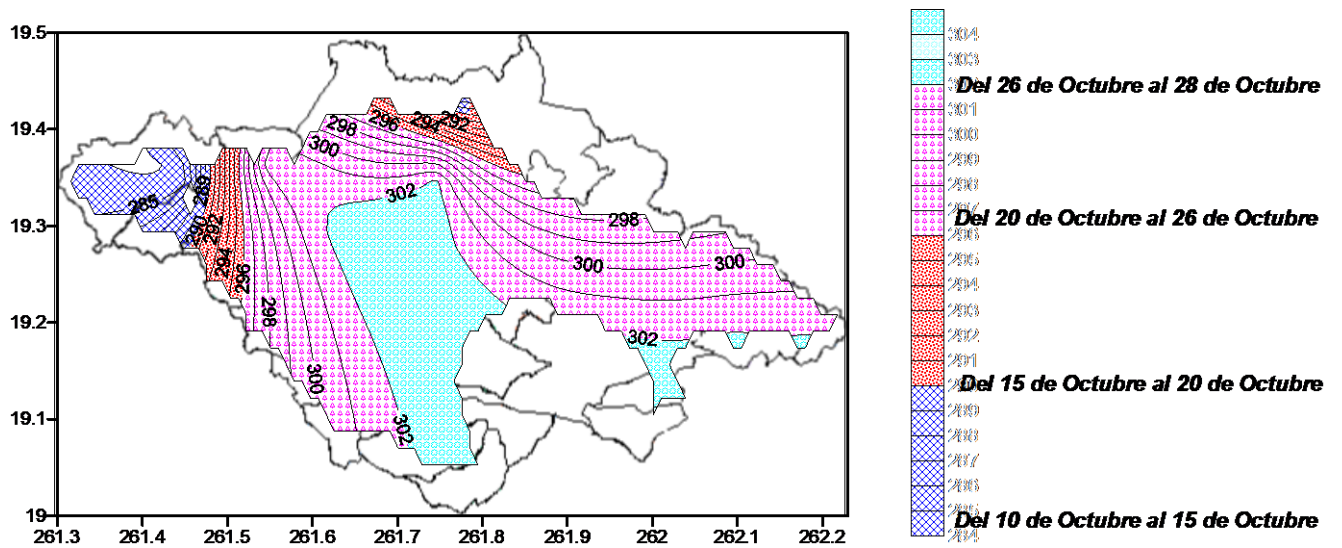


Figura 2.12 Fecha, relativa a los 365 días del año, de ocurrencia de las primeras heladas en Tlaxcala.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Últimas Heladas en el Estado de Tlaxcala

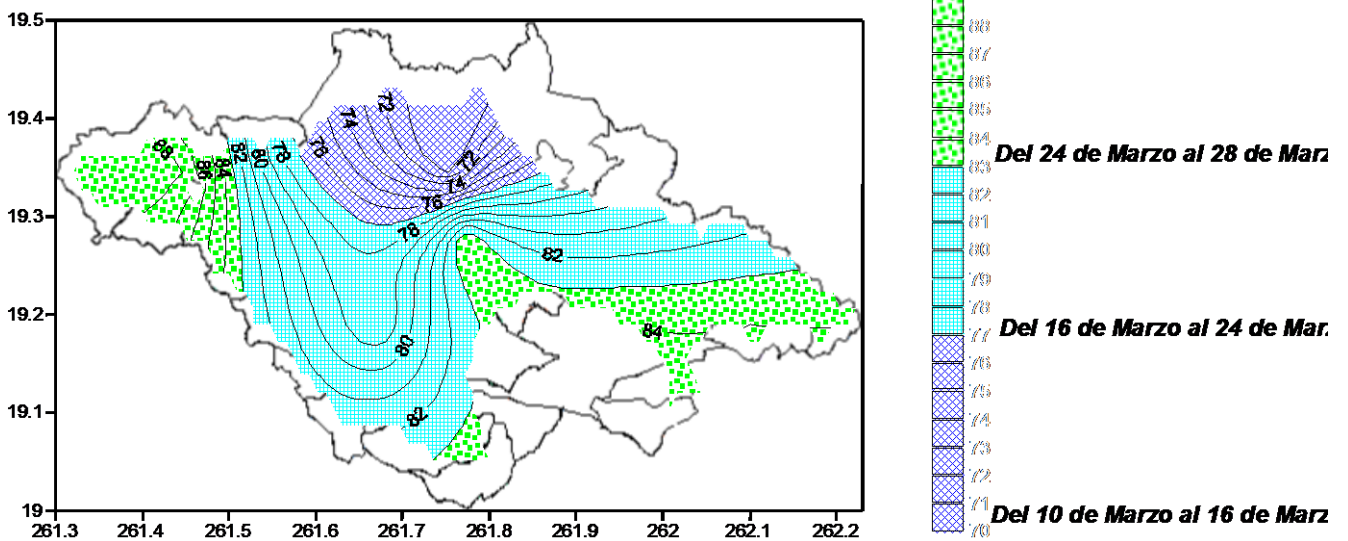


Figura 2.13 Fecha de ocurrencia de las últimas heladas en Tlaxcala.

Período Libre de Heladas en el Estado de Tlaxcala

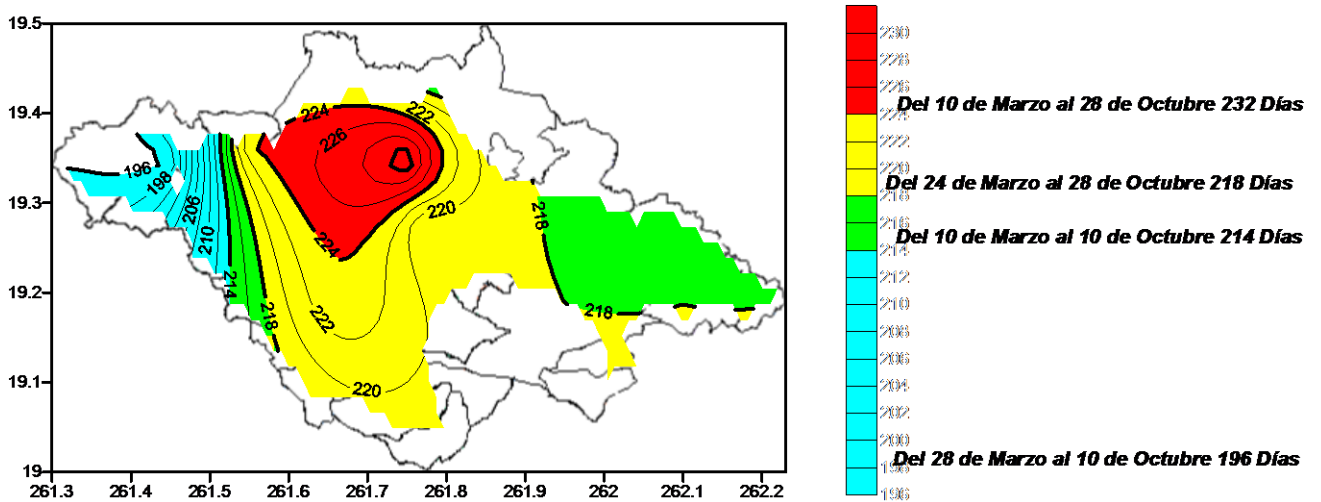


Figura 2.14 Período libre de heladas en Tlaxcala.

La Figura 2.15 muestra la variabilidad (Desviación estándar) de ocurrencia de las fechas de las primeras heladas presentando mayor variabilidad las partes altas de Tlaxcala como es la Sierra de Tlaxco, la Sierra Nevada y el Volcán de la Malinche

Autor: Anayatzín S. Mendoza

con 23 días antes o después de la fecha de ocurrencia de esta zona, le sigue Cuapixtla y Huamantla con 13 días de desviación. La Figura 2.16 muestra la variabilidad de ocurrencia de las últimas heladas, presentando mayor variabilidad nuevamente las partes altas de Tlaxcala como es la Sierra de Tlaxco, la Sierra Nevada y el Volcán de la Malinche con 28 días, siguen Huamantla y Cuapixtla con 16 días de variabilidad.

Desviación Estándar de las Primeras Heladas en el Estado de Tlaxcala

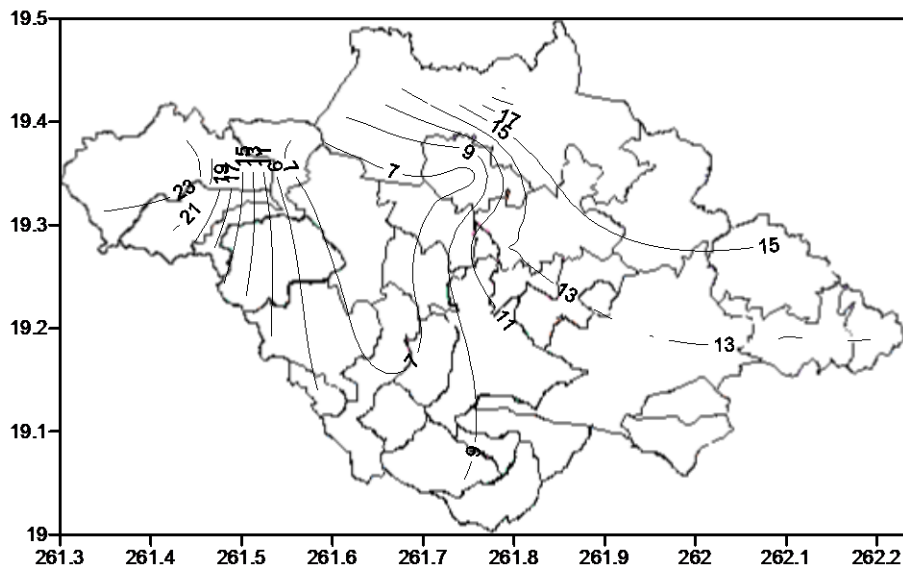


Figura 2.15 Variabilidad (desviación estándar) de las primeras heladas en Tlaxcala, en días.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Desviación Estándar de las Últimas Heladas en el Estado de Tlaxcala

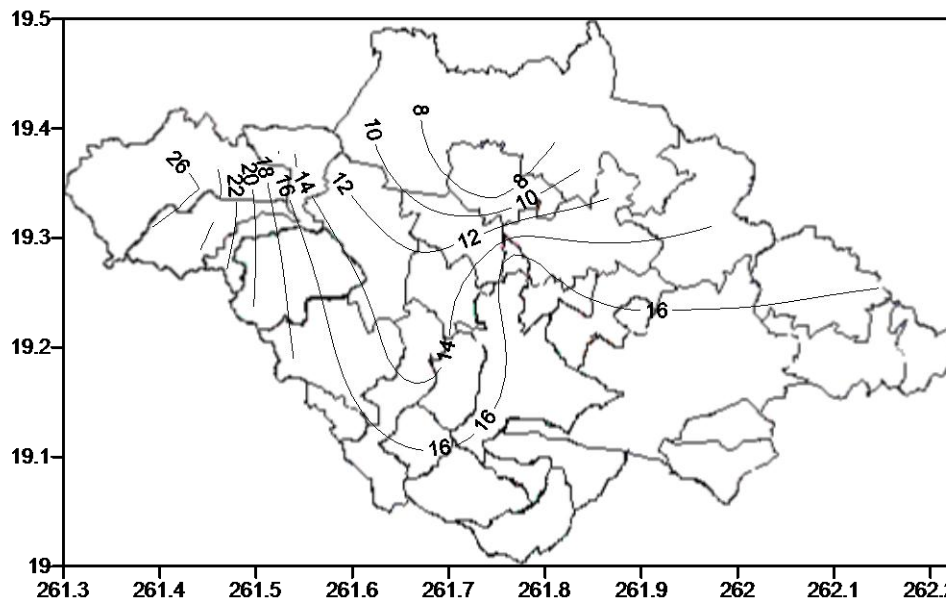


Figura 2.16 Variabilidad (desviación estándar) de las Últimas Heladas en Tlaxcala, en días.

2.6 Conceptos de Sequía

De acuerdo con Villalpando (1988), existen diferentes definiciones de sequía según la disciplina que estudia dicho fenómeno climático:

Sequía Meteorológica. Se define generalmente según el grado de sequedad, en comparación con algún promedio y la duración del periodo seco, considerando las distintas regiones y sus precipitaciones. Es decir que ocurre durante uno o varios meses cuando hay una ausencia prolongada, una deficiencia marcada o una pobre distribución de la precipitación pluvial que afecta adversamente a las actividades humanas.

Sequía Hidrológica. Se asocia a los efectos de períodos de déficit de la precipitación en el abastecimiento de agua superficial o sub-superficial del suelo. Las sequías hidrológicas son generalmente fuera de fase, se retrasan a la ocurrencia de sequías meteorológicas y agrícolas. Toma en cuenta además de las

Autor: Anayatzín S. Mendoza

deficiencias de la precipitación, los componentes del sistema hidrológico tales como humedad del suelo y niveles del agua subterránea y del depósito.

Esta se refiere a las insuficiencias en el agua superficial y subterránea. Esta sequía, no es apreciada de inmediato sino cuando las precipitaciones se reducen durante un largo tiempo y los niveles de los ríos, embalses y lagos disminuyen. Esta sequía suele ocurrir tras la sequía meteorológica y agrícola. Como en toda sequía, el clima es el primer factor que contribuye a esta sequía hidrológica. Los cambios en los usos de la tierra pueden alterar las características hidrológicas y por tanto incidir en la sequía hidrológica.

Sequía Agrícola. Ésta se presenta cuando no hay suficiente humedad en el suelo para satisfacer las necesidades mínimas de las plantas, en sus distintas épocas de germinación y crecimiento. La sequía agrícola sucede después de la sequía meteorológica y antes de la sequía hidrológica y suele ser el primer factor que afecta la agricultura.

La sequía agrícola liga varias características de la sequía meteorológica (o hidrológica) a los impactos agrícolas, centrándose en la escasez de la precipitación, diferencias entre la evapotranspiración real y potencial, el déficit del agua del suelo, el agua subterránea reducida o los niveles del depósito, y así sucesivamente. La demanda del agua de la planta depende de condiciones atmosféricas que prevalecen, de características biológicas de la planta específica, de su etapa del crecimiento y de las características físicas y biológicas del suelo.



2.7 Clasificación de Sequías, según Villalpando (1988).

a) Por su Periodo

Sequías accidentales o extemporáneas: son aquellas que se presentan en forma accidental en un lugar generalmente el régimen de precipitaciones es suficiente para asegurar un balance hídrico satisfactorio para los cultivos, pero que en un momento determinado las condiciones del tiempo se presentan en forma anormal y determina una sequía. Este tipo de sequía es debido a una anomalía de la circulación general de la atmósfera.

Sequías periódicas o permanentes: son aquellas que presentan cierta regularidad, es decir, que se pueden llamar periodo seco o estación seca y sirven para caracterizar el clima de un lugar debido a su aparición año tras año. Estas sequías son debidas a la circulación general de la atmósfera.

b) Por sus efectos sobre las plantas

Visibles o aparentes: son aquellas donde la falta de agua en el suelo provoca pérdida de turgencia en las plantas y el bajo contenido de agua en el suelo se observa por su efecto sobre ellas. El contenido de agua es cercano al punto de marchitez permanente.

Invisibles u ocultas: son aquellas que se producen sin que la planta tenga síntomas de pérdida de turgencia y el bajo contenido de agua en el suelo se mantiene entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Si el contenido de agua en el suelo no es óptimo, la planta tiene déficit para satisfacer la demanda atmosférica y durante todo el periodo que esto ocurra no produce al



Autor: Anayatzín S. Mendoza

máximo. En este tipo de sequía sus efectos se observan en los resultados finales, o sea en el rendimiento.

c) Por sus causas u origen.

Sequías edáficas: son aquellas que se producen por el bajo contenido de agua en el suelo y se produce una rotura del balance hídrico. Es una sequía peligrosa.

Sequías atmosféricas: se produce un desequilibrio causado por una gran demanda atmosférica que sobrepasa la capacidad de extracción de agua del suelo por parte de la planta. Esta sequía se produce porque la demanda atmosférica es mayor a la capacidad de extracción de agua del suelo por parte de las plantas. Ej: al mediodía o en verano.

Los agricultores tlaxcaltecas entienden el concepto de la sequía, como un período prolongado con déficit de precipitación dando como resultado el daño extenso a las cosechas y la pérdida de su producción. Este trabajo toma en cuenta tanto la sequía meteorológica, como la sequía agrícola ya que una deficiencia de la precipitación puede dar lugar a un agotamiento rápido de la humedad del suelo que es casi inmediatamente perceptible a los agricultores y al entender los daños que ocasiona la sequía al cultivo del maíz de temporal; se puede planificar y mitigar de acuerdo a los requerimientos hídricos del cultivo e incrementar los rendimientos.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

2.8 Daños por sequías al cultivo de maíz de temporal

El cultivo del maíz 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. Así mismo se considera al cultivo del 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 (SAGARPA, 2005).

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 (SAGARPA, 2005).

Esta observación es muy importante ya que en algunas regiones de nuestro país se presenta la canícula o veranillo. Inicialmente Mosiño (Mosiño, 1986) 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 tiene lugar en el Golfo de México. 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



Autor: Anayatín S. Mendoza

entre Febrero y Junio llega a las etapas críticas en que la escasez de agua afecta directamente al rendimiento. (Mendoza A. S, 2001)

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 700 mm en los valles centrales de Oaxaca, 600 mm en Tlaxcala, y centro de Sinaloa, 400 mm en Zacatecas y menos de 100 mm en Mexicali y la mayor parte de Baja California. (SAGARPA, 2005).

Las áreas donde se pueden 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 ya que los requerimientos de precipitación para el maíz en todo su ciclo de desarrollo fluctúan entre los 800 y los 1200 milímetros. En la etapa de germinación es cuando el maíz requiere la menor cantidad de lluvia, tan sólo 80 milímetros, pero sus necesidades hídricas aumentan, sobre todo en la etapa de floración, que es cuando demanda 220 milímetros y 220 en la etapa de llenado de grano, mientras que para madurar le bastan 120 milímetros, según se aprecia en la tabla 2.2.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

Tabla 2.2 Requerimientos de precipitación en el ciclo fenológico del maíz.

Estados Fenológicos del maíz	Requerimientos hídricos (milímetros)		
	Mínimo	Optimo	Máximo
1º Siembra-Germinación	80	120	160
2º Establecimiento-Crecimiento	160	180	260
3º Floración-Fecundación(Necesidad de mayor cantidad de agua)	220	260	280
4º Llenado de Grano(Necesidad de Mayor cantidad de agua)	220	260	280
5º Madurez	120	180	220
Total del ciclo vegetativo	800	1000	1200

Fuente: SAGARPA, 2005

El impacto de un período de restricción en la disponibilidad de agua sobre el crecimiento del cultivo es influenciado por numerosos factores, tales como, el área foliar, el volumen de las raíces, el déficit de la presión de vapor atmosférica, la temperatura y la radiación y sobre todo la etapa de crecimiento del cultivo en que se encuentre cuando se presenta la sequía.

A continuación se muestra los daños por sequía en cada uno de los estados de crecimiento del cultivo de maíz de temporal (Villalpando, 1988):

a) Siembra-Germinación y Establecimiento-Crecimiento

Cuando la sequía ocurre durante el estado vegetativo siembra-germinación y durante el establecimiento-crecimiento, las plántulas mueren y su población se



Autor: Anayatzín S. Mendoza

reduce; como el maíz tiene una escasa capacidad para producir macollos productivos, el cultivo no puede compensar el efecto de la sequía, aún cuando las lluvias sean adecuadas en el resto de la estación. Las sequías no letales durante el período vegetativo tienden a disminuir el área foliar y el desarrollo.

b) Floración-Fecundación

Las sequías cercanas a la época de floración tienen un efecto negativo sobre el rendimiento, aparentemente porque reducen la formación de reservas. El número de granos por planta puede reducirse a causa de dificultades en la polinización o porque los óvulos fertilizados detienen su crecimiento. El crecimiento de los estambres es muy sensible al contenido de agua de la planta y su emergencia se demora con la sequía. Si la polinización ocurre en plantas bajo estrés hídrico en los cuatro primeros días de la emergencia de los estambres, un bajo contenido de agua de las mazorcas conduce al aborto de los cigotos recién formados. Si los estambres de plantas bajo estrés hídrico son polinizados después de los cuatro días de la emergencia de las espigas, probablemente no permitan el crecimiento del tubo polínico ya que entran en un período de senescencia natural.

Bajo condiciones de sequía en el campo, la causa más común de una escasa formación de granos parece ser el aborto de los óvulos polinizados. El aborto ocurre aparentemente porque el flujo de sustancias asimiladas de la corriente fotosintética al grano en desarrollo es inadecuado, aun cuando los niveles de carbono reducido y nitrógeno están presentes en los tejidos vegetativos. El bajo contenido de agua del ovario parece afectar la viabilidad de cada grano en



Autor: Anayatzín S. Mendoza

desarrollo para actuar como un depósito efectivo, aun si el número de granos por mazorca se reduce.

c) Llenado de Grano-Madurez

Si la sequía ocurre durante el llenado del grano, la velocidad y la duración del período de llenado decrecen. El estrés del llenado del grano por lo general ocurre cuando las lluvias terminan temprano.

Según declaraciones de agricultores de Tlaxcala los daños más perjudiciales para el rendimiento de maíz de temporal es cuando la sequía ocurre en la etapa de floración-fecundación y llenado de grano provocando grandes pérdidas económicas.

La Figura 2.17 muestra la foto A tomada el 04 de abril del 2004, que muestra el cultivo de maíz de temporal sembrado en Huamantla, Tlaxcala en el año agrícola 2004; en ese año agrícola la precipitación media anual fue de 602 milímetros iniciando el período lluvioso en el mes de abril.

En la misma Figura se muestra la foto B tomada el 07 de abril del 2005, la cual muestra el cultivo de maíz de temporal sembrado en Huamantla, Tlaxcala en el año agrícola 2005; en ese año agrícola la precipitación media anual fue de 420 milímetros y el período lluvioso inició hasta a la mitad del mes de mayo.

Se puede apreciar en la foto B el daño que ocasiona la ausencia de lluvias en abril al cultivo de maíz de temporal; afectando al estado de crecimiento siembra-germinación, provocando que la mayoría de las semillas plantadas no germinen y disminuya así el rendimiento. Cabe mencionar que el cuerpo de agua que se ve en ambas fotos es un canal que los agricultores construyen como sistema de



Autor: Anayatzín S. Mendoza

captación de agua para el inicio del período lluvioso y tener así humedad en el suelo al inicio de la siembra y asegurar la germinación de las semillas; pero al no haber lluvias en abril este sistema de mitigación agrícola utilizado por los agricultores en Tlaxcala no sirve para nada ya que no se puede tener entonces una humedad inicial para la germinación de las semillas.

Por lo que entonces una planificación agrícola basada en un estudio climático en donde se pueda caracterizar a la sequía agrícola en Tlaxcala servirá para determinar fechas de siembra en donde la humedad del suelo pueda satisfacer las demandas de agua del cultivo y así asegurar incrementos en el rendimiento.

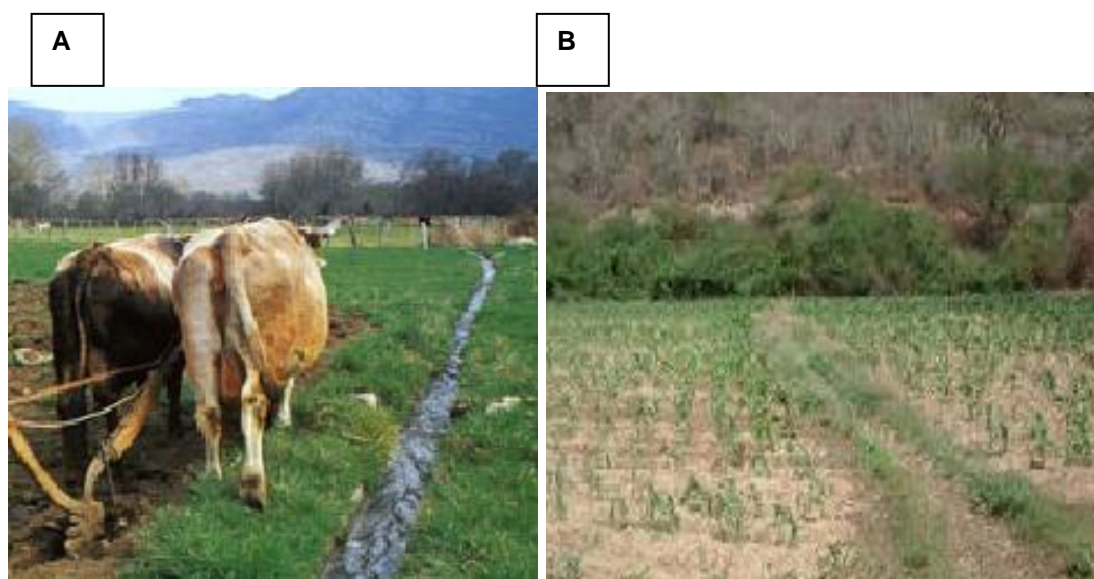


Figura 2.17 Foto A: cultivo de maíz de temporal sembrado en el año agrícola 2004 en Huamantla, Tlaxcala tomada el 04 de abril del 2004. Foto B: cultivo de maíz de temporal sembrado en el año agrícola 2005 en Huamantla, Tlaxcala tomada el 07 de abril del 2005.



CAPITULO III CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL ESTADO DE TLAXCALA

3.1 Origen y Distribución de la precipitación en el estado de Tlaxcala

En Tlaxcala la estación lluviosa esta regida por la llegada de la corriente húmeda de los vientos alisios (Figura 3.1) al inicio del mes de abril; la cual termina en la primera quincena de octubre. De acuerdo con Jáuregui (1968), cuando los vientos alisios son intensos pueden sobrepasar la sierra Madre Oriental y recorrer sobre los valles de Apan en Tlaxcala llevando suficiente humedad para inducir las lluvias durante el período abril octubre.

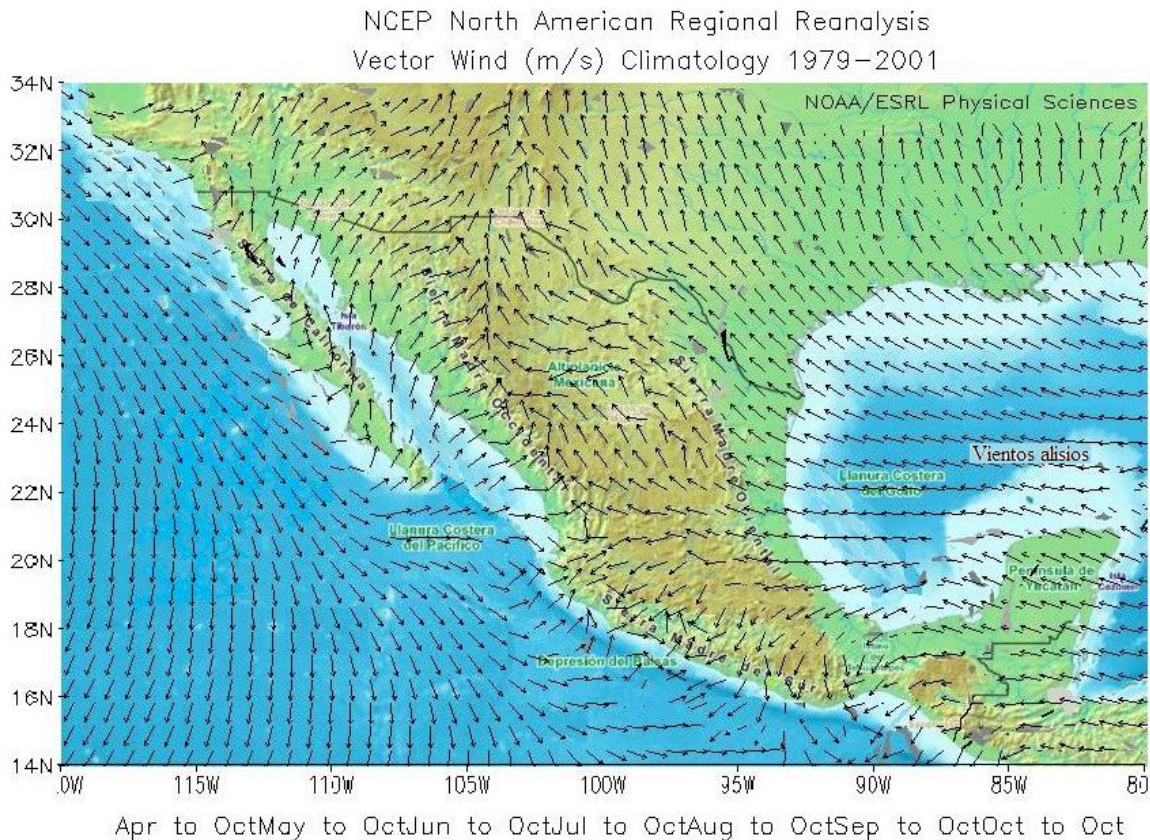


Figura 3.1 Viento en superficie en la República Mexicana y mares adyacentes, de abril a octubre. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Cabe mencionar que en el estado de Tlaxcala se presenta una lluvia bimodal con una disminución de precipitación a mediados de la estación lluviosa. Mosiño (1986) llamó a este fenómeno sequía intraestival, la cual tiene una duración diferente, dependiendo del área de que se trate y el mínimo de precipitación puede caer en julio y/o agosto (Figura 3.2). Mosiño estableció que la causa de la disminución de la precipitación que se da a mediados de la estación lluviosa obedece a cambios en la circulación de la atmósfera que año con año tiene lugar en el Atlántico y el Golfo de México.

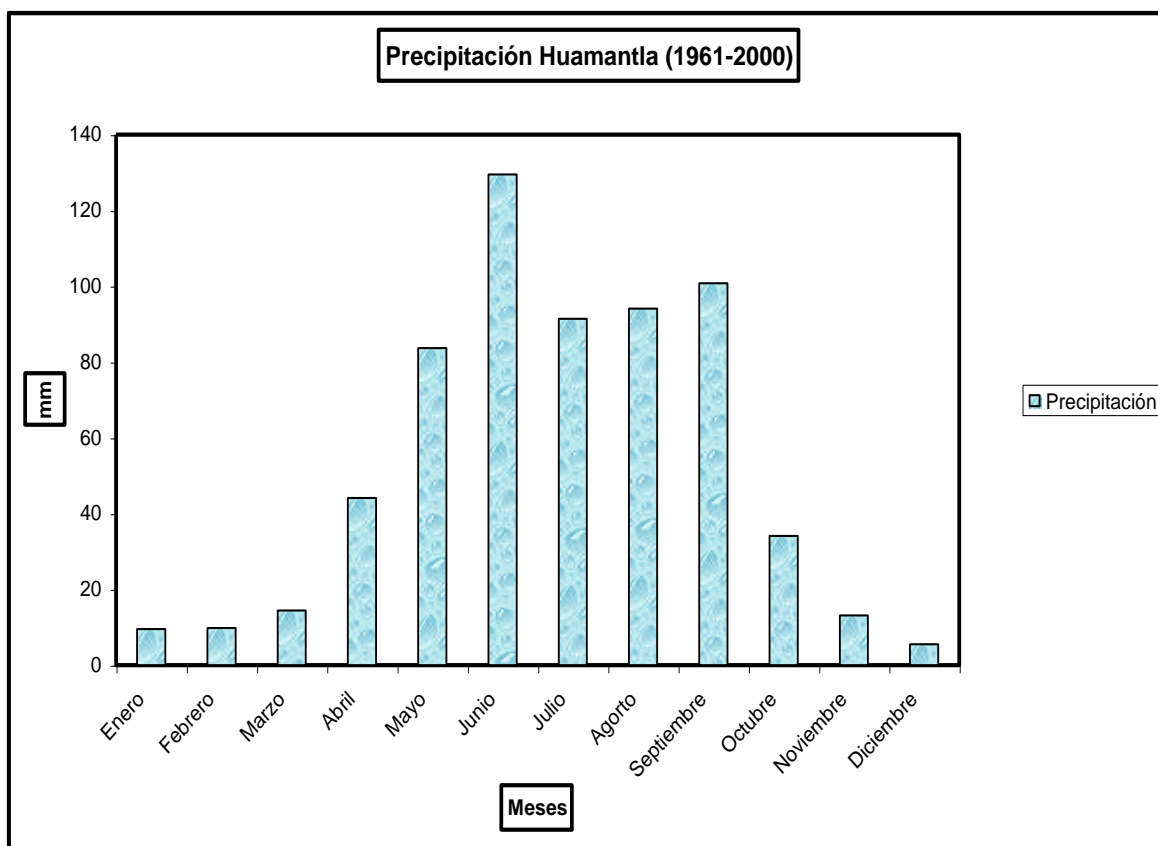


Figura 3.2 Precipitación mensual (mm) en Huamantla, Tlaxcala para el periodo 1961-2000.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Este cambio en la circulación de la atmósfera, de acuerdo con Mosiño (1986), se debe por una alta de presión que se introduce al territorio mexicano desde el Atlántico (Figura 3.3), esta alta de presión es conocida como la alta semi-permanente de los Azores que provoca que la corriente de los alisios sea desviada hacia el norte (Figura 3.4) y no penetre a México provocando la disminución de la precipitación.

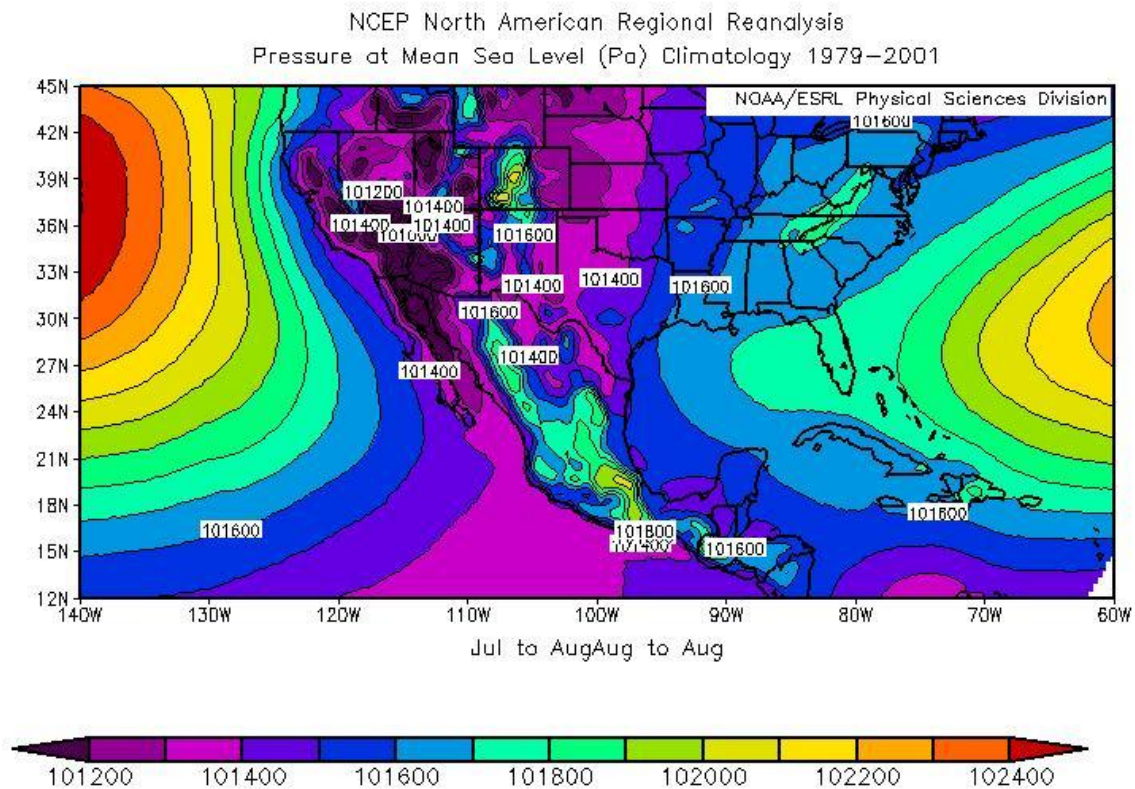


Figura 3.3 Presión en superficie (hecto-Pascales) para los meses de Julio y Agosto. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

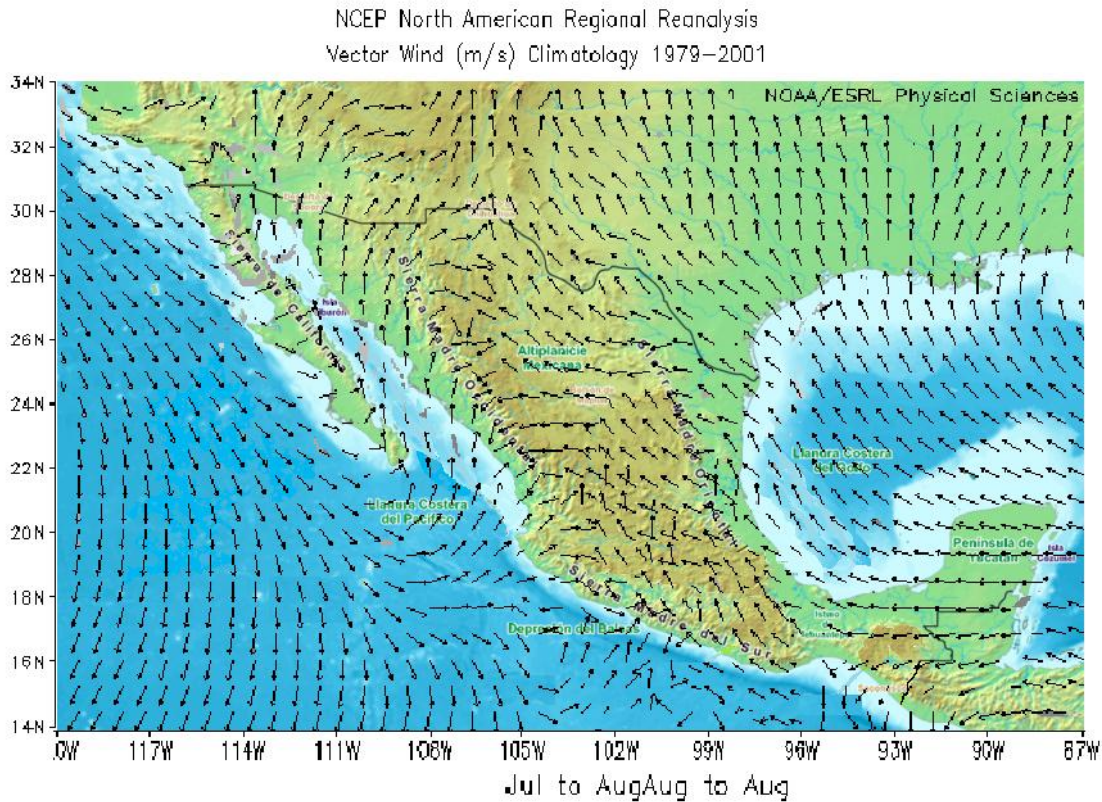


Figura 3.4 Dirección del Viento en la República Mexicana en los meses de Julio y Agosto. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA).

El segundo pico de precipitación en el mes de Septiembre, se debe a la reanudación de la corriente de los vientos alisios los cuales entran al territorio mexicano, provocando nuevamente las lluvias. (Mosiño ,1986) (Figura 3.5)

En la segunda quincena del mes de octubre y a finales del mes de marzo hay un período de sequía llamado “sequía invernal”; esta sequía invernal se debe a la invasión de masas de aire seco asociadas a la presencia de altas presiones sobre Norteamérica (Mosiño ,1986) (Figura 3.6).

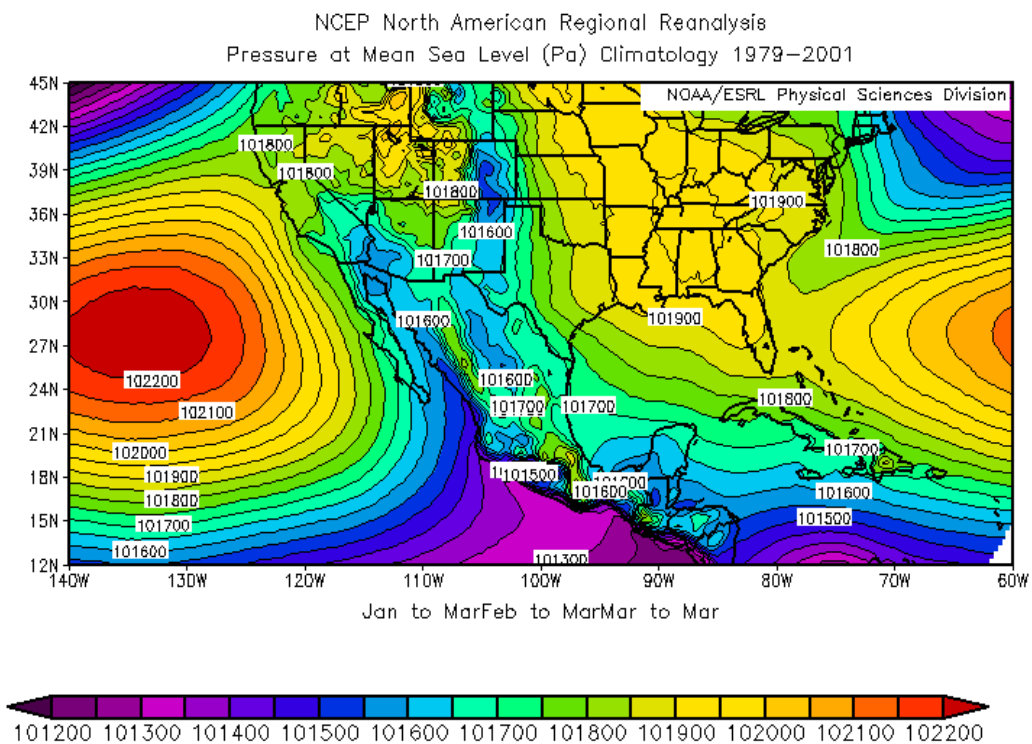


Figura 3.6 Presión en Superficie para los meses de Enero, Febrero y Marzo. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

La Figura 3.7 muestra la distribución estadística de la precipitación en Huamantla; con una forma asimétrica negativa en donde la media aritmética o promedio (635mm) es menor a la mediana (665mm) y a la moda (711mm). La precipitación más representativa en Huamantla es la moda, los años secos y húmedos se encuentran en las colas es decir son los que tienen mayor variabilidad climática. El coeficiente de variabilidad promedio de la precipitación en los años moda es de 33.8%, los años secos tienen un coeficiente de variabilidad promedio del 50.3% y los años húmedos un coeficiente de variabilidad promedio del 79.8 %.

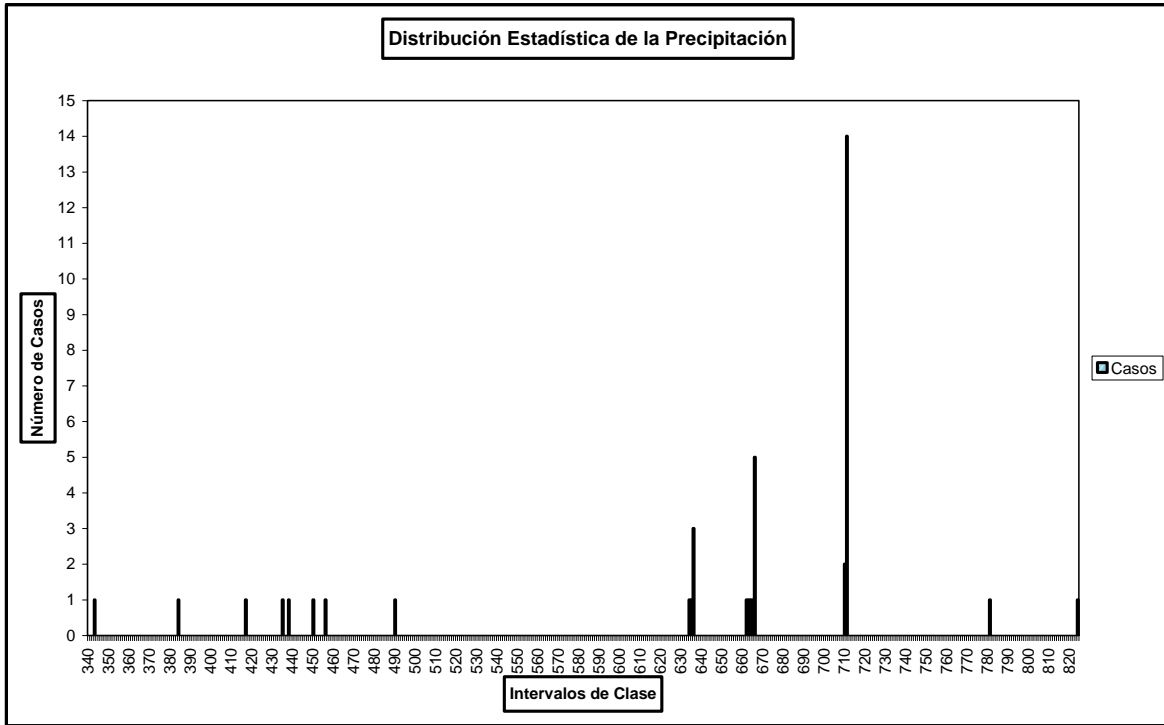


Figura 3.7 Distribución estadística de la lluvia en Huamantla, Tlaxcala, en donde se muestra la moda con 14 años de precipitación igual a 711 mm, la mediana con 9 años de precipitación igual a 666 mm y el promedio con 5 años de precipitación igual a 636 mm.

3.2 Caracterización de la precipitación en los años secos en el estado de Tlaxcala

En los años secos la temporada de lluvias no empieza en el mes de Abril sino hasta el mes de Mayo, las temperaturas máximas aumentan hasta 34.5°C en el mes de Mayo; debido a la alta evaporación por radiación ya que no hay nubosidad por que no se ha presentado la época de lluvias. (Figura 3.8). El hecho más importante de estos años es que se presenta un mayor número heladas agrícolas en comparación con años de precipitación normal (=711mm) y con años lluviosos (=780mm), sobre todo pueden presentarse heladas negras a partir del mes de septiembre, lo cual es preocupante porque el cultivo del maíz de temporal se encuentra en la fase fenológica madurez y en donde los daños por heladas son de cuarto grado; los cuales pueden ocasionar la muerte del vegetal.

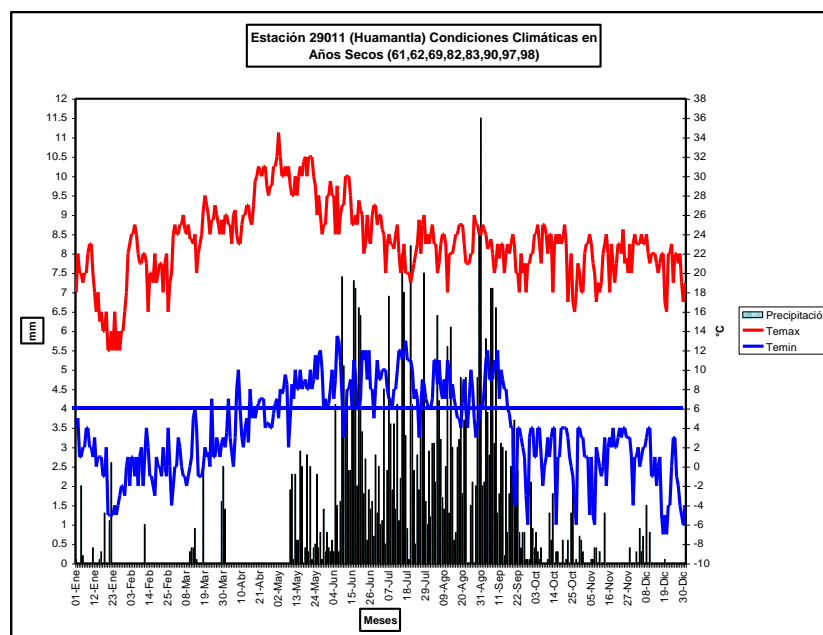


Figura 3.8 Temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación en años secos para la estación Huamantla.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Las declaraciones que dieron agricultores de Huamantla en una primera práctica de campo señalaron que en los años secos o como ellos los nombran años con veranillo (lluvias nulas en Abril y altas temperaturas en Mayo), las plantas mueren por sequía y por frío. Los agricultores desconocen el fenómeno que propicia la ocurrencia de heladas en estos años secos, pero están concientes del daño que ocasionan a sus cultivos.

Lo que se tiene entonces; es un heraldo, que nos indica que si no hay lluvias en Abril será un año seco y con heladas durante todo el ciclo agrícola. La disminución de lluvia en el estado de Tlaxcala en estos años produce un aumento en la temperatura máxima a lo largo del día, mientras que por la noche disminuye muy rápido debido a la falta de humedad y nubosidad ocasionando heladas por evaporación, estas condiciones se establecen en todo el año; sí a este fenómeno se le suman las masas de aire continental polar (nortes), entonces se presentan heladas mixtas como ocurrió en el año de 1982, las cuales aumentan su poder destructivo en los cultivos.

Este hecho sirve para entonces no solamente tomar medidas de mitigación; las cuales son en el momento en que se presenta la helada, sino para planificar con seis meses de anticipación la fecha de siembra o inclusive cambiar el tipo de semilla por otra de ciclo vegetativo corto.

3.3 Origen de los años secos en el estado de Tlaxcala

La tabla 3.1 muestra los años secos para el municipio de Huamantla así como el valor de la precipitación anual. Cabe mencionar que en el resto de las estaciones meteorológicas mencionadas en la Tabla 1.1 se presentan los mismo años secos.

Tabla 3.1 Años Secos en Huamantla y su precipitación anual (mm).

HUAMANTLA ESTACIÓN 29011 AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)
1961	450
1962	490
1969	438.2
1982	435
1983	343.9
1990	384.4
1997	417.6
1998	456

Fuente: Sistema SICLIM y CLICOM 2004

Como se puede observar en la tabla 3.1 hay pares de años secos (1961-1962, 1982-1983 y 1997-1998) por lo que es de suponerse que hay cambios en los patrones de gran escala de circulación en la atmósfera que perduran al menos dos años y que pueden estar asociados a la disminución de la precipitación en estos años y que los años restantes pueden ser sequías locales.

Las Anomalías de Temperatura en la Superficie del Mar mostradas en la Figura 3.9 corresponden a la fase fría de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), en donde es más frecuente que ocurran Niñas asociadas a vientos alisios más intensos de lo normal en el Pacífico.

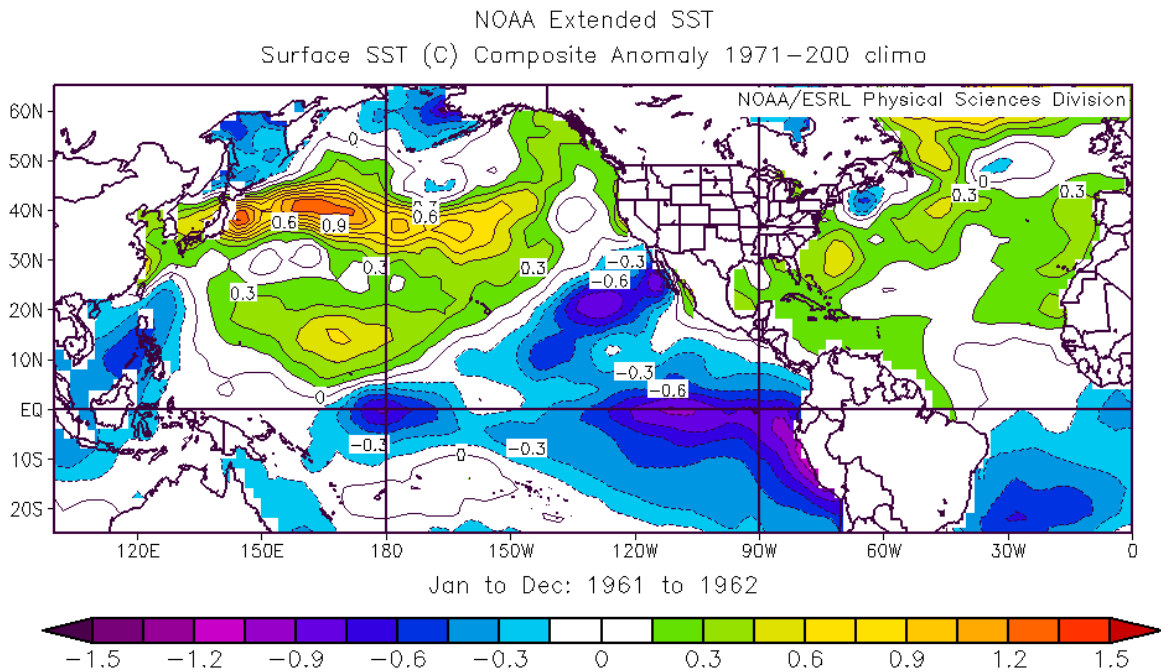


Figura 3.9 Imagen de Anomalías de Temperatura en Superficie de Enero de 1961 a Diciembre de 1962. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

El Patrón del Pacífico Norte (Figura 3.9), puede estar asociado a la sequía que se presentó en los años de 1961-1962, ya que este pudo favorecer el establecimiento de anomalías positivas en presión en superficie en toda la república mexicana para el inicio de la estación lluviosa en el año de 1961 y 1962 como se muestra en la Figura 3.10.

Al presentarse anomalías positivas de la presión en superficie en estos años; pudo haber impedido la entrada de los vientos alisios, originando que se presentaran anomalías negativas en humedad relativa en el mes de Abril las cuales se muestran en la imagen de la Figura 3.11 para el año 1961 (parte A) y año 1962 (parte B) y anomalías negativas en precipitación en el mes de Abril como se

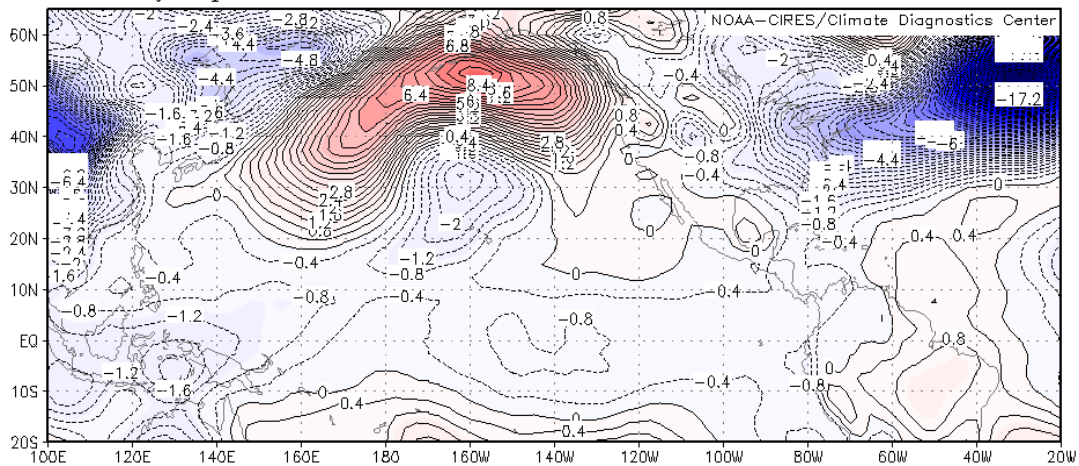
Autor: Anayatzín S. Mendoza

muestra en la imagen de la Figura 3.12 para el año 1961 (parte A) y año 1962 (parte B).

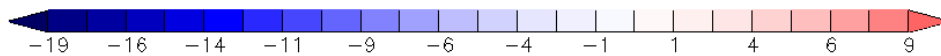
A

lat: plotted from -20 to 65.00
lon: plotted from 100.00 to 340
t: Apr 1961
lev: 0

Anomaly slp millibars



MAX=9.15332
MIN=-19.6191



B

lat: plotted from -20 to 65.00
lon: plotted from 100.00 to 340
t: Apr 1962
lev: 0

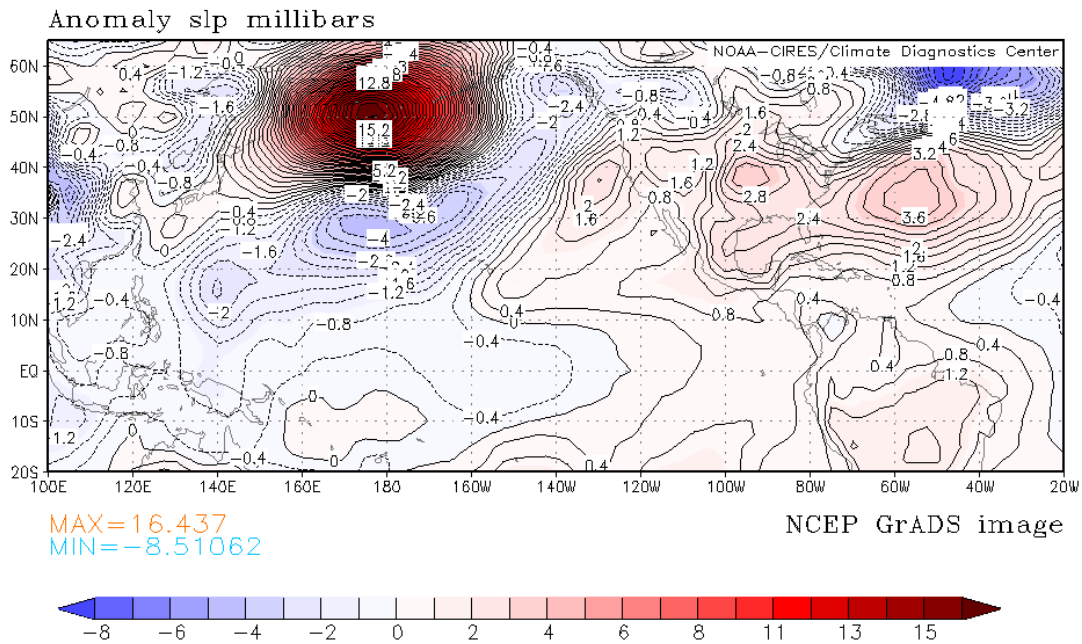


Figura 3.10 Anomalías de Presión en Superficie del mes de Abril año 1961 (parte A) y del mes de Abril año 1962 (parte B). Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

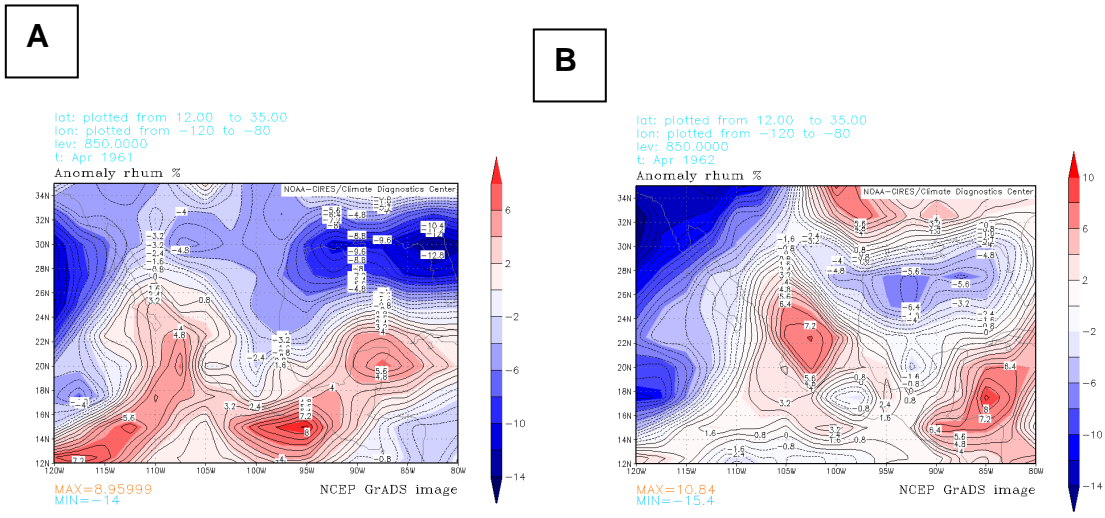


Figura 3.11 Anomalías de Humedad Relativa del mes de Abril del año 1961, parte A y del mes de Abril del año 1962, parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

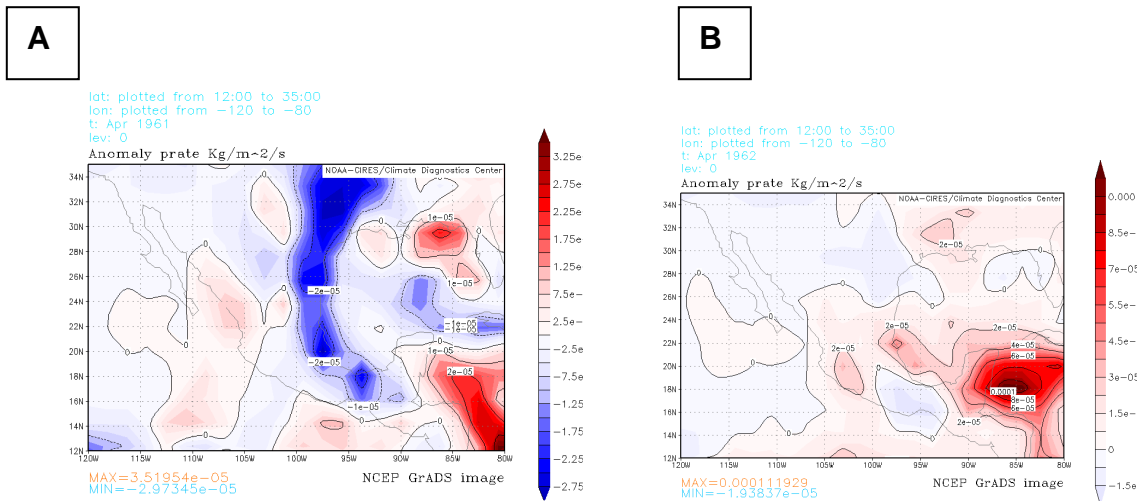


Figura 3.12 Anomalías de Precipitación del mes de Abril del año 1961, parte A y del mes de Abril del año 1962, parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

Para el par de años 1982-1983 también se presentaron anomalías positivas en presión en superficie en el inicio de la estación lluviosa pero con diferente

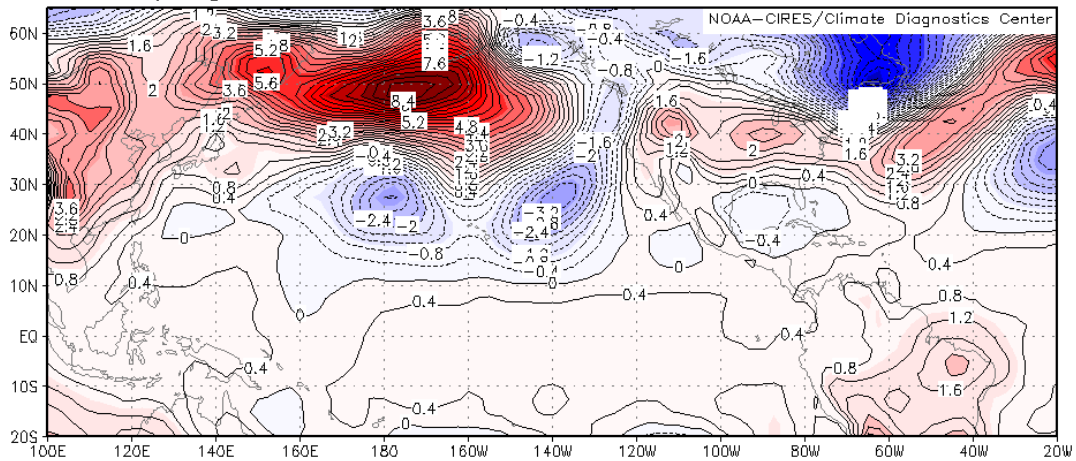
Autor: Anayatzín S. Mendoza

distribución geográfica. Para el año de 1982 las anomalías positivas en presión en superficie cubrían toda la República Mexicana (Figura 3.13 parte A) y para 1983 cubrían sólo la mitad de la República Mexicana (Figura 3.13 parte B).

A

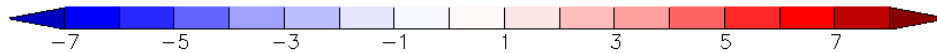
lat: plotted from -20 to 65.00
lon: plotted from 100.00 to 340
t: Apr 1982
lev: 0

Anomaly slp millibars



MAX=8.98578
MIN=-7.33923

NCEP GrADS image



B

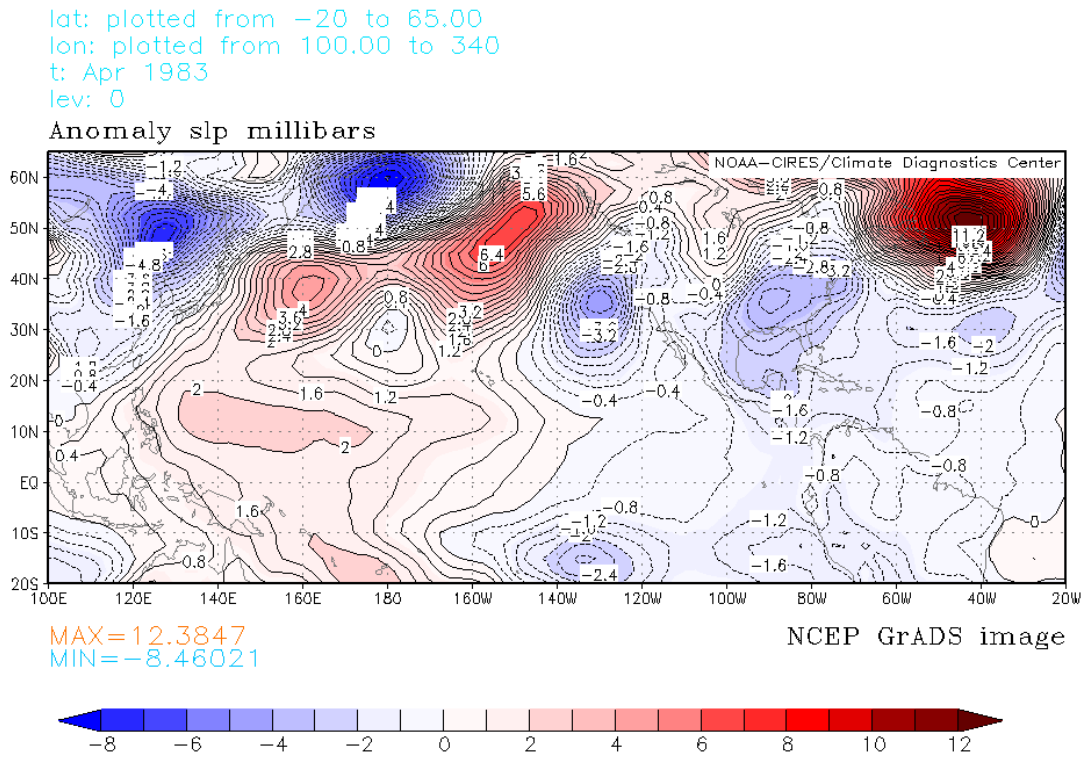


Figura 3.13 Anomalías de Presión en Superficie del mes de Abril año 1982, Parte A y del mes de Abril año 1983, Parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

Estas anomalías positivas de presión en superficie; pudieron provocar que se presentaran anomalías negativas de humedad relativa y de precipitación en la región centro-este de la República Mexicana para los dos años, como se muestra en las Figuras 3.14. y 3.15.

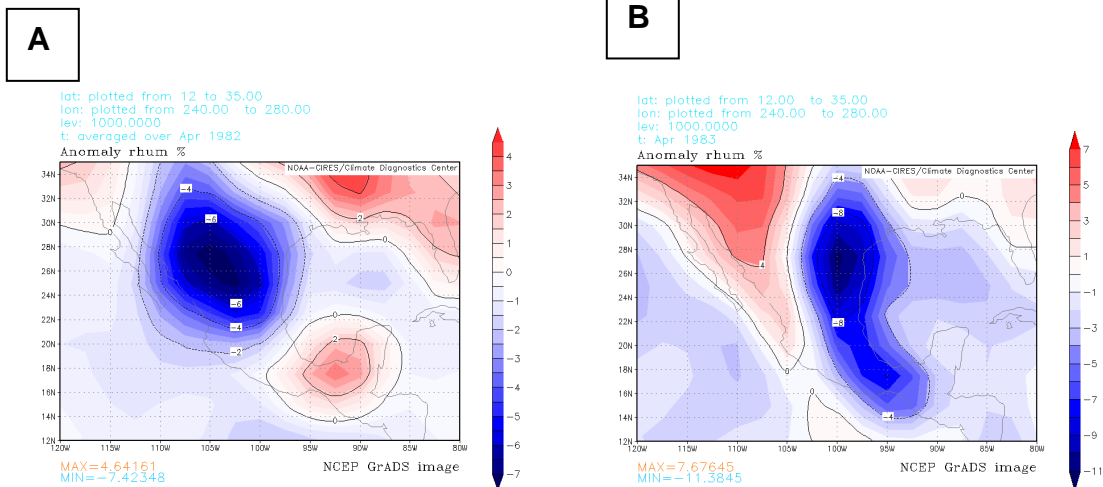


Figura 3.14 Anomalías de Humedad Relativa en Porcentaje del mes de Abril año 1982 parte A y del mes de Abril año 1983 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

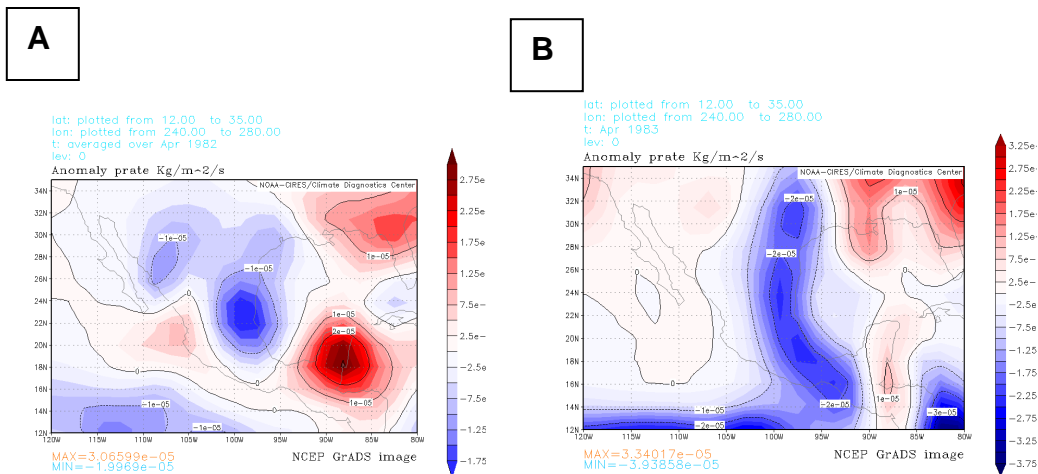


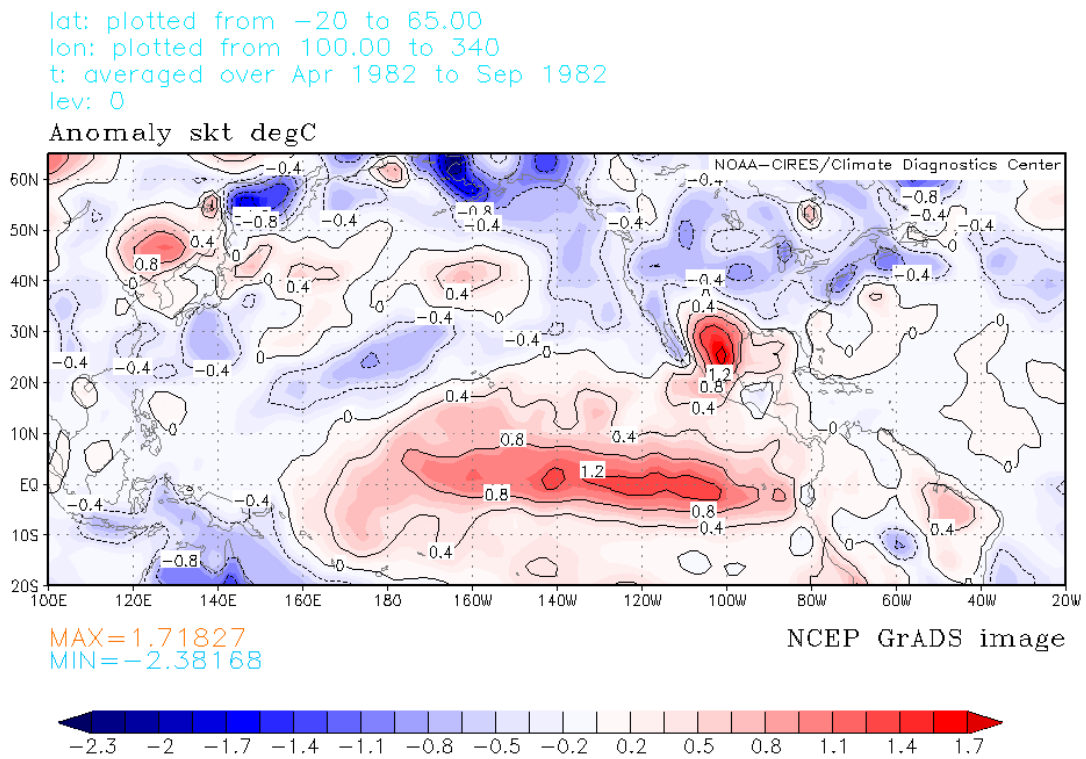
Figura 3.15 Anomalías de Precipitación del mes de Abril año 1982 parte A y del mes de Abril año 1983 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

Cabe mencionar que para el par de años 1982-1983 sucedió el evento climático de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), el cual pudo estar asociado al incremento de la temperatura en superficie en la República Mexicana, como se muestra en la

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Figura 3.16 para 1982 (parte A) y para 1983 (parte B) reforzando de manera indirecta la sequía que se presentó en el par de años 1982-1983.

A



B

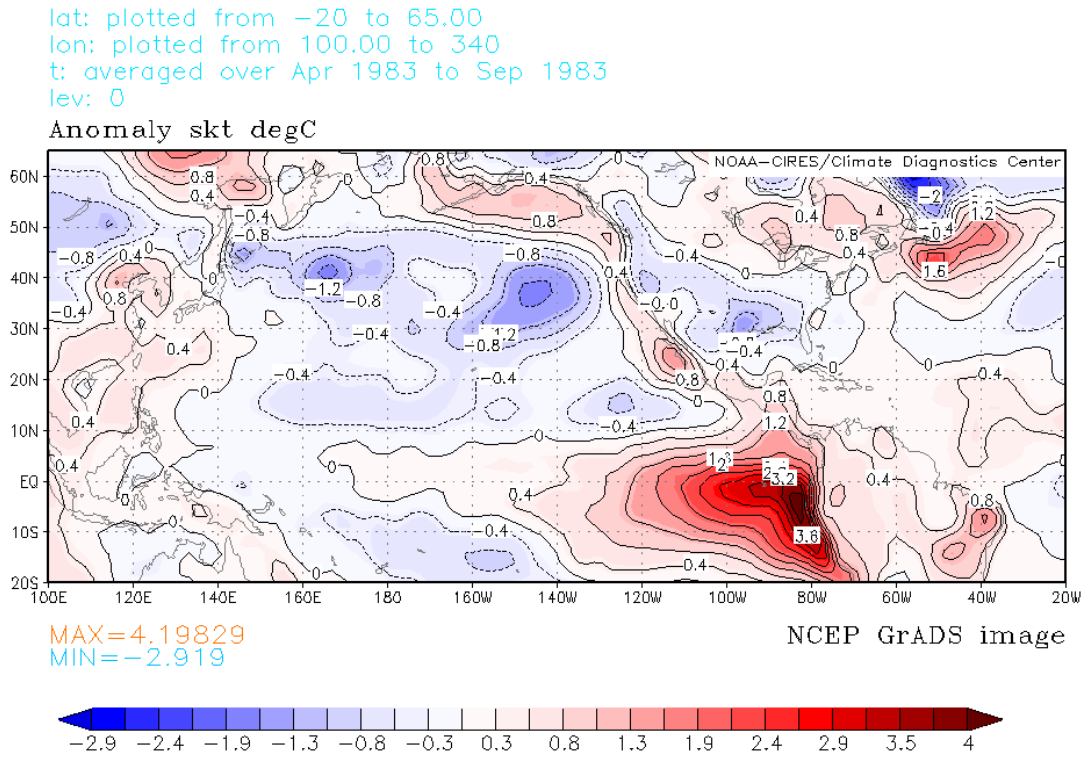


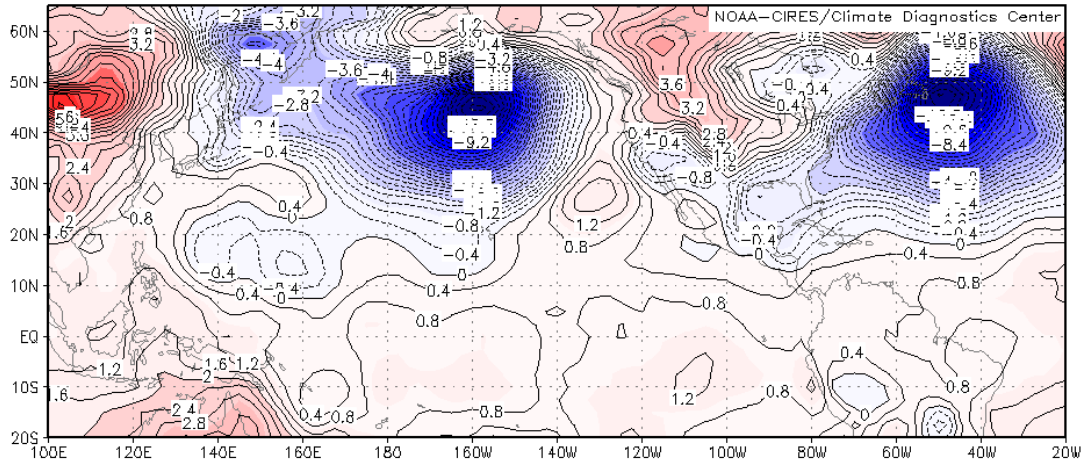
Figura 3.16 Anomalías de Temperatura en Superficie del mes de Abril al mes de Septiembre año 1982 parte A y del mes de Abril al mes de Septiembre año 1983 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

En el par de años 1997-1998 también se presentaron anomalías positivas en presión en superficie al inicio de la estación lluviosa; es decir en el mes de abril como se puede observar en la Figura 3.17.

A

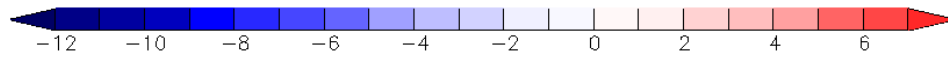
lat: plotted from -20 to 65.00
lon: plotted from 100.00 to 340
t: Apr 1997
lev: 0

Anomaly slp millibars



MAX=7.72925
MIN=-12.0452

NCEP GrADS image



B

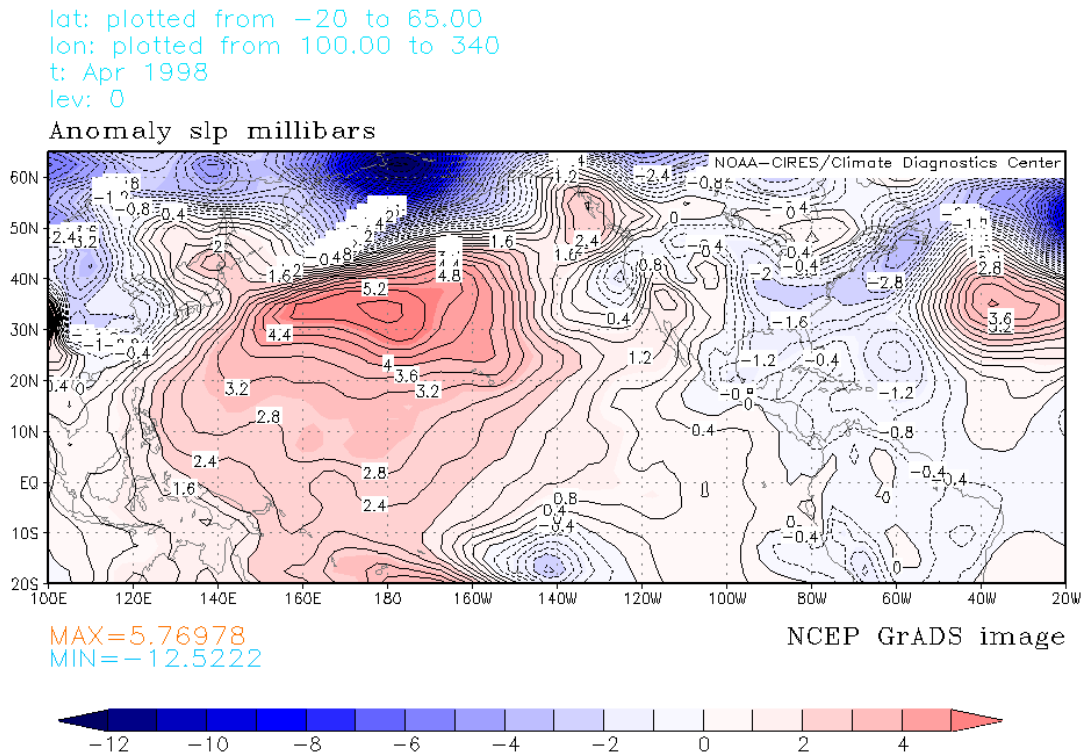


Figura 3.17 Anomalías de Presión en Superficie del mes de Abril año 1997, parte A y del mes de Abril año 1998, parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

Como sucedió en los casos anteriores las anomalías de presión en superficie al inicio de la estación de lluvias en México, las hemos asociado con anomalías negativas en humedad relativa y precipitación en los años 1997 y 1998 al inicio de la primavera. (Figuras 3.18 y 3.19)

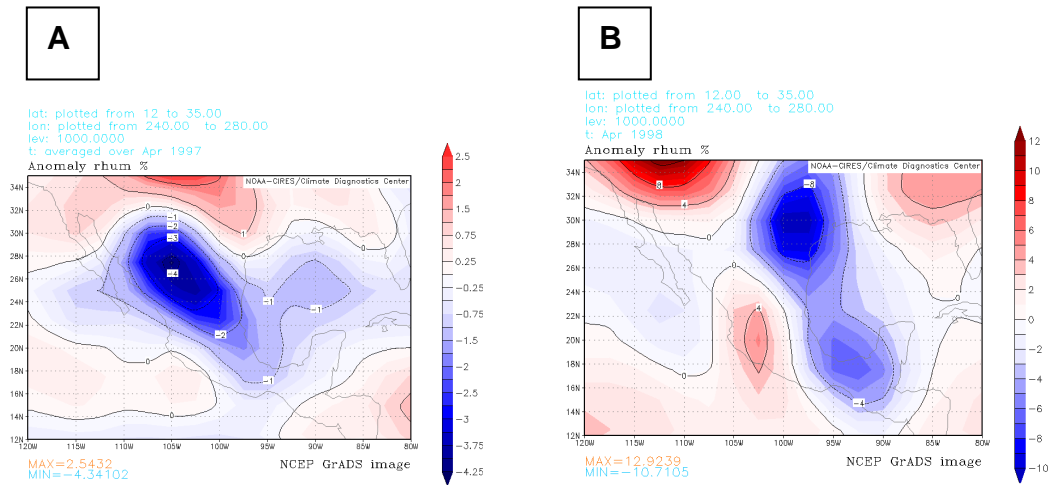


Figura 3.18 Anomalías de Humedad Relativa en porcentaje del mes de Abril año 1997 parte A y del mes de Abril del año 1998 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

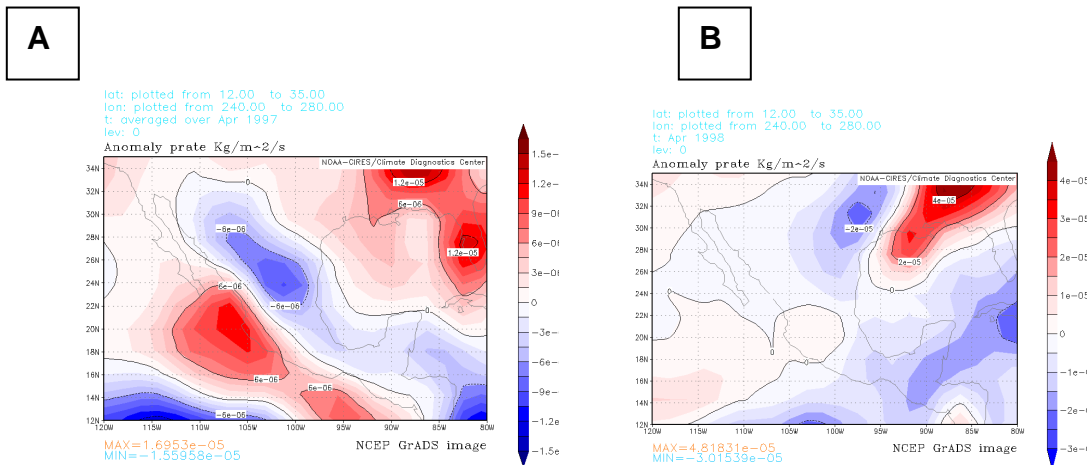


Figura 3.19 Anomalías de Precipitación del mes de Abril año 1997 parte A y del mes de Abril año 1998 parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

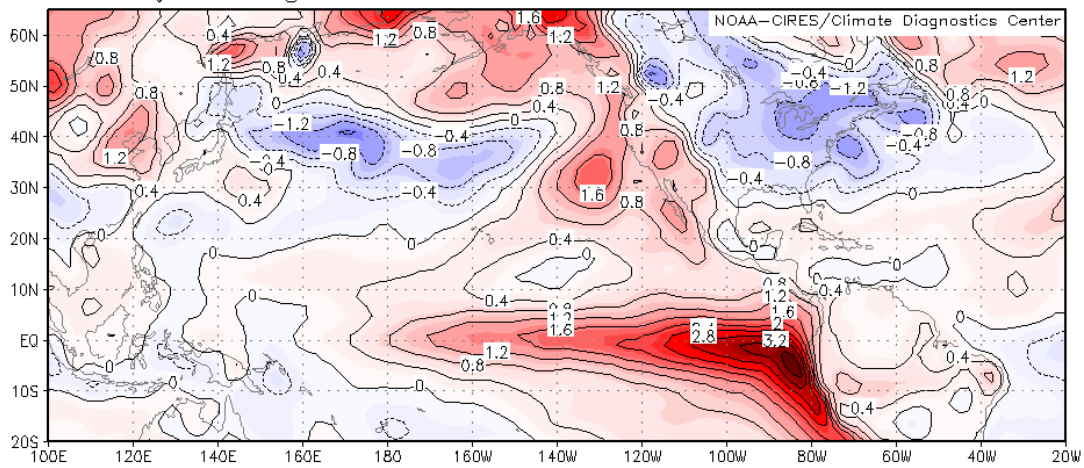
Autor: Anayatzín S. Mendoza

En este par de años también se presentó un evento climático de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) el cual incrementó la temperatura en superficie en la República Mexicana como se muestra en la Figura 3.20 parte A año 1997 y parte B año 1998 reforzando también de manera indirecta la sequía.

A

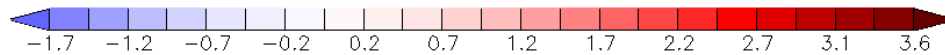
lat: plotted from -20 to 65.00
lon: plotted from 100.00 to 340
t: averaged over Apr 1997 to Sep 1997
lev: 0

Anomaly skt degC



MAX=3.81777
MIN=-1.70242

NCEP GrADS image



B

lat: plotted from -20 to 65.00
lon: plotted from 100.00 to 340
t: averaged over Apr 1998 to Sep 1998
lev: 0

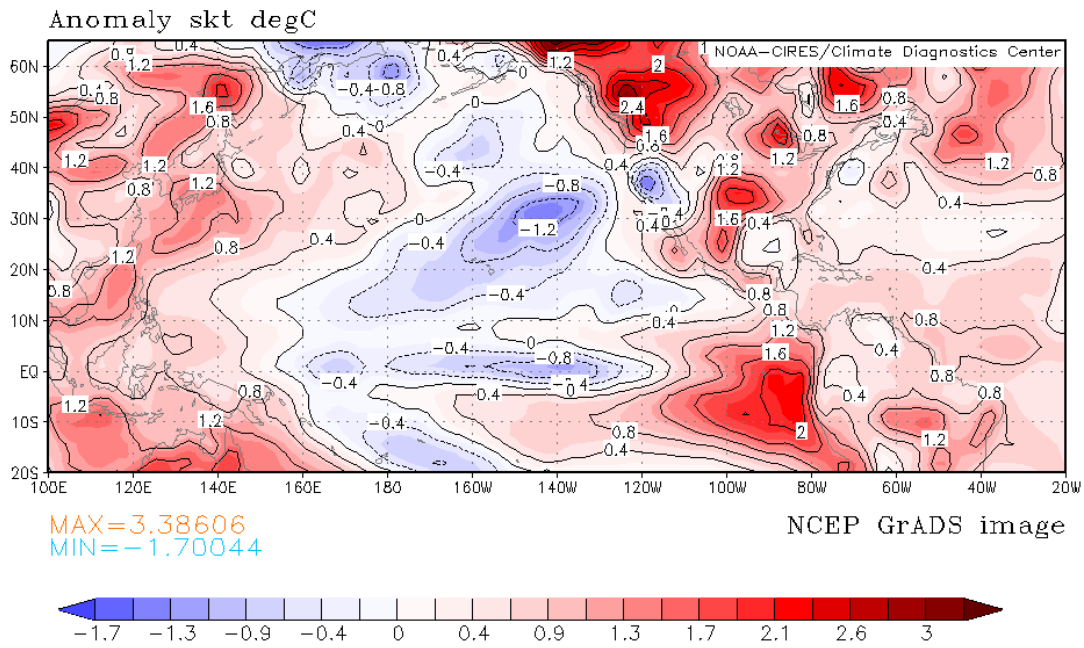


Figura 3.20 Anomalías de Temperatura en Superficie del mes de Abril al mes de Septiembre año 1997 Parte A y del mes de Abril al mes de Septiembre año 1998 Parte B. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA).

3.4 Caracterización de la precipitación en los años húmedos en el estado de Tlaxcala

En la Figura 3.21 se muestra las variables climáticas temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación para los dos años húmedos que se presentaron en Tlaxcala. Como se puede observar el promedio anual de la temperatura máxima es de 22°C y el de la temperatura mínima de 6.5°C teniendo un período libre de heladas del 06 de Abril al 05 de Octubre; observando que se cubren las necesidades térmicas que requiere el cultivo de maíz de temporal.

En la precipitación se observa un cambio importante en cuanto a distribución y cantidad en comparación con la precipitación media anual. En estos años hay un retraso en la estación de lluvias de 20 días presentándose a finales del mes de Abril la cantidad anual de precipitación acumulada es de 825mm incrementándose 200mm.

Los requerimientos hídricos que exige el cultivo de maíz en todo su ciclo vegetativo se cumplen en estos años; pero los requerimientos hídricos en la etapa de siembra-germinación no se cumplen, ya que la fecha de siembra es el 31 de Marzo y la estación de lluvias se presenta en forma tardía ocasionando que el cultivo se encuentre en estrés hídrico durante esta etapa.

Los daños ocasionados por falta de agua en esta etapa no son cuantitativos, es decir, no se ven reflejados en el rendimiento pero si son de carácter cualitativo y se ven reflejados en la calidad del cultivo de maíz, ya que por falta de humedad los tallos no tienen suficiente turgencia ocasionando que no lleguen suficientes

nutrientes a la mazorca en la época de llenado de grano y por lo tanto los granos resultantes no son del tamaño, ni del color y ni del sabor esperado. En últimas entrevistas que se hicieron a los agricultores en la zona de estudio, comentaron que tenían conocimiento de estos años húmedos en Tlaxcala y que si bien hubo incrementos en los rendimientos de hasta 1 tonelada por hectárea como lo reporta la SAGARPA en su anuario agrícola de esos años; la calidad de los granos de maíz no fue la deseada debido a la falta de humedad al inicio de la siembra. Se encuentra una incongruencia económica en esos años ya que si bien existía un incremento en la producción; los precios de garantía no se respetaron, debido a la mala calidad del producto agrícola según el reporte de BANRURAL (1979,1981). Con lo que hace notorio la falta urgente de una planificación agrícola que no este basada solamente en análisis económicos si no en análisis climáticos.

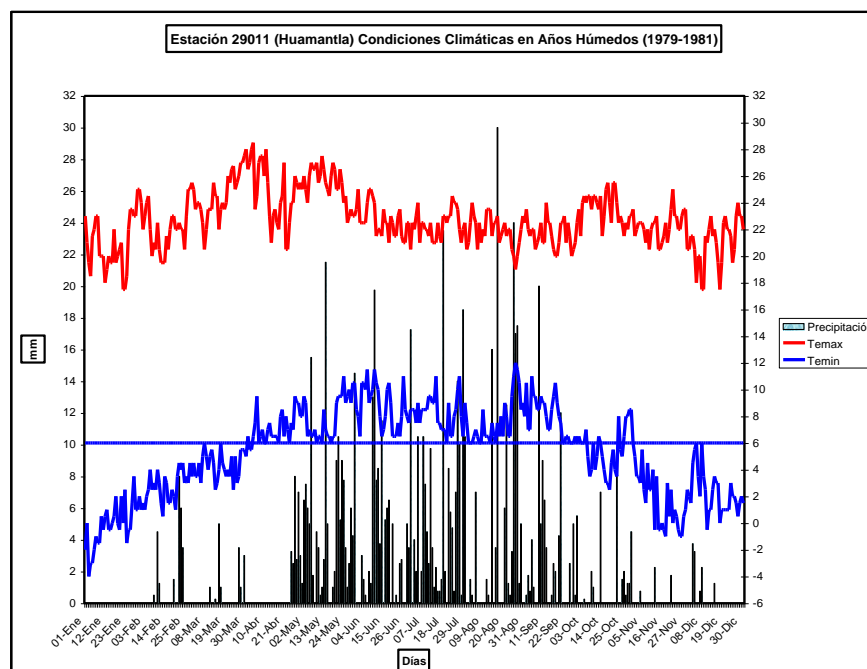


Figura 3.21 Condiciones Climáticas en Años Húmedos

3.5 Origen de los años húmedos en el estado de Tlaxcala

La tabla 3.2 muestra los años húmedos para Huamantla así como el valor de la precipitación anual.

Tabla 3.2 Años Húmedos

HUAMANTLA ESTACIÓN 29011 AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)
1979	824.5
1981	781
2006	1076.5
2007	787.6
2010	781.44

Fuente: Sistema SICLIM y CLICOM 2004

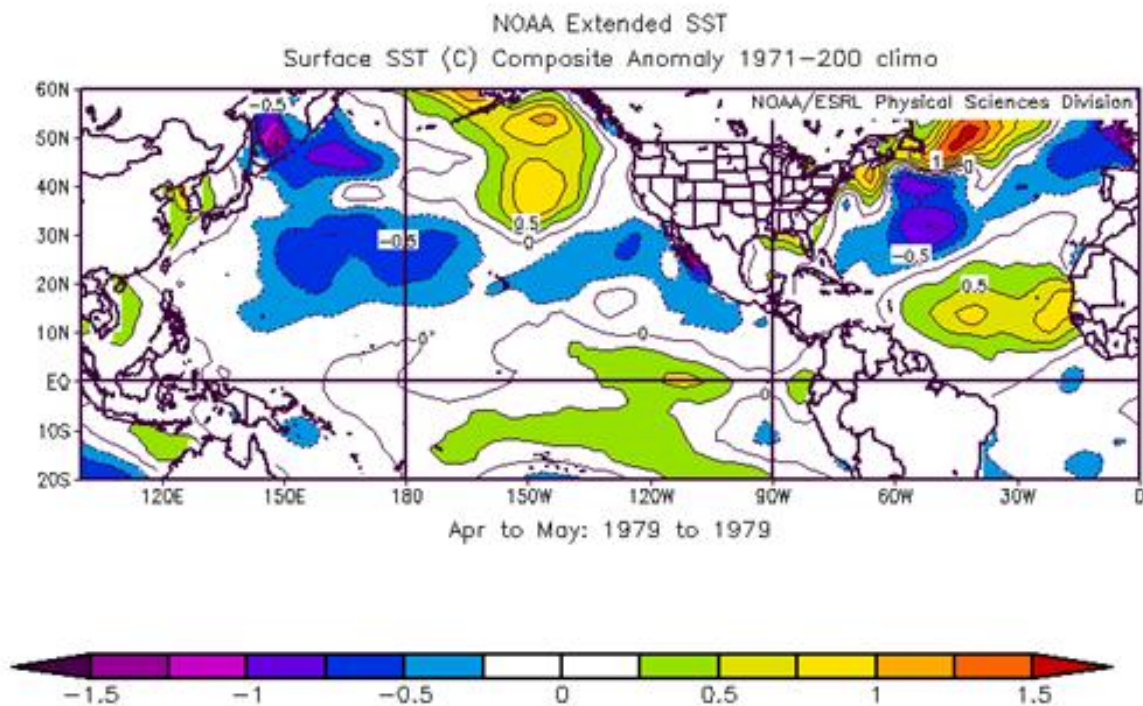
Como se puede observar en la tabla son solo cinco años húmedos que se presentan en el municipio caso de estudio pero cabe mencionar que en las otras estaciones meteorológicas también se presentan los mismos años húmedos, por lo que es de suponerse que cambios en la circulación de la atmósfera afectaron la distribución y cantidad de la precipitación en el estado de Tlaxcala y que no fue un evento local.

La Figura 3.22 muestra las anomalías de temperatura en superficie del mar de abril y mayo para el año 1979 parte A, año 1981 parte B, año 2006 parte C, año 2007 parte D y año 2010 parte E. Como se observa en la imagen en estos años hay anomalías positivas en el Océano Atlántico en la parte del Golfo de San Lorenzo y en la Isla de Terranova Canadá; seguidas de anomalías negativas que van de la península de Florida E.U a los 30°W, así como anomalías positivas en

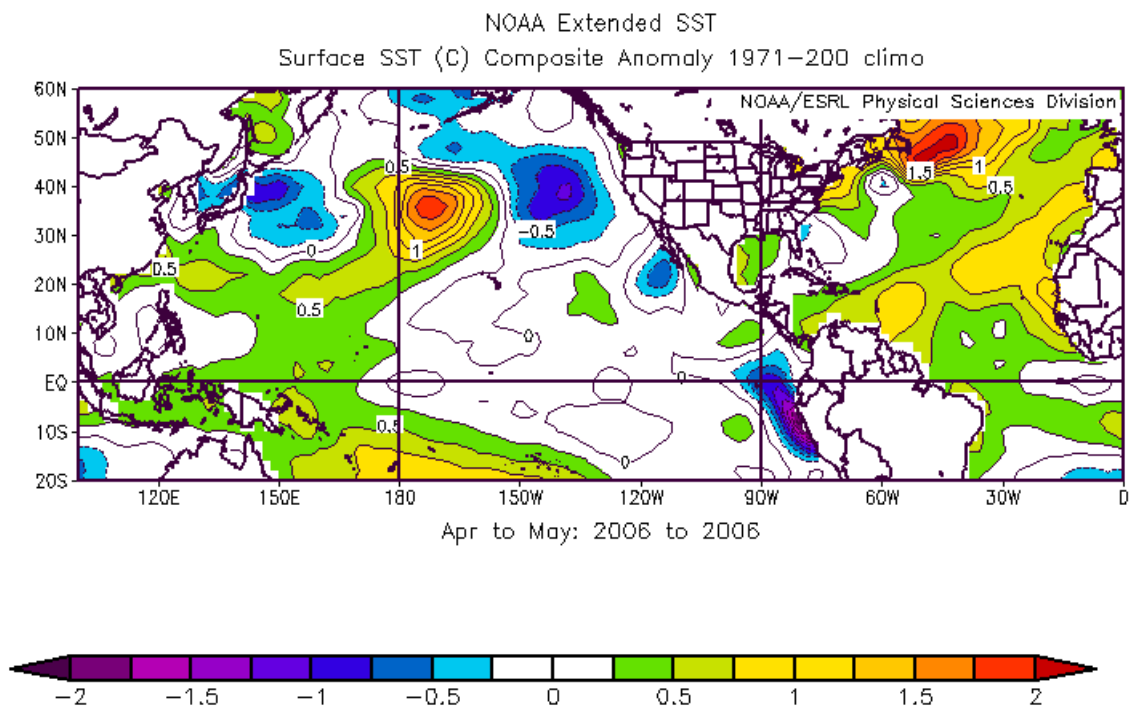
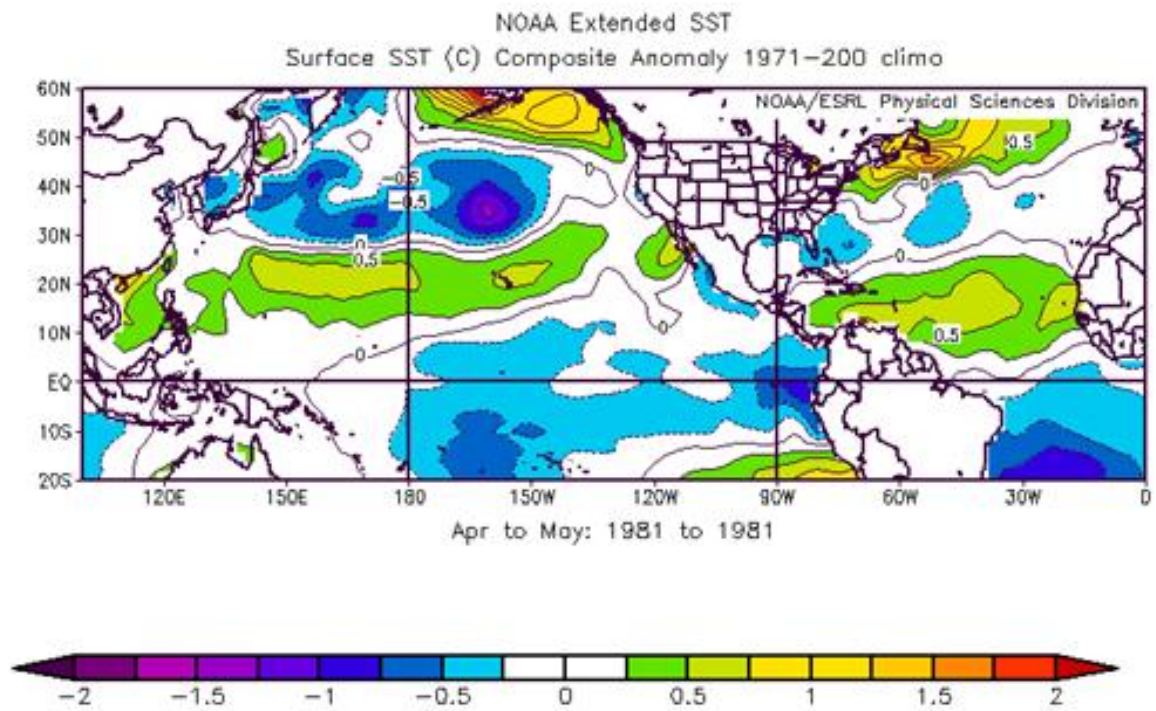
Autor: Anayatzín S. Mendoza

las Costas de Mauritania y Senegal extendiéndose en los años 2006 y 2010 hasta el Golfo de Nueva Guinea, en Sudáfrica.

En el Océano Pacífico hay anomalías positivas en la zona Costera del estado de California E.U y anomalías negativas en el Golfo de Baja California que se extiende hasta el estado de Guerrero México. Este patrón se observa en todos los años húmedos, por lo que es de suponerse que hay cambios en la circulación de la Atmósfera que pueden estar asociados al aumento de precipitación en estos años.



Autor: Anayatzín S. Mendoza



Autor: Anayatzín S. Mendoza

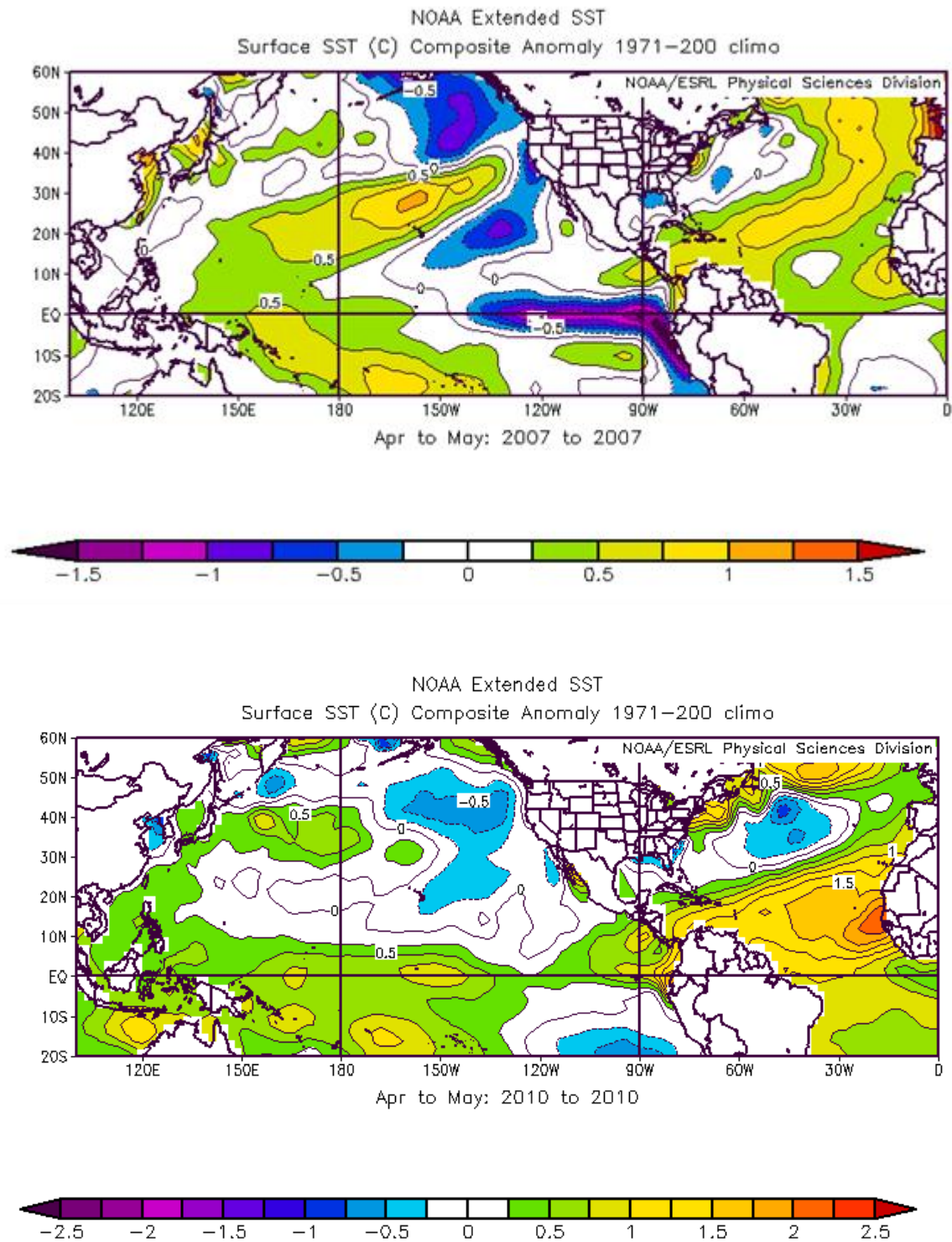


Figura 3.22 Imagen de Anomalías de Temperatura en Superficie del mar de abril y mayo para el año 1979 parte A, año 1981 parte B, año 2006 parte C, año 2007 parte D y año 2010 parte E.

Autor: Anayatín S. Mendoza

Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

En la Figura 3.23 se muestra la presión en superficie climática; en donde se observa que para principios de mayo se tiene una presión en superficie de 1012 millibars sobre el territorio mexicano.

La Figura 3.24 muestra la presión en superficie del 2 al 4 de mayo para el año 1979 parte A, año 1981 parte B, año 2006 parte C, año 2007 parte D y año 2010 parte E. Como se observa en la imagen en estos años se presenta una baja de presión de superficie en el territorio mexicano de 1010 millibars para 1979, de 1010 millibars para 1981; de 1010 millibars para 2006 , 1008 millibars para 2007 y 990 millibars para el 2010; estas bajas de presión de superficie pueden estar asociadas al incremento de la precipitación en estos años, debido a la convergencia de aire húmedo hacia las regiones de bajas presiones así como el refuerzo de la entrada de los vientos alisios sobre el territorio mexicano los cuales son la principal causa del origen de las lluvias en el estado de Tlaxcala.

lat: plotted from -20 to 65.00
lon: plotted from 100.00 to 360
t: averaged over 2 May to 4 May
lev: 0

Daily climatology (1968-1996) slp millibars

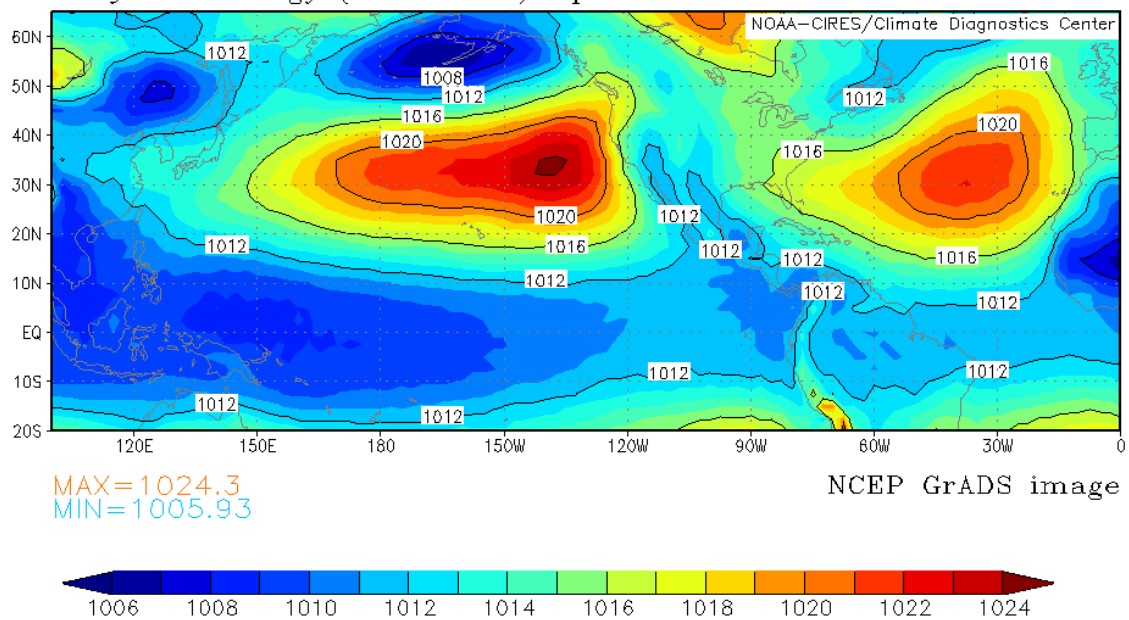
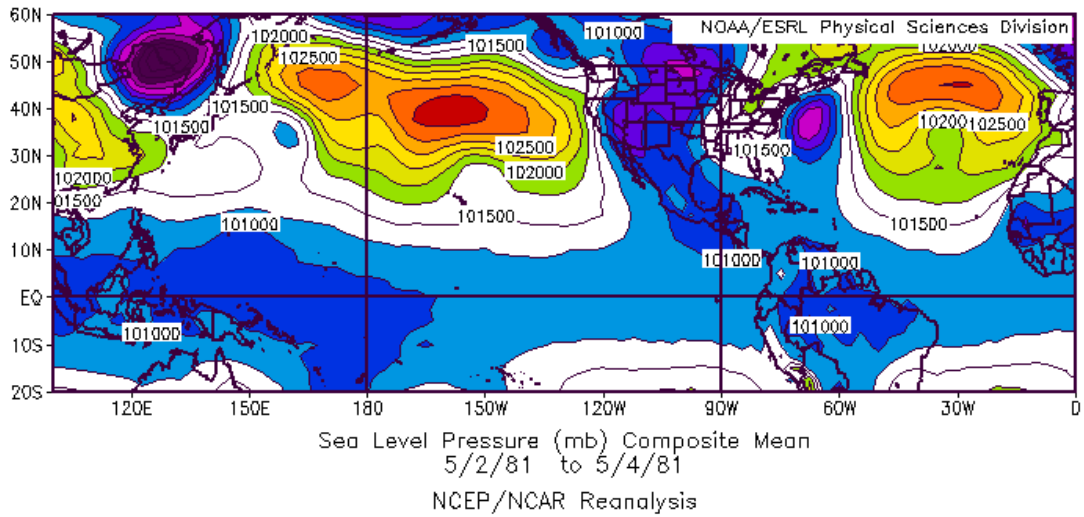
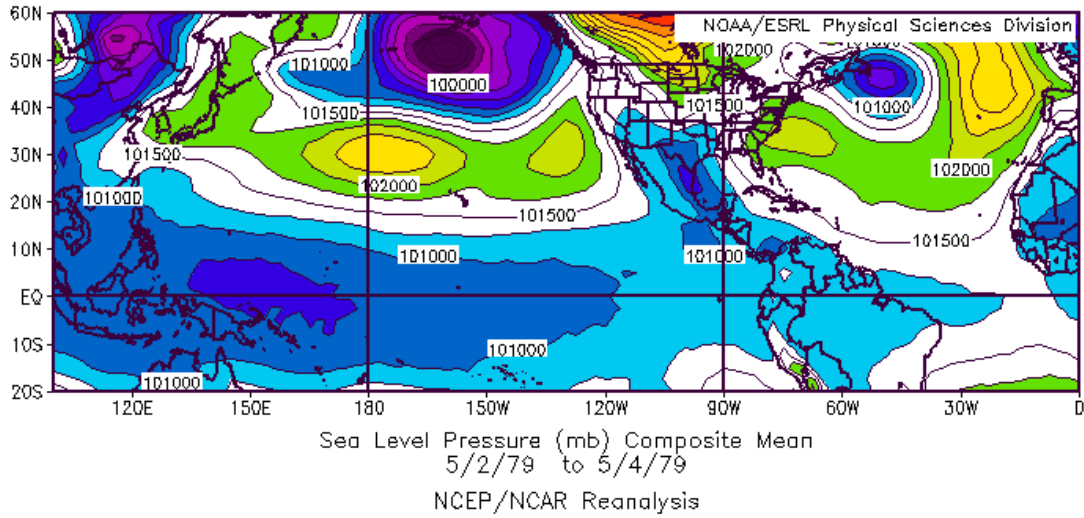
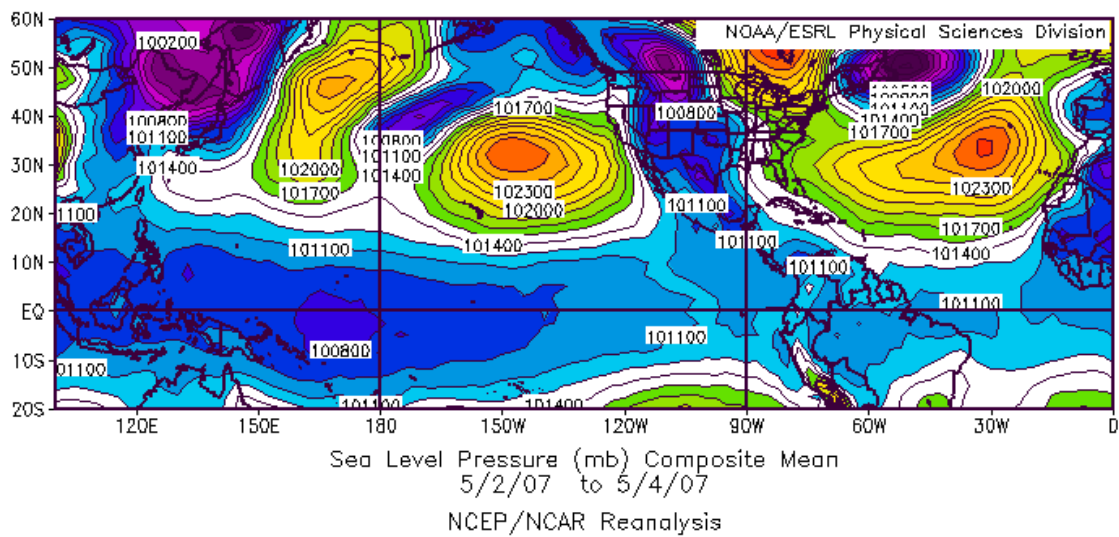
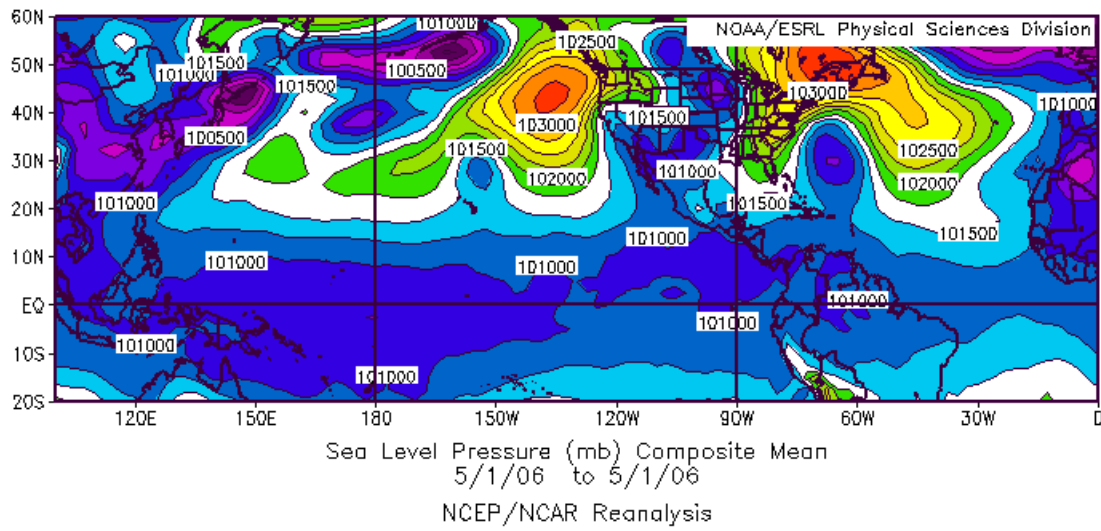
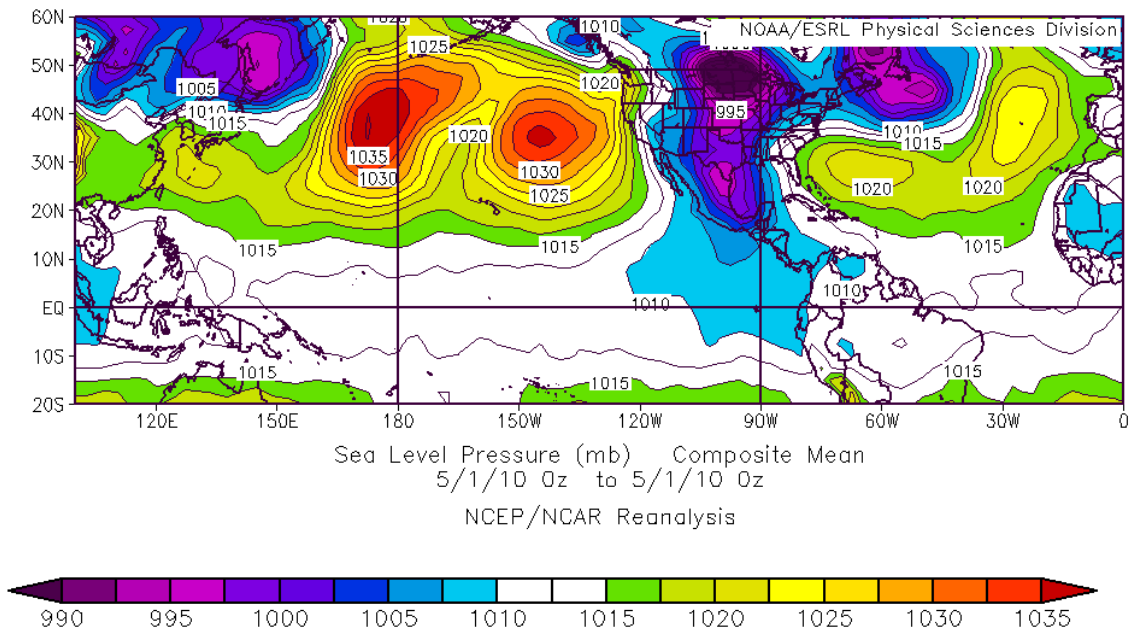


Figura 3.23 Presión en Superficie Climática del 2 al 4 de Mayo. Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).



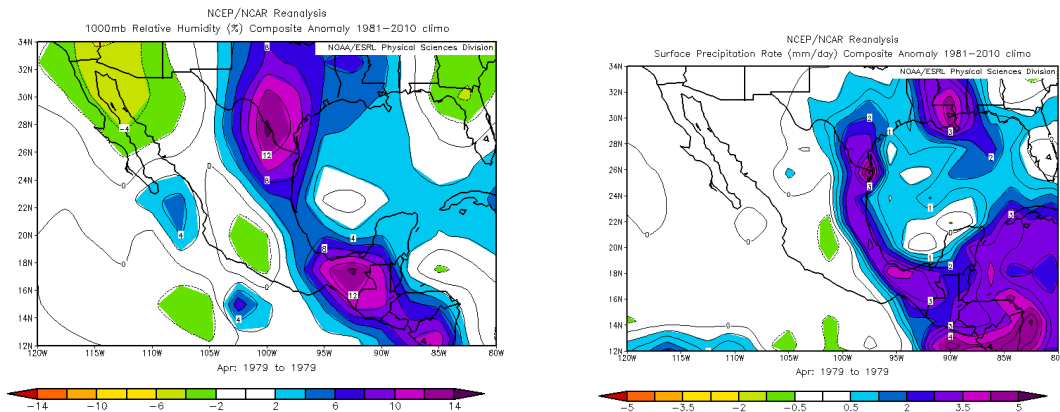


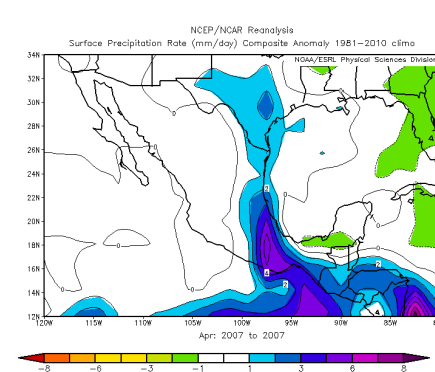
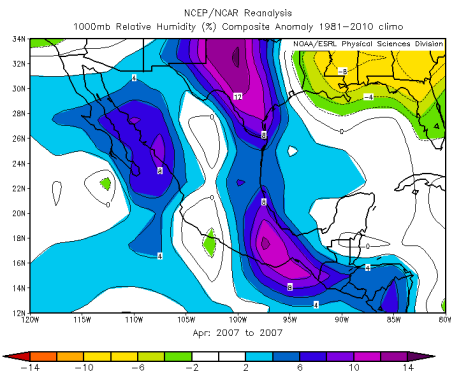
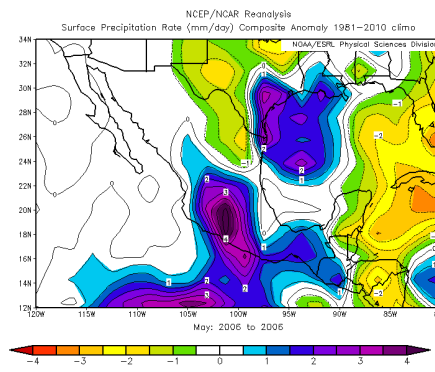
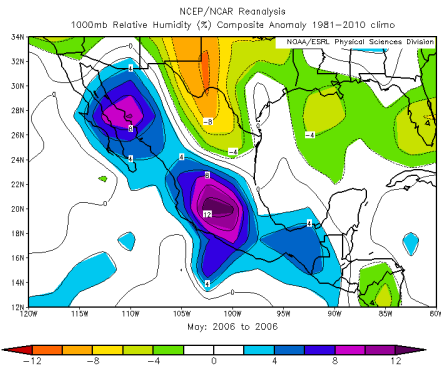
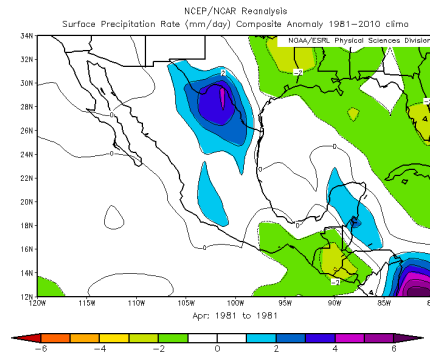
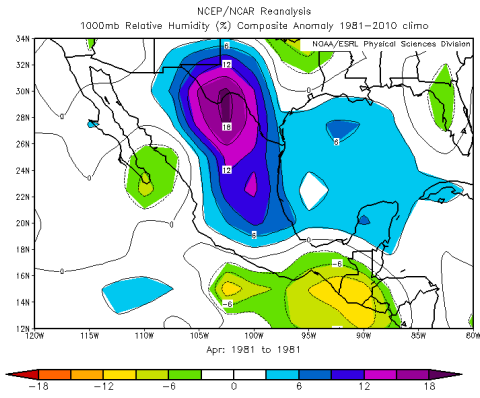
Autor: Anayatzín S. Mendoza



La Figura 3.24 muestra la presión en superficie del 2 al 4 de mayo para el año 1979 parte A, año 1981 parte B, año 2006 parte C y año 2010 parte D.

Estas bajas presiones sobre el territorio mexicano pueden estar asociadas a las anomalías positivas de humedad relativa y de precipitación que se presentaron en los años 1979 , 1981, 2006, 2007 y 2010 parte A y parte B respectivamente, Figura 3.25.





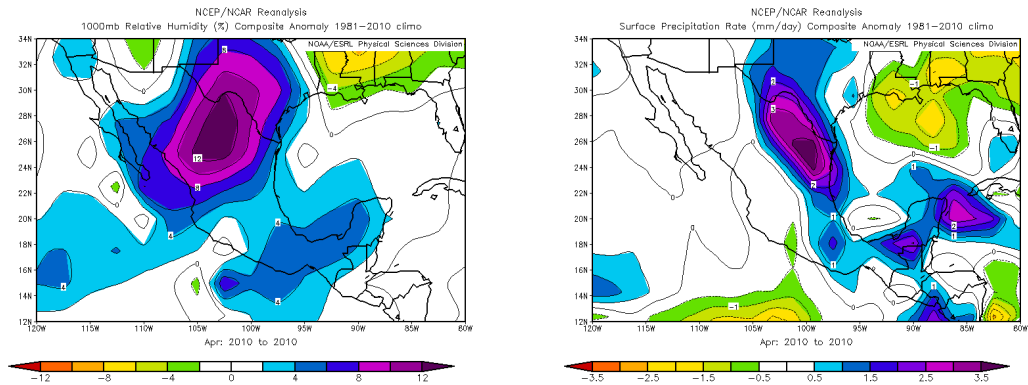
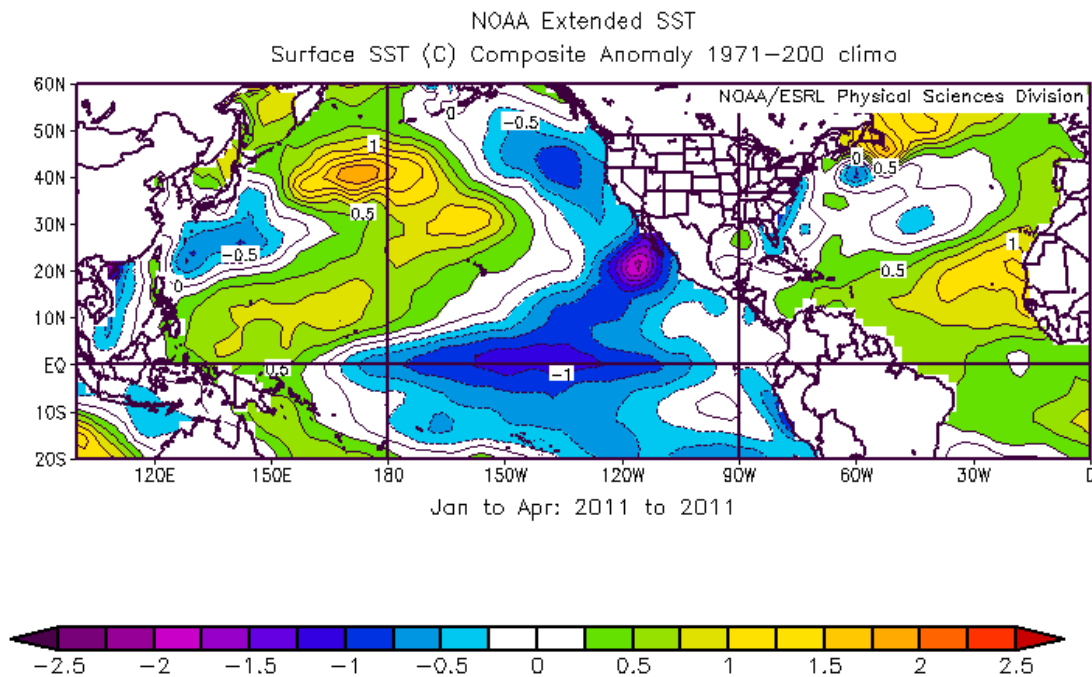


Figura 3.25 Anomalías de Humedad Relativa y de precipitación para los años 1979 , 1981, 2006, 2007 y 2010 parte A y parte B respectivamente Centro Nacional de Predicción y Medio Ambiente (NCEP) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOOA).

3.6 Pronóstico Año 2011

Las Anomalías de Temperatura en la Superficie del Mar mostradas en la Figura 3.26 corresponden a la fase fría de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), en donde es más frecuente que ocurran Niñas asociadas a vientos alisios más intensos de lo normal en el Pacífico. El Patrón del Pacífico Norte (Figura 3.26), puede favorecer el establecimiento de anomalías positivas en presión en superficie en toda la república mexicana para el inicio de la estación lluviosa en el año de 2011. Al presentarse anomalías positivas de la presión en superficie en este año; puede impedir la entrada de los vientos alisios, originando que se presentaran anomalías negativas en humedad relativa en el mes de Abril y anomalías negativas en precipitación en el mes de Abril.



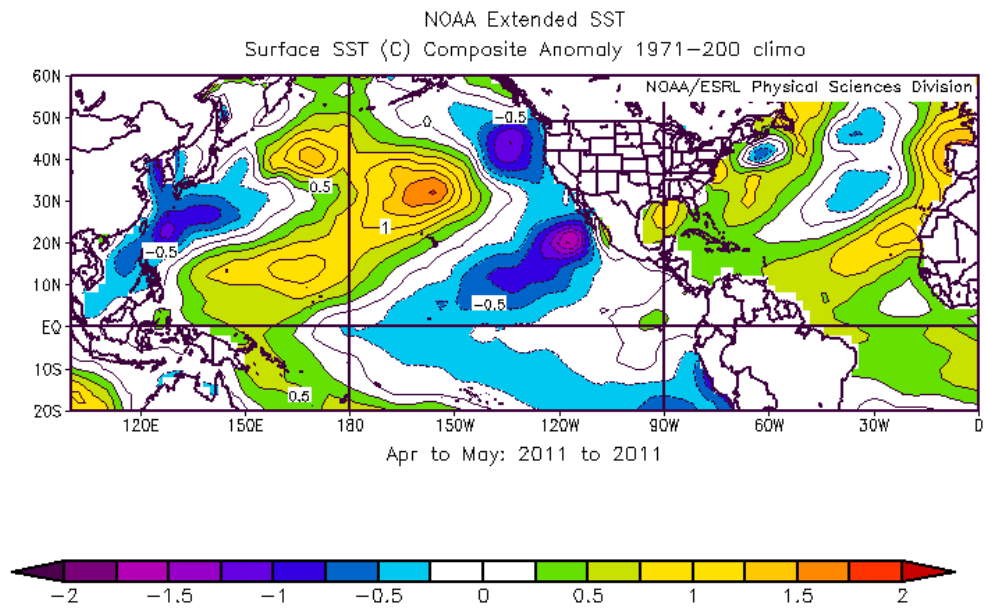


Figura 3.26 Promedio de Enero a Abril de 2011, de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar (°C). Las anomalías son referidas a la climatología del periodo 1971-2000.

CAPITULO IV PLANIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL CULTIVO DEL MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Autor: Anayatzín S. Mendoza

4.1 Estación de Crecimiento

Tal vez uno de los parámetros agro-climáticos más importantes en la planificación de un cultivo en una región, es el período o estación de crecimiento disponible para el buen desarrollo de un cultivo. 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 (Villalpando, 1988). 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 $P > \frac{1}{2} ETP$ (Villalpando, 1988). De esta manera, el inicio del período de crecimiento ocurre cuando $P > \frac{1}{2} ETP$. 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 $P = \frac{1}{2} ETP$, el cual puede coincidir con el término de la estación lluviosa; es decir, cuando la lluvia

Autor: Anayatzín S. Mendoza

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 acumulada en 10 días; así como la temperatura mínima del aire obtenida de los del sistema SICLIM Y CLICOM, son mostradas en la Figura 4.1, de donde observamos que el inicio del período de crecimiento ($P > \frac{1}{2}$ ETP) ocurre aproximadamente en la decena 16 (18 de Junio) y termina en la decena 26 (22 de Septiembre), dando un período de 100 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 50 días. En algunas regiones de Tlaxcala, estadísticamente es más probable que se den eventos de heladas agrícolas con temperaturas por debajo de los 6°C (W. Ritter Ortiz, *et all.*, 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 4.1 obtenida de un trabajo previo (Mendoza C. Anayatzin, 2005) muestra que para Huamantla 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. El período de crecimiento, es de 94 días siendo interrumpido en menor o mayor grado por la sequía intraestival y teniendo temperatura favorable para el cultivo. El maíz sembrado en Cuapixtla y Huamantla, es el híbrido H-311. Su período de siembra a madurez es de 170 días

Autor: Anayatzín S. Mendoza

en total. 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, al período de crecimiento; para el caso de Cuapixtla el exceso es de 53 días. El otro problema con el que nos enfrentamos es la fecha de siembra. En el caso de Huamantla es el 1º de abril (decena 10) y para Cuapixtla es el 31 de Marzo (decena 9). Para los dos 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. De la comunicación personal con los agricultores se encontró que: “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”.

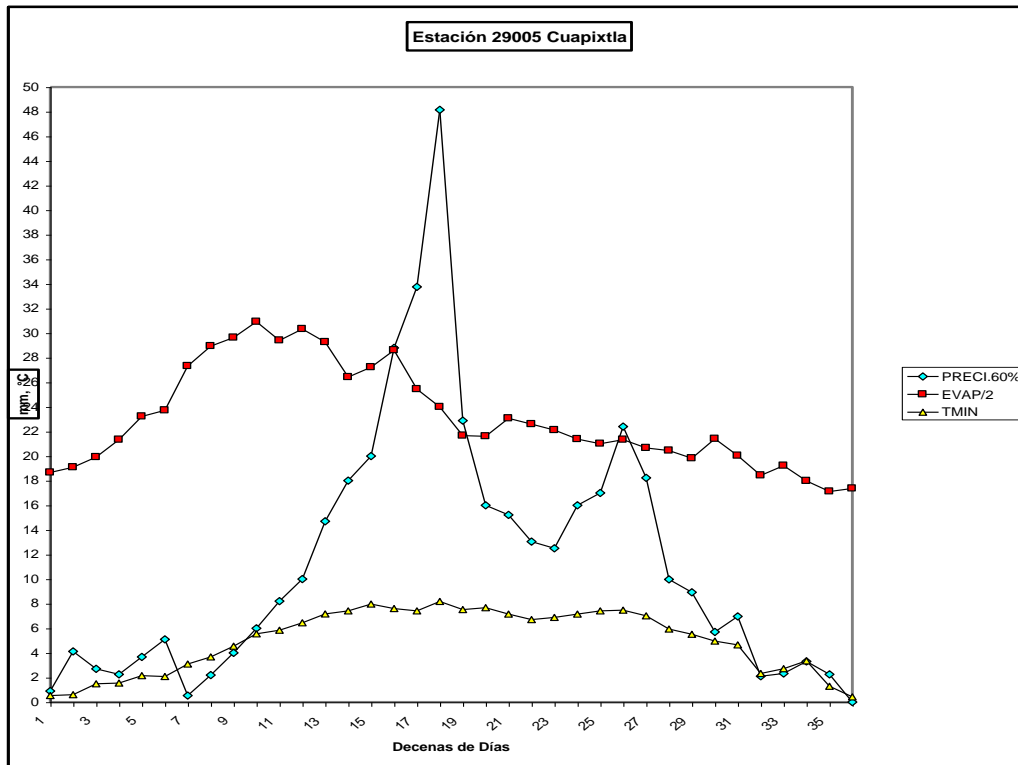


Figura 4.1 Gráfica de la Mitad de la evapotranspiración potencial y la precipitación al 60% de probabilidad acumulada en 10 días; así como la temperatura mínima del aire en Cuapixtla, Tlaxcala.

La gráfica de la Figura 4.2 es semejante a la gráfica de la Figura 4.1 sólo que en lugar de graficar la temperatura mínima se ha representado con dos segmentos de línea gruesa el período de siembra-madurez de 170 días. Su inicio es 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 16 (10 de Junio) y corresponde a la fecha de inicio de la estación de crecimiento.

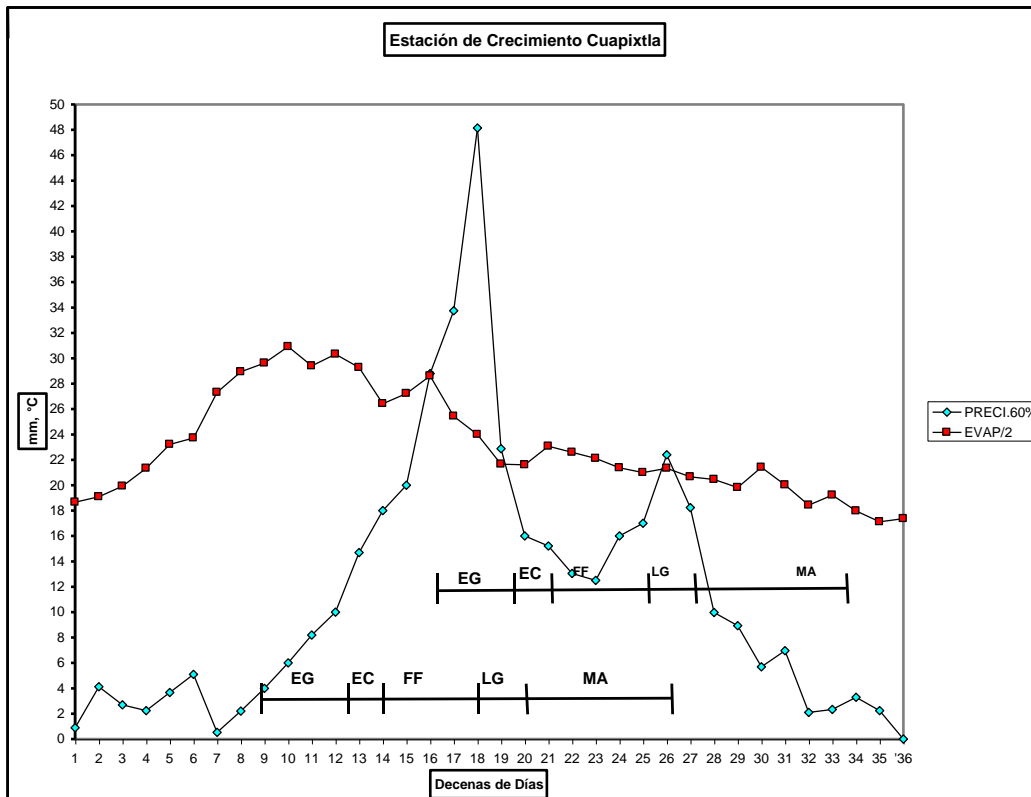


Figura 4.2. Gráfica que muestra dos segmentos de línea gruesa representando dos períodos de siembra-madurez de 170 días cada uno. El primero (línea inferior) tiene su inicio en la decena 9 (31 de Marzo) que corresponde a la fecha de siembra usada tradicionalmente por los campesinos de Cuapixtla, el otro período (línea superior) tiene su inicio en la decena 16 (10 de Junio) y corresponde a la fecha de la estación de crecimiento.

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.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Para el caso del período siembra-madurez en estación de crecimiento, 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 de la estación de crecimiento puede ser la temperatura mínima desfavorables que se presenta al final del período del estado MA.

Autor: Anayatín S. Mendoza

4.2 Balance Hídrico del cultivo del maíz de temporal

En los cultivos de temporal uno de los principales factores que limitan el desarrollo, el crecimiento y el rendimiento es sin duda la falta de humedad en el suelo, en donde la fuente de abastecimiento es la lluvia. Por lo que una forma de estimar rendimientos es cuantificar la humedad de agua que hay en el suelo.

Una forma de estimar la humedad del suelo es mediante mediciones antes, durante y después del ciclo vegetativo de los cultivos estas mediciones se hacen con aparatos como son los barrenos de tierra, los cuales sacan 1 m³ de tierra la cual es secada por gravitación midiendo el agua extraída. Esta forma es muy complicada y costosa ya que se necesita equipo sofisticado y tiempo.

Otra forma es a partir de modelos de balance hídrico los cuales simulan las condiciones en que se encuentran los cultivos de temporal a partir de parámetros climáticos como son la precipitación, la evapotranspiración, el escurrimiento, y el drenaje. Con estos modelos se pueden asociar las condiciones de humedad con los rendimientos observados y obtener su correlación.

Una de las limitantes de estos modelos de balance hídrico es la información requerida la cual puede ser de difícil acceso; por lo que un modelo óptimo sería aquel en donde la información fuera de fácil acceso.

En este trabajo se propone un modelo de balance hídrico (MBH) en el suelo formulado por Flores (1988), con el cual se calcula la humedad del suelo en la zona radicular del cultivo del maíz, la evapotranspiración del cultivo y las

Autor: Anayatzín S. Mendoza

necesidades hídricas del cultivo; arrojando un índice agroclimático, el cual puede correlacionarse con rendimientos históricos de producción, cabe señalar que los datos necesarios para este modelo son de fácil acceso.

Parámetros agroclimáticos

Las variables meteorológicas utilizadas son precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y evaporación de tanques tipo A obtenidas de doce estaciones meteorológicas de Tlaxcala, abarcando el período de 1961 hasta 2000. Esta base de datos se obtuvo del sistema CLICOM, y el sistema SICLIM del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Los parámetros edáficos requeridos son: densidad aparente (D_a), capacidad de campo (C_a), punto de marchitez permanente (PMP), y los parámetros agrícolas utilizados son, fecha de siembra, duración del ciclo, índice de área foliar promedio y máxima profundidad radicular. Para determinar el inicio y término del período húmedo en la zona de estudio, se utilizó el MBH, con el cual se determina el cambio diario en la humedad del suelo, el MBH está basado en la siguiente ecuación:

$$CH_i = CH_{i-1} + I_i - ET_i - D_i - E_i \dots\dots\dots(1)$$

En donde el subíndice i indica el día i -ésimo y el $i-1$ el día previo; CH_i es el contenido de agua en el suelo, CH_{i-1} es el contenido de agua en el suelo en el día previo, I_i es la infiltración procedente de la lluvia, ET_i es la evapotranspiración del cultivo, D_i es el drenaje y E_i es el escurrimiento, todas estas cantidades son expresadas en mm.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Como fuente de abasto para la infiltración se tomó únicamente el agua procedente de la precipitación. Si la precipitación es menor que 25.4 mm, se considera que toda la precipitación se infiltra pero si es mayor o igual que 25.4 mm, el modelo calcula la infiltración usando expresión propuesta por Baier y Robertson (1966):

$$I_i = \left[0.9177 + 1.811 \times \text{LN} \left(\frac{P_i}{25.4} \right) - 0.0097 \times \text{LN} \left(\frac{P_i}{25.4} \right) \times \left(\frac{CH_{i-1}}{CH_{mx_i}} \right) \times 100 \right] \times 25 \dots\dots\dots(2)$$

En donde la P_i es la precipitación, CH_{mx_i} es el máximo contenido de humedad en el día i . Para calcular el máximo contenido de humedad se utilizó la expresión propuesta por Flores, (1998):

$$CH_{mx_i} = \frac{(CC - PMP) \times PR_i \times Da}{100} \dots\dots\dots(3)$$

En donde CC es la capacidad de campo, PMP es el punto de marchitez permanente, PR_i es la profundidad radicular, Da es la densidad aparente del suelo.

La Profundidad Radicular varía de acuerdo al desarrollo del cultivo, para estimarla se utilizó la expresión propuesta por Norero, (1976):

$$PR_i = 1.8 \left(\frac{t_i}{tc} \right) \times \left(1.50 - \frac{t_i}{tc} \right) Rx \dots\dots\dots(4)$$

En donde t_i es el día i desde la siembra hasta la madurez, tc es la duración del ciclo del cultivo en días, Rx es la profundidad típica de enraizamiento en cm. La evapotranspiración del cultivo se calculó por la ecuación propuesta por Flores, (1998):

Autor: Anayatzín S. Mendoza

$$ET_i = k_{s_i} \times E_{p_i} \dots \dots \dots (5)$$

En donde k_{s_i} es el coeficiente de disponibilidad de agua, E_{p_i} es la evapotranspiración Potencial del cultivo. El coeficiente de disponibilidad de agua es la relación del contenido de humedad del suelo con el desarrollo de la planta y se calculó con la expresión propuesta por Palacios, (1980):

$$k_{s_i} = \frac{1}{1 + \frac{E_{v_1}}{60} \times \frac{(1 - HA_i)}{HA_i}} \dots \dots \dots (6)$$

En donde E_{v_1} es la evaporación de tanque tipo A, HA_i es la humedad aprovechable residual. El cálculo de humedad aprovechable residual se realizó con la expresión propuesta por Flores, (1998):

$$HA_i = \frac{CH_{i-1}}{CH_{mx_i}} \dots \dots \dots (7)$$

La evapotranspiración potencial del cultivo se calculó con la función propuesta por Flores, (1998):

$$E_{p_i} = k_{c_i} \times (0.80 \times E_{v_i}) \dots \dots \dots (8)$$

En donde k_{c_i} es el coeficiente de cultivo. El coeficiente de cultivo es una relación empírica de la evapotranspiración potencial del cultivo con la evaporación de referencia de los tanques tipo A y se calculó mediante la expresión propuesta por Norero, (1976)

$$k_{c_i} = K + F \times \left(\frac{t_i}{tc} \right)^2 \times \left(1.05 - \frac{t_i}{tc} \right) \dots \dots \dots (9)$$

Autor: Anayatzín S. Mendoza

En donde K es una constante que indica la proporción de evaporación de un suelo desnudo, F es el índice de área foliar promedio de un cultivo.

La curva para el coeficiente de cultivo del maíz híbrido H-311 con un período vegetativo de 170 días se muestra en la gráfica de la Figura 4.3, en donde se observa también sobre la recta horizontal los estados vegetativos del maíz y su período de duración. De acuerdo a la Figura 4.3 podemos considerar las siguientes etapas del maíz: Primera etapa: De la fase de germinación hasta la fase de la fecundación, K_c aumenta de 0.3 en germinación hasta 1.1 al final de la fecundación. Segunda etapa: Abarca todo el llenado de grano, K_c va de 1.1 al inicio de esta etapa hasta terminar en 1.2. Tercera etapa: Abarca toda la madurez del grano, K_c va de 1.2 al inicio hasta terminar en 0.5. Cabe mencionar que hubo un refinamiento en el cálculo del coeficiente de cultivo; este refinamiento fue en base a que en un trabajo previo (Mendoza C. Anayatzin, 2005) se utilizaba un coeficiente de cultivo para decenas de días y ahora su cálculo es diario obteniendo así las necesidades hídricas del cultivo con una resolución diaria.

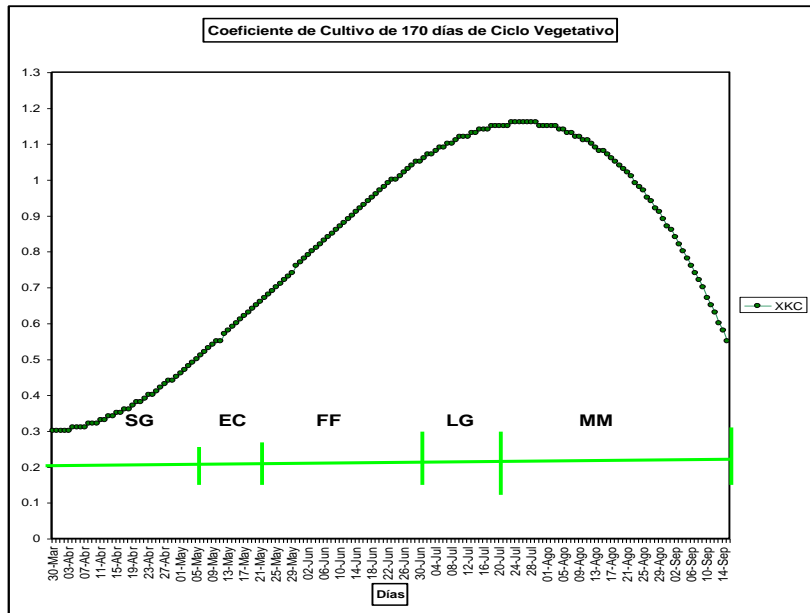


Figura 4.3 Gráfica de Coeficiente de Cultivo con 170 días de Maduración.

El Drenaje de agua dentro del área radicular del cultivo del maíz de temporal se calculó con las siguientes consideraciones: El drenaje se calculó con la expresión propuesta por Flores, (1998):

$$D_i = \begin{cases} I_i + CH_i - CH_{mxi} \dots si \dots I + CH_i \geq CH_{mxi} \\ 0 \dots si \dots I_i + CH_i \leq CH_{mxi} \end{cases} \dots \dots \dots (10)$$

Si la suma $I_i + CH_{i-1}$ es igual o menor que CH_{mxi} entonces el drenaje es cero. El escurrimiento en el día i (E_i) se estimó tomando las siguientes consideraciones:

Si la precipitación fue menor que 25.4mm el escurrimiento es cero y toda la precipitación se infiltra.

Si la precipitación es mayor que 25.4mm el escurrimiento se calculó la expresión propuesta por Flores, (1998):

$$E_i = P_i - I_i \dots \dots \dots (11)$$

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Índice Agroclimático

La Dependencia de Ecología de Cultivos y Recursos Genéticos de la División de Producción y Protección Vegetal de la FAO (1981); ha formulado un método de pronóstico de cosechas basado en datos agrometeorológicos. El método llamado análisis cultivo-ambiente se basa en un balance hídrico y en un seguimiento cualitativo de las condiciones de los cultivos. El método calcula el balance hídrico con la diferencia entre la lámina precipitada (L_p) y las necesidades hídricas del cultivo (NH). La lámina precipitada representa la lluvia total que ha caído en la decenas, del 1 al 10, del 11 al 20 y del 21 al día último del mes. Las necesidades hídricas decenales se determinan a partir de la evapotranspiración potencial del cultivo (ETP); correspondiente a una decena, multiplicándola por el coeficiente de cultivo (k_c) de dicha decena. Los coeficientes decenales del cultivo indican la fracción de la evapotranspiración potencial del cultivo que se considera como necesidad hídrica de un determinado cultivo; y varía según la etapa fenológica del mismo. Al terminar el ciclo vegetativo del cultivo se tendrá el cálculo del balance hídrico representado con un índice agrometeorológico. En este trabajo la evapotranspiración potencial del cultivo se calcula en forma diaria de la ecuación 8, y no en decenas de días como en el método de la FAO. La evapotranspiración potencial del cultivo se identifica con las necesidades hídricas del cultivo y se denota por NH_i , la evapotranspiración del cultivo calculada de la ecuación 5, también en forma diaria, es identificada como el agua disponible para la planta y

Autor: Anayatzín S. Mendoza

se denota como ADP_i . La relación que guarda las NH_i y el ADP_i dan como resultado un índice agroclimático, el cual resulta ser proporcional a las necesidades hídricas del cultivo que pudieran ser satisfechas en el balance de humedad. Concretamente, si las necesidades hídricas del cultivo son satisfechas en un 100%, entonces el índice agroclimático resulta ser 100%. El índice agroclimático señala en forma porcentual el grado en que se satisfacen las exigencias hídricas del cultivo y puede evaluar el monto del rendimiento correlacionando con estadísticas de rendimientos de años anteriores. El índice agroclimático se calcula con la siguiente expresión:

$$I_A = \frac{\sum_{i=1}^{tc} ADP_i}{\sum_{i=1}^{tc} NH_i} \times 100 \quad (12)$$

En donde I_A es el índice agroclimático.

Hay tres grados de índice I_A para el grado de estrés del cultivo a causa de deficiencia de agua en algunos de los estados fonológicos:

$I_A < 50\%$ Alto estrés; rendimientos < 1 tonelada x Ha.

$I_A = 50\%$ Medio estrés; rendimientos = 1 a 2 toneladas x Ha.

$I_A > 50\%$ Bajo estrés; rendimientos > 2 toneladas x Ha.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

4.3 Validación del Balance Hídrico del maíz de temporal

El modelo de Balance de Humedad se validó con muestreos de datos de humedad del suelo en un área de cultivo de maíz de temporal del pueblo de Benito Juárez, Huamantla con localización geográfica de 97° 54'53.7" de longitud oeste y entre los 19° 20'46" de latitud norte. Estos muestreos fueron realizados por el Campo Experimental Tlaxcala CIRCE (2006), del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIFAP; en los años de 1961, 1962, 1979, 1981, 1982 y 1983. La lámina de agua contenida en el suelo se cuantificó con el método gravimétrico cada 10 días a lo largo de todo el año, tomando en consideración la profundidad promedio de la raíz del cultivo de maíz de temporal, la cual es de 50cm.

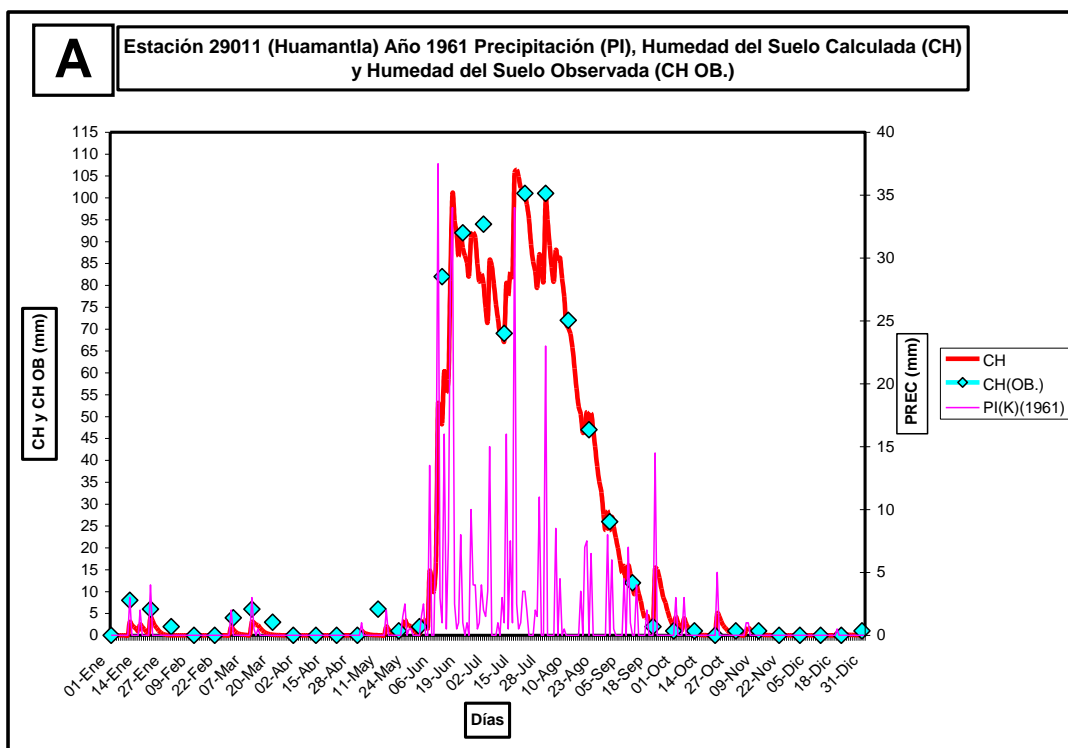
Humedad del Suelo

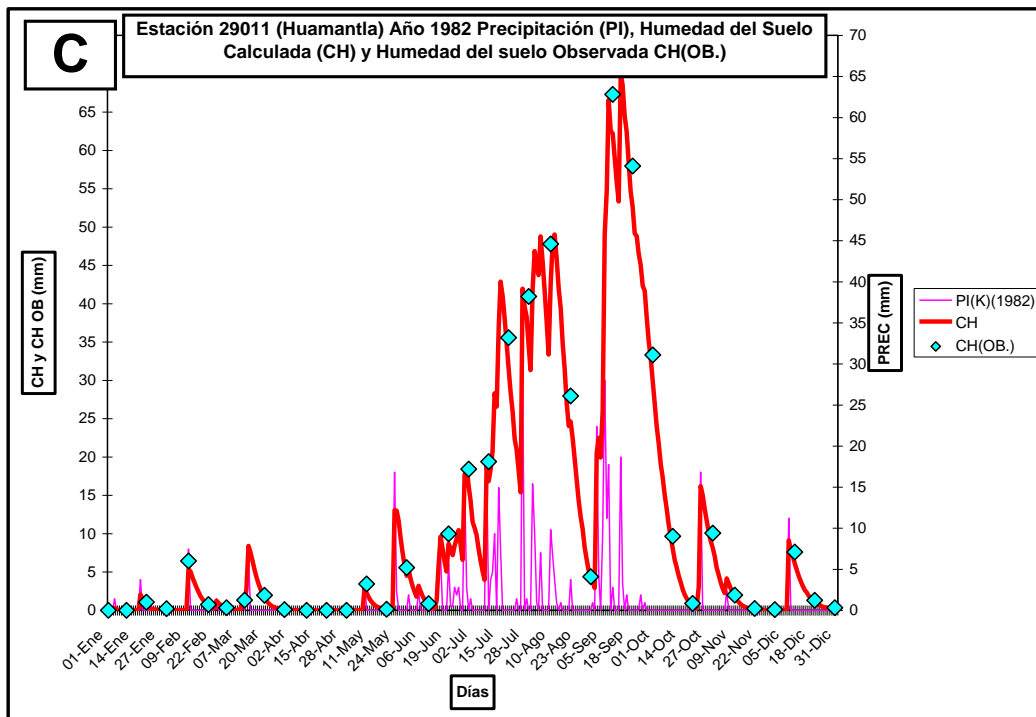
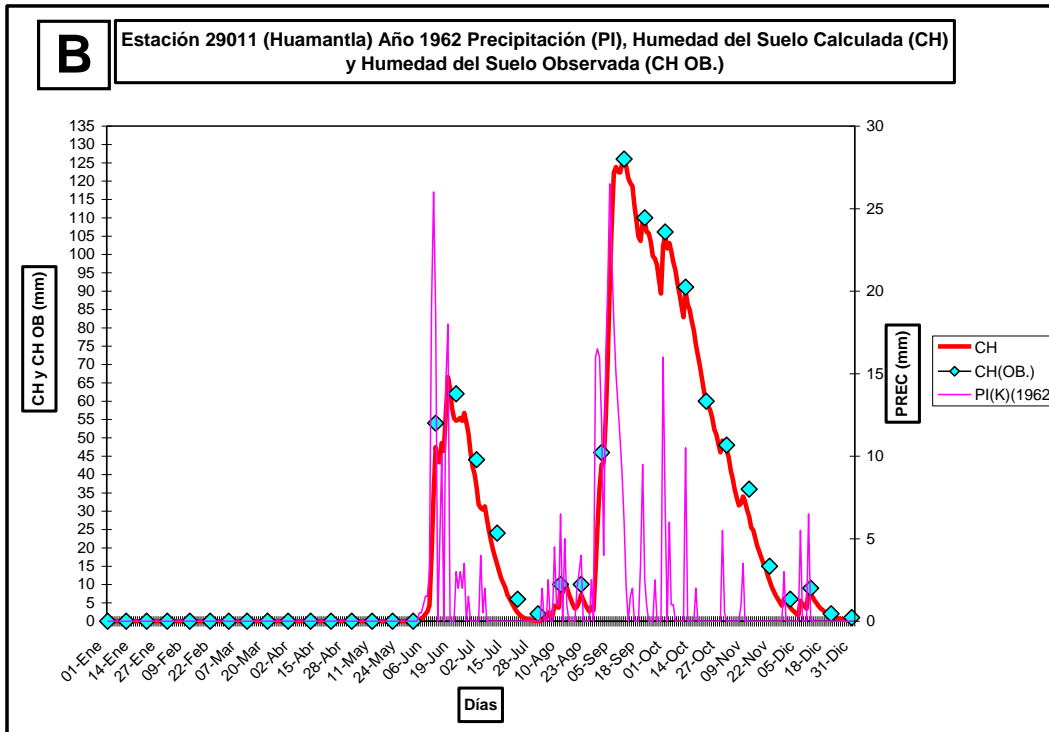
En la Figura 4.4, partes A, B, C; D, E y F se muestra la precipitación (línea punteada) y los valores de humedad del suelo observados (en rombos) y calculados (línea continua) para los años secos 1961, 1962, 1982, 1983 y para los años húmedos 1979 y 1981, respectivamente. Como puede observarse en la Figura 4.4, la humedad del suelo está relacionada con la cantidad de lluvia que recibe el suelo: a mayor precipitación mayor humedad en el suelo. En los años secos (parte A, B, C y D) se puede observar que hay un retraso en el inicio de las lluvias, las cuales normalmente se inician en la primera semana de abril; en los años secos la lluvia se presenta a finales de mayo y principios de junio, provocando que al inicio de la siembra (31 de marzo) no se cuente con suficiente

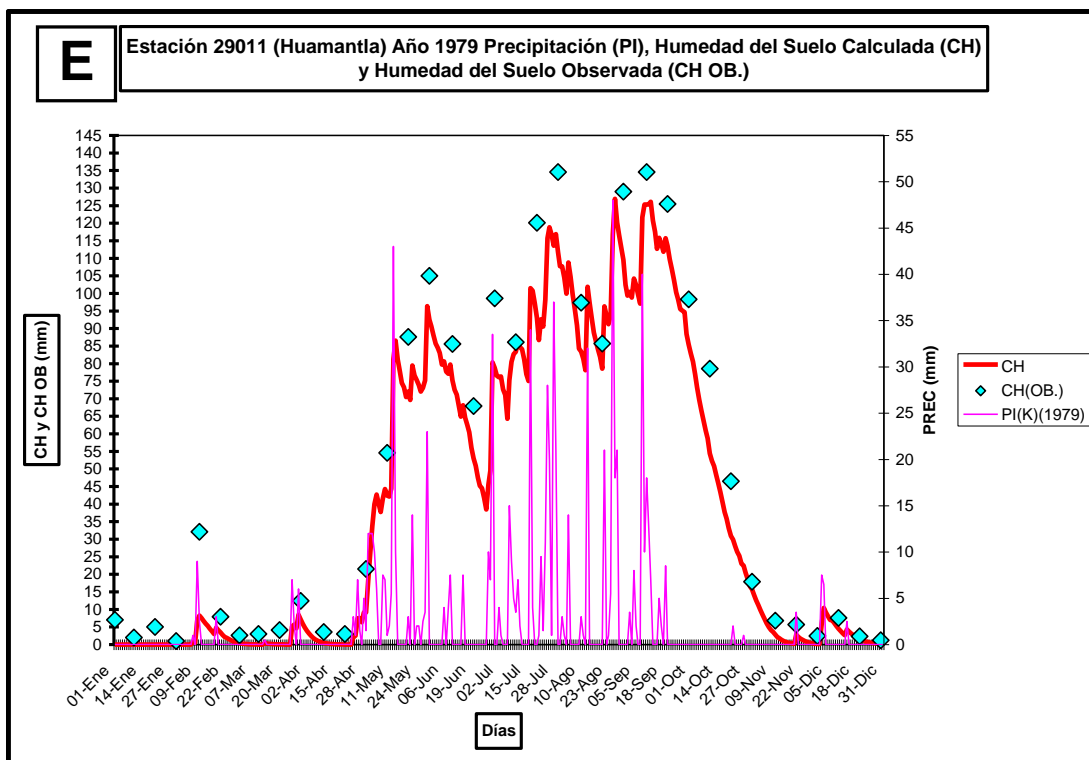
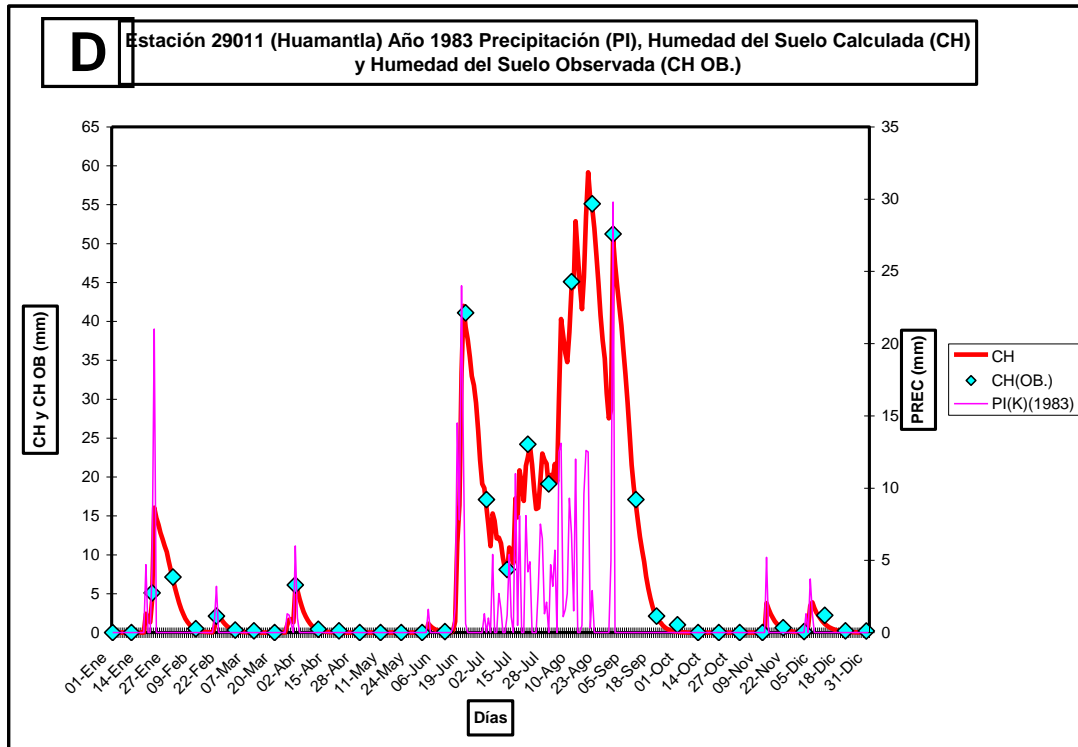
Autor: Anayatzín S. Mendoza

humedad en el suelo. En los años secos la cantidad y frecuencia de la lluvia es tal que la humedad del suelo CH no alcanza el valor de máximo contenido de humedad CHmx, dado por la ecuación (3); en estos años la humedad calculada concuerda bastante bien con la humedad observada, como puede verse en la Figura 4.4 partes A, B, C y D.

En los años húmedos (parte E y F) el inicio de las lluvias es en abril y se presenta lluvia en forma continua, en estos años la humedad del suelo calculada es menor que la humedad observada debido a que las lluvias continuas mantienen la humedad del suelo por encima de la máxima capacidad de campo provocando condiciones de saturación del suelo, las cuáles no son consideradas en el modelo y en tales casos se subestima la humedad en el suelo.







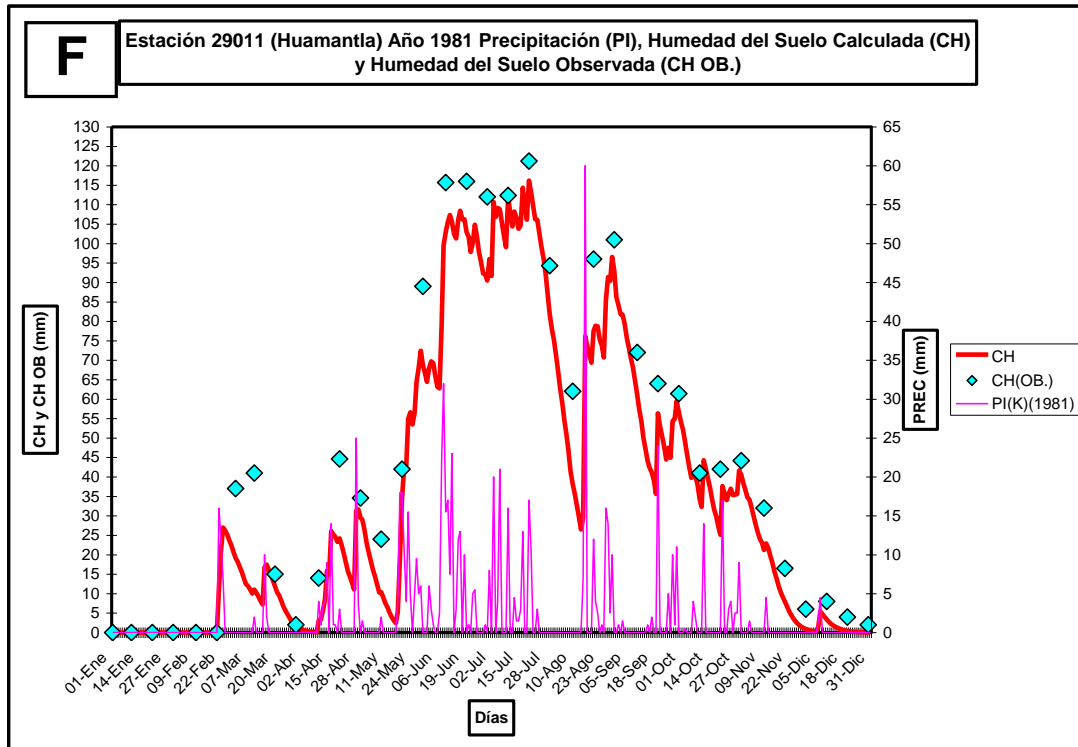
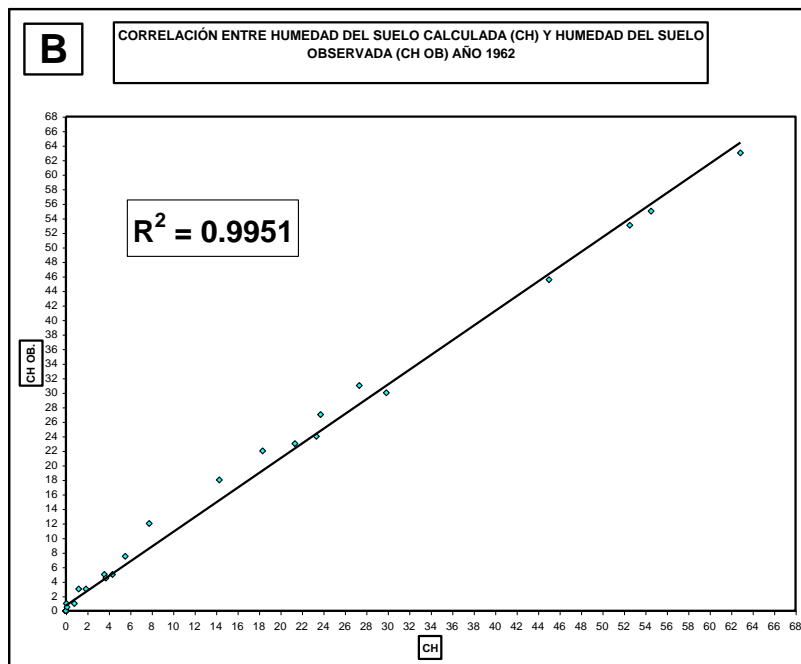
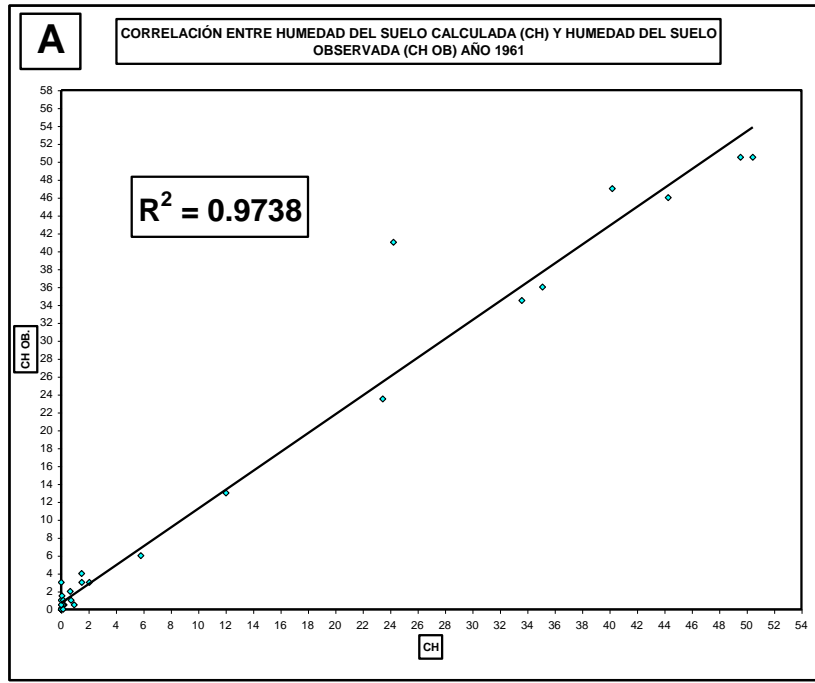


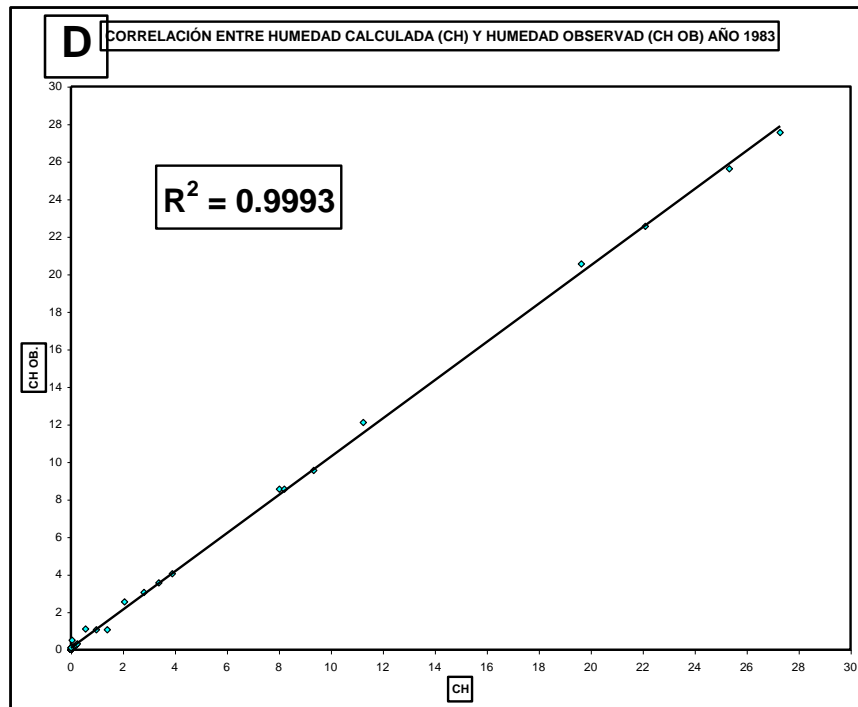
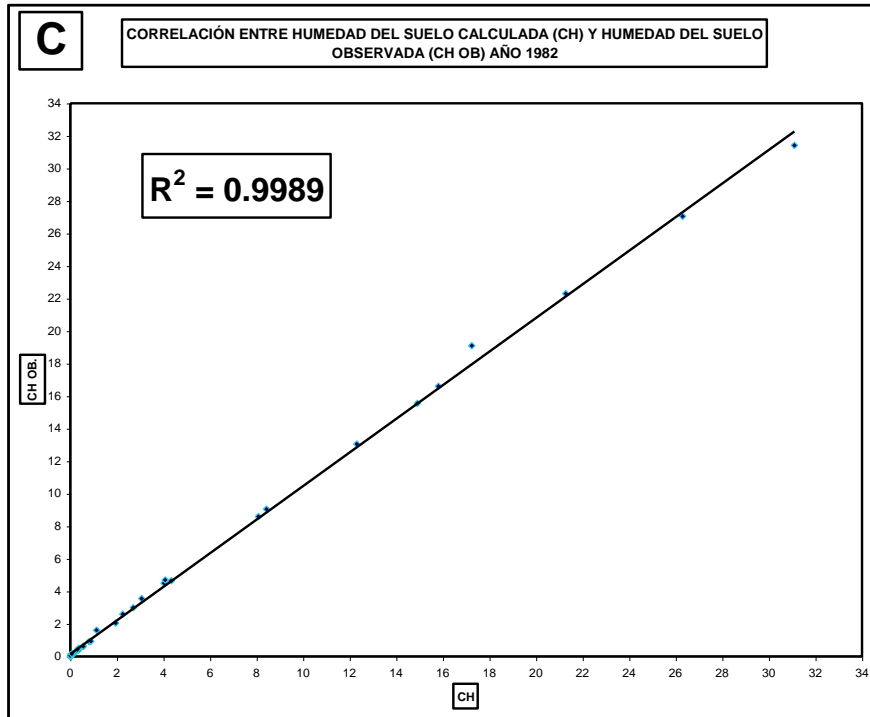
Figura 4.4 Gráfica de Humedad del suelo en mm calculada por el modelo y la correspondiente humedad observada en la estación 29011 del municipio Huamantla. Para los años secos; parte A año 1961, parte B año 1962, parte C año 1982, parte D año 1983, y años húmedos; parte E año 1979 y parte F año 1981.

En las graficas de la Figura 4.5 parte A, B, C; D, E y F se muestra la correlación entre los datos de humedad del suelo calculados por el modelo y los datos de humedad del suelo observados. Se obtuvieron valores de correlación al cuadrado (R^2) entre 0.9487 para los años húmedos y 0.9993 para los años secos, los cuales pueden considerarse como aceptables. La validación para años secos y húmedos sugiere que los años promedio y los años moda, los cuales se encuentran entre los años secos y húmedos, se obtenga una correlación entre 0.9487 y 0.9993. En modelos hídricos similares se han reportado valores de R^2 que se encuentran dentro de este rango, Escobaza y Escobaza (1990) obtuvieron

Autor: Anayatzín S. Mendoza

una R^2 de 0.92 y Steiner et al (1990) obtuvo una R^2 de 0.93. Flores (1998) obtuvo valores de R^2 de 0.903.





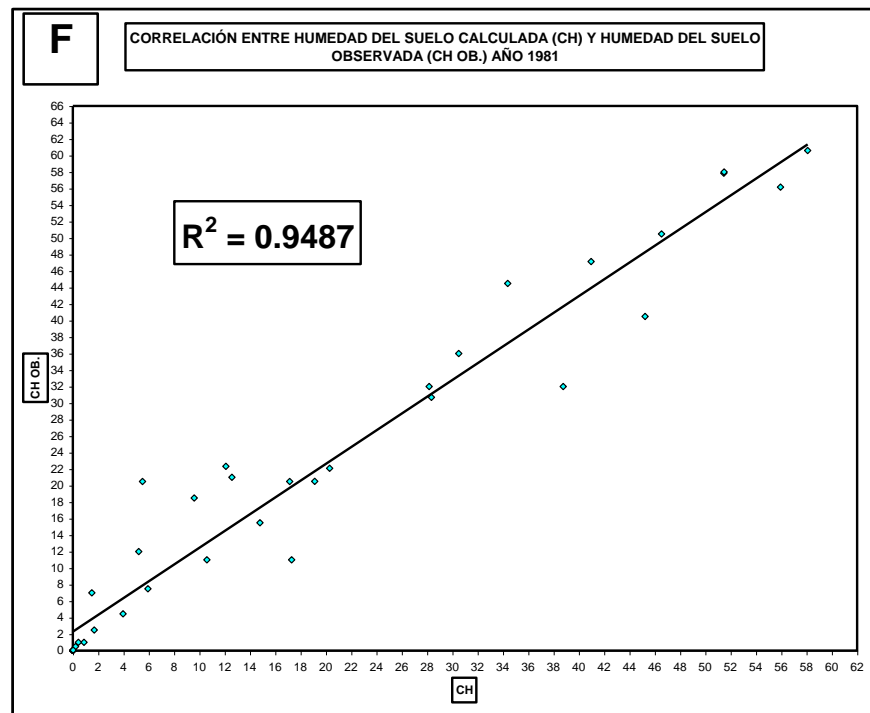
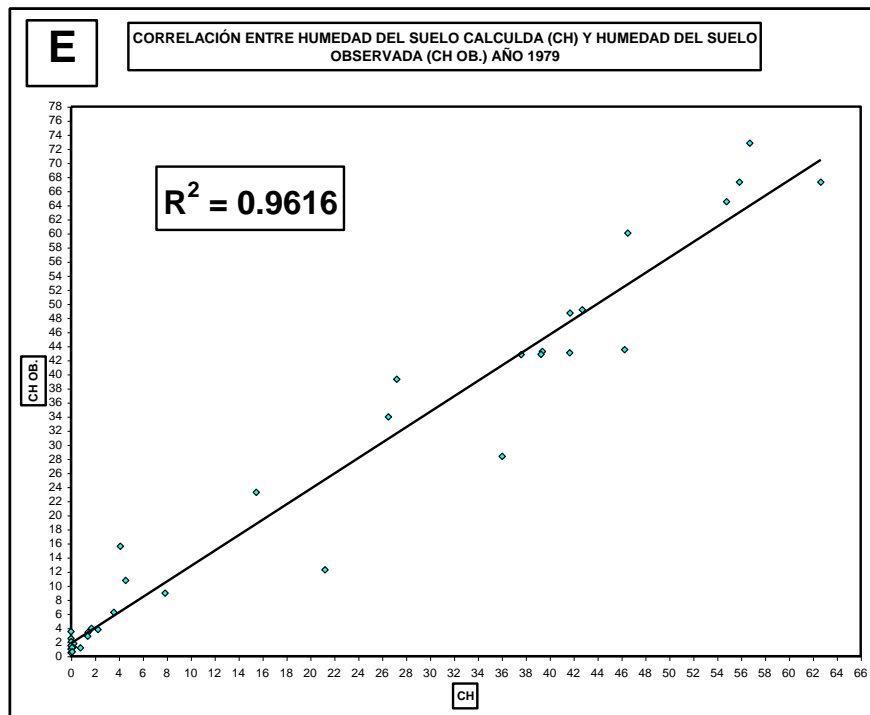


Figura 4.5 Correlación entre la humedad del suelo calculada (CH) y la humedad observada (CH OB) en la estación 29011 del municipio Huamantla. Para los años secos; parte A año 1961, parte B año 1962, parte C año 1982, parte D año 1983, y años húmedos; parte E año 1979 y parte F año 1981.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

4.4 Probabilidad de la precipitación y el IA

El siguiente paso fue calcular la probabilidad de lluvia así como el índice agroclimático en función de la distribución de la precipitación ya que la producción de cultivos de temporal esta determinada por la cantidad y oportunidad del agua de lluvia y si se quiere realizar una planificación agrícola enfocada a incrementar la producción de los cultivos de temporal, se requiere primero de entender la variación de los elementos climáticos y su influencia en el rendimiento de los cultivos de temporal. Bajo estas condiciones, la cuantificación de la precipitación en términos de probabilidad y no de promedios aritméticos es de vital importancia ya que en el caso de los cultivos de temporal la lluvia es un factor clave para determinar la producción de una región. A través de este calculo de probabilidades de lluvia es posible determinar y optimizar varias actividades agrícolas, tales como: fechas de siembra, fechas de cosecha, duración del período húmedo disponible para el desarrollo del cultivo, selección de especies dependiendo de su tolerancia a la sequía, prácticas de captación de agua de lluvia, dosis de fertilizante para aplicar a un cultivo, etc. Para el cálculo de probabilidades de lluvia se pueden utilizar diversos métodos: método de frecuencia, distribución acumulativa, distribución normal y distribución gama incompleta. El método que se utilizó en este trabajo de investigación fue el de distribución gama incompleta, pues con este método se pueden obtener resultados más confiables (Villalpando, 1983). La tabla 4.1 muestra el año agrícola, el IA en porcentaje y su probabilidad

Autor: Anayatzín S. Mendoza

en la estación 29011 en el municipio de Huamantla

Tabla 4.1 Probabilidad de la Precipitación y el IA

CICLO AGRÍCOLA AÑOS SECOS	PRECIPITACIÓN (mm)	IA (%)	PROBABILIDAD (%)
1983	343.9	25	100
1990	384.4	25	97.9
1997	417.6	25	95.7
1982	435	30	93.6
1969	438.2	30	91.5
1961	450	33	89.4
1998	456	34	87.2
1962	490	42.4	83
CICLO AGRÍCOLA AÑOS PROMEDIO	PRECIPITACIÓN (mm)	IA (%)	PROBABILIDAD (%)
1966	634	55	78.7
1971	635	55	74.5
1977	636	55	72.3
1978	636	55	70.2
1980	636	55	68.1
CICLO AGRÍCOLA AÑOS MEDIANA	PRECIPITACIÓN (mm)	IA (%)	PROBABILIDAD (%)
1972	662	58	66
1967	663	57.8	63.8
1984	664	58	61.7
1985	665	58	59.6
1968	666	58	57.4
1970	666	58	55.3
1974	666	58	53.2
1975	666	58	51.1
1986	666	58	48.9
CICLO AGRÍCOLA AÑOS MODA	PRECIPITACIÓN (mm)	IA (%)	PROBABILIDAD (%)
1991	710	70	46.8
1963	711	70	45
1964	711	70	45
1965	711	70	45
1973	711	70	45
1976	711	70	45
1987	711	70	45
1988	711	70	45
1989	711	70	45
1992	711	70	45
1993	711	70	45
1994	711	70	45
1995	711	70	45
1996	711	70	45
1999	711	70	45
2000	711	70	45
CICLO AGRÍCOLA AÑOS HÚMEDOS	PRECIPITACIÓN (mm)	IA (%)	PROBABILIDAD (%)
1981	781	83.1	8.5
2010	781.44	83.1	8.5
2007	787.6	84	6.2
1979	824.6	93.4	4.3
2006	1076.5	96	3.6

Autor: Anayatzín S. Mendoza

4.5 Pronóstico agroclimático en el estado de Tlaxcala

El marco económico general en el que se encuentra la producción agrícola en Tlaxcala demanda que los agricultores incorporen nuevas tecnologías y que integren la planificación agrícola como elemento clave para disminuir los riesgos agrícolas.

Uno de los riesgos agrícolas a los que se enfrentan los productores agrícolas lo constituyen los eventos climáticos y meteorológicos extremos como son las sequías, las heladas, el granizo, las inundaciones etc. En la actualidad los gobiernos y productores agrícolas enfrentan los eventos climáticos y meteorológicos adversos implementando medidas de “manejo de la crisis” una vez instalados dichos eventos (por ejemplo a través de sistemas nacionales de emergencias). En muchos casos la implementación de este tipo de medidas implica un costo muy elevado tanto para los productores como para el Estado.

Así que una solución más apropiada para enfrentar circunstancias climáticas adversas consiste en la formulación e implementación de pronósticos climáticos a corto y largo plazo

Los pronósticos climáticos a corto plazo son aquellos que se refieren a las condiciones climáticas previstas para los siguientes 2 días a una semana. En el sector agrícola este tipo de pronóstico es muy útil para la toma de medidas de mitigación como son aplicación de pesticidas, aplicación de riego, etc. Sin embargo, este tipo de pronóstico es de poca utilidad para la toma de decisiones a

Autor: Anayatzín S. Mendoza

largo plazo por ejemplo, qué cultivo sembrar, qué tipo de rotaciones incluir, qué reservas de forrajes serán necesarias, etc. Para ello se requeriría algún tipo de previsión de más largo plazo es decir con varios meses de anticipación.

El pronóstico del clima emitido con meses de anticipación en función de las variaciones o anomalías del clima como son las sequías, las cuales están asociadas en la agricultura al retraso de las primeras lluvias así como temporadas de lluvias más cortas y la posible incidencia de heladas al término del ciclo agrícola, permite tomar medidas de planificación agrícola que pueden mitigar el efecto de estas anomalías climáticas. Las medidas de adaptación pueden ser: el cambio de variedad de semilla, uso de cultivos alternativos de ciclo más corto, modificación de la dosis de fertilización, reubicación de los cultivos, manejo del suelo en función de la humedad, destino del producto ya sea grano o forraje y modificación de la fecha de siembra.

En un estudio previo (Mendoza C. Anayatzin, 2001) se realizó un pronóstico mensual de temperatura y precipitación con el Modelo Termodinámico del Clima (MTC) desarrollado por Adem (Adem; 1962,1964,1968,1970 y Adem et al:2000). Dicho pronóstico fue realizado para la primavera del 2000, con la finalidad de conocer el inicio del período de lluvias en Tlaxcala, y modificar la fecha de siembra con anticipación. Sin embargo, el MTC es un modelo de baja resolución que sólo puede dar un pronóstico de las condiciones medias mensuales y su resolución espacial es de unos 400 Km., a pesar de ello se obtuvo un pronóstico aceptable

Autor: Anayatzín S. Mendoza

que permitió fijar la fecha de siembra, con la finalidad de obtener una más alta producción.

En este trabajo se implementa un método de pronóstico de tendencia a largo plazo (6 meses) para la precipitación en el municipio de Huamantla, que tiene la ventaja de tener una resolución temporal mayor que un mes. Este pronóstico inicia a partir de la segunda semana de junio, con la finalidad de dejar pasar dos meses después de la estación lluviosa, que es a principios de abril, y así obtener un pronóstico más certero. Se calculó la precipitación acumulada de cada uno de los rangos de precipitación (mencionados en el Capítulo III) así como de los datos de precipitación del año 2006, 2007, 2010 y 2011 para poder inferir dentro de cual rango de precipitación se encuentran estos años respecto a su distribución. La gráfica de la Figura 4.6 muestra la precipitación acumulada por decenas de días para los años secos (línea con cuadros rojos), los años que están dentro de la media y la moda aritmética (línea con triángulos verdes), los años húmedos (línea con rombos azules) la precipitación observada hasta la decena 16, en el año 2006 (línea con círculos rosas), precipitación observada hasta la decena 16, en el año 2007 (línea con rombos grises), precipitación observada hasta la decena 16, en el año 2010 (línea con círculos naranjas) y precipitación observada hasta la decena 16, en el año 2011 (línea con cuadros azul claro). Como se puede observar en la gráfica la precipitación acumulada del año 2006; hasta la decena 16 es de 500mm, para el año 2007 es de 300mm y para el año 2010 es de 250mm para el año más

Autor: Anayatzín S. Mendoza

húmedo (1979) es de 288.5, para la moda año 1963 es de 191.5mm y para el año más seco (1983) es de 38.5mm. Encontrándose que esto años observados tiene 216.5mm por arriba del año más húmedo hasta la decena 16; por lo que es de suponerse que el año 2006, 2007 y 2010 se encuentran dentro del rango de los años húmedos. Para el año 2011 se observa que la precipitación acumulada para la decena 16 es de 16mm, 22.5mm por abajo del año más seco (1983), suponiéndose entonces que se encuentra dentro del rango de los años secos.

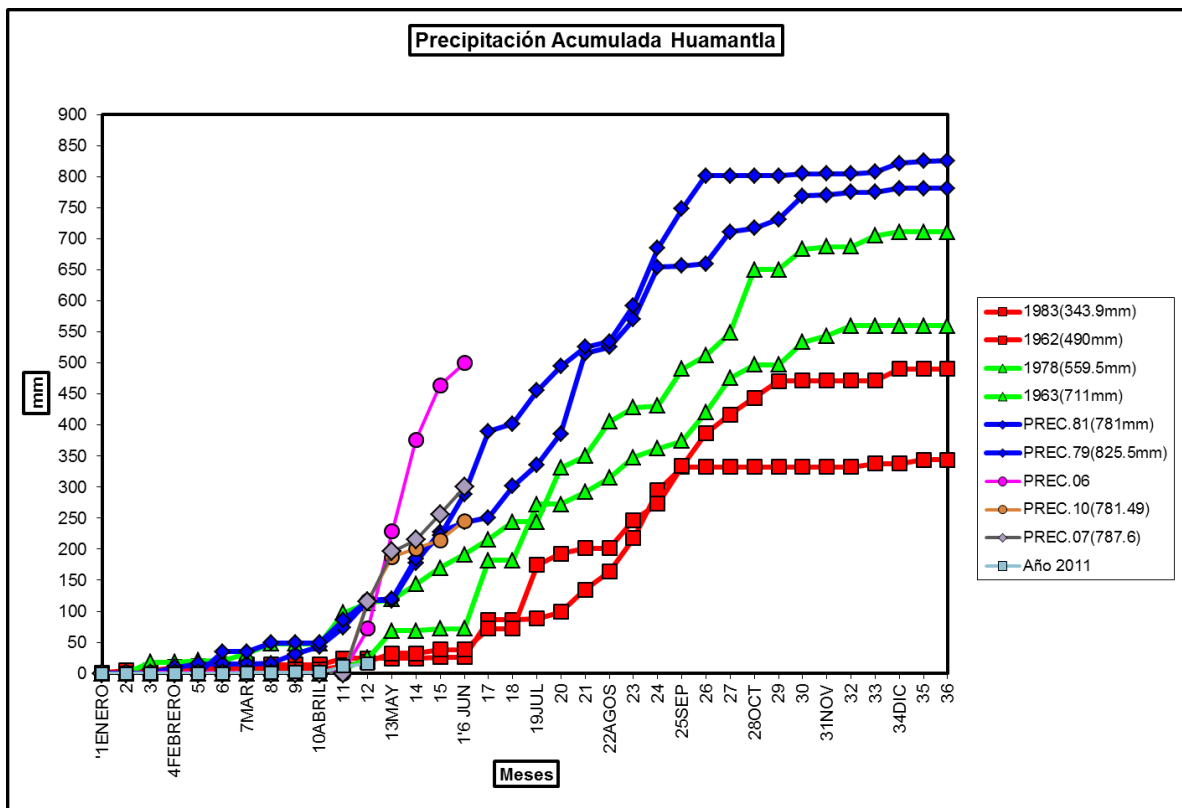
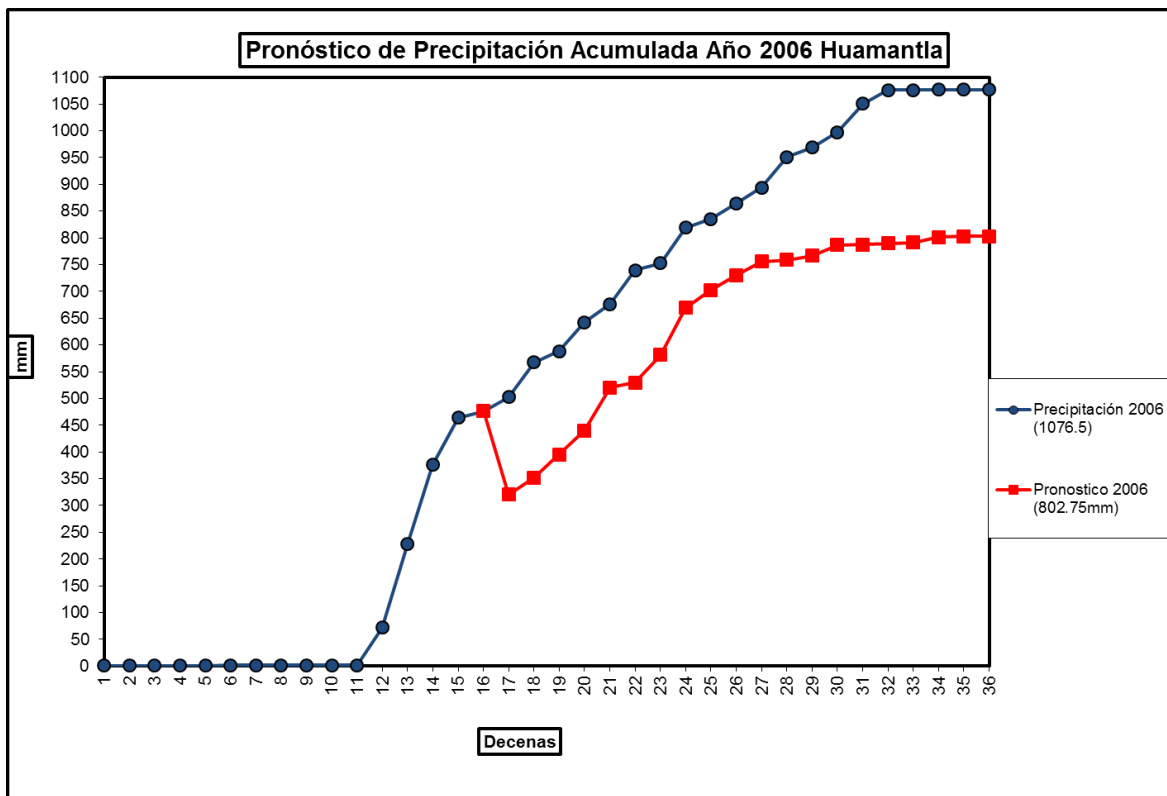


Figura 4.6 Gráfica de Precipitación acumulada Estación 29011-Huamantla.

El siguiente paso fue obtener el promedio de los años húmedos y los años secos para obtener un año característico húmedo y un año característico seco; y en

Autor: Anayatzín S. Mendoza

función de estos años característicos obtener el pronóstico de precipitación acumulada para los años 2006, 2007, 2010 y 2011. La gráfica de la Figura 4.7 muestra los datos de precipitación acumulada para el año 2006 (línea con círculos azules), y el pronóstico de precipitación acumulada para el año 2006 conformado por los datos observados de la precipitación acumulada del año 2006 hasta la decena 16 y los datos de la precipitación acumulada promedio de los años húmedos 1979 y 1981 a partir de la decena 17. Como se puede observar en la gráfica el pronóstico de la precipitación acumulada dio como resultado una precipitación acumulada de 802.75mm, 274mm por debajo de la precipitación observada que fue de 1076.5mm



Autor: Anayatzín S. Mendoza

Figura 4.7 Grafica del Pronóstico de la precipitación acumulada año 2006 Huamantla.

La figura 4.8 es similar a la figura 4.7 solo que muestra los datos observados para el año 2007 (línea con círculos azules) y el pronóstico de la precipitación acumulada para el año 2007 (línea con cuadros rojos). Se observa que el pronóstico de la precipitación acumulada dio como resultado una precipitación de 893.3mm, 105.7mm por arriba de la precipitación observada que fue de 787.6mm.

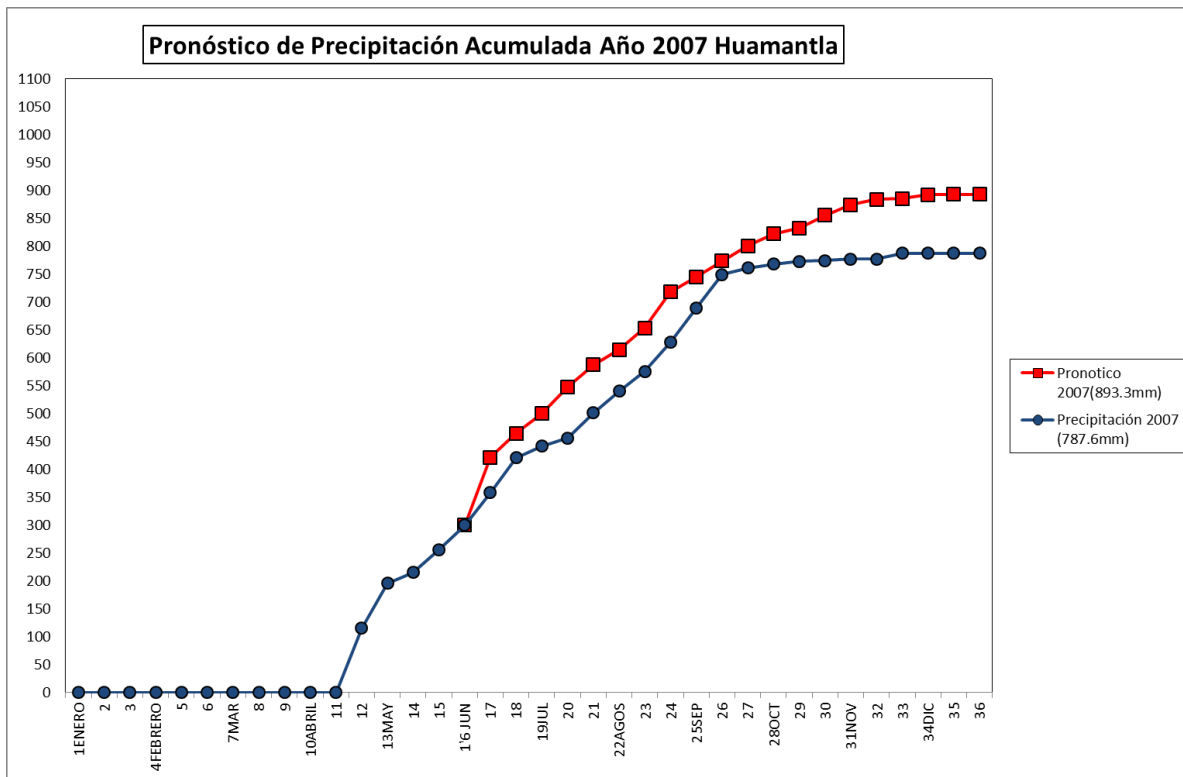


Figura 4.8 Grafica del Pronóstico de la precipitación acumulada año 2007 Huamantla.

La figura 4.9 es similar a la figura 4.7 y 4.8 solo que muestra los datos observados para el año 2010 (línea con círculos azules) y el pronóstico de la precipitación acumulada para el año 2010 (línea con cuadros rojos). Se observa que el pronóstico de la precipitación acumulada dio como resultado una precipitación de

Autor: Anayatzín S. Mendoza

869.2, 87.71mm por arriba de la precipitación observada que fue de 781.49mm.

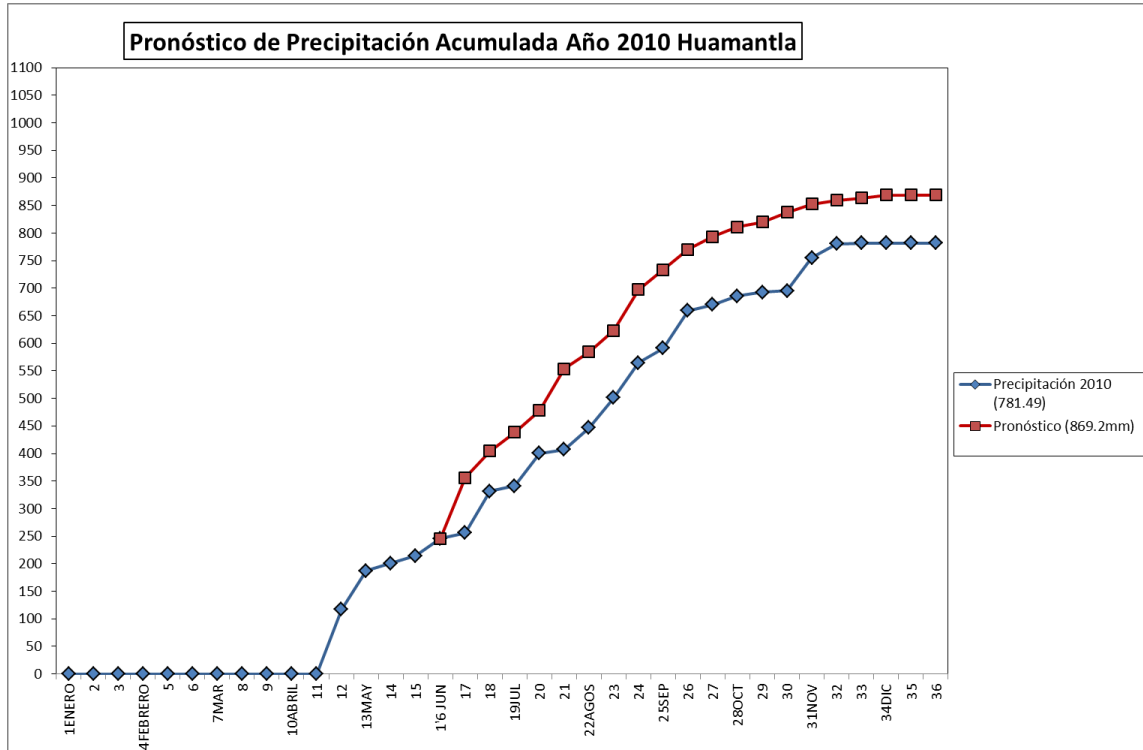


Figura 4.9 Grafica del Pronóstico de la precipitación acumulada año 2010 Huamantla.

La figura 4.10 es similar a las figuras 4.7, 4.8 y 4.9 solo que muestra los datos observados para el año 2011 hasta la decena 18 (línea con círculos azules) con una valor de 134.11mm y el pronóstico de la precipitación acumulada para el año 2011 (línea con cuadros rojos). El pronóstico de la precipitación acumulada dio como resultado una precipitación de 423.5mm.

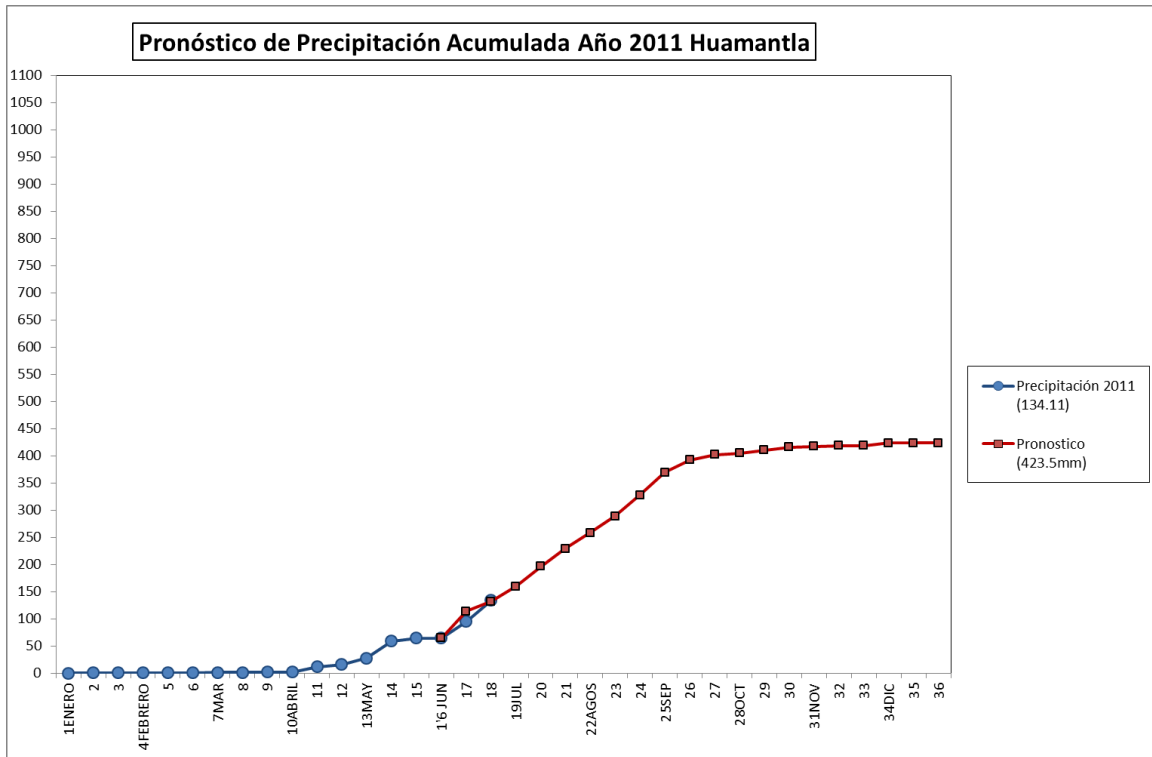


Figura 4.10 Grafica del Pronóstico de la precipitación acumulada año 2011 Huamantla.

Para fines de planificación agrícola es necesario saber la distribución decenal de la lluvia así que se calculó un pronóstico decenal de precipitación bajo los mismos criterios que el pronóstico de precipitación acumulada. Las gráficas de las Figuras 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14 muestran la precipitación decenal observada para el año 2006, 2007, 2010 y 2011 así como su pronóstico decenal a partir de la decena 17 (segunda semana de Junio). Se puede observar en las gráficas de las figuras 4.11, 4.12 y 4.13 que la estación lluviosa inicia en la última decena de abril, teniendo la mayor precipitación en el mes de mayo con un período de cinco meses de precipitación continua. Así mismo se observa que la distribución de la precipitación del pronóstico sigue el mismo patrón que la distribución de la

Autor: Anayatzín S. Mendoza

precipitación observada. Respecto a los requerimientos térmicos se pronostica que estos años tengan las mismas condiciones térmicas de los años húmedos así que se espera que tengan el mismo período libre de heladas siendo favorables las condiciones térmicas para el cultivo de maíz y si bien los requerimientos hídricos totales del cultivo del maíz de temporal son cubiertos; la estación de cultivo del maíz siembra-germinación tiene un déficit hídrico debido a que la fecha tradicional de siembra es el 31 de Marzo y las lluvias comienzan hasta finales de abril.

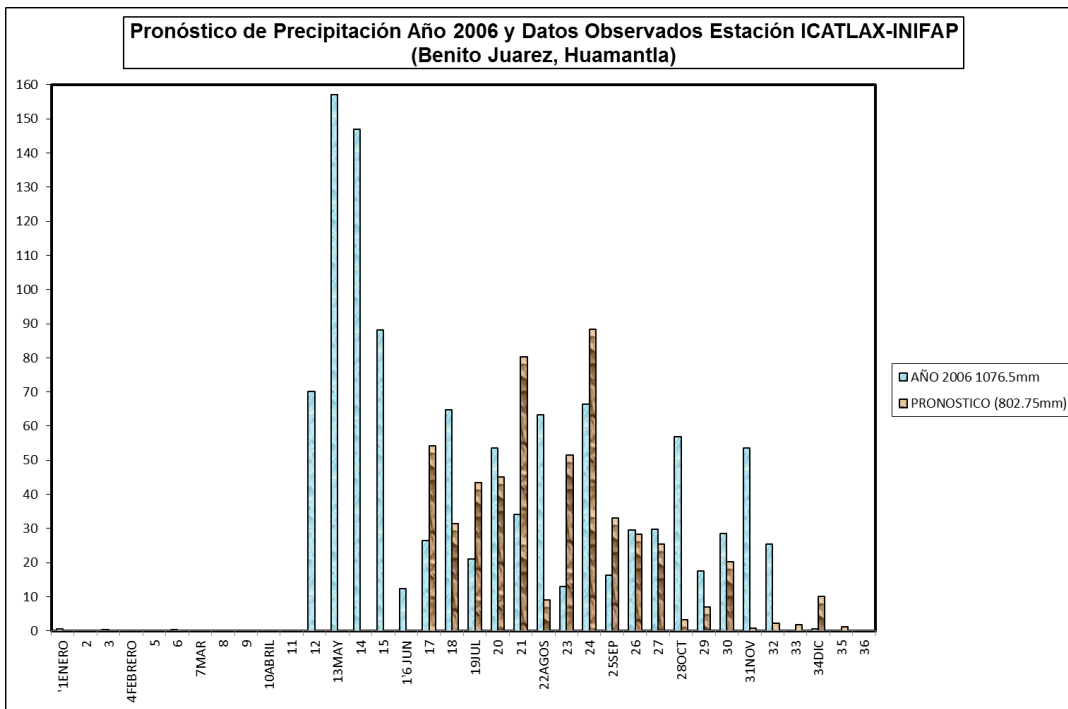


Figura 4.11 Grafica de Pronóstico decenal y datos observados año 2006 Estación 29011-Huamantla

Autor: Anayatzín S. Mendoza

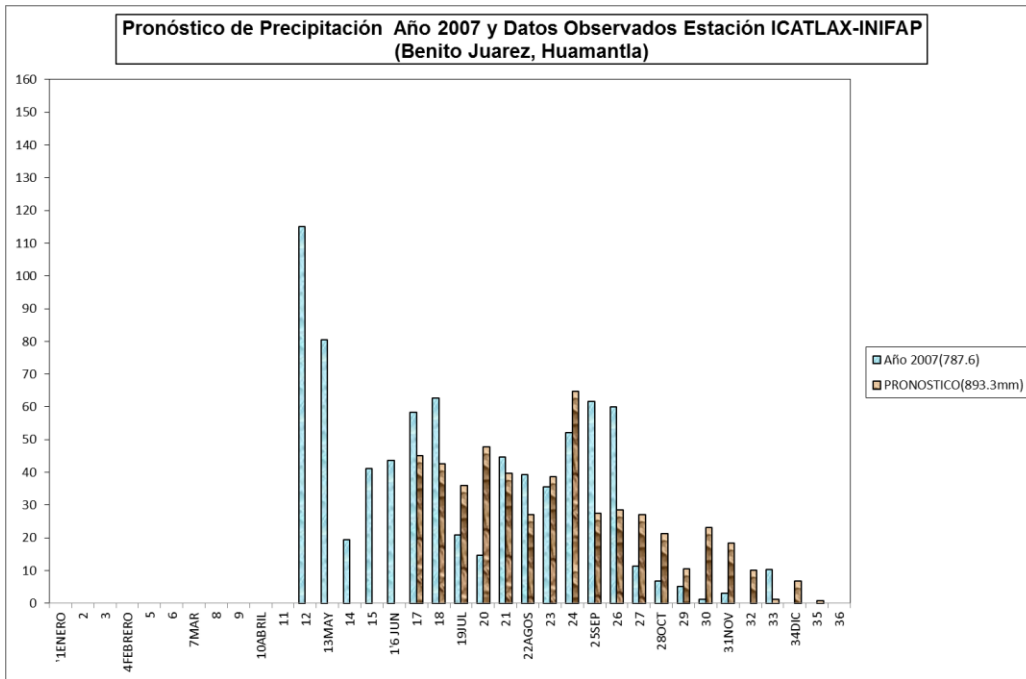


Figura 4.12 Grafica de Pronóstico decenal y datos observados año 2007 Estación 29011-Huamantla

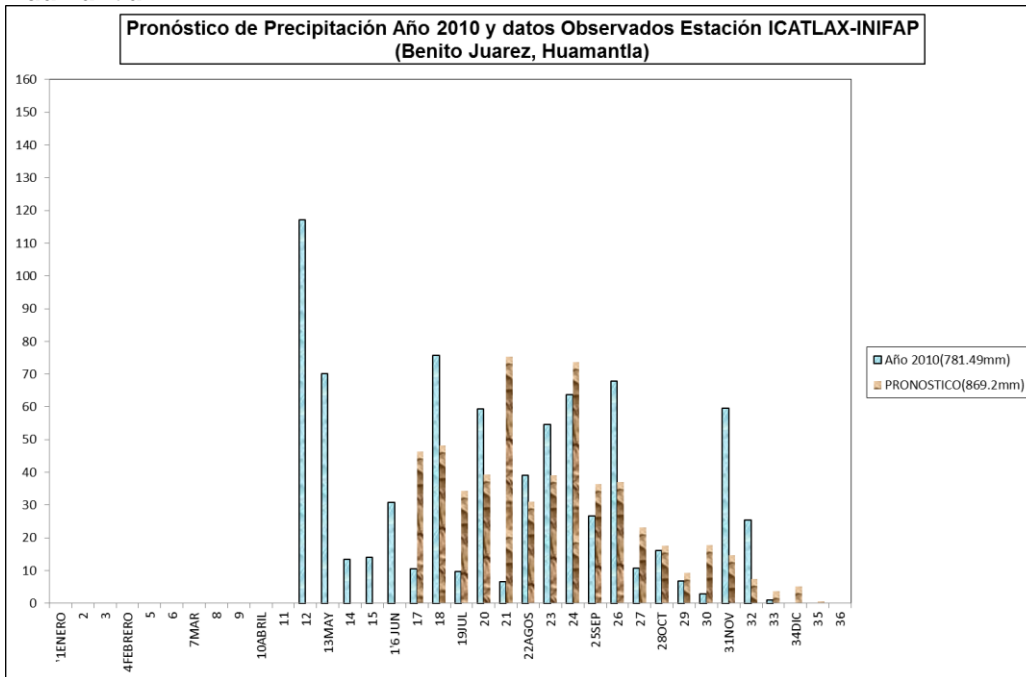


Figura 4.13 Grafica de Pronóstico decenal y datos observados año 2010 Estación 29011-Huamantla

Autor: Anayatzín S. Mendoza

La gráfica de la figura 4.14 muestra la precipitación hasta la decena 18 (Junio) para el año 2011 y su pronóstico. Se observa que la estación lluviosa inicia en la segunda decena de abril teniendo una ausencia de precipitación en la primera decena de Junio. Se pronostica que este año tenga las mismas condiciones hídricas y térmicas de los años secos por los que el cultivo de maíz de temporal tendrá déficit hídrico y térmico por lo que es de esperarse que la producción sea deficiente.

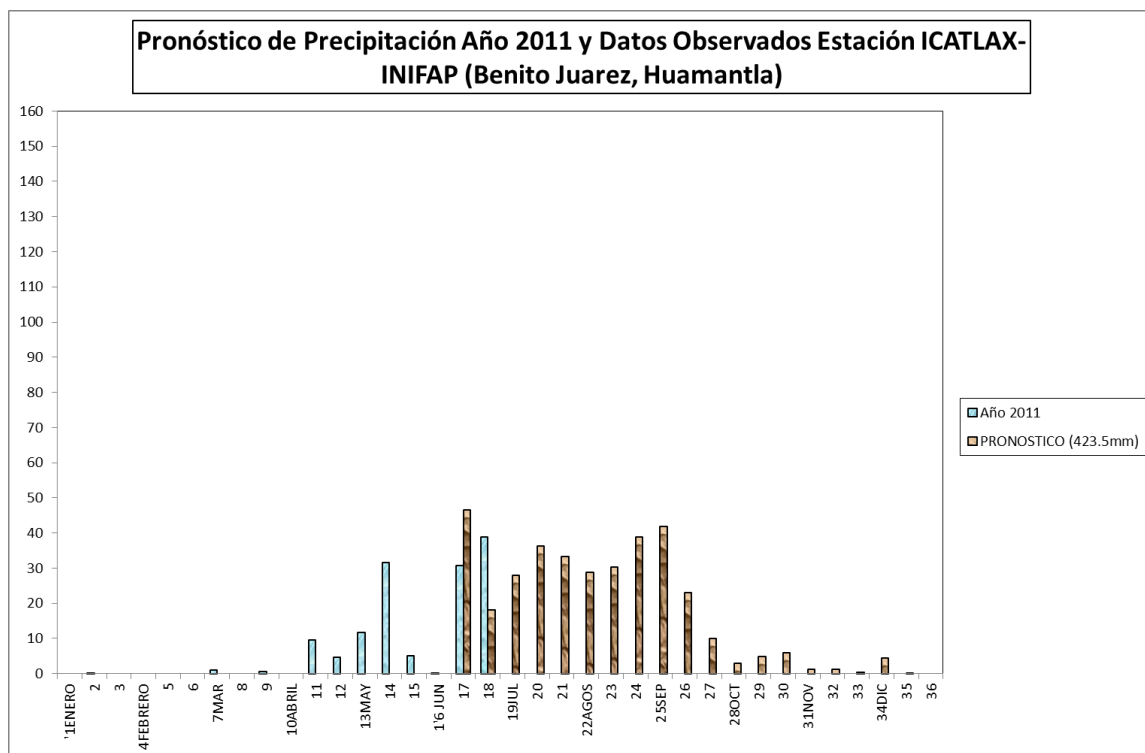


Figura 4.14 Grafica de Pronóstico decenal y datos observados año 2011 Estación 29011-Huamantla

Autor: Anayatzín S. Mendoza

4.6 Planificación de fechas de siembra

Como se menciona en el Capítulo III, los años secos en Tlaxcala son aquellos en donde no hay lluvias en abril y se presentan heladas tempranas; por lo que, el análisis de las condiciones agro climáticas del cultivo del maíz de temporal en estos años sirve para realizar una planificación de fechas de siembra con la cual se pueda obtener incrementos en los rendimientos pese a las condiciones tan adversas; así que se cálculo las condiciones agro climáticas en un año seco compuesto por todos los años secos. La gráfica de la Figura 4.15 muestra las necesidades hídricas (EP) y el agua disponible (ET) para el cultivo de maíz de temporal H-311 con 170 días de ciclo vegetativo y con fecha de siembra tradicional el 31 de marzo en un año seco compuesto. Como se puede observar en la gráfica las necesidades hídricas del cultivo no son cubiertas al 100% por lo que el índice agroclimático resultó de 49.8% por lo que los rendimientos agrícolas esperados son inferiores a 1 tonelada por hectárea.

La gráfica de la Figura 4.16 muestra las necesidades hídricas (EP) y el agua disponible (ET) para el cultivo de maíz de temporal alternativo V-23 con 110 días de ciclo vegetativo y con fecha de siembra 25 de mayo en un año seco compuesto. Como se puede observar en la gráfica las necesidades hídricas son cubiertas en su mayoría dando como resultado un Índice Agro climático de 84.5%, por lo que se puede esperar rendimientos superiores a 2 toneladas por hectárea. Cabe mencionar que en esta programación de fechas de siembra no solamente se

Autor: Anayatzín S. Mendoza

tomo en cuenta que las necesidades hídricas fueran cubiertas sino se aseguró que el al cultivo del maíz de temporal no le tocara heladas en la fase de madurez, ya que como se menciona anteriormente en estos años dramáticos se presentan heladas tempranas a partir del mes de septiembre por lo que si se hubiera propuesto un cultivo con ciclo vegetativo de 170 días de duración es muy probable que estuviera afectado por estas heladas.

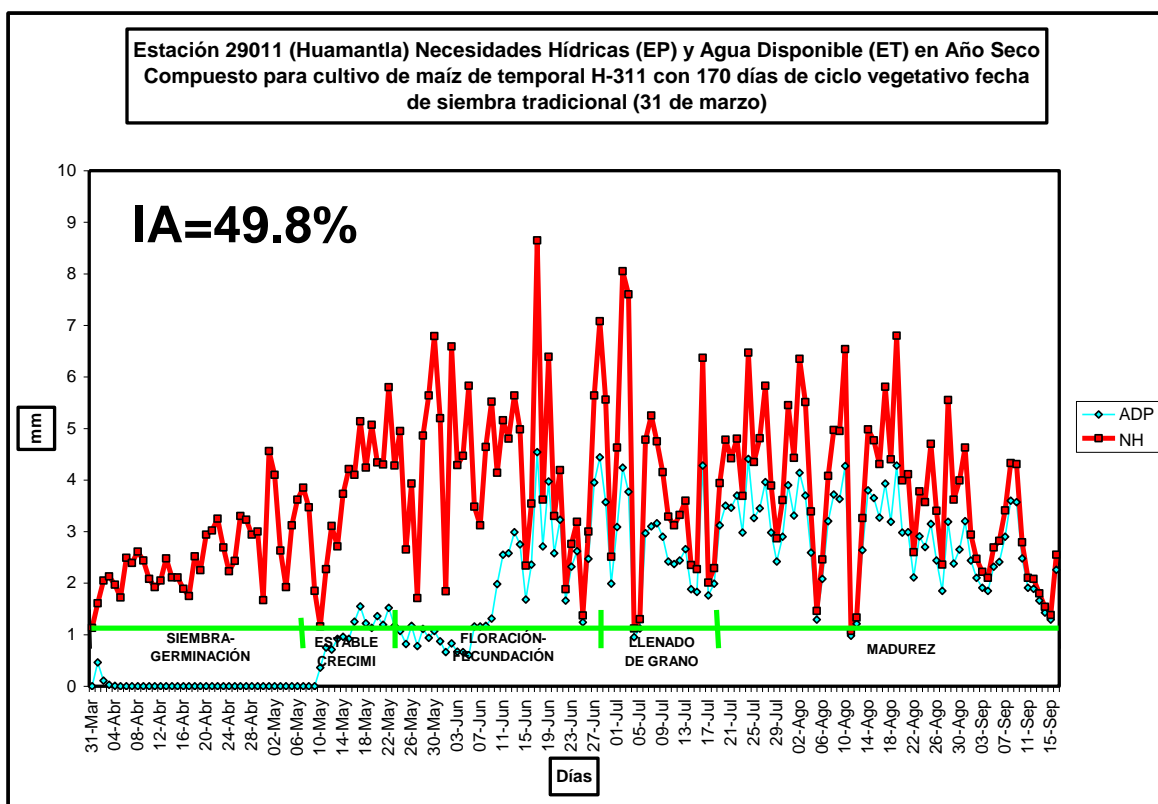


Figura 4.15 Gráfica de Necesidades hídricas del maíz (EP), curva con cuadros, y el agua disponible para el cultivo (ET), curva con rombos, así como el índice agro climático (I_A) para el año seco compuesto fecha de siembra tradicional 31 de marzo.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

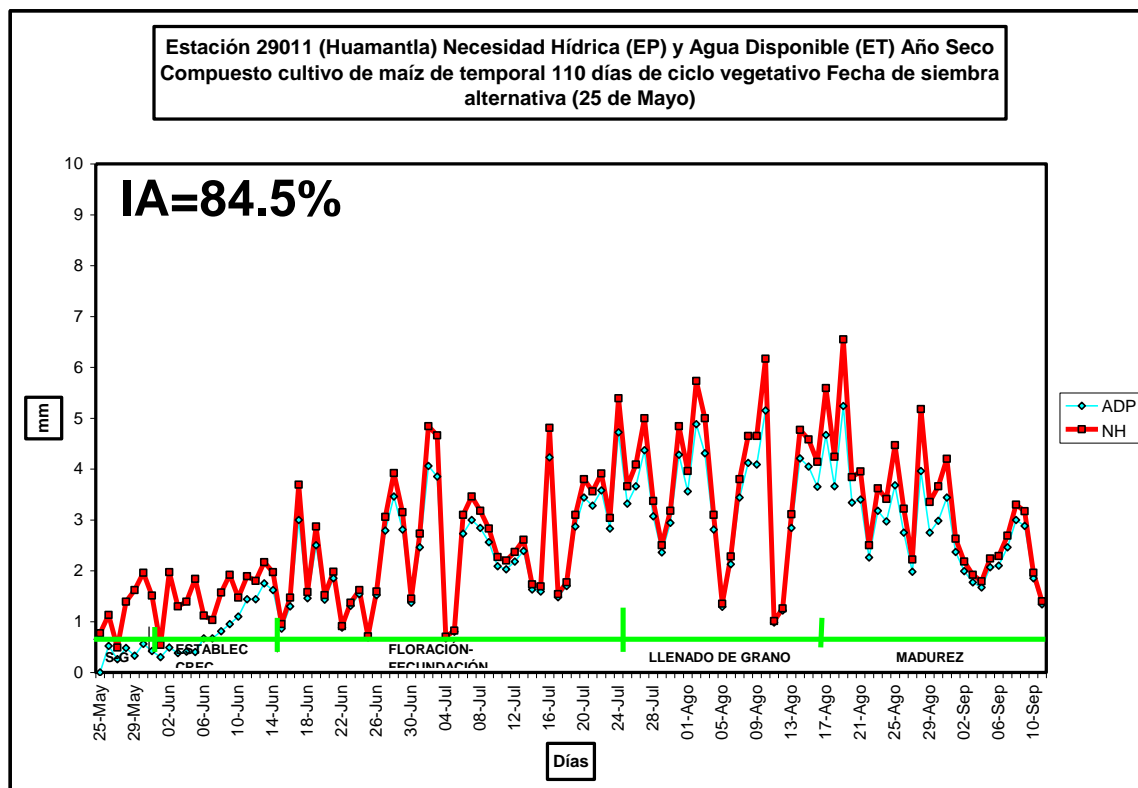


Figura 4.16 Gráfica de Necesidades hídricas del maíz (EP), curva con cuadros, y el agua disponible para el cultivo (ET), curva con rombos, así como el índice agro climático (I_A) para el año seco compuesto fecha de siembra propuesta 25 de mayo.

Autor: Anayatín S. Mendoza

4.7 Experimento del cultivo de maíz de temporal híbrido número 311 con fecha de siembra tradicional y del cultivo de maíz de temporal criollo variedad número 23 con fecha de siembra alternativa

4.7.1 Objetivo del Experimento

Para nuestro país, en donde la mayor parte de los cultivos agrícolas son de temporal, la cantidad y distribución de la lluvia son factores fundamentales; ya que la escasez de agua en cualquier etapa de crecimiento de la planta afectará el desarrollo fenológico y por lo tanto el rendimiento; por lo tal motivo se realizó un experimento para poder determinar si las condiciones agroclimáticas son las adecuadas para el desarrollo del cultivo de maíz de temporal híbrido número 311, con ciclo vegetativo tardío de 170 días de maduración y fecha tradicional 31 de marzo; el cual es utilizado por los agricultores en el municipio de Huamantla, denominado “Testigo 01” y para el cultivo de temporal tipo criollo variedad número 23, con ciclo vegetativo precoz de 110 días de maduración y fecha de siembra alternativa 25 de Mayo propuesto en este trabajo y denominado “Testigo 02”.

4.7.2 Localización Geográfica del Experimento

El experimento de campo se llevo a cabo en una hectárea de 10,000 metros cuadrados localizada entre los 97° 54' 45.9" de longitud oeste y entre los 19° 22' 3.9" de latitud norte en el pueblo de Benito Juárez del municipio de Huamantla (figura 4.17).

Autor: Anayatzín S. Mendoza

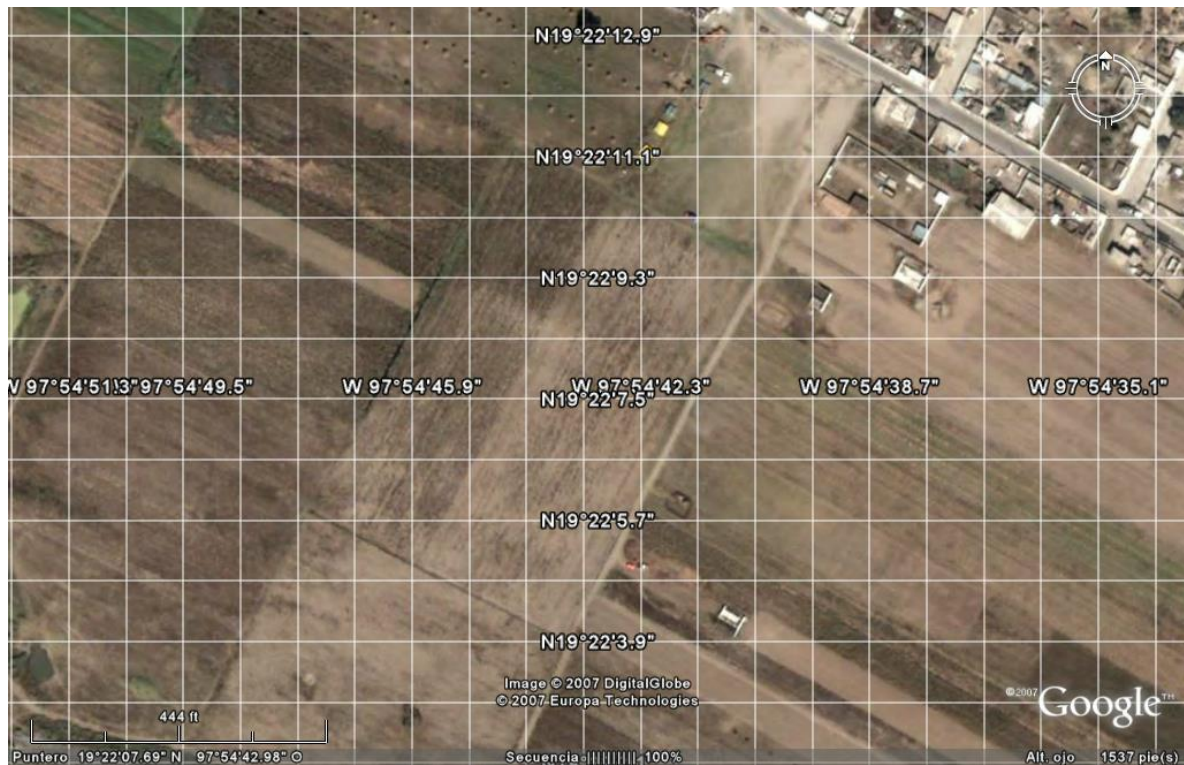


Figura 4.17 Localización Geográfica de la Hectárea Experimental. Fuente: Imagen Google Earth 2006.

La hectárea se dividió en dos parcelas proporcionales una parcela de 5500 metros cuadrados para el testigo 01 y otra parcela de 4400 metros cuadrados para el testigo 02, dejando 100 metros cuadrados libres de cultivo en los linderos de la hectárea, para evitar que el área de cultivo experimental se contaminara con las demás áreas de cultivo de maíz de temporal, evitar la sombra de los cultivos de maíz y dejar libre la zona en donde se encuentra ubicada la estación agrometeorológica denominada ICATLAX-INIFAP propiedad del Centro de Investigación Regional Campo Experimental Tlaxcala, CIRCE del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIFAP. La estación agrometeorológica se encuentra localizada en los linderos de la hectárea experimental entre los

Autor: Anayatzín S. Mendoza

97°54'42" de longitud oeste y entre los 19°22'4" de latitud norte, figura 4.18.

De esta estación agrometeorológica se tomaron datos de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, evaporación potencial y se tomaron muestras de suelo en ambas parcelas para determinar las características físicas del suelo y medir la humedad del mismo, figura 4.19.



Figura 4.18 Testigo 01, Testigo 02 y Estación Agrometeorológica ICATLAX-INIFAP Fuente: Imagen Google Earth 2006.

Autor: Anayatzín S. Mendoza



Figura 4.19. Estación agrometeorológica denominada ICATLAX-INIFAP propiedad del Centro de Investigación Regional Campo Experimental Tlaxcala, CIRCE del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIFAP

4.7.3 Condiciones Climáticas en la zona de estudio

La figura 4.20 muestra las Condiciones Climáticas en el año 2006, como se observa el año 2006 fue el año más lluvioso con una precipitación de 1076.5mm., la distribución de la precipitación tuvo un comportamiento anómalo característico de estos años ya que el inicio de lluvias tuvo un retraso de casi un mes iniciando la

Autor: Anayatzín S. Mendoza

estación lluviosa hasta el 27 de abril. Así mismo se observa que se tuvo un período libre de heladas del 01 de marzo al 06 de noviembre.

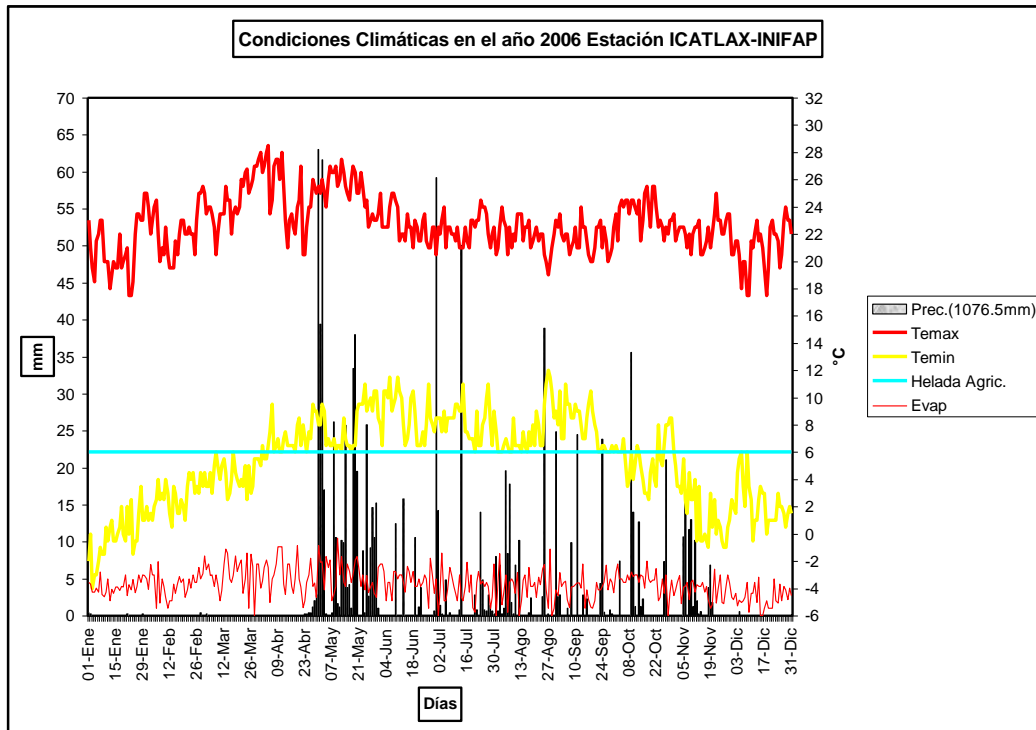


Figura 4.20 Condiciones Climáticas año 2006

4.7.4 Trabajo de Campo

Preparación del terreno Testigo 01

Se realizó un barbecho una semana antes de la fecha de siembra (25 de Marzo del 2006) para incorporar residuos vegetales y facilitar la captación de humedad.

Fecha de Siembra Testigo 01

La siembra tradicional del cultivo de maíz de temporal en el municipio de Huamantla procede al inicio del período de lluvias; para seguir con las condiciones

Autor: Anayatzín S. Mendoza

tradicionales se sembró el día 31 de marzo del 2006.

Variedad de la semilla utilizada Testigo 01

Para la siembra del Testigo 01 se utilizó la semilla híbrida número 311; de ciclo vegetativo tardío, tarda en llegar al estado fenológico Floración-Fecundación 84 días y al estado fenológico Madurez 170 días, el porte de la planta oscila entre los 2.7 y 3.0 metros de altura, en tanto que la mazorca se ubica entre 1.4 y 1.5 metros. La mazorca es semicónica de 21.4 centímetros de largo, 5.8 centímetros de diámetro en la parte media, de 16 hileras y 41 granos por hilera en promedio, el grano es de color ámbar y dentado, figura 4.21.

El rendimiento de grano obtenido en la cosecha depende de la cantidad de humedad en el suelo; si se tiene la humedad que requiere la semilla que es de 1,200 milímetros en todo su ciclo vegetativo se puede esperar de 8 a 11 toneladas por hectárea sus áreas de adaptación más favorables para su buen desarrollo fenológico son las áreas en condiciones de riego.



Figura 4.21 Mazorca de Semilla H-311. Fuente Centro de Investigación Regional Campo Experimental Tlaxcala, CIRCE del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIFAP

Densidad de siembra Testigo 01

Para obtener 45 mil plantas/ha que es la densidad de siembra que se utiliza en el municipio de Huamantla se debe surcar a 85 cm de distancia y dejar dos plantas por mata cada 55 cm, esto se logra sembrando 22.5 kg de semilla por hectárea de tipo plano grande, cada kilo de tipo plano grande tiene 2400 semillas para sembrar.

Es importante considerar que generalmente se pierde entre un 15 y 20% de la semilla sembrada, razón por la cual, es necesario aumentar la cantidad de semilla

Autor: Anayatzín S. Mendoza

que se va a sembrar del 15 al 20% para asegurar la cantidad de plantas que se desea tener.

Considerando que para el experimento del Testigo 01 se utilizó una parcela de 5500 metros cuadrados la densidad de siembra de 45 mil plantas /ha se redujo a la mitad; es decir, se utilizó una densidad de siembra de 22,500 plantas por parcela se surco a 85 cm de distancia y se dejó dos plantas por mata cada 55 cm, esto se logró sembrando 11.25 kg de semilla por parcela de tipo plano grande, incrementando la cantidad de semilla que se va a sembrar en un 20% es decir se utilizó 27,000 semillas.

Método de siembra Testigo 01

La siembra se realizó a mano, primero se hizo el surco y luego la siembra a dos semillas por golpe. La distancia de los surcos fue de 85 cm y la distancia de las matas fue de 55 cm, obteniendo 117 hileras de surcos y 100 hileras de matas, figura 4.22.

Fertilización Testigo 01

El fertilizante utilizado fue el que se usa tradicionalmente en el municipio de Huamantla para el cultivo de maíz de temporal híbrido el cual es nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en la siguiente fórmula: 150-60-00 que equivale a 217 Kg. de urea y 130 Kg. de superfosfato de calcio triple por hectárea.

La aplicación de los fertilizantes se realizó en dos partes: La primera al momento de la siembra (31 de marzo del 2006) con la adición de la tercera parte de

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Nitrógeno (urea, 72.3 Kg.) y todo el fósforo (superfosfato de calcio triple, 130 Kg.).

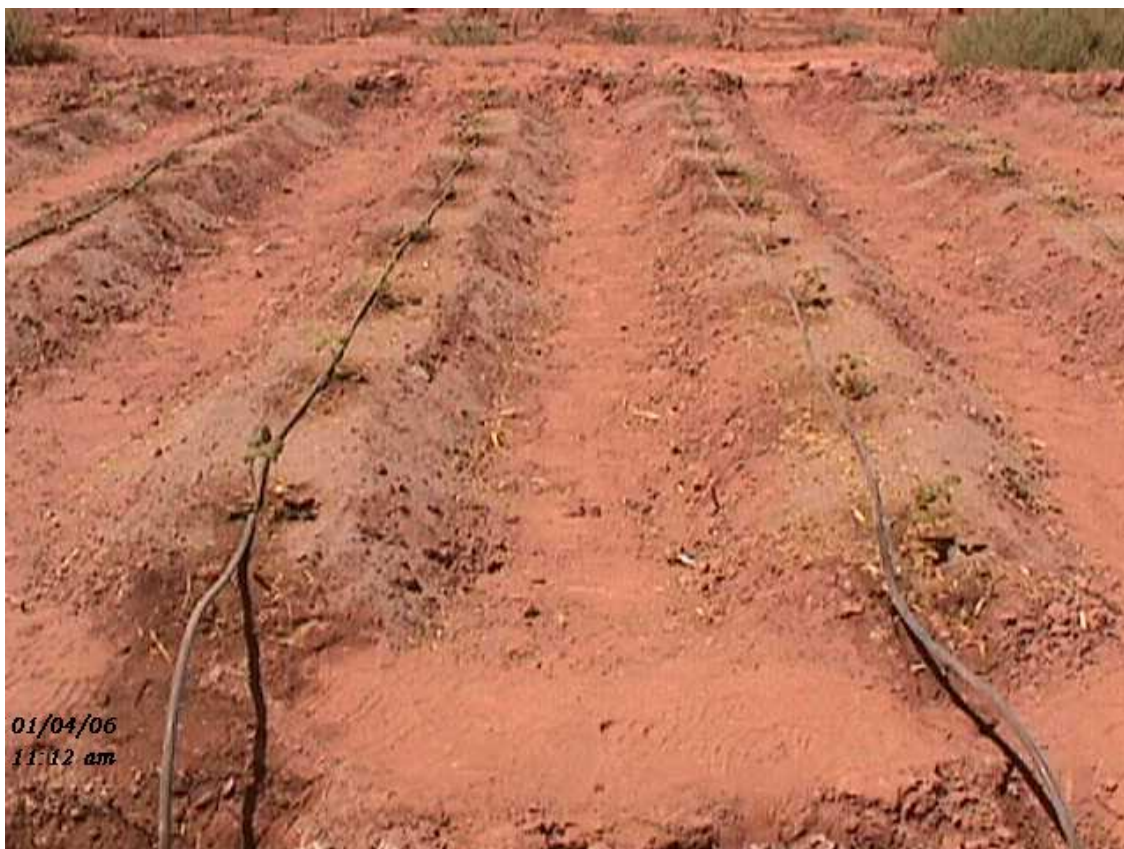


Figura 4.22 Siembra del testigo 01

La segunda en la primer labor del cultivo la cual se realizó el 03 de Junio del 2006 en el estado fenológico Floración-Fecundación, adicionando las dos terceras partes restantes de nitrógeno (urea, 144.6 Kg.).

Labores de Cultivo testigo 01

Para controlar la maleza en el cultivo de maíz, se realizó dos labores; la primer labor se realizó el 03 de Junio del 2006 en el estado fenológico Floración-Fecundación aplicando un deshierbe manual y la aplicación de fertilizante.

La segunda labor se realizó el 20 de Agosto del 2006 en el estado fenológico

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Madurez aplicando un deshierbe manual.

Preparación del terreno Testigo 02

Se realizó un barbecho una semana antes de la fecha de siembra (20 Mayo del 2006) para incorporar residuos vegetales y facilitar la captación de humedad.

Fecha de Siembra Testigo 02

La fecha de siembra que se utilizó para el testigo 02 es el 25 de Mayo del 2006 llamándola “Fecha alternativa” que es la que se propone en este trabajo de investigación por considerar que es donde el cultivo de maíz tiene las mejores condiciones agroclimáticas para su desarrollo

Variedad de la semilla utilizada Testigo 02

Para la siembra del Testigo 02 se utilizó la semilla criolla tipo variedad número 23 de polinización libre de ciclo vegetativo precoz, florece a los 61 días y alcanza la madurez a los 110 días, es adecuada para zonas de temporal malo (menos de 450 milímetros anuales de lluvia y con canícula) ya que resiste la sequía de medio verano, la altura de la planta varía de 2.1 a 2.4 metros y las mazorcas se encuentran a una altura de 1.1 a 1.2 metros, presenta mazorcas semicónicas de 20 centímetros de largo y 4 centímetros de diámetro en la parte media, de 14 hileras y 42 granos por hilera en promedio, sus granos son de color blanco y de buen tamaño su rendimiento es de 4.9 toneladas por hectárea una vez cosechado el maíz, la planta restante se puede utilizar para rastrojo alcanzando hasta 16 toneladas por hectárea figura 4.23.

Autor: Anayatzín S. Mendoza



Figura 4.23 Mazorca de Semilla V-23

Densidad de siembra Testigo 02

Se utilizó una densidad de siembra de 18720 plantas por hectárea considerando que para el experimento del Testigo 02 se utilizó una parcela de 4400 metros cuadrados se redujo a la mitad la densidad de siembra es decir se utilizó una densidad de siembra de 9360 plantas por parcela, se surco a 85 cm de distancia y se dejó dos plantas por mata cada 55 cm, sembrando 9.36 kilos de tipo plano grande, incrementando la cantidad de semilla que se va a sembrar en un 20% es decir se utilizó 22,464 semillas.

Método de siembra Testigo 02

Autor: Anayatzín S. Mendoza

La siembra se realizó a mano, primero se hizo el surco y luego la siembra a dos semillas por golpe. La distancia de los surcos fue de 85 cm y la distancia de las matas fue de 55 cm, obteniendo 117 hileras de surcos y 80 hileras de matas, figura 4.24.



Figura 4.24 Estado fenológico Establecimiento-Crecimiento Testigo 02

Fertilización Testigo 02

El fertilizante utilizado fue nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en la siguiente fórmula: 150-60-00 que equivale a 217 Kg. de urea y 130 Kg. de superfosfato de calcio triple.

La aplicación de los fertilizantes se realizó en dos partes: La primera al momento

Autor: Anayatzín S. Mendoza

de la siembra (25 de Mayo del 2206) con la adición de la tercera parte de Nitrógeno (urea, 72.3 Kg.) y todo el fósforo (superfosfato de calcio triple, 130 Kg.). La segunda en la primer labor del cultivo la cual se realizó el 03 de Junio del 2006 en el estado fenológico Establecimiento-Crecimiento, adicionando las dos terceras partes restantes de nitrógeno (urea, 144.6 Kg.).

Labores de Cultivo Testigo 02

Para controlar la maleza en el cultivo de maíz, se realizó dos labores; la primer labor se realizó el 03 de Junio del 2006 en el estado fenológico Establecimiento-Crecimiento aplicando un deshierbe manual y la aplicación de fertilizante.

La segunda labor se realizó el 20 de Agosto del 2006 en el estado fenológico Madurez aplicando un deshierbe manual.

4.7.5 Características Agroclimáticas del Testigo 01 y Testigo 02

Características Edáficas

Se tomaron muestras de suelo en las parcelas de los Testigos 01 y 02 en la zona radicular del cultivo; es decir, a 50 cm de profundidad para analizar las características edáficas de la zona del experimento y medir la humedad del suelo por el método gravímetro. En total se tomaron 26 muestras a partir de la fecha de siembra del Testigo 01 (31 de marzo) cada 10 días hasta la cosecha del Testigo 01 (16 de Noviembre). Las 26 muestras del Testigo fueron analizadas en el

Autor: Anayatzín S. Mendoza

laboratorio de suelos del Centro de Investigación Campo Experimental Tlaxcala (CIRCE) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIFAP, 2006), dando como resultado que se el suelo de la zona del experimento se clasifica taxonómicamente dentro del gran grupo Franco Arcillosos, de texturas medias y finas, presentando un porcentaje de arena de 71.2% y de arcilla de 28.8% lo cual lo hace susceptibles a la compactación; la mayoría de las muestras resultaron con baja fertilidad y alta salinidad, con drenaje de moderado a bueno en el Testigo 02, excepto en el Testigo 01 que presentó drenaje imperfecto. La Tabla 4.2 se observa 4 de las 26 muestras tanto del testigo 01 y 02 así como los resultados finales del análisis de suelo que se realizo en la zona de estudio.

La figura 4.25 muestra las condiciones de encharcamiento del Testigo 01 en la etapa de Madurez parte A y condiciones de absorción del Testigo 02 en la etapa de Madurez parte B. Se observa en la figura que el Testigo 02 absorbe mayor cantidad de agua y tiene mejor drenaje que el Testigo 01.

La figura 4.26 muestra el deslave del suelo del Testigo 01 debido al encharcamiento de agua por el drenaje imperfecto del suelo.

Tabla 4.2 Fertilidad y Características morfológicas del perfil del suelo de los sitios evaluados

Fertilidad del suelo Testigo 01 (Fecha de siembra tradicional 31 de Marzo año 2006) y Testigo 02 (Fecha de siembra alternativa 25 de Mayo)															
Testigo 01 Muestras	Tex.	M.O.	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	SO ₄	CIC	pH	RAS	CE
1	F-FA	2,2	9	78	12	0,9	0,6	232	2,4	14	11	21	7,2	5	0,14
2	FL	2,7*	0	240	5	1,1	32	62	25	5,7	5,3	28	8,3	1,3	0,20
3	FA	2,9	4	34	6	4	57	52	2,8	5,7	11	34	7,2	1,1	0,14
4	FA	2,9	4	72	27	8	1,2	184	11	15	32	16	8,2	0,21	0,44
Testigo 02 Muestras	Tex.	M.O.	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	SO ₄	CIC	pH	RAS	CE
1	FA	3,2	4	50	7	1	1,6	288	2,4	5,3	5,4	46	7,8	1,7	0,12
2	F	3,2	9	118	14	1	1	8	1,6	1,3	5	44	5,9	1,6	0,05
3	FAL	3,5	0	44	30	8	1	16	4	9	38	37	8,0	1,0	1,15
4	FAa Aa	3,3	18- 30	105- 200	2-10	1- 6	20- 80	15- 100	9-36	3-20	6-20	> 20	5,0- 8,4	< 2	0,2- 0,45
Tex.=Textura, los valores están expresados en ppm, excepto Ca, Mg y SO ₄ que están en Cmol/l, materia orgánica (M.O.) en %, CE en dS/m y CIC en Cmol/kg. RAS: Relación de adsorción de sodio. CE: Conductividad eléctrica 1:5. pH: 1:2,5. CIC: Capacidad de intercambio catiónico. Valores determinados de 50 cm de profundidad del suelo. Cifras de materia orgánica iguales o menores a 3,1 % es igual a problemas de mal drenaje y sequía.															
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL PERFIL DEL SUELO DE LOS SITIOS EVALUADOS.															
LOCALIDAD	N° hozte	Colores	Textura	Moteados	Estructura	Drenaje	R. HCl	Raíces							
Testigo 01	50 cm	GO-O	F-FA	GyL>20cm	B-débil	Malo	No-M	50							
Testigo 02	50 cm	Mos-A	FA-AL	No	B-media	Bueno	D-V	50							
MO: Marrón oliva. GO: Gris oliva. O: Oliva. GOos: Gris oliva oscuro. Mos: Marrón oscuro. A: amarillento. Gmos: Gris muy oscuro. MA: Marrón amarillento. MZ: Mezcla de colores. Estructura: B: blocosa subangular. G: granular. md: moderado desarrollo. Gde: Grande. Gran Desa: gran desarrollo. sin estr.: sin estructura. R. HCl: Reacción al ácido clorhídrico 10%. V: Reacción violenta. No: sin reacción. M:reacción moderada. D: Reacción débil. Raíces: profundidad de enraizamiento en cm.															

Autor: Anayatzín S. Mendoza

A



B



Figura 4.25. Condiciones de encharcamiento del Testigo 01 en la etapa de Madurez parte A y condiciones de absorción del Testigo 02 en la etapa de Madurez parte B.

Autor: Anayatzín S. Mendoza



Figura 4.26 *deslave del suelo del Testigo 01 debido al encharcamiento de agua por el drenaje imperfecto del suelo.*

Características de Humedad del Suelo

La figura 4.27 muestra en la parte A, la humedad calculada para el cultivo del maíz de temporal (Flores, 1998) con el coeficiente de cultivo 0.30 para la semilla H-311 con 170 días de ciclo vegetativo y la humedad observada en el Testigo 01. En la parte B, muestra la humedad calculada con el coeficiente de cultivo 0.20 para la semilla criolla tipo variedad número 23 parte con 110 días de ciclo vegetativo y la humedad observada en el Testigo 02. Se observa en la figura que el Testigo 01 tiene deficiencia de humedad en el suelo al inicio de la siembra que es el 31 de marzo y el Testigo 02 tiene mayor cantidad de humedad en el suelo al inicio de la

Autor: Anayatzín S. Mendoza

siembra que es el 25 de mayo también se observa que el modelo calcula mejor la humedad del suelo en el Testigo 02 debido a que no se satura la máxima capacidad de campo.

La figura 4.28 muestra el Balance Hídrico del cultivo del maíz de temporal, la parte A corresponde al balance con la fecha tradicional de siembra (31 de marzo) y semilla H-311 y la parte B al balance con la fecha de siembra propuesta (25 de Mayo) y semilla V-23. En ambas partes, la curva con rombos rojos corresponde a las necesidades hídricas del cultivo (NH) y la curva con cuadros azules al agua disponible (ADP); por lo tanto, el área contenido 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 A hay una deficiencia de agua para el estado de Siembra-Germinación debido al retraso de lluvias que se presentó en este año agrícola provocando que el experimento del Testigo 01 empezara con problemas de deficiencias de humedad en el suelo

Para la parte B se muestra que hay una disminución significativa del área contenida entre ambas curvas, lo cual indica que al recorrer la fecha de siembra al 25 de mayo habrá una mayor disponibilidad de agua para la planta. En la parte A y en la Parte B se muestra el índice agroclimático (IA), en la parte B hay un incremento en el índice agroclimático del casi el 100% debido a que las NH del cultivo son casi cubiertas.

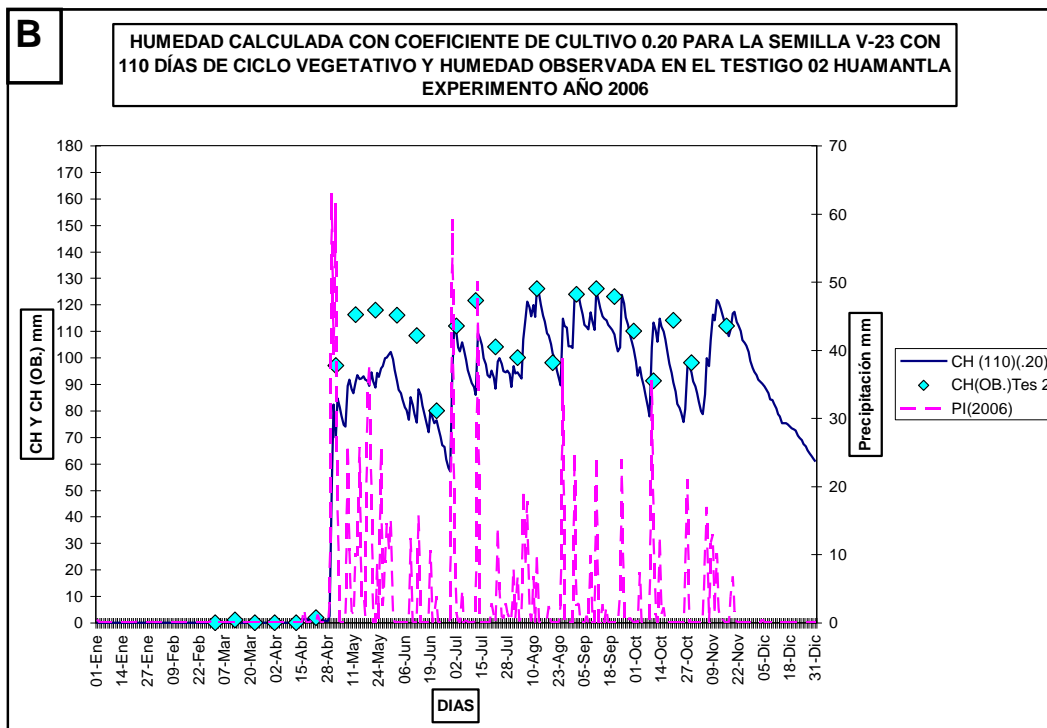
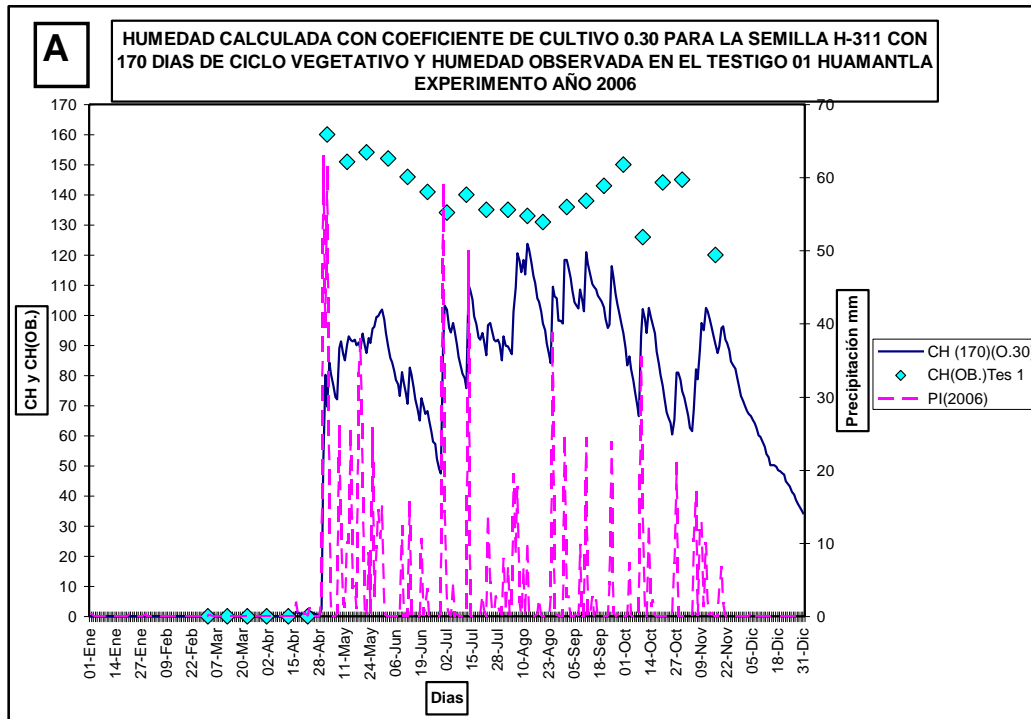


Figura 4.27. Balance de humedad con el coeficiente de cultivo para el Testigo 01 con semilla híbrida numero 311 parte A y el balance de humedad con el coeficiente de cultivo para el Testigo 02 con semilla criolla variedad numero 23 parte B.

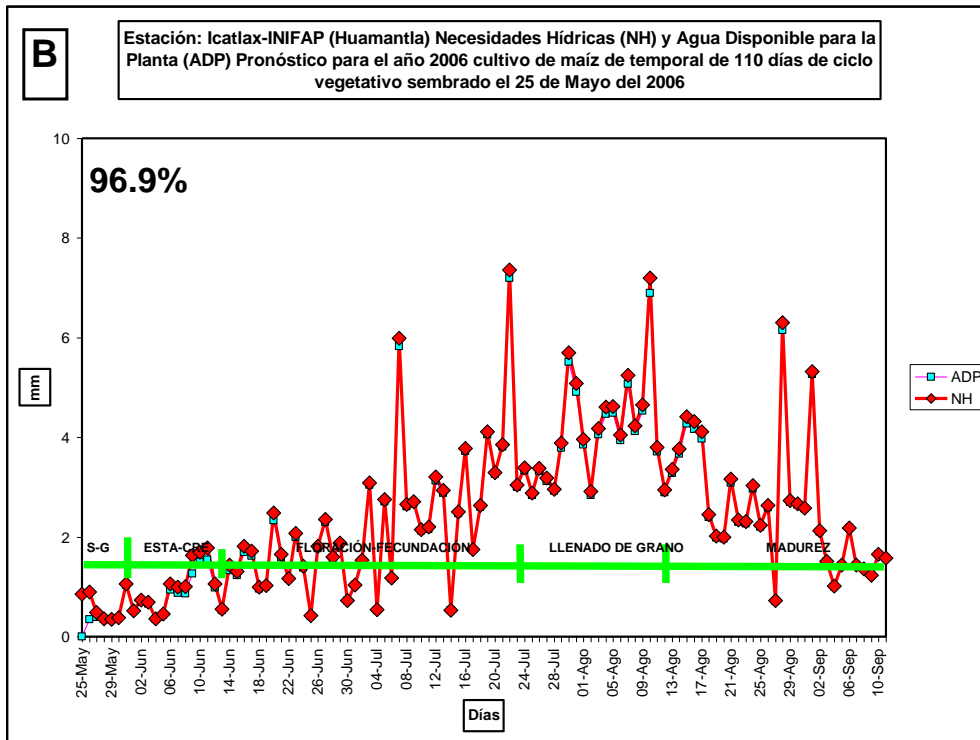
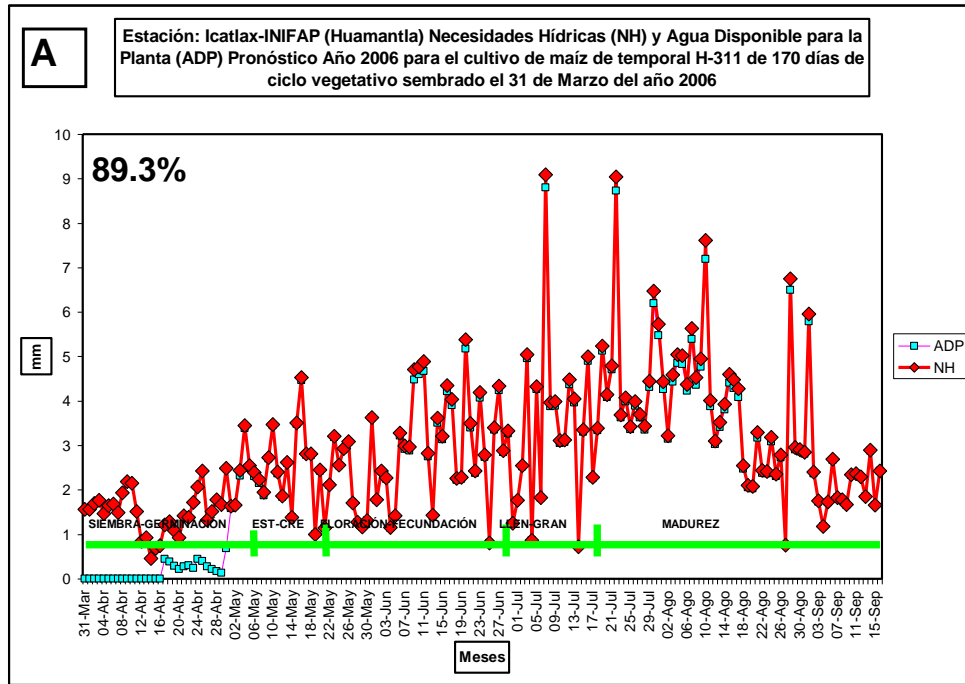


Figura 4.28. Balance Hídrico del cultivo del maíz de temporal, la parte A corresponde al balance con la fecha tradicional de siembra (31 de marzo) y semilla H-311 y la parte B al balance con la fecha de siembra propuesta (25 de Mayo) y semilla V-23.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Características Climáticas

Los factores climáticos más importantes que intervienen en el crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz de temporal 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 agroclimático de una región a partir de la evaluación de estos factores

Las tablas 4.3 A y 4.3 B, muestran las condiciones agroclimáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido número 311 sembrado en Huamantla con fecha de siembra tradicional y las condiciones agroclimáticas en los estados fenológicos del maíz criollo tipo variedad número 23 sembrado con fecha alternativa respectivamente. En las tablas, en la primera columna se muestran los estados fenológicos del maíz, la segunda la duración en días de cada uno de los estados, en la tercera, quinta, sexta y séptima columnas se muestran respectivamente, la precipitación, las NH, el ADP y el déficit hídrico, todas ellas cantidades acumuladas durante el período del estado fenológico; y finalmente la cuarta columna muestra la temperatura media mínima en cada estado fenológico.

La comparación de las tablas muestra que con la semilla y fecha de siembra propuesta se obtiene una disminución en las NH del cultivo, un aumento en el ADP y una disminución importante en el déficit hídrico así como un promedio de temperaturas mínimas de 6°C evitando el daño al cultivo por heladas.

Tabla 4.3 A Condiciones Agroclimáticas en los estados fenológicos del maíz híbrido número 311 con fecha de siembra tradicional en Huamantla

Fecha de siembra: 31 de marzo

Fecha de madurez: 17 de Septiembre

Fecha de cosecha: 16 de Noviembre

Período libre de heladas: Del 01 de Marzo al 06 de Noviembre

estado fenológico	duración en días	p precipitación	tmin temp. min	nh necesidades hídricas	adp agua disponible	d deficit hidric.
Siembra-Germinación	0-35	188	5.5	58.29	15.9	42.39
Establecimiento-Crecimiento	35-50	185.74	5.8	38.13	37.6	0.53
Floración-Fecundación	50-90	189.56	4.7	115	112.64	2.36
Llenado de Grano	90-110	75	3.7	72.25	70.92	1.33
Madurez	110-170	211.5	3.9	206.23	200.46	5.77
TOTAL	170	849.8	4.7	489.9	437	52.9

Tabla 4.3 B Condiciones Agroclimáticas en los estados fenológicos del maíz criollo variedad numero 23 con fecha de siembra alternativa en Huamantla

Fecha de siembra: 25 de mayo

Fecha de madurez: 11 de Septiembre

Fecha de cosecha: 11 de Septiembre

Período libre de heladas: Del 01 de Marzo al 06 de Noviembre

estado fenológico	duración en días	p precipitación	tmin temp. min	nh necesidades hídricas	adp agua disponible	d deficit hidric.
Siembra-Germinación	0-5	62.75	6	2.93	1.42	1.5
Establecimiento-Crecimiento	5-20	44.41	6	15.38	13.88	1.5
Floración-Fecundación	20-60	169.6	6.2	92.6	90.68	1.92
Llenado de Grano	60-80	87.8	6.2	86	84.22	1.78
Madurez	80-110	110.04	5.9	70.83	69.66	1.17
TOTAL	110	474.6	6	267.74	259.86	7.88

Autor: Anayatzín S. Mendoza
Características Fenológicas

Siembra-Crecimiento

El cultivo de maíz de temporal del Testigo fue sembrado el 31 de marzo fecha del inicio de las primeras lluvias en Huamantla pero se presentó un estrés abiótico temprano: el retraso del inicio de la estación de lluvias; el inicio de la estación de lluvias se presentó hasta el 27 de abril, provocando que al iniciarse la siembra del cultivo el suelo estuviera completamente seco como se observa en la figura 4.29 que muestra las condiciones de sequía del suelo en el Testigo 02 por falta de lluvias al inicio de la siembra.



Figura 4.29 *Condiciones de sequía en el suelo por falta de lluvias al inicio de la siembra.*

Autor: Anayatzín S. Mendoza

El Testigo 02 no presentó estrés abiótico temprano por el retraso de lluvias ya que se sembró el 25 de mayo; fecha en que ya se había presentado la estación lluviosa lo cual permitió un ingreso continuo de agua en el suelo. La figura 4.30 muestra la práctica de barbecho una semana antes de la siembra; se puede observar en la figura, que el suelo tiene suficiente humedad inclusive se pudo realizar el barbecho en forma manual.



Figura 4.30 Barbecho Testigo 02

La sequía que se presentó en el cultivo del Testigo 01 en etapa fenológica siembra-germinación por el retraso de la estación lluviosa provocó que el

Autor: Anayatzín S. Mendoza

crecimiento se viera afectado en el resto de los estados fenológicos; ya que, como el maíz tiene una escasa capacidad para producir macollos productivos, el cultivo no pudo compensar el efecto de la sequía, aún cuando las lluvias fueron adecuadas en el resto del ciclo vegetativo. En el caso del testigo 02; la humedad inicial en suelo por la presencia de la estación lluviosa, mantuvo la turgencia de la planta y una profunda penetración de las raíces que permitió la explotación de un mayor volumen de agua del suelo y por lo tanto un mayor crecimiento en comparación con el Testigo 01. La figura 4.31 muestra al Testigo 01 parte A y al Testigo 02 parte B en la etapa de Establecimiento-Crecimiento, se observa en la figura la gran diferencia de tamaño y de color en las plantas en ambos cultivos.



Autor: Anayatzín S. Mendoza



La figura 4.31 Testigo 01 parte A y al Testigo 02 parte B en la etapa de Establecimiento-Crecimiento

Floración-Fecundación

Cuando ocurre un período seco en la etapa de floración hay una disminución del tamaño de las espiguillas, lo cual puede llevar a la esterilidad o a una severa reducción en el número de granos por mazorca; lamentablemente, el cultivo del testigo 01 tuvo un período seco del 27 de mayo al 27 de junio, coincidiendo con esta delicada etapa del cultivo. La figura 4.32 muestra en la parte A la espiguilla del testigo 01 y en la parte B la espiguilla del testigo 02. Se observa en la figura que hubo una disminución en el tamaño de la espiguilla del testigo 01 en comparación con el tamaño de la espiguilla del testigo 02.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Llenado de Grano

Hubo diferencias significativas en el estado de llenado de grano en ambos testigos. La figura 4.33 muestra a los cultivos del testigo 01 y del testigo 02 en la etapa de llenado de grano parte A y parte B respectivamente, como se puede observar en la figura el tamaño de la mazorcas del testigo 02 es mucho mayor que las mazorcas del testigo 01, inclusive el testigo 02 presenta mazorcas cuateras debido al buen aprovechamiento del agua en el suelo.



Autor: Anayatzín S. Mendoza

B



La figura 4.32 Parte A la espiguilla del testigo 01 y en la parte B la espiguilla del testigo 02.



La figura 4.33 Testigo 01 parte A en el estado de llenado de grano y Testigo 02 parte B en el estado de llenado de grano

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Madurez

En el estado de Madurez las diferencias fueron muy significativas en cuanto a la altura y turgencia de la planta. La figura 4.34 muestra al Testigo 01 y a al Testigo 02 en la etapa de madurez, se observa en la figura que el tamaño y la turgencia del Testigo 01 es mucho menor al Testigo 02 debido a que como se ha mostrado en los párrafos anteriores hubo una sequía al inicio de la siembra del testigo 01 por el retraso de lluvias que se presento en ese año agrícola provocando que el cultivo estuviera en estrés temprano por falta de humedad en el suelo y ocasionando que el cultivo no se repusiera en los demás estados fonológicos a pesar de que fue un año lluvioso. Así que el método que se propone en este trabajo de investigación el cual consiste en retrasar la fecha de siembra hasta el periodo en el cual las condiciones agro climáticas son las adecuadas para el cultivo y el de cambiar el tipo de semilla híbrida numero 311 por la semilla criolla tipo variedad numero 23 puede asegurar un mejoramiento del desarrollo vegetativo de la planta y por lo tanto un incremento en el rendimiento como se vera en los apartado siguiente.

Autor: Anayatzín S. Mendoza



Figura 4.34. Testigo 01 y el Testigo 02 en el estado fonológico de Madurez.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

4.8 Relación Costo-beneficio de la producción de maíz de temporal tradicional y alternativo

Método

El método para obtener el análisis económico en los Testigos 01 y 02 se efectuó con la aplicación de la metodología y los conceptos presentados en el libro titulado “Estudio Regionales” de Javier Masías (1982).

Costos de Producción

Hay dos rubros en los Costos de Producción Agrícolas:

- a) Costos Variables: Fertilizantes, semillas, funguicidas, etc.
- b) Costos Fijos: Mano de obra, renta de la tierra, análisis de suelo, certificación de siembra, etc

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

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

$$ST(\text{Ton})=S(\text{Has})\times SS \quad (13)$$

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:

Autor: Anayatzín S. Mendoza

$$CTS(\$)=ST(\text{Ton}) \times PST(\$) \quad (14)$$

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:

$$CTF(\text{Ton})=F(\text{Has}) \times SS \quad (15)$$

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:

$$CTF(\$)=CTF(\text{Ton}) \times PFT \quad (16)$$

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, barbecho, siembra, fertilización, deshierbe, cosecha, desgrano y encostalado. Cada un 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.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

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 se calcularán dichas cantidades para los cultivos del Testigo 01 y del Testigo 02 y se hará un análisis comparativo de la relación costo-beneficio en estos cultivos.

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:

$$PT(Ton)=R \times SC \quad (17)$$

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:

Autor: Anayatzín S. Mendoza

$$PT(\$) = PT(\text{Ton}) \times PV(\$) \quad (18)$$

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:

$$I = PT(\$) - C \quad (19)$$

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

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 (19), se dividen entre la producción total en pesos y se multiplica por 100, es decir:

$$B(\%) = \frac{I}{PT(\$)} \times 100 \quad (20)$$

donde B(%) es el porcentaje del beneficio.

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Resultados Costos de Producción Testigo 01

Tabla 4.4 Estimación aproximada en el costo del material del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 01 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 5500 metros cuadrados

SEMILLA ABONO	CANTIDAD UTILIZADA POR SUP S(Ha) F(Ha)	CANTIDAD TOTAL UTILIZADA ST(Kg) CTF(Kg)	PRECIO DE LA SEMILLA Y DEL FERTILIZANT E POR KILOGRAMO PST(\$) PFT(\$)	COSTO TOTAL DE LA SEMILLA Y DEL ABONO CTS(\$) CTF(\$)
H-311	22.5 kg.	11.25 kg	\$95.00	\$1069
Urea	217 kg.	108.5 kg	\$2.75	\$299
Superfosfato de Calcio Triple	130 kg	65 kg	\$2.45	\$160
CANTIDAD TOTAL Y COSTO TOTAL DEL MATERIAL	372.5 kg	184.75 kg	\$100.2	\$1528

Tabla 4.5 Estimación aproximada del costo de mano de obra del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 01 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 5500 metros

ACTIVIDAD	COSTO×H A	COSTO× SUPERF ICIE SEMBRADA
Barbecho	\$160	\$80
Siembra y 1er Fertilización	\$260	\$130
1erDeshierbe manual y 2ª.Fertilización	\$260	\$130
2º Deshierbe manual	\$100	\$50
Cosecha, Desgrano y Encostalado	\$320	\$160
COSTO TOTAL× HA Y COSTO TOTAL× SUPERFICIE SEMBRADA	\$1100	\$550

Fuente: Anayatzín S. Mendoza Castro

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Tabla 4.6 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 01 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 5500 metros

Super. Cosec (m ²) SC	Rend (kilos/sup)	Cantidad Cosec. (Kg) PT(kg)	Precio del grano de MaízH- 311 × Kg PV(\$)	Produc. Total PT(\$)	Costo de Producción (\$)	Ingreso (\$)	Benef (%) B(%)
5500	0.01	55	0.92	50.5	2,078	-2,027.5	-----

En la tabla 4.6 se observa que el rendimiento del Testigo 01 es de 0.01 kilos por superficie dando como resultado una cosecha de 55 kilos de grano de maíz por superficie sembrada, esta cosecha se vendió a un precio de \$0.92 centavos el kilo lo cual da como resultado una producción de \$50.50 pesos lo cual no alcanzo a cubrir los costos de producción de \$2,078 pesos teniendo una perdida económica de \$2,027.50 pesos-

Resultados Costos de Producción Testigo 02

Tabla 4.7 Estimación aproximada en el costo del material del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 02 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 4400 metros cuadrados

SEMILLA ABONO	CANTIDAD UTILIZADA POR SUP S(Ha) F(Ha)	CANTIDAD TOTAL UTILIZADA ST(Kg) CTF(Kg)	PRECIO DE LA SEMILLA Y DEL FERTILIZANTE POR KILOGRAMO PST(\$) PFT(\$)	COSTO TOTAL DE LA SEMILLA Y DEL ABONO CTS(\$) CTF(\$)
V-23	18.72 kg.	9.36 kg	\$60.00	\$562
Urea	217 kg.	108.5 kg	\$2.75	\$299
Superfosfato de Calcio Triple	130 kg	65 kg	\$2.45	\$160
CANTIDAD TOTAL Y COSTO TOTAL DEL MATERIAL	372.5 kg	184.75 kg	\$65.20	\$1,021

Autor: Anayatzín S. Mendoza

Fuente: Anayatzín s. Mendoza Castro.

Tabla 4.8 Estimación aproximada del costo de mano de obra del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 02 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 4400 metros

ACTIVIDAD	COSTO × H A	COSTO × SUPERFICIE SEMBRADA
Barbecho	\$160	\$80
Siembra y 1er Fertilización	\$260	\$130
1er Deshierbe manual y 2ª Fertilización	\$260	\$130
2º Deshierbe manual	\$100	\$50
Cosecha, Desgrano y Encostado	\$320	\$160
COSTO TOTAL × HA Y COSTO TOTAL × SUPERFICIE SEMBRADA	\$1100	\$550

Fuente: Anayatzín S. Mendoza Castro

Tabla 4.9 Análisis Económico Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz de temporal en el experimento del Testigo 02 sembrado en el municipio de Huamantla, Tlaxcala en una superficie sembrada de 4400 metros

Super. Cosec (m ²) SC	Rend (kilos/sup)	Cantidad Cosec. (Kg) PT(kg)	Precio del grano de Maíz H-311 × Kg PV(\$)	Produc. Total PT(\$)	Costo de Producción (\$) C	Ingreso (\$) I	Benef (%) B(%)
4400	0.425	1870	1.5	2,805	1,571	1,234	44

En la tabla 4.6 se observa que el rendimiento del Testigo 01 es de 0.01 kilos por superficie dando como resultado una cosecha de 55 kilos de grano de maíz por superficie sembrada, esta cosecha se vendió a un precio de \$0.92 centavos el kilo lo cual da como resultado una producción de \$50.50 pesos lo cual no alcanza a cubrir los costos de producción de \$2,078 pesos teniendo una pérdida económica de \$2,027.50 pesos.

En la tabla 4.9 se observa que el rendimiento del Testigo 02 es de 0.425 kilos por superficie dando como resultado una cosecha de 1870 kilos de grano de maíz por

Autor: Anayatzín S. Mendoza

superficie sembrada, esta cosecha se vendió a \$1.50 pesos el kilo lo cual da como resultado una producción de \$2,805 pesos teniendo una ganancia de \$1,234.00 pesos cubriendo perfectamente los costos de producción y se obtuvo un beneficio del 44%.

Así mismo se tuvo la alternativa de que el cultivo se puede cosechar antes del 15 de septiembre teniendo posibilidades en el mercado para la venta de maíz para pozole utilizado en las fiestas patrias cosa que se realizó en el experimento así mismo se puede utilizar para venta libre como grano de consume mejor conocido como elotizas y esquites y para mixtamal y realizar tortillas echas en forma tradicional como también se realizó en el experimento y cubrir así los costos de producción y obtener una ganancia extra. En la figura 4.35 se muestra la cosecha del Testigo 02, la figura 4.36 parte A y parte B muestra el desgranado para la venta de grano para pozole y para venta a granel realizado por el dueño de la hectárea prestada para el experimento y la figura 4.37 en la parte A muestra la venta a granel de esquites y la parte B la venta a granel de elotes

Autor: Anayatzín S. Mendoza



Figura 4.35 se muestra la cosecha del Testigo 02

Autor: Anayatzín S. Mendoza



Figura 4.36 parte A y parte B muestra el desgranado para la venta de grano para pozole y para venta a granel realizado por el dueño de la hectárea prestada para el experimento.

Autor: Anayatzín S. Mendoza



Figura 4.37 en la parte A muestra la venta a granel de esquites y la parte B la venta a granel de elotes

CAPITULO V
ANALISIS Y DIAGNOSTICO DEL
SISTEMA PRODUCTIVO DEL CULTIVO
DE MAÍZ DE TEMPORAL EN EL
ESTADO DE TLAXCALA

5.1 Antecedentes Históricos del Cultivo de Maíz de Temporal

En 1967, el estado de Tlaxcala se conformaba de 44 municipios de los cuales 9 eran considerados como ciudades con una población mayor a 15,000 habitantes, los 35 municipios restantes eran comunidades rurales con una población que variaba desde 300 hasta 15,000 habitantes (ver mapa de la figura 5.1). En total Tlaxcala contaba con una población de 284,338 habitantes. Según la SARH (1981) el número de agricultores minifundistas (dueños de hasta 5 hectáreas) era de 50,260 y de agricultores latifundistas (dueños de más de 5 hectáreas) era de 8,531 y la superficie cultivable para el cultivo de maíz criollo en la región se estimó en 99,904.135 hectáreas de las cuales 61,710.285 hectáreas eran unidades de producción ejidal y 38,193.850 hectáreas eran unidades de producción privada

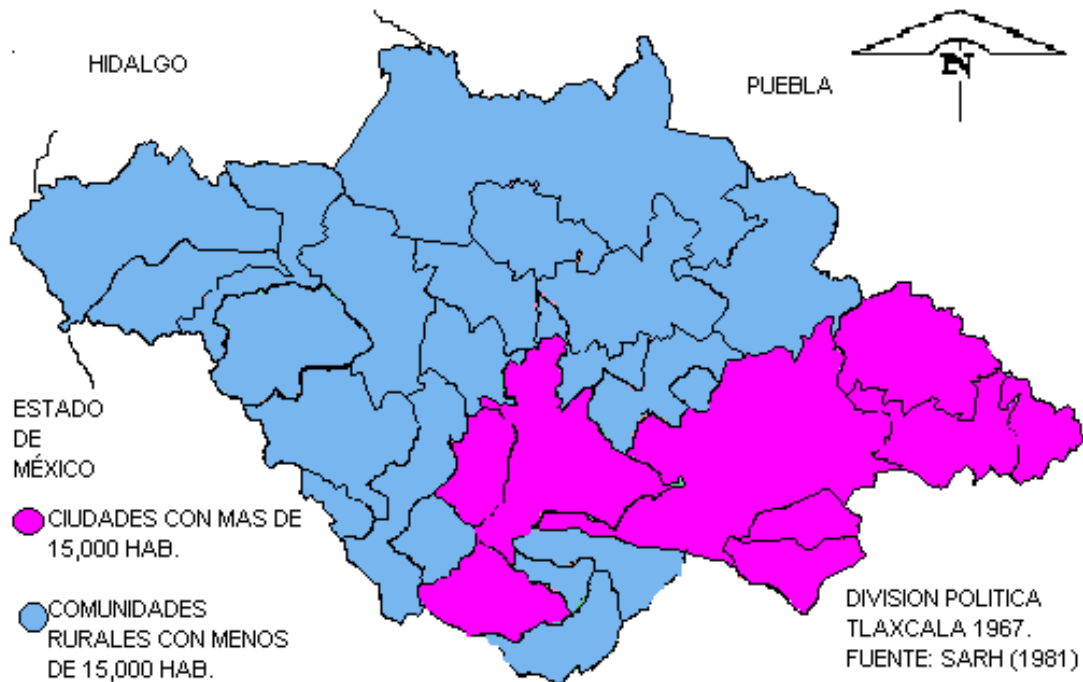


Figura 5.1 Mapa de División Política de Tlaxcala año 1967

En 1967 las prácticas de cultivo y la densidad de siembra eran las mismas que se había venido usando durante generaciones e incluso; algunas de esas prácticas se remontaban a la cultura indígena. Sembraban semillas criollas que a través de muchos años se habían adaptado a las plagas comunes de la zona, a la canícula (sequía de medio verano) y a las heladas; la más utilizada era la semilla de maíz blanco (ahora se le conoce como variedad 23) con un ciclo vegetativo precoz, de 110 días de maduración (ver figura 5.2). La fecha de siembra utilizada era el 03 de mayo día en que se celebra la Santa Cruz, fiesta trascendental entre numerosos grupos indígenas, la Santa Cruz tomó el lugar de Centéotl, Diosa del maíz tierno o elote (ver figura 5.3), cosechaban el 20 de agosto fecha en que se llevaban a cabo las principales celebraciones a la Diosa Yaxk'in; es decir, a la Madre Tierra (ver figura 5.4) (Osorio et al, 1974). Al final del período de cosechas, el rendimiento era de 4 toneladas por hectárea con una densidad de siembra de 18,720 plantas por hectárea; utilizaban 26 kilogramos de estiércol por hectárea como fertilizante orgánico y en cuanto al control de plagas quemaban las malas hierbas que crecían alrededor del cultivo para producir humo y así matar los insectos; lo cual servía también como control de malezas (SARH, 1981). En cuanto a la producción obtenida era utilizada para satisfacer sus necesidades de consumo familiar y aquellos que vendían una parte de la cosecha lo hacían en cantidades que variaban de 10 a 50% de la producción, generalmente con el propósito de cubrir ciertos gastos de urgencia, como la enfermedad de algún familiar, las ventas se hacían principalmente en los mercados regionales de Huamantla y Cuapixtla.



Figura 5.2 Prácticas de cultivo en Tlaxcala año 1967



Figura 5.3 Diosa del Maíz tierno o elote Centéotl fecha de celebración 03 de Mayo



Figura 5.4 Diosa de la Madre Tierra Yaxk'in fecha de celebración 20 de agosto

El precio que se pagaba por el producto variaba de 850 pesos a 940 pesos por tonelada dependiendo si se vendía en la propia comunidad o en las bodegas de CONASUPO, que almacenaban el maíz producido por los agricultores (SARH, 1981). En base a declaraciones de agricultores que en aquellas épocas producían y vendían maíz, la ventaja que obtenían al vender directamente a la comunidad y no a CONASUPO era que recibían el pago de inmediato y que no se les hacían descuentos por humedad o impurezas, lo cual compensaba el menor precio que recibían.

5.2 Introducción de Semillas Híbridas de Maíz en el estado de Tlaxcala 1967-1969

La introducción de la semilla híbrida de maíz en el estado de Tlaxcala fue en el contexto de una extensión territorial del Programa Plan Puebla el cual fue diseñado por un grupo de investigadores del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CYMMIT) los cuales para diseñar el programa se basaron en el método y resultados de la “Revolución Verde”.

Los inicios de la “Revolución Verde” en el cultivo del maíz se remontan en Estados Unidos en el año de 1950 por la empresa Pioneer Hi-Bred, al facilitar la obtención de maíces híbridos dobles (procedentes del cruce de dos híbridos sencillos) y la esterilidad masculina (que eliminó la actividad agrícola de cortar a mano la flor para evitar la polinización autógena). A si mismo esta empresa logro obtener una mayor resistencia a la roya del tallo del maíz (enfermedad causado por el hongo *Puccinia sorghi.*); sin embargo cuando le aplicaron la dosis recomendada de fertilizante, la planta sufrió el fenómeno de encamado (el tallo se dobla y se rompe bajo su peso). Los investigadores entonces buscaron encontrar una solución con otras variedades de tallo más corto, cosa que lograron tras hibridarlas con una variedad enana japonesa Norin 10; además de que, los genes de enanismo incrementan el rendimiento en grano a expensas del resto de biomasa, y resisten más los daños por viento. Se obtuvieron, pues, variedades resistentes a la roya, de tallo corto, que evitaban el encamado, y de alto rendimiento bajo condiciones adecuadas de regadío y de abonado. En cuanto a rendimientos se dio un paso

gigante, ya que se pasó de 4 toneladas por hectárea a 8 toneladas (Cubero et al 1993).

En Tlaxcala el objetivo principal del Programa Puebla fue que los pequeños agricultores de maíz de temporal pudieran tener acceso a la tecnología moderna de producción así como a diversos servicios ofrecidos por el gobierno (créditos agrícolas, seguros agrícolas y precios de garantía) ya que la gran mayoría de los pequeños agricultores, ubicados en áreas de temporal, permanecían al margen de esos beneficios y dependían fundamentalmente de una tecnología tradicional transmitida de generación en generación, así mismo este programa fue aplicado por el gobierno como una solución a la crisis agrícola que se venía dando desde el año de 1965 (Myren, 1969).

La etapa piloto del Programa de Asistencia Técnica Agrícola y Crédito denominado P.A.T.A.C por sus siglas; inicia con la siembra de semillas híbridas en el ciclo agrícola primavera-verano de 1967 y consistió en 27 experimentos en sitios que representaban los de mayor producción de maíz de temporal criollo concretamente en el municipio de Huamantla el cual contaba con 3,542 agricultores de los cuales 977 eran dueños de propiedad privada; es decir latifundistas y 2,565 eran dueños ejidales; es decir minifundistas, la superficie sembrada era de 12,623 hectáreas de las cuales 5,966 eran hectáreas privadas y 6,657 eran hectáreas ejidales.

Durante estos 27 experimentos se estudiaron las dosis de fertilizantes químicos, las épocas de aplicación, las densidades de plantas por hectárea y las fechas de siembra. Además, se hicieron experimentos orientados hacia el mejoramiento genético del maíz (Myren, 1969). En este año las condiciones climáticas estuvieron dentro de un rango normal con una precipitación anual acumulada de 663 mm, lo cual contribuyó al éxito de los experimentos al finalizar el ciclo agrícola primavera-verano obteniendo un rendimiento de 7 toneladas por hectárea utilizando la semilla híbrida denominada H-311 de 170 días de maduración con fecha de siembra el 31 de Marzo y cosechando el 16 de septiembre, bajo condiciones de temporal con aplicaciones de 100 kilogramos de nitrógeno y 60 kilogramos de fósforo, no utilizando potasio ya que no se obtuvo buena respuesta a este fertilizante. La densidad óptima por hectárea fue de 45 mil plantas por hectárea (Esquivel, 1986).

Ante los resultados en los 27 experimentos y considerando que con el incremento de la dosis de fertilizante casi se duplicó el rendimiento, se tomó la decisión de iniciar la promoción ante los agricultores del municipio de Huamantla en el siguiente ciclo agrícola primavera-verano 1968 para que se iniciara la siembra de semillas H-311 de 170 días de maduración fijando la fecha de siembra al 31 de marzo y la fecha de cosecha al 16 de septiembre con la misma aplicación de fertilizantes químicos y densidad de siembra que se había utilizado en los experimentos anteriores. La Promoción y la invitación se hicieron por medio de las autoridades municipales. El interés se despertó en 1500 agricultores tanto

latifundistas como ejidales, ya que estaban enterados del éxito obtenido en los rendimientos; sin embargo, dado que para probar las semillas híbridas y la nueva dosis de fertilizantes se requería comprar los insumos a la par; es decir un kilo de semilla y un kilo de fertilizante al mismo tiempo al contado, (lo que en el año de 1982 sería llamado Paquete Agrícola kilo x kilo) como era de esperarse en la lista de voluntarios sólo quedaron los 977 agricultores latifundistas por ser los de mayor poder adquisitivo, con superficies promedio de 6 hectáreas por agricultor. La superficie total con que participaron esos primeros voluntarios fue de 5,966 hectáreas como se observa en la tabla 5.1 en donde se muestra el número de participantes al P.A.T.A.C y número de hectáreas en donde fue aplicado el P.A.T.A.C.

Tabla 5.1 Numero de participantes al Programa de Asistencia Técnica Agrícola y Crédito (P.A.T.A.C) y numero de hectáreas en donde fue aplicado el Programa de Asistencia Técnica Agrícola y Crédito en Huamantla, Tlaxcala, 1967-1969.

AÑO AGRÍCOLA	NÚMERO LATIFUNDISTAS	NÚMERO DE HA. PRIVADAS	NÚMERO DE MINIFUNDISTAS	NÚMERO DE HA. EJIDALES	NÚMERO DE PARTICIPANTES	NÚMERO DE HA. PARTICIPANTES
1967	977	5966	2565	6657	-----	-----
1968	977	5966	2556	6657	977	5966
1969	977	5966	2565	6657	3477	12441

Fuente: SARH (1981), SICLIM y CLICOM (2007).

El equipo de divulgación organizó demostraciones locales para enseñar a los participantes el uso correcto de las semillas híbridas y la dosis de fertilizante. Los agricultores tomaron parte activa en la aplicación de fertilizantes, también participaron en la siembra de las semillas híbridas siguiendo las instrucciones de los divulgadores para lograr la densidad de siembra de plantas adecuada. Los agricultores participantes aprendieron tanto a aplicar el fertilizante como la siembra

de semillas híbridas con el fin de que si los resultados eran convincentes, pudieran seguir aplicándolos en el futuro (Myren, 1969). Las condiciones climáticas para el ciclo primavera verano de 1968 fueron dentro del rango normal, teniendo una precipitación acumulada en el año de 666 milímetros, contribuyendo al éxito del cultivo de las semillas híbridas. Los primeros participantes obtuvieron un rendimiento promedio de 6.5 toneladas por hectárea, en contraste con el promedio de la región que fue de 4.2 toneladas por hectárea, como se observa en la tabla 5.2 la cual muestra el Ciclo agrícola, el Valor de la Precipitación y los Rendimientos unitarios de maíz en predios participantes en el programa de Asistencia Técnica comparados con predios no participantes en el programa de Asistencia Técnica en Huamantla, Tlaxcala. 1967-1969 (toneladas por hectárea). (Esquivel, 1986).

Tabla 5.2 Ciclo agrícola, Valor de la Precipitación y Rendimientos unitarios de maíz en predios participantes en el programa de Asistencia Técnica comparados con predios no participantes en el programa de Asistencia Técnica en Huamantla, Tlaxcala. 1967-1969.

CICLO AGRICOLA	PRECIPITACIÓN MM	RENDIMIENTO PARTICIPANTES TON/HA	RENDIMIENTO NO PARTICIPANTES TON/HA	DIFERENCIA
1967	663	-----	-----	-----
1968	666	6.5	4.2	2.3
1969	438.2	0.5	2.2	-1.7

El equipo de divulgación aprovechó el éxito de la primera participación de los agricultores latifundistas para organizar demostraciones locales a los agricultores minifundistas y les explicaban como a través de la semilla híbrida y los fertilizantes químicos se podía hasta duplicar el rendimiento esperado. Estas demostraciones dieron excelentes resultados, la mayoría de los asistentes a las demostraciones

locales se entusiasmo por participar en el ciclo agrícola 1969, pues tenían la esperanza de duplicar su productividad. El entusiasmo se tradujo en una lista de 2,500 agricultores minifundistas y a los 977 agricultores latifundistas que deseaban participar en el P.A.T.A.C el cual en este año fueron otorgados por primera vez créditos agrícolas para la compra de la semilla híbrida denominada H-311 y la compra de los fertilizantes químicos Urea y Superfosfato de Calcio Triple; estos insumos serían aplicados a 12,441 hectáreas (Ver tabla 5.1) (Esquivel, 1986).

El grupo de investigación del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CYMMIT) conjuntamente con las autoridades municipales y los bancos oficiales esperaban repetir el éxito obtenido en el anterior ciclo agrícola primavera-verano de 1968 pero sucedió un fenómeno climático no previsto “la sequía del año 1969” en este año la precipitación anual acumulada fue de 438.2 así mismo se presentaron heladas por radiación es decir heladas negras a lo largo de todo el ciclo agrícola por lo que el rendimiento decayó de 6.5 toneladas del ciclo agrícola anterior a 0.5 toneladas por hectárea, los 65 agricultores que no estaban dentro del P.A.T.A.C y que utilizaron la semilla criolla de maíz blanco obtuvieron un rendimiento de 2.2 toneladas por hectárea (ver tabla 5.2), (Esquivel, 1986). El resultado fue desastroso para los agricultores minifundistas ya que se habían comprometido con los créditos agrícolas otorgados por los Bancos Oficiales; los cuales en sus contratos no estipulaba ningún seguro agrícola en contra de siniestros agrícolas por fenómenos naturales como sequías, heladas, granizo, inundaciones, incendios y plagas. Los agricultores latifundistas no tuvieron tantas

perdidas económicas debido a que ellos no solicitaron créditos agrícolas (Myren,1969).

La solución tomada por el gobierno Mexicano ante ese desastre agrícola fue importar harina de maíz para cubrir el desabasto del producto en ese año, importar semilla híbrida H-311 de la compañía Pioneer Hi-Bred para cubrir el siguiente ciclo agrícola de 1970 y crear dos instituciones descentralizadas PRONASE Y BANRURAL. La comercialización de la harina importada así como la compra de grano se realizó a través de CONASUPO y la distribución de la semilla híbrida y la venta de fertilizantes químicos se realizó a través de la nueva institución PRONASE. Esta institución estaba conformada por ingenieros agrícolas y agricultores latifundistas los cuales por su poder adquisitivo eran dueños de la gran mayoría de semillas importadas. BANRURAL fue la institución encargada a partir de ese año del otorgamiento de los créditos agrícolas y de promover por primera vez los seguros agrícolas los cuales hasta la fecha no han modificado su cláusula principal sobre contingencias climatológicas la cual únicamente cubre por fenómenos climatológicos extremos: sequía y exceso de precipitación, definidos ambos en el seguro agrícola como “un desequilibrio temporal de la disponibilidad hídrica producida por la naturaleza, que tiene como consecuencia la pérdida total del cultivo, ya sea porque impide su implantación o disminuye el valor de la producción esperada en un importe que lo hace insuficiente para cubrir los costos de recolección” (Myren, 1969).

En ese año, los créditos agrícolas oficiales otorgados fueron el 6.8% del total de los agricultores de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala; es decir solamente se les otorgo a 3997.79 agricultores (El BANJIDAL solamente atendió a 6.4%, es decir a 3762.62 agricultores y el BANRURAL al 0.4%, es decir a 235.16 agricultores) teniendo una tasa de interés; según los entrevistados, del 10% mensual. Debido al porcentaje tan bajo de créditos agrícolas otorgados se observó el fenómeno económico de compras a largo plazo, el cual consiste en que el agricultor compromete su cosecha con los comerciantes mayoritarios (en este caso CONASUPO) a cambio de un préstamo que recibe de tres a seis meses antes de la cosecha (SARH, 1981).

Debido al endeudamiento que tenían los agricultores minifundistas que habían participado en el P.A.T.A.C no les quedo otra solución que seguir participando en dicho programa, los 65 agricultores que no habían participado en el programa fueron convencidos por los seguros agrícolas otorgados por BANRURAL que cubrían daños por sequías; evento climático extremo al cual, los agricultores tienen mucho miedo hasta la fecha debido a que no solamente ocasiona daños en el cultivo sino a que en años con sequías se presentan heladas por radiación las cuales afectan directamente el rendimiento; sin embargo cabe mencionar que, los contratos de seguros agrícolas a partir de ese año y hasta la fecha no cubren los daños por heladas, granizo, incendios y plagas, (SARH, 1981).

5.3 Impacto socioeconómico por la introducción de semillas híbridas de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala 1970-2006

A partir del ciclo agrícola de 1970, con base en los resultados de los experimentos de 1967 a 1969, el grupo de investigadores regionales del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CYMMIT) inicio un proceso de afinamiento de las recomendaciones, estudiando las respuestas de diferentes tipos de semillas híbridas a diferentes dosis de fertilizantes y a diferentes densidades de siembra. Así fue como, para 1970, se contó con seis diferentes recomendaciones de semillas híbridas para el cultivo del maíz que pretendía solucionar de alguna manera el fracaso del año agrícola 1969 (Myren, 1969).

En la tabla 5.3 que muestra el numero de participantes al Programa de Asistencia Técnica Agrícola y Crédito (P.A.T.A.C) y el numero de hectáreas en donde fue aplicado el Programa de Asistencia Técnica Agrícola y Crédito 1970-1989 se puede observar que el numero de participantes ascendió a partir de 1970 a 4,833 productores, los cuales solicitaron crédito para 16,520 hectáreas; cabe mencionar que un grupo de agricultores se rehusó a entrar al P.A.T.A.C el cual en su mayoría era personas de edad avanzada que querían continuar con la siembra tradicional

Tabla 5.3 Numero de participantes al Programa de Asistencia Técnica Agrícola y Crédito (P.A.T.A.C) y numero de hectáreas en donde fue aplicado el Programa de Asistencia Técnica Agrícola y Crédito en Huamantla, Tlaxcala

AÑO AGRÍCOLA	NÚMERO LATIFUNDISTAS	NÚMERO DE HA. PRIVADAS	NÚMERO DE MINIFUNDISTAS	NÚMERO DE HA. EJIDALES	NÚMERO DE PARTICIPANTES	NÚMERO DE HA. PARTICIPANTES
1970	1268	7608	3565	8912.5	4833	16520
1971	1375	8250	3865	19662.5	5240	17912.5
1972	1525	9150	4677	11692.5	6202	20842.5
1973	1725	10350	5677	14192.5	7402	24545.5
1974	2648	15888	5854	14635	8502	30523
1975	3248	19488	6154	15385	9402	34873
1976	3998	23988	6604	16510	10602	40498
1977	4748	28488	7204	18010	11952	46498
1978	5548	33288	7854	18635	13402	51923
1979	6198	37188	8476	21190	14674	58378
1980	6788	40728	9078	22695	15866	63424
1981	7408	44448	9710	24275	17118	68723
1982	7977	47862	10233	25582	18210	73444
1983	8610	51660	10834	27085	19444	78745
1984	9130	54780	11474	28685	20604	83465
1985	9750	58500	12002	30005	21752	88505
1986	10383	62698	12504	31260	22887	93558
1987	11005	66030	13156	32890	24161	98920
1988	11528	68492	13814	34535	25342	103027
1989	12180	73080	14446	36115	26626	103195

Fuente: SARH (1981), SICLIM y CLICOM (2007).

En la tabla 5.4 que muestra el Ciclo agrícola, el Valor de la Precipitación y los Rendimientos unitarios de maíz en predios participantes en el programa de Asistencia Técnica comparados con predios no participantes en el programa de Asistencia Técnica en Huamantla, Tlaxcala 1967-1989; se puede observar que las condiciones climáticas fueron dentro del rango normal en el ciclo agrícola de 1970 con una precipitación anual acumulada de 666mm por lo que el grupo de investigadores esperaba contar con un rendimiento como el del año 1967 y 1968

pero no fue así ya que el rendimiento fue de 1.2 toneladas por hectárea mientras que para el grupo de agricultores minifundistas no participantes al P.A.T.A.C fue de 4 toneladas por hectárea, con una diferencia entre ambos rendimientos de 2.8 toneladas por hectárea (Esquivel, 1986). Las consecuencias de este decaimiento en el rendimiento responden a situaciones socio-económicas que fueron clave para que a partir de esta fecha el Sistema Productivo del Cultivo del Maíz no tuviera una estructura económica sustentable.

En el año 1970 los agricultores no pudieron hacer uso de los créditos agrícolas; debido a que, en una de las cláusulas de los créditos agrícolas estipulaba que no se otorgaría el dinero para la compra de agroquímicos requeridos por la semillas híbridas si en el ciclo agrícola anterior la producción de maíz de temporal no se encontraba dentro de los estándares permitidos y como en el año de 1969 la producción obtenida fue por debajo de estos estándares permitidos por la sequía que se presentó en ese año, no se otorgaron créditos agrícolas para el ciclo agrícola primavera-verano de 1970 por lo que los agricultores sembraron maíz sin la aplicación de agroquímicos por lo que la producción bajó considerablemente tanto en calidad como en cantidad. Cabe mencionar que en ese año BANRURAL otorgó por primera vez los seguros agrícolas por inundaciones y sequías así que los agricultores minifundistas no contaron con ningún tipo de protección económica al iniciar el ciclo agrícola de 1970. Aunado a esto CONASUPO pagó muy poco por la producción debido a que la calidad del grano era muy mala (SARH, 1981).

Tabla 5.4 Ciclo agrícola, Valor de la Precipitación y Rendimientos unitarios de maíz en predios participantes en el programa de Asistencia Técnica comparados con predios no participantes en el programa de Asistencia Técnica en Huamantla, Tlaxcala. 1967-1989.

CICLO AGRICOLA	PRECIPITACIÓN MM	RENDIMIENTO PARTICIPANTES TON/HA	RENDIMIENTO NO PARTICIPANTES TON/HA	DIFERENCIA
1970	666	1.2	4	-2.8
1971	635	1.2	4	-2.8
1972	662	1.3	4.2	-2.9
1973	711	1.5	4.5	-3
1974	666	1.2	4	-2.8
1975	666	1.2	4.1	-2.9
1976	711	1.5	4.3	-2.8
1977	636	1.2	4	-2.8
1978	636	1.2	4	-2.8
1979	824.6	3.7	4.5	-0.8
1980	636	1.2	4	-2.8
1981	781	3	4.5	-1.5
1982	435	0.2	2.1	-1.9
1983	343.9	0.3	2	-1.7
1984	664	1.2	4	-2.8
1985	665	1.2	4.2	-3
1986	666	1.2	4.2	-3
1987	711	1.5	4.3	-2.8
1988	711	1.5	4	-2.5
1989	711	1.5	4.3	-2.8

Fuente: SARH (1981), SICLIM y CLICOM (2007).

Como respuesta a la mala producción de 1970 para el ciclo agrícola del año 1971 los investigadores agrónomos recomendaron un aumento en la dosis de fertilizantes y permanecieron vigentes las seis semillas híbridas recomendadas, el número de participantes directos en el P.A.T.A.C fue de 5,240, los cuales solicitaron apoyo para cultivar 17,912.5 hectáreas (Tabla 5.3). El rendimiento fue de 1.2 toneladas por hectárea y para los que no participaron el P.A.T.A.C obtuvieron un rendimiento de 4 toneladas por hectárea (Tabla 5.4). Nuevamente en este año los agricultores no utilizaron agroquímicos debido a que la producción

de 1970 fue muy baja y no pudieron utilizar los créditos agrícolas y a pesar de que ya se habían otorgados seguros agrícolas tampoco pudieron utilizarlos debido a que las condiciones climáticas en ese año fueron dentro de un rango normal con una precipitación anual acumulada de 635 mm (Tabla 5.4) (SARH, 1981).

En 1972, el grupo de investigadores tomo en cuenta el hecho de que los agricultores minifundistas no estaban comprando agroquímicos debido a la cláusula de los créditos agrícolas sobre los estándares de producción, por lo que generaron una recomendación de semilla híbrida denominada de capital limitado la cual era un híbrido mezclado con el criollo blanco de la zona para crear lo que ahora es el Blanco Tlaltenango el cual a pesar de tener un ciclo vegetativo largo de 170 días de maduración requiere de menor cantidad de agroquímicos y de agua a costa de su biomasa, por lo que no resiste por mucho tiempo temperaturas por debajo de los 6°C haciéndolo susceptible a las heladas El grupo de investigadores se dieron a la tarea de promover este híbrido ante los agricultores minifundistas y de dar abasto a PRONASE para su venta. Los agricultores sembraron en este año el maíz Blanco Tlaltenango y pesar de que las condiciones climáticas fueron dentro de una rango normal con una precipitación anual acumulada de 662 mm (Tabla 5.4) el cultivo no resistió las heladas características de la zona de los valles de Apan, Huamantla; por lo que, la producción fue muy baja con un rendimiento de 1.3 toneladas por hectárea (Tabla 5.4). En ese ciclo, la participación al P.A.T.A.C ascendió a 6,202 agricultores, quienes sembraron 20,842.5 hectáreas (Tabla 5.3) (SARH, 1981).

De 1973 a 1978 la tasa de participación al P.A.T.A.C fue creciendo constantemente, (Tabla 5.3), el rendimiento de 1973 a 1978 fue en promedio de 1.5 toneladas por hectárea (Tabla 5.4), no fue hasta que en 1979 el promedio alcanzo los 3.7 toneladas por hectárea esto debido a que se presento precipitación por arriba de lo normal como se puede observar en el tabla 5.4, permitiendo que en el ciclo agrícola de ese año el cultivo de maíz híbrido tuviera mejores condiciones agro climáticas (Esquivel, 1986).

Por otra parte a partir de 1980 se llevo a cabo la consolidación de organizaciones campesinas las cuales se formaron a partir del descontento por las cláusulas de los créditos y seguros agrícolas así como el proceso de recepción y compra el cual fue atrasado por CONASUPO hasta el 16 de Noviembre y no en la fecha de maduración la cual era el 16 de Septiembre. A causa del atraso de la fecha de recepción CONASUPO aplicó descuentos a los maíces que sobrepasaban el 12% de humedad y restringió la compra a cantidades mínimas de 500 kilogramos por vendedor. Estas organizaciones campesinas lograron que se descontara el 30% de sus deudas ante BANRURAL y BANJIDAL; por medio del Sistema Alimentario Mexicano SAM (SARH, 1981).

Como se observa en la tabla 5.4 el rendimiento de la región decayó de manera notable en 1982 y 1983, por las condiciones climáticas desfavorables presentándose dos años con extrema sequía; sin embargo, es importante hacer notar que, a partir de 1984 y hasta 1989, las condiciones climáticas fueron

favorables. Por ende, los bajos niveles del rendimiento promedio en la región (1.5 toneladas por hectárea para los seis años) no se relacionaron de manera fundamental con el clima, sino a la evolución de las políticas agrarias a escala nacional y a la crisis económica la cual está relacionada con el cambio de fecha de recepción, a la mala calidad del maíz, a los precios de garantía los cuales no son respetados y a los costos de producción (Esquivel, 1986).

En la tabla 5.5 se presenta el análisis económico para 1982 año con desastre agrícola y 1984 año considerado como de año de recuperación. En la tabla 5.6 se presenta el valor total de la producción de maíz y la ganancia o pérdida neta obtenida considerando como costos de producción al costo de mano de obra y el costo de uso o renta de la tierra.

El primer aspecto que llama la atención en la tabla 5.6 es para el ciclo agrícola de 1982 en donde se tiene una pérdida de 28,422.36 pesos en las 4.38 hectáreas sembradas por el campesino encuestado, es decir, que tuvo una pérdida por hectárea de 6,486 pesos. En 1984 con un mejor precio de referencia y con una mayor productividad, al restar el valor de la producción obtenida en las 3.94 hectáreas sembradas, los costos de producción se llega a una ganancia de 22,286.49 pesos, esto es, 5,657 pesos por hectárea.

Tabla 5.5 Costos totales de producción del maíz en los ciclos agrícolas de 1982 y 1984 en hectáreas sembradas por un campesino encuestado.

CONCEPTO	AÑO CON DESASTRE AGRICOLA 1982	AÑO DE RECUPERACIÓN AGRICOLA 1984
INSUMOS	MONTO EN PESOS	MONTO EN PESOS
Fertilizantes químicos	8096.88	9049.48
Abono orgánico		
Semilla para siembra	1158.95	1356.53
Insecticidas	83.01	152.86
Herbicidas	497.98	579.64
Combustible	103.84	87.54
Empaque y costales	176	776.32
Agua de riego		
Otros gastos	144	155.30
Subtotal	10260.66	12157.67
SERVICIOS	MONTO EN PESOS	MONTO EN PESOS
Costo de maquinaria		
Costo de yuntas	15404.54	10851.36
Renta de terrenos	308.82	315.58
Pago de aparcería	538.11	3009.27
Costo de transporte	3995.50	4908.90
Pago de intereses bancarios	2072.12	
Pago de seguro agrícola	897.26	
Otros Servicios	1355.72	
Subtotal	24572	13085.11
MANO DE OBRA	MONTO EN PESOS	MONTO EN PESOS
Mano de obra pagada	8367.81	8628.86
Mano de obra familiar	18086.67	12290.46
Subtotal	26454.48	20959.32
RENTA DE LA TIERRA	MONTO EN PESOS	MONTO EN PESOS
Renta de superficie de riego		
Renta superficie de temporal	18713.41	14041.07
Renta de superficie de humedad		
Subtotal	18713.41	14041.07
TOTAL DE COSTOS	80000.55	33283.85

Fuente: SAGARPA (2007), SICLIM y CLICOM (2007).

Tabla 5.6 Determinación de la ganancia (o pérdida) obtenida por un campesino encuestado en el ciclo agrícola 1982 y 1984

concepto	valor de la ganancia o pérdida en pesos 1982	valor de la ganancia o pérdida en pesos 1984
Producción		
Valor del grano	34180.87	78641.08
Valor del forraje(rastrojo y paja)	27966.16	22142.06
Valor total de la producción	62,148	100,783.14
Costos de producción		
Valor de mano de obra familiar	18086.67	12290.46
Valor de renta de la tierra	18713.91	14041.07
Otros costos	53769.31	52165.12
Costo Total de la producción	90,569.39	78,496.65
Ganancia o Pérdida Total	-28,422.36	22,286.49

Fuente: SAGARPA (2007), SICLIM y CLICOM (2007).

La situación favorable para los agricultores en el año de 1984 se torno gradualmente desagradable, para el ciclo agrícola de 1989 la mayoría de las familias de la región decepcionadas por los bajos precios vigentes, ya no cultivaron la tierra con el mismo grado de tecnología que se había alcanzado en 1984 debido al alto costo de los agroquímicos por lo que los agricultores disminuyeron considerablemente las dosis aplicadas por hectárea. Además de que en el seno de las familias había un reacomodo del uso de los recursos humanos, los cuales siempre han sido empleados de manera flexible tanto dentro como fuera de la agricultura (SAGARPA, 2007).

Cabe mencionar que la cercanía de la ciudad de México a Tlaxcala significa oportunidades de empleo las cuales son aprovechadas por las familias rurales tanto de manera habitual como en urgencias asociadas con malos años agrícolas; lo cual se observó en el ciclo agrícola de 1982. En este año las condiciones climáticas desastrosas y pérdidas netas importantes generaron que el 50% del ingreso familiar neto proviniera de actividades económicas fuera del predio de cultivo (Esquivel, 1986). Para 1989 el porcentaje de ingreso neta proveniente de actividades económicas fuera de la predio fue del 81.8%; ya que para este año los medios de vida en Tlaxcala se basaron cada vez más en las relaciones económicas con el exterior, los hijos de las familias campesinas con una mayor escolaridad habían encontrado empleos permanentes en las industrias de la ciudad de México o han creado sus fuentes de empleos en pequeños comercios en su comunidad, en la maquila de ropa, en la fabricación de materiales de construcción, etc. Sin embargo se observa que a pesar de que los hijos de familias campesinas vivan fuera de la predio se siguió aportando dinero para la producción agrícola pero a pesar de esta medida preventiva la crisis provoca que se convierta en un círculo cerrado de comercialización del producto de tal manera que los recursos fueron insuficientes para satisfacer las demandas económicas de la familia.

Este círculo cerrado de comercialización se observa claramente la decisión que tomaron los agricultores de no vender maíz a CONASUPO, sino a los compradores regionales, que pagaban mejor, o de salir del mercado de granos,

empleando solo maíz para satisfacer sus necesidades de consumo familiar y para alimentación de animales, dando así un mayor valor agregado a su producción. Según información obtenida por SAGARPA (2007); las bodegas de CONASUPO permanecían vacías desde 1987, después de almacenar 80,000 toneladas de maíz durante 1981-1982 y 40,000 toneladas de maíz durante 1985-1986. A partir de 1987 la única función despeñada por CONASUPO en Tlaxcala fue de vender maíz importado de Estados Unidos a las familias rurales que no tenían tierra o que no cosechaban suficiente grano para satisfacer sus necesidades de consumo. Tales familias tenían que comprar el maíz híbrido amarillo importado que ofrecía CONASUPO, pues el precio de este grano era menor al que al grano criollo de la región,

En Tlaxcala las políticas de desestímulo a la producción de maíz caracterizadas por la fijación de precios de referencia bajos (Precios de garantía) y al desmoronamiento de la estructura oficial de apoyo a la población rural; provocó la escasez de grano en la región. La mayoría de las familias hicieron frente a la crisis económica con una estrategia de diversificación de sus ingresos “hacia fuera” enviando cada vez más miembros al mercado de trabajo urbano dejando en los predios cada vez menos mano de obra capacitada o apta para las labores agrícolas. En tales condiciones, en Tlaxcala la producción del cultivo de maíz fue cada día menos óptima y de menor calidad (SAGARPA, 2007).

En un estudio realizado por SAGARPA (2007) a cinco familias de agricultores de maíz de temporal en Huamantla con 10 a 12 integrantes por familia se reporto que la edad promedio de los jefes de familia para el año de 1989 oscilaba alrededor de los 60 años los cuales eran los responsables de supervisar el trabajo de la parcela ejidal utilizando las recomendaciones del P A T A C; de esas cinco familias, tres familias destinaron la cosecha de ese año al consumo familiar; en todos los casos los jefes de la familia recibían de sus hijos que trabajaban en la ciudad aportes en efectivo para pagar la mano de obra para llevar a cabo las prácticas agrícolas. Sin esos aportes económicos les hubiera resultado imposible cultivar la tierra de manera adecuada por que no había mano de obra familiar disponible: todos los hijos estaban fuera de la comunidad. Estaba dinámica económica denominada “hacia fuera” mantuvo el sistema productivo del cultivo del maíz de temporal hasta el año de 1990 en donde se observo una sequía y un gran nivel de migración de los hijos de familias agrícolas a Estados Unidos provocando el abandono de tierras cultivables en Tlaxcala dando como resultado un rendimiento de 0.3 ton/ha. como se observa en la tabla 5.5 la cual muestra el Ciclo agrícola, el Valor de la Precipitación y los Rendimientos unitarios de maíz en predios participantes en el programa de Asistencia Técnica comparados con predios no participantes en el programa de Asistencia Técnica en Huamantla, Tlaxcala 1990-2006

Tabla 5.7 Ciclo agrícola, Valor de la Precipitación y Rendimientos unitarios de maíz en predios participantes en el programa de Asistencia Técnica comparados con predios no participantes en el programa de Asistencia Técnica en Huamantla, Tlaxcala. 1990-2006

CICLO AGRICOLA	PRECIPITACIÓN MM	RENDIMIENTO PARTICIPANTES TON/HA	RENDIMIENTO NO PARTICIPANTES TON/HA	DIFERENCIA
1990	384.4	0.3	2	-1.7
1991	710	1.5	4.3	-2.8
1992	711	1.5	4.3	-2.8
1993	711	1.5	4.3	-2.8
1994	711	1.5	4.3	-2.8
1995	711	1.5	4.3	-2.8
1996	711	1.5	4.3	-2.8
1997	417.6	0.3	2	-1.7
1998	456	0.5	2.2	-1.7
1999	711	1.5	4.3	-2.8
2000	711	1.5	4.3	-2.8
2001	711	1.5	4.3	-2.8
2002	634	1.1	4	-2.9
2003	635	1.1	4	-2.9
2004	711	1.5	4.3	-2.8
2005	469.35	0.5	2.2	-1.7
2006	1076.5	1	4.5	-3.5

Fuente: SARH (1981), SICLIM y CLICOM (2007).

La migración masiva que se da en el año de 1990, junto con la firma del Tratado de Libre Comercio del Norte que se da el día 17 de Diciembre de 1992 en las ciudades de México, Ottawa y Washington, D.C. el cual fue aprobado por la Cámara de Senadores del Congreso de la Unión, el día 22 del mes de Noviembre del 1993 y entro en vigor el día 01 de Enero de 1994 y la reforma al artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en donde por primera vez se permite la venta del suelo ejidal y comunal a propietarios privados, empresas particulares e inclusive empresas transnacionales; termina de desequilibrar el Sistema Productivo del Cultivo del Maíz de Temporal en Tlaxcala.

Los objetivos del TLC y de la reforma al artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que reorganizaron de manera directa a la agricultura mexicana fueron:

*Eliminar fronteras para comerciar, y facilitar el cruce por las fronteras del movimiento de bienes y servicios entre los territorios de los países miembros.

*Eliminar barreras al comercio entre Canadá, México y Estados Unidos, estimulando el desarrollo económico y dando a cada país signatario igual acceso a sus respectivos mercados.

*Eliminar obstáculos al comercio y facilitar la circulación fronteriza de bienes y servicios entre territorios de las partes firmantes (países involucrados).

*Promover condiciones de competencia en la zona de libre comercio.

Con estos objetivos el gobierno mexicano dejó paulatinamente de apoyar el campo. Ello puede constatarse si se compara el presupuesto asignado al campo en 1995, con el 6.4% del total del presupuesto federal, con el del año 2000 que fue del 2.9%. Por su parte, el crédito agrícola que abarcaba 6.5 millones de hectáreas en 1993, en el 2000 sólo apoyaba a 750 mil hectáreas (SAGARPA, 2007).

En los primeros 5 años del TLCAN (1994-1999) las compras totales de granos a Estados Unidos y Canadá ascendieron a 58.8 millones de toneladas, lo equivalente a dos años de la producción nacional y a 757 millones de dólares.

Además granos básicos como el maíz, frijol, trigo y sorgo perdieron valor (precio) de un 45% a un 55%.

Los apoyos a la comercialización disminuyen de 2, 700.00 millones de pesos en 1994 a 528 millones de pesos en 1999; esto e debió entre otras cosas, a que se dejo la comercialización del maíz en manos de intermediarios privados como Cargill(propiedad de Monsanto), Archer Daniells, Maseca, Minsa, Portimex y El Porvenir; que son los que actualmente fijan los precios de las cosechas, los que concentran la distribución de los granos y quienes importan el maíz estadounidense a México.

Después de varias décadas en que la revolución verde se ocupo de convertir a la mayor parte de los agricultores mexicanos en consumidores dependientes de insumos agroquímicos, el gobierno de México dejo de subsidiar de manera directa a partir del TLC el uso de agroquímicos, de tal modo que en la actualidad los campesinos pagan 63% más del valor de las semillas y 57% más por los fertilizantes.

El estado mexicano justifico lo anterior argumentando la falta de fondos y la necesidad de promover un nuevo campesinado más dinámico que no este sobreprotegido por el Estado, pero la realidad es que el gobierno federal ni siquiera cumple con el plazo de quince años establecido en el TLC para levantar lentamente las barreras arancelarias que deberían proteger momentáneamente a

los agricultores mexicanos, mientras supuestamente se preparan para competir en el libre mercado internacional. Por el contrario, el gobierno abre completamente las fronteras al maíz estadounidense en sólo dos años mientras deja de cobrar el 120% de carga fiscal que debería corresponder al maíz que entre por encima de los cupos de importación permitidos. Tan sólo cobra el 3%, con lo que el Estado mexicano deja de cobrar anualmente poco más de 2 mil millones dólares (SAGARPA, 2007).

A partir del año 2000 el Sistema Productivo del Cultivo de Maíz de Temporal en el estado de Tlaxcala sufre cambios en la distribución de las áreas de cultivo privadas y ejidales las cuales fueron agrupadas geográficamente en tres Distritos de Desarrollo Rural (DDR).

El DDR 163 Calpulalpan, este distrito se integra por 11 municipios, que ocupan una extensión territorial de 180,720 hectáreas lo que representa un 45% de la superficie del estado. De esta superficie 102,860 ha. son dedicadas a la agricultura, de las cuales tenemos 5,229 has. para cultivo de maíz de riego y 97,631 has. para cultivo de maíz de temporal que en su conjunto nos representan el 25% de la superficie cultivable de Tlaxcala, (figura 5.5).

El DDR 164 Tlaxcala; se integra por 36 municipios, que ocupan una extensión territorial de 63,164 ha. lo que representa un 25.4% de la superficie del estado. De esta superficie 60,493 son dedicadas a la agricultura, de las cuales 11,593 ha.

son dedicadas al cultivo del maíz de riego y 48,900 para el cultivo de maíz de temporal lo que representa el 35% de producción de maíz de temporal a nivel estatal, (figura 5.6).

El DDR 165 Huamantla, se integra por 13 municipios, que ocupan una extensión territorial de 73,539 ha. lo que representa 29.6% de la superficie del estado. De esta superficie 70,520 ha. son dedicadas a la agricultura de las cuales 5,405 ha. son dedicadas al cultivo del maíz de riego y 65,115 ha. son dedicadas al cultivo del maíz de temporal lo que el 40% de producción de maíz de temporal a nivel estatal, (figura 5.7).

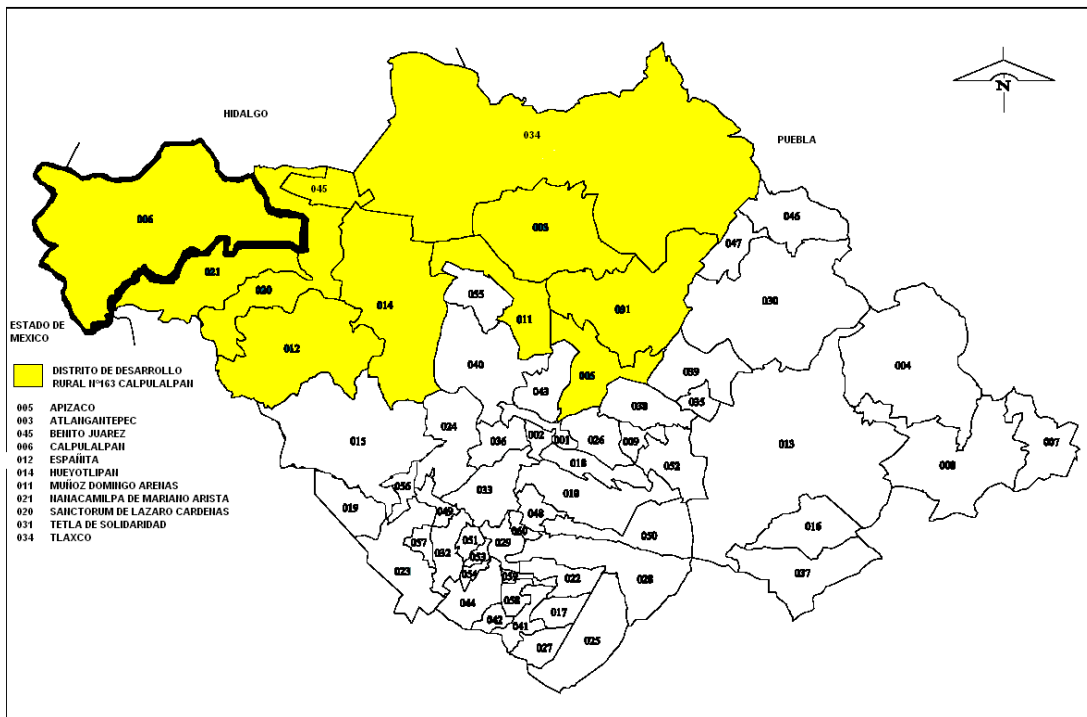


Figura 5.5 Localización Geográfica del DDR 163 Calpulalpan en el estado de Tlaxcala, INEGI (2007).

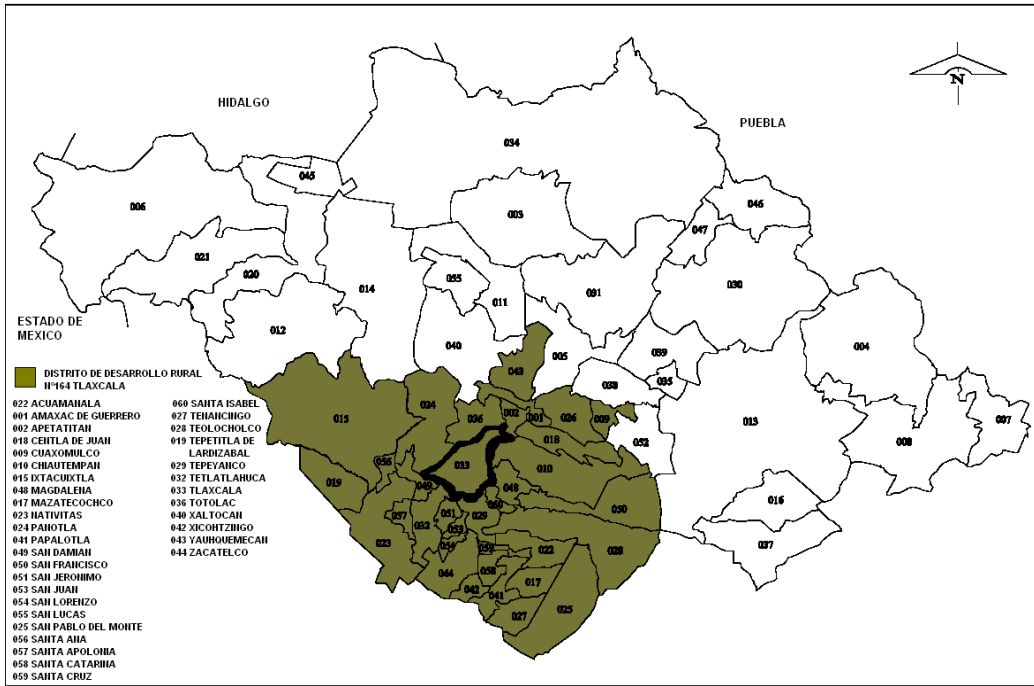


Figura 5.6 Localización Geográfica del DDR 164 Tlaxcala en el estado de Tlaxcala, INEGI (2007).

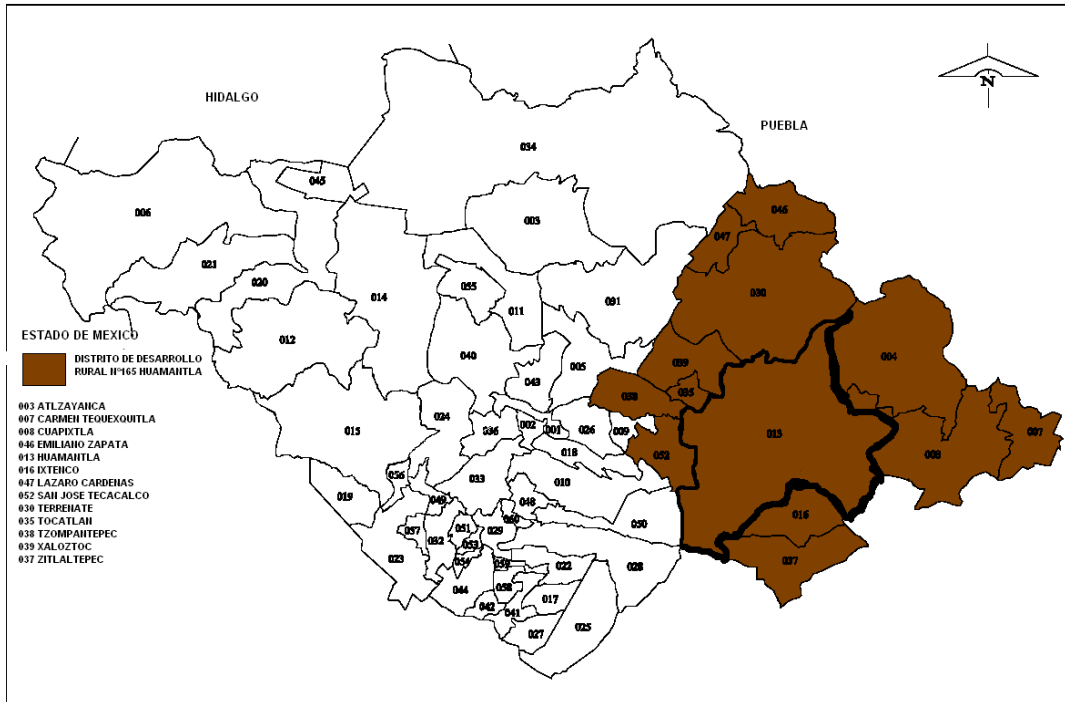


Figura 5.7 Localización Geográfica del DDR 165 Huamantla en el estado de Tlaxcala, INEGI (2007).

A partir del año 2000 hasta la fecha los procesos productivos son realizados tanto en forma manual como mecanizada, los procesos requeridos para la producción de maíz de temporal son: barbecho, escarda, surcado, siembra, primer labor, segunda labor, control de maleza y plagas, cosecha y acarreo. En el municipio de Huamantla en la mayoría de las parcelas ejidales los procesos productivos son llevados a cabo en forma manual y en las parcelas privadas se observa procesos productivos en forma mecanizada.

La mano de obra es escasa a partir del 2000 ya que prefieren emplearse en las fábricas cercanas o emigrar a los Estados Unidos ante la temporalidad del empleo en el campo, por lo que se hace difícil encontrar jornales eventuales y los más disponibles son los de edad avanzada o niños, puesto que estos últimos ya no son empleados en las fábricas ni cuentan con las posibilidades claras de trabajo en los Estados Unidos; las labores de mano de obra son fertilización, aplicación de herbicidas y cosecha, estas labores constituyen un costo de \$ 1,470 pesos por hectárea. Para cubrir la mano de obra se requiere de 21 jornales, siendo el cultivo de maíz el que requiere de mayor mano de obra y cabe destacar que es la cosecha la actividad que requiere mayor uso intensivo de mano obra absorbiendo cerca de una cuarta parte del costo de producción.

De acuerdo al INEGI (2007) existen dos tipos de productores en el estado de Tlaxcala a partir de la introducción de semillas híbridas hasta la fecha:

Productor comercializador: Son productores particulares que cuentan con maquinaria agrícola, bodegas de almacenamiento, flotilla de camiones para la transportación de su producción o la de otros, básculas para el pesaje de camiones y además comercializan grandes cantidades del producto dentro y fuera del Estado (intermediarios); estos productores representan el 5% de los productores del maíz de temporal en el estado de Tlaxcala.

Productor minoritario: Son productores que a pesar de que se encuentran dentro de un organización agrícola ejidal y que se han inscrito a los diferentes programas de apoyo del gobierno, no cuentan con maquinaria agrícola, bodegas de almacenamiento, flotillas de camiones, básculas, además de que no comercializan directamente con el producto ni dentro ni fuera del Estado; estos productores representan el 95% de los productores del maíz de temporal en el estado de Tlaxcala.

La comercialización se lleva a cabo a través de acopiadores a acaparadores rurales ubicados en la zonas de mayor producción como es Huamantla, adquieren el grano de los pequeños productores, el precio pagado es castigado dada la oferta, volumen reducido y la apuración que tienen los agricultores minoristas por sacar adelante el compromiso que tienen con los créditos agrícolas lo que los motiva a vender. El precio es por debajo del precio medio rural. Estos acopiadores o acaparadores rurales realizan la comercialización con la industria de la masa y la tortilla (MANSECA) o la entregan a la industria de derivados de maíz, (NESTLE), los comercializadores tienen una mayor capacidad de almacenamiento y de

movilización para su venta en grandes volúmenes y mayores distancias. El precio lo establece de manera verbal y al llegar a un acuerdo realizan la compra-venta de inmediato, obteniendo el pago contra la entrega del grano, dada la desconfianza que priva en la venta a pagos posteriores.

Las semillas como los fertilizantes químicos empleados hasta el 2006 para la producción de maíz híbrido, son adquiridos tanto el programa de abasto denominado Kilo x Kilo el cual es impulsado por el gobierno estatal y manejado por la Secretaria de Fomento Agropecuario (SEFOA), en donde el producto es de menor calidad y los agricultores se quejan de no tener buenos resultados y los efectos en la salud por la utilización de estos fertilizantes son muy variados desde alergias cutáneas hasta producir asma en los niños que trabajan en los jornales.

5.4 Ciclo agrícola primavera-verano 2007 del cultivo del maíz de temporal en el municipio de Huamantla, Tlaxcala.

Para el ciclo agrícola primavera-verano del 2007 se emplearon por primera vez semillas transgénicas en algunos pueblos del municipio de Huamantla debido al desbaste de semilla híbrida para siembra que hubo en el mes de febrero en consecuencia a la desaparición de la asociación PRODUCE, la cual era la institución gubernamental encargada de distribuir semilla al estado. Así mismo se empleo semilla híbrida y semilla criolla denominada variedad 23 propuesta en este trabajo de investigación.

Las semillas transgénicas e híbridas fueron compradas por el gobierno a las empresas transnacionales Cargill-Continental-Monsanto, Maseca-Archer-Daniela, Midland-Dreyfus-Novartis, Minsa-Arancia-Corn Products Internacional y a Novartis-Pioner; en febrero del 2007, para posteriormente ser distribuidas a través del nuevo programa denominado IFR'S Programa Integral de Formación y Capacitación y Consultoría para Productores a los agricultores de Humantla. Estas empresas transnacionales son las mayores comercializadoras de granos tanto híbridos como transgénicos en ambos lados de la frontera, Cargill-Continental-Monsanto vendió para el ciclo primavera verano para la región centro de la República Mexicana los híbridos mejorados Halcón y Gavilán, Maseca-Archer-Daniela los híbridos H-30, H-33 y H-311, Midland-Dreyfus-Novartis los híbridos AS-721, AS-820 y AS-600, Minsa-Arancia-Corn Products Internacional el híbrido Z-60 y Monsanto-Novartis-Pioner los transgénicos PORVENIR 9 y PORVENIR 67.

Estas empresas transnacionales son localizadas en la Ciudad de Apizaco y en Huamantla, los precios promedios de las semillas para los híbridos van de 1,900 a 3,700 pesos por bulto los cuales contienen de 18 a 20 kilos por bulto, el precio por kilogramo varia de \$95 pesos a \$185 pesos. El precio de las semillas transgénicas PORVENIR 9 es de \$4,200 el bulto con 20 kilogramos de semillas por bulto, el precio por kilogramo es de \$210 pesos y el de PORVENIR 67 a \$5,200 por bulto, con 18 kilogramos por bulto, el precio por kilogramo es de \$288 pesos.

Los agroquímicos mejor conocidos como fertilizantes y herbicidas que se utilizo para los cultivos de maíz híbrido fueron UREA y SUPERFOSFATO DE CALCIO TRIPLE como fertilizantes y GESAPRIN CAL 90 como herbicida; los herbicidas son empleados para disminuir la población de maleza anual que compite por espacio y nutrientes; y para combatir plagas como el frailecillo negro. Estos agroquímicos son vendidos a un alto costo; a los agricultores, en paquetes agrícolas con asesoría técnica por empresas de alta tecnología a través del programa gubernamental denominado “Garantías Líquidas” manejado por “Financiera Rural”, el cual consta de un crédito a largo plazo dejando como garantía la cosecha del año en curso. Los cultivos de maíz transgénico no requieren del uso de agroquímicos ya que a este tipo de maíz se le introducen artificialmente características biológicas nuevas provenientes de otras especies de plantas, animales o bacterias, para que adquiriera capacidades inusitadas como la resistencia al uso de herbicidas y plaguicidas ya que la propia planta adquiriera la propiedad de matar insectos que la atacan o bien, que sus semillas pierdan la

propiedad de reproducirse naturalmente, sin no es mediante la intervención de canchales químicos. Se trata, entonces, de la creación de nuevas variedades que no existen como tales en la naturaleza, sino que han sido creadas de manera completamente artificial. Sin embargo, los nuevos organismos transgénicos han estado provocando propiedades indeseadas al consumo humano como la producción de alergias o la resistencia a antibióticos. Así mismo se ha observado una alta polinización por lo que se corre el riesgo de contaminación por polinización a especies nativas de maíz en México (SAGARPA, 2007).

La semilla criolla denominada variedad 23 utilizada por primera vez en forma masiva por 20 agricultores del pueblo de Benito Juárez después de 40 años de ser utilizada; es sugerida en este trabajo de investigación como una solución a la problemática del empleo del uso de semillas híbridas y ahora transgenicas ya que no ha sido muy atractivo para los agricultores de Huamantla (especialmente a los agricultores del pueblo de Benito Juárez) ya que se requiere de un alto contenido de humedad y de fertilizante para que se alcancé los rendimientos óptimos; además de que las semillas transgénicas no soportan temperaturas por debajo de los 6°C y cuenta con un ciclo vegetativo muy largo de 220 días de maduración. Esta sugerencia es conocida y utilizada por los agricultores a partir de un experimento realizado en una hectárea en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla en el ciclo primavera-verano 2006 en donde se obtuvieron rendimientos de 4.3 toneladas por hectárea. Los insumos que se utilizaron tanto para el experimento como para la siembra del ciclo primavera-verano 2007 fueron los fertilizantes

UREA y SUPERFOSFATO DE CALCIO TRIPLE los cuales se obtuvieron a través de proveedores pequeños de la zona y no con el programa gubernamental denominado “Garantías Líquidas”. En cuanto al control de plagas y malezas que requirió el cultivo del maíz criollo fueron empleados métodos tradicionales como el quemar la maleza y el humo proveniente de esta quema sirvió como control de plagas.

5.4.1 Localización Geográfica y Condiciones Climáticas de los cultivos de maíz de temporal del ciclo agrícola primavera-verano 2007 en el municipio de Huamantla, Tlaxcala

En los pueblos de Ignacio Zaragoza y Xicohtencatl emplearon semillas transgénicas PORVENIR 9 y PORVENIR 67 en una extensión 5,474 hectáreas, en los pueblos de Mariano Matamoros, José María Morelos, Cuauhtemoc, Francisco Villa, Lázaro Cárdenas, El Carmen y Francisco Villa Tecual emplearon semilla híbrida H-311 en una extensión de 9,015 ha. y en el pueblo de Benito Juárez se empleo la semilla criolla tipo variedad numero 23 en una extensión de 322 hectáreas (figura 5.8).

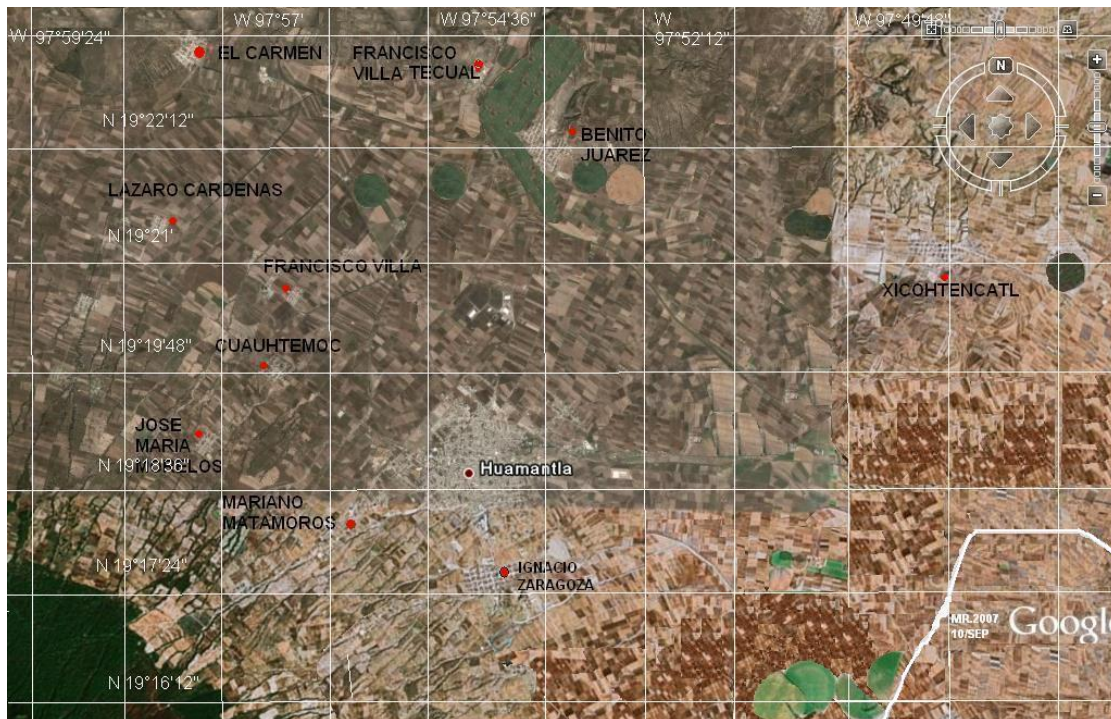


Figura 5.8 Localización Geográfica de tipos de semillas sembradas en Huamantla en el ciclo agrícola primavera-verano 2007

La figura 5.9 muestra las Condiciones Climáticas en el año 2007. Lo que se puede observar es el inicio de la estación de precipitación en donde la distribución de la precipitación tuvo un comportamiento anómalo característico de los años húmedos que se han presentado en Huamantla ya que el inicio de precipitación tuvo un retraso de casi un mes iniciando la estación lluviosa hasta el 26 de abril, con una precipitación total de 787.6mm. Así mismo se observa que se tiene un período libre de heladas del 01 de marzo hasta el 26 de Octubre.

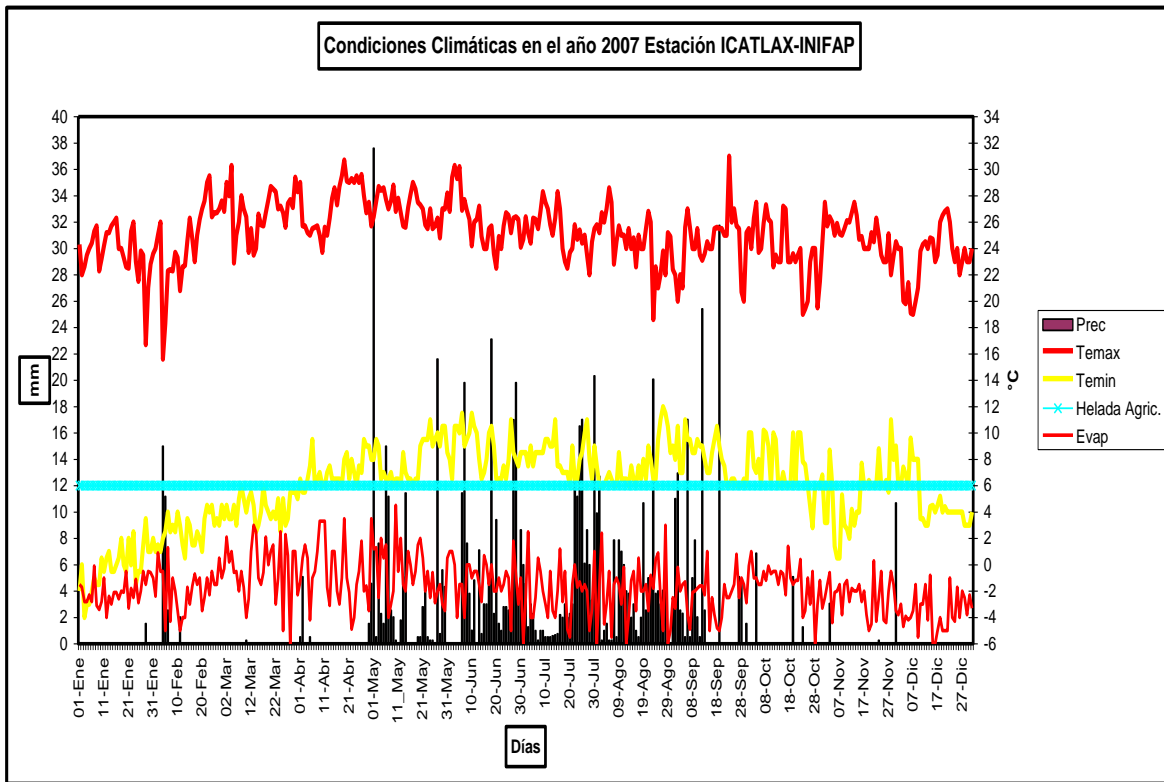


Figura 5.9 Condiciones Climáticas en el año 2007 Estación ICATLAX-INIFAP

5.4.2 Pronóstico Agro climático para el ciclo primavera-verano 2007

Se realizó un pronóstico agro climático para realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de los tres tipos de cultivo sembrados en el municipio de Huamantla, Tlaxcala.

La gráfica de la figura 5.10 muestra la precipitación acumulada en decenas de días para todos los años húmedos de 1961 al 2006 que se han presentado en el municipio de Huamantla y la precipitación observada hasta la decena 16, en el año 2007 (línea con círculos rojos). Como se puede observar en la gráfica, la precipitación acumulada para el año 2006 hasta la decena 16 es de 500mm, para

el año 1981 es de 288.5mm, para el año 1979 es de 243.5mm, y para el año 2007 es de 229.36mm. Al seguir la tendencia aritmética a partir de la decena 16 se obtuvo el pronóstico para el año 2007.

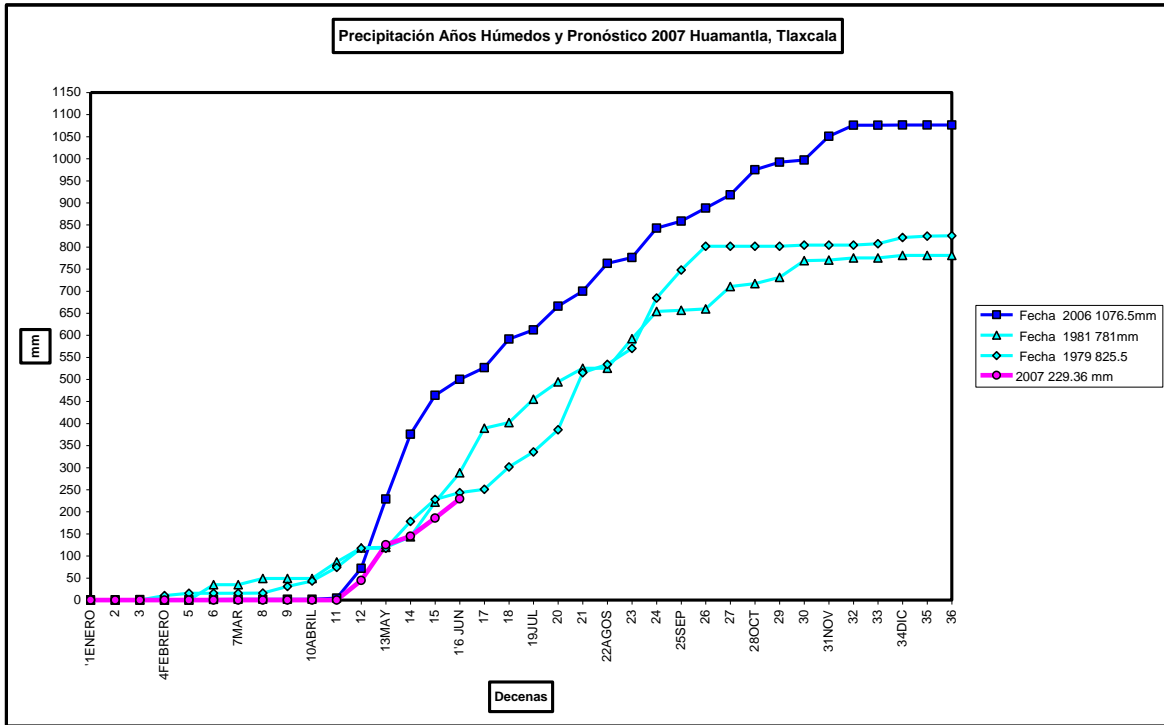


Figura 5.10 Gráfica de precipitación acumulada en decenas de días en Años Húmedos Estación ICATLAX-INIFAP, Huamantla.

La gráfica de la figura 5.11 muestra la tendencia aritmética de la precipitación para el año 2007. Se puede observar que este año tiene la misma tendencia aritmética que los años húmedos por lo que al seguir esa tendencia aritmética la precipitación pronosticada al final del año es de 780 mm.

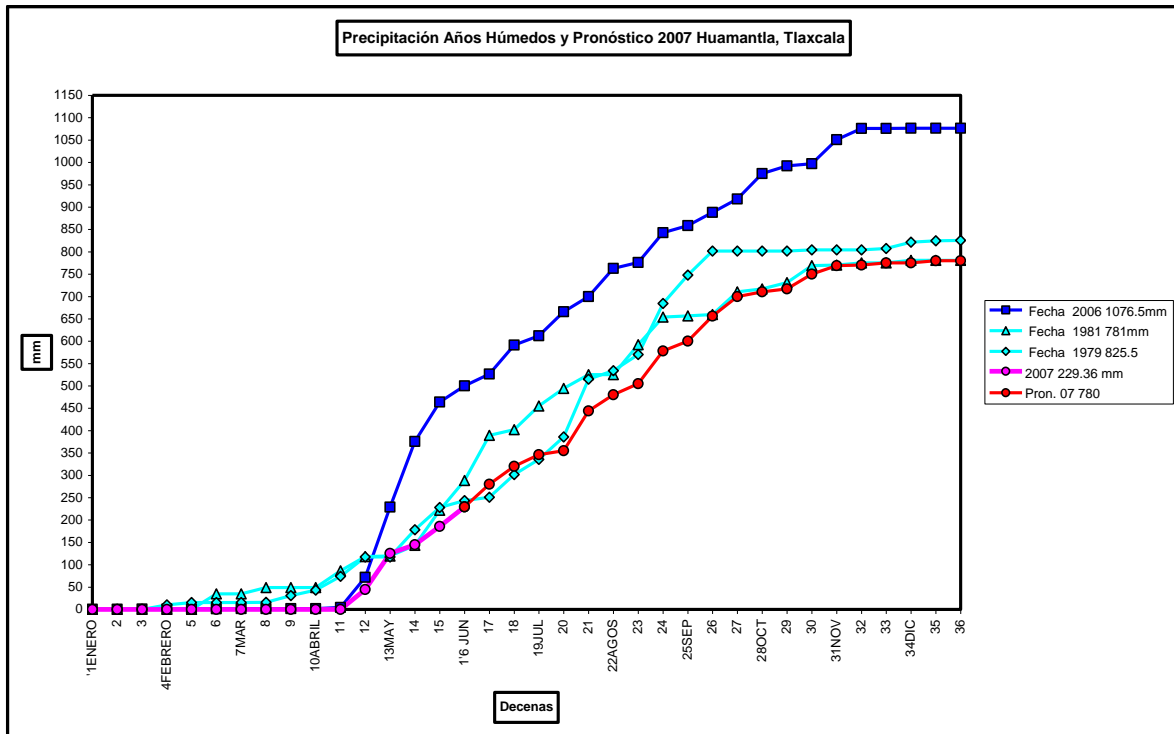


Figura 5.11 Grafica de Tendencia aritmética de la precipitación año 2007

La gráfica de la figura 5.12 muestra la precipitación acumulada por decenas de días para el año 2007 así como el pronóstico de precipitación. Se puede observar en la gráfica que la precipitación inicia en la última decena de abril y que según el pronóstico se espera un período de cinco meses con precipitación continua, con una precipitación acumulada de 780mm. Si bien los requerimientos hídricos totales del cultivo del maíz de temporal son cubiertos; la estación siembra-germinación tiene un déficit hídrico debido a que la fecha tradicional de siembra es el 31 de Marzo y la precipitación comienza hasta finales de abril. Respecto a los requerimientos térmicos se pronostica que este año tenga las mismas condiciones

térmicas de los años húmedos así que se espera que tenga el mismo período libre de heladas siendo favorables las condiciones térmicas.

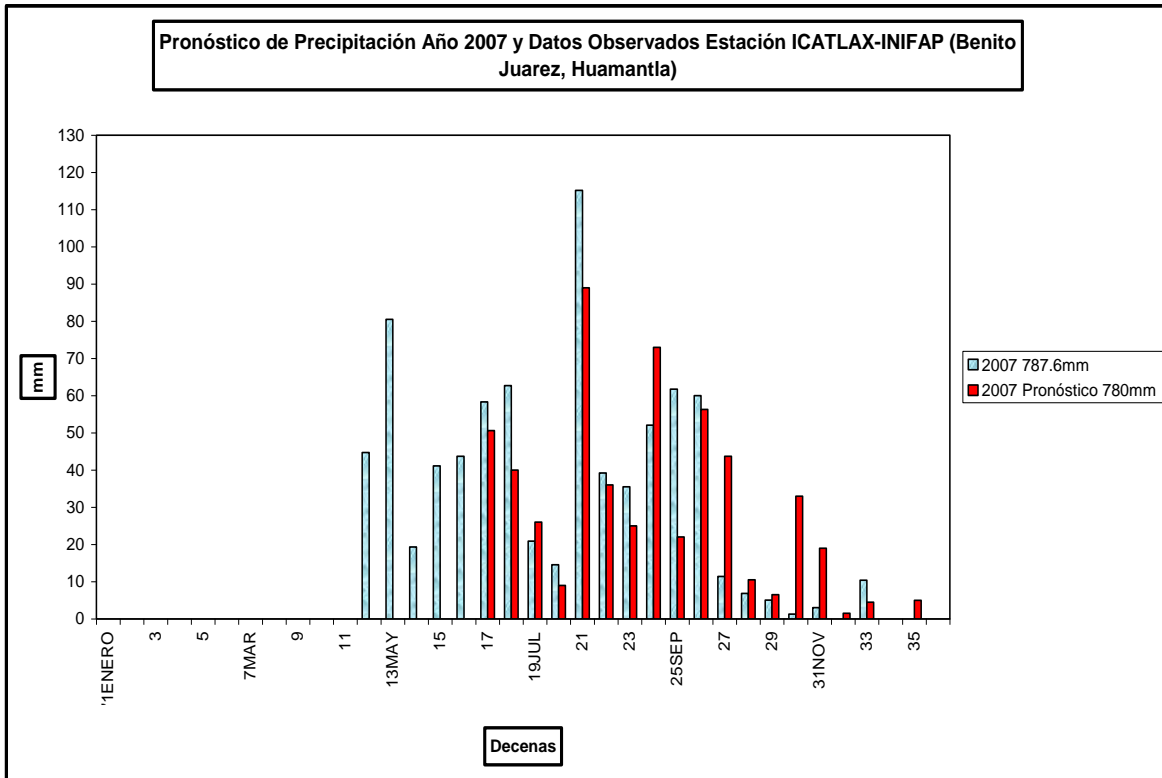


Figura 5.12 Gráfica de Pronóstico y datos observados año 2007 Estación 29011-Huamantla.

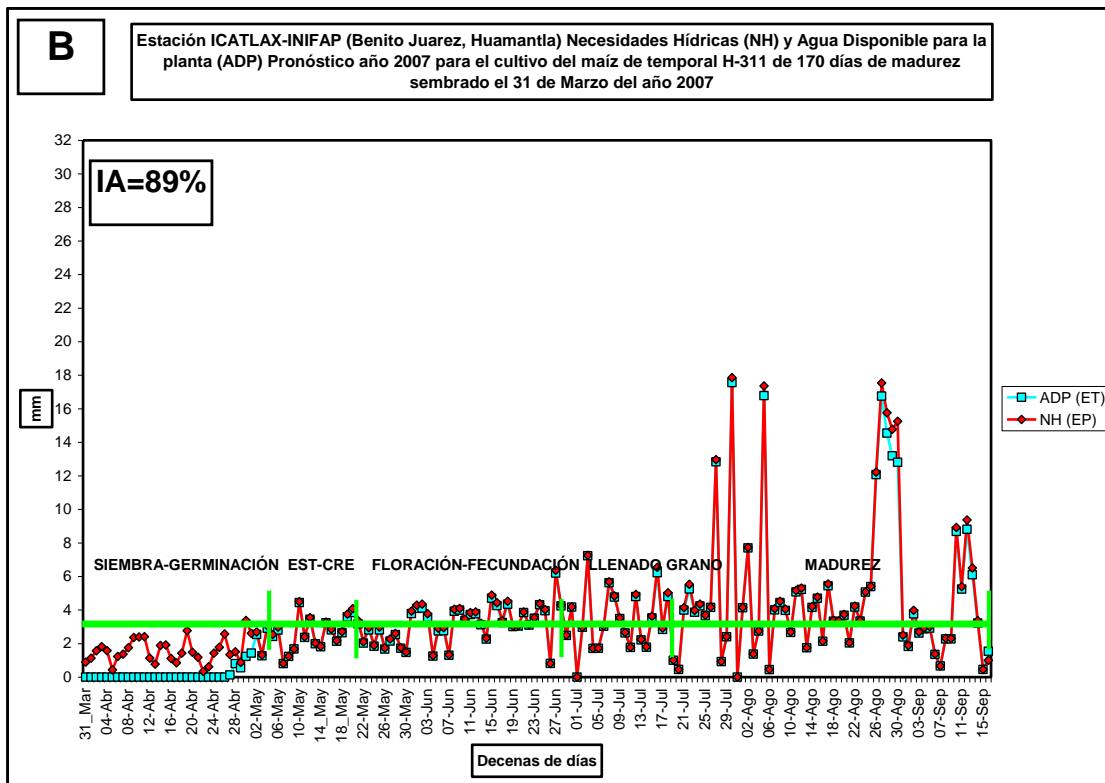
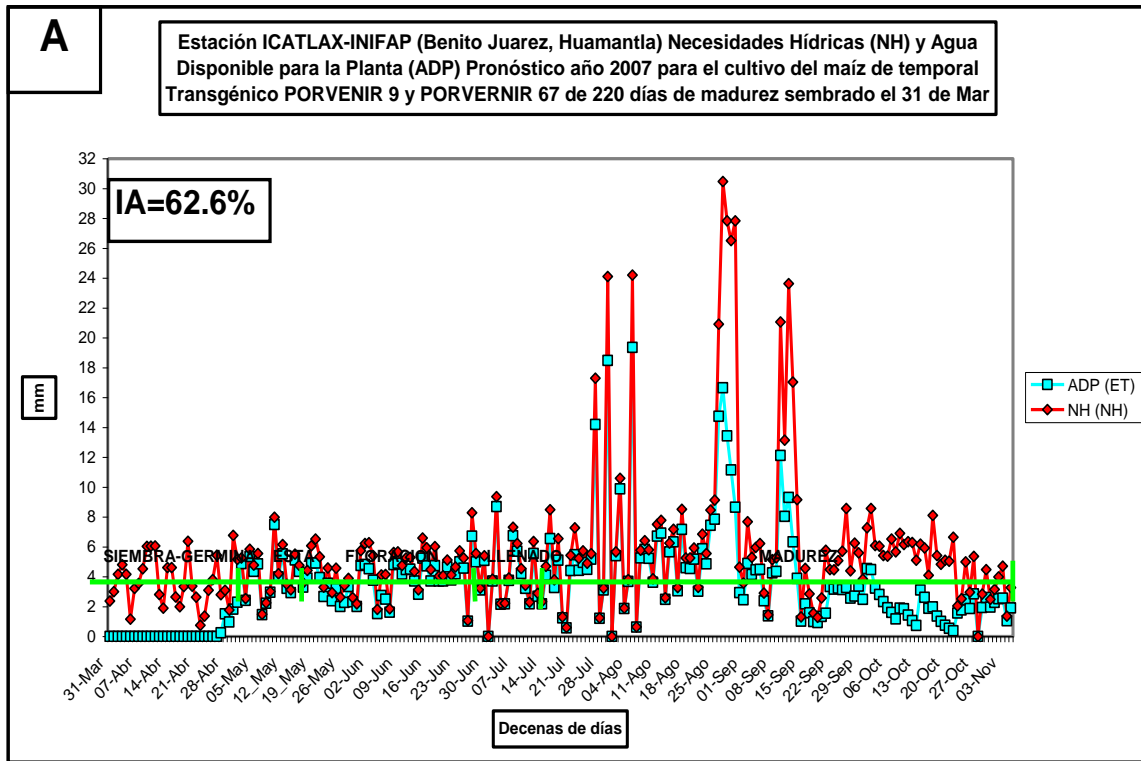
La figura 5.13 muestra la gráfica de las Necesidades hídricas del maíz (EP), curva con rombos rojos, y el agua disponible para el cultivo (ET), curva con cuadros azules, así como el índice agro climático (I_A) calculadas con el Modelo de Balance de Humedad del Suelo (Flores, 1998), para el pronóstico año 2007; en la parte A, muestra una línea continua que representa el ciclo vegetativo del cultivo de maíz de temporal de 220 días de madurez, con fecha de siembra tradicional 31 de Marzo y tipo de semilla transgénica PORVENIR 9 y PORVENIR 67; la parte B, es similar a la parte A solo que para el ciclo vegetativo del maíz de temporal de 170

de madurez con fecha de siembra tradicional 31 de Marzo y tipo de semilla híbrida numero 311; la parte C es similar a las anteriores, solo que para el ciclo vegetativo del maíz de temporal de 110 de madurez con fecha de siembra 25 de Mayo y tipo de semilla criolla variedad numero 23. En las tres partes la línea continua se muestra divisiones que representan cada uno de los estados fenológicos del cultivo de maíz de temporal, siembra-germinación (SG), establecimiento-crecimiento, (EC), floración-fecundación (FF), llenado de grano (LG) y madurez (MA); así mismo se muestra el Índice Agroclimático (I_A). El área comprendida entre la curva con rombos y la curva con cuadros es una medida de la carencia de agua disponible para la planta y por lo tanto va en relación inversa con el índice agroclimático. Como se observa en la figura en la parte A los estados fenológicos SG, y MA se ven afectados por falta de humedad; debido a que, es un año anómalo húmedo en donde el inicio de la estación de lluvias se presenta hasta finales de abril. A si mismo se observa que el ciclo vegetativo del cultivo transgénico es muy largo por lo que las necesidades hídricas del cultivo no son cubiertas en su totalidad, al no cubrirse estas necesidades hídricas el I_A resulta ser del 62.6%.

En la parte B se observa que nuevamente los estados de SG y MA se ven afectados por falta de humedad debido al retraso de la estación lluviosa. El I_A se incrementa a 89% debido a que el ciclo vegetativo del cultivo híbrido resulta ser más corto que el cultivo transgénico por lo cual las necesidades hídricas son menores en este cultivo. En la parte A se observa que como se siembra el 25 de

Mayo; los estados de SG y MA son cubiertos debido a que ya hay humedad en el suelo por que ya se presento la estación lluviosa, además de que el ciclo vegetativo del cultivo criollo es más corto que en los otros dos cultivos dando como resultado que las necesidades hídricas sean menores en este cultivo y se cubran casi en su totalidad, con un I_A de 96.4%.

Cabe mencionar que en la planificación agrícola del cultivo del maíz criollo en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla no solamente se tomó en cuenta que las necesidades hídricas fueran cubiertas sino se aseguró que al cultivo del maíz de temporal no le tocaran heladas en la fase de madurez ya que el período de heladas inicia en el mes de septiembre y si los agricultores hubiesen sembrado maíz transgenico con un ciclo vegetativo ultra largo (220 días de maduración) o inclusive el maíz híbrido con un ciclo vegetativo largo (170 días de maduración) es muy probable que estuvieran afectados por las heladas. Otro aspecto que se tomo en cuenta en esta planificación agrícola fue que se cosechara antes de las fiestas patrias teniendo un excedente de producción con la venta de grano de maíz para pozole.



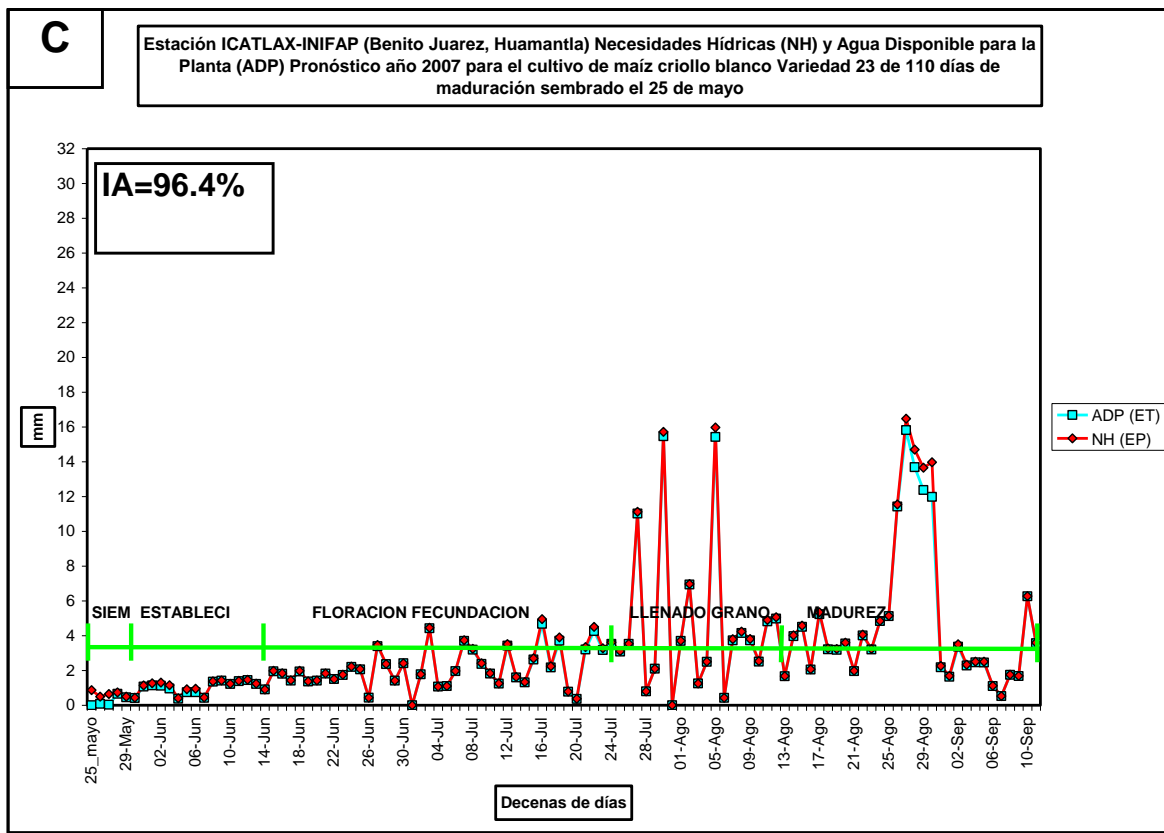


Figura 5.13 Gráfica de Necesidades hídricas del maíz (EP), curva con rombos rojos, y el agua disponible para el cultivo (ET), curva con cuadros azules, así como el índice agro climático (IA) para el pronóstico año 2007; parte A siembra de maíz transgénico, parte B siembra de maíz híbrido y parte C siembra de maíz criollo.

La gráfica de la figura 5.14 muestra la correlación del Índice Agro climático (IA %) con el Rendimiento en toneladas por hectárea (Ton/Ha) desde el año 1961 hasta el año 2000 para el municipio caso de estudio Huamantla. De acuerdo con la figura 5.15 el rendimiento para la semilla Híbrida 311 podría determinarse a partir del Índice Agro climático (IA%) a través de la ecuación:

$$y = 0.0268x - 0.3712$$

en donde “y” es el rendimiento y “x” el Índice Agro climático.

De acuerdo con esta ecuación en el ciclo agrícola primavera-verano del 2007 utilizando la semilla híbrida 311 de 170 días de maduración y con fecha de siembra tradicional el 31 de marzo, el rendimiento esperado es de 2 toneladas por hectárea. Para calcular el rendimiento para la semilla V23 se utiliza la siguiente ecuación:

$$\dots\dots\dots y = -0.0044x^2 + 0.8065x - 32.466$$

en donde “y” es el rendimiento y “x” el Índice Agro climático.

De acuerdo a la ecuación utilizando la semilla de tipo variedad número 23, con ciclo vegetativo precoz de 110 días de maduración y fecha de siembra alternativa 25 de Mayo, se puede obtener un rendimiento de 4.3 toneladas por hectárea.

Cabe mencionar que para la semilla transgénica no se tienen datos de producción históricos; los cuales son básicos para hacer un buen seguimiento del índice agro climático para obtener datos fidedignos de rendimientos anuales esperados por lo que no se realizó la correlación del Índice Agro climático (IA %) con el Rendimiento en toneladas por hectárea (Ton/Ha) para las semillas transgénicas sembradas en el municipio de Huamantla, pero es de esperarse que el rendimiento obtenido sea por debajo de las 2 toneladas por hectárea debido a que este tipo de semilla es de ciclo vegetativo muy largo y requiere de una gran cantidad de humedad y pese a que es un año húmedo no se cubre las necesidades hídricas del cultivo.

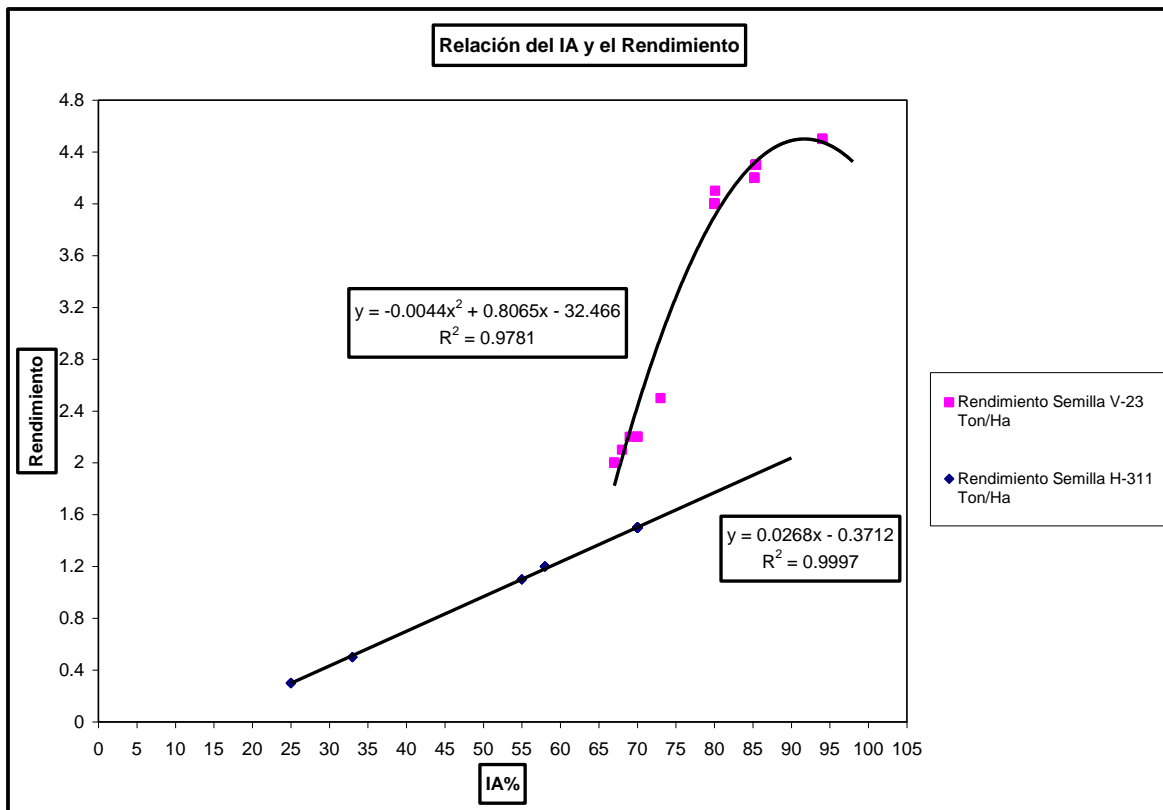


Figura 5.14 Gráfica de Correlación del Índice Agro climático con el Rendimiento del cultivo de maíz de temporal para el municipio de Huamantla

5.4.3 Análisis Cualitativo de los cultivos de maíz de temporal del ciclo agrícola primavera-verano 2007 en el municipio de Huamantla, Tlaxcala

La figura 5.15 muestra la imagen tomada por el satélite GOES y editada por GOOGLE, la parte A fue tomada el 12 de septiembre del 2006 y la parte B fue tomada el 10 de Septiembre del 2007. En la figura se observa en las dos partes los pueblos de Ignacio Zaragoza, Xicohtencatl Francisco Villa Tecual, Mariano Matamoros, José María Morelos, Cuauhtemoc, Francisco Villa, Lázaro Cárdenas y Benito Juárez, Huamantla. En la parte A se observa círculos de color verde los cuales son cultivos de maíz híbrido 311 con sistema de regadío de las empresas

NESTLE, MASECA Y MINSA con una extensión de 3,528 hectáreas y rectángulos de color verde y marrón los cuales son cultivos de maíz híbrido 311 de temporal con una superficie sembrada de 14,974 hectáreas. En la parte B se observa círculos de color verde, los cuales son cultivos de maíz híbrido con sistema de regadío y círculos de color marrón, los cuales son cultivos de maíz transgénico PORVENIR 9 con sistema de regadío de las empresas NESTLE, MASECA Y MINSA con una superficie de 3,420 hectáreas. Así mismo se observa zonas de color marrón en los pueblos de Ignacio Zaragoza y Xicohtencatl, estas zonas de color marrón son cultivos de maíz de temporal transgénico PORVENIR 67 las cuales tienen una extensión de 5,474 hectáreas; en los pueblos de Mariano Matamoros, José María Morelos, Cuauhtemoc, Francisco Villa, Lázaro Cárdenas, El Carmen y Francisco Villa Tecual se observa rectángulos de color verde y marrón los cuales son zonas de cultivos de maíz de temporal híbrido 311 en una extensión de 9,015 ha. y en el pueblo de Benito Juárez se observa rectángulos de color verde los cuales son zonas de cultivos de maíz de temporal criollo variedad numero 23 con una extensión de 322 hectáreas. Al realizar la fotointerpretación de ambas imágenes basada en análisis de color; en donde el color verde nos indica estado saludable en los cultivos y el color marrón nos indica estado de necrosis en los cultivos; se puede observar que en la parte A los cultivos de maíz híbrido 311 con sistema de regadío tienen color verde ya que en estos sistemas se controlan las condiciones de humedad en el suelo, así mismo, el cultivo híbrido 311 de regadío resiste exposición a temperaturas de 6 °C por espacios de 12 horas, cabe mencionar que estas temperaturas se llegan a presentar en la zona geográfica de

estudio. En la parte B los cultivos maíz híbrido 311 de regadío muestran color verde, los cultivos de maíz transgenico de regadío muestran color marrón, debido a que aun con contar con humedad en el suelo estos cultivos no soportan exposiciones a temperaturas de 6°C por espacio de 30 minutos. En los cultivos de maíz híbrido de temporal se observan zonas de color verde y marrón, ya que en estos sistemas no se controlan condiciones de humedad en el suelo y al sembrarse en una fecha en donde no hay suficiente humedad en suelo se observa necrosis vegetal debido también a que estos cultivos no resisten exposición a temperaturas de 6°C por un espacio de 2 horas. Para los cultivos de maíz criollo numero 23, se observa en toda la zona de cultivo color verde lo cual indica que el cultivo se encuentra en condiciones adecuadas de humedad por ser sembrado el 25 de Mayo además de ser un cultivo adaptado a la temperatura de la zona geográfica.

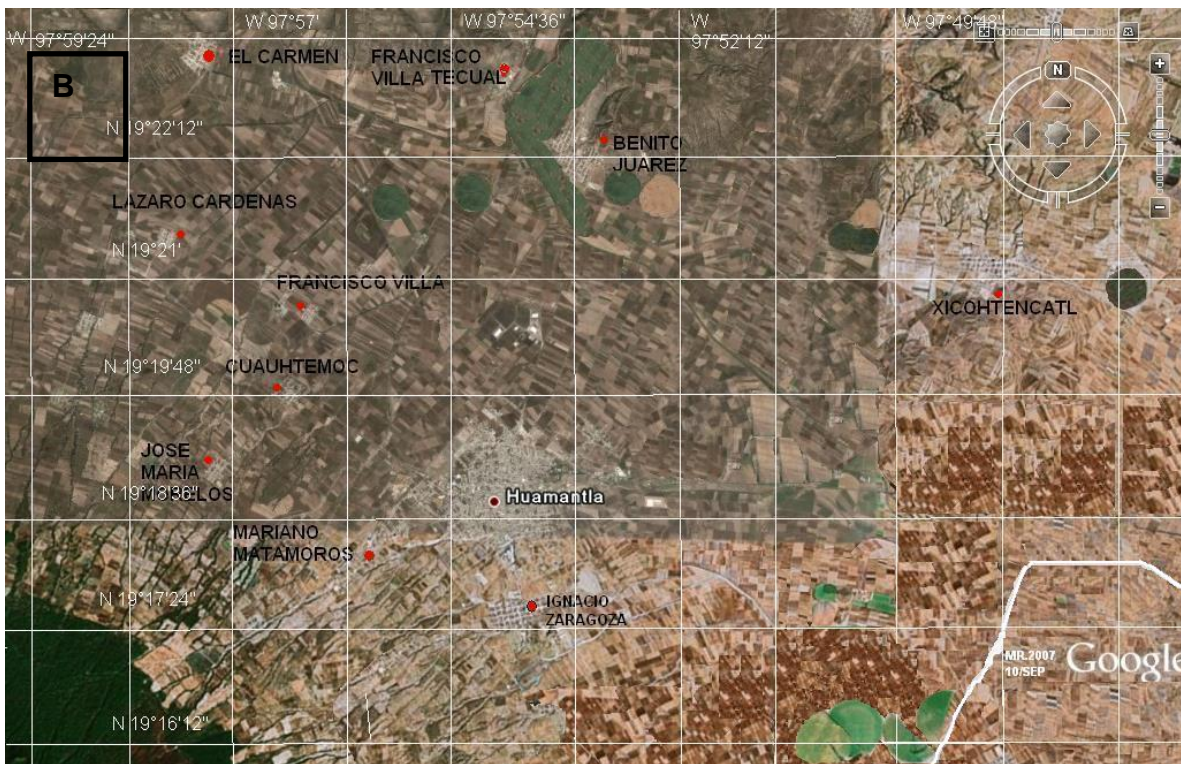
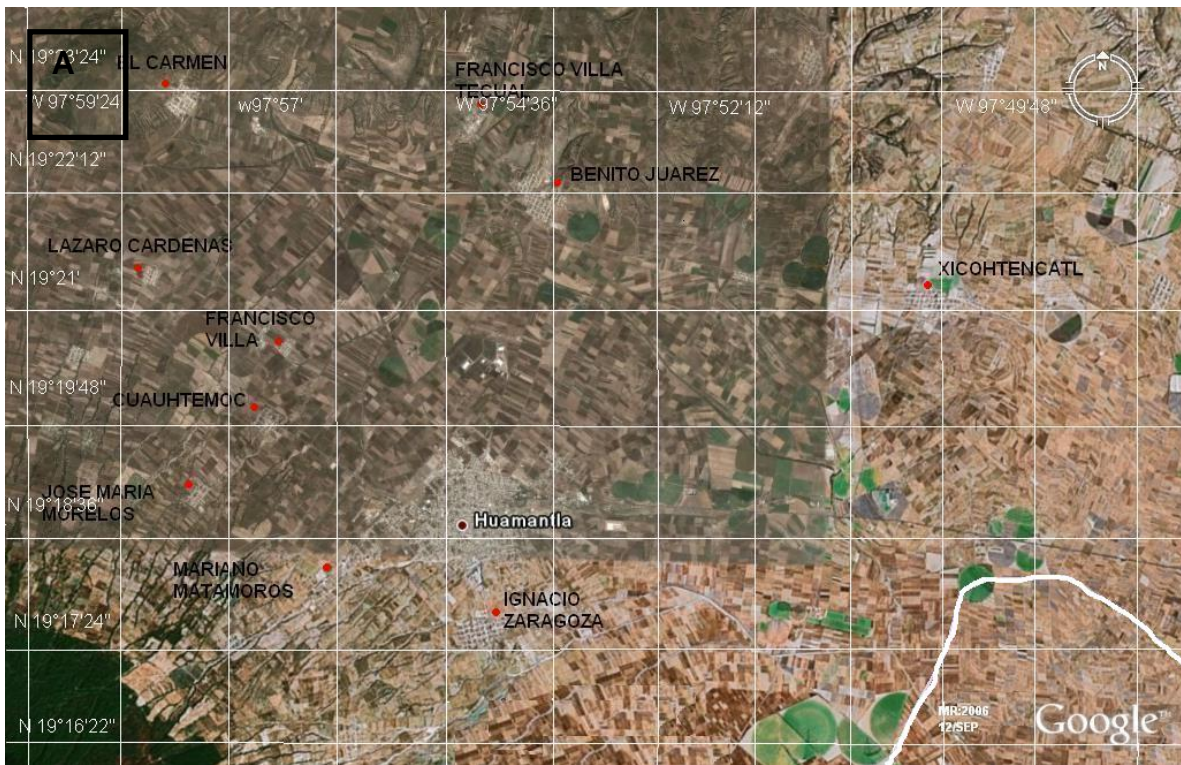


Figura 5.15 cultivos de maíz de temporal en el municipio de Huamantla. Parte A 12 de Septiembre del 2006 y parte B 12 de Septiembre del 2007.

La figura 5.16 muestra tres fotografías tomadas el 08 de Septiembre del 2007, la parte A muestra un cultivo de maíz criollo numero 23 de temporal sembrado en el pueblo de Benito Juárez, la parte B un cultivo de maíz híbrido H-311 sembrado en el pueblo de Francisco Villa Tecual y la parte C un cultivo de maíz transgénico PORVENIR 67 de temporal sembrado en el pueblo de Xicohtencatl, ambos cultivos se encuentran en el estado fenológico Madurez.

Como se puede observar en la parte A el cultivo criollo de temporal se encuentra espigando y tiene color verde lo cual es señal de que se encuentra en buenas condiciones agro climáticas y que ha alcanzado la madurez por lo cual se puede cosechar. En la parte B se observa que el cultivo híbrido tiene deficiencia en su crecimiento y aun no ha espigado debido a las malas condiciones agro climáticas y no se puede cosechar. En la parte C se observa que el cultivo transgenico de temporal presenta en su totalidad necrosis vegetal lo cual es indicativo de que no se encuentra en buenas agro climáticas, inclusive no ha espigado y se considera perdida total en rendimiento.

A



B





Figura 5.16 Parte A fotografía de cultivo de maíz criollo numero 23 de temporal. Parte B cultivo de maíz híbrido H-311 y parte C cultivo de maíz transgénico PORVENIR 67 de temporal tomadas el 08 de Septiembre del 2007.

5.4.4 Análisis Cuantitativo de los cultivos de maíz de temporal del ciclo agrícola primavera-verano 2007 en el municipio de Huamantla, Tlaxcala

Cultivo criollo numero 23 de temporal en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla.

La producción anual de maíz que se obtuvo en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla para el cultivo criollo numero 23 de temporal en una superficie cosechada de 322 hectáreas en el Ciclo Primavera - Verano 2007 fue de 1,416.8 toneladas por hectárea con un rendimiento de 4.4 toneladas por hectárea.

La tabla 5.8 muestra los precios de los insumos que se utilizaron para la siembra del cultivo criollo numero 23 de temporal en una superficie cosechada de 322 hectáreas

Tabla 5.8 Precios de los Insumos Ciclo Agrícola P-V 2007 Cultivo maíz criollo numero 23 de Temporal

ACTIVIDADES AGRICOLAS	Forma de Realización	Número de Veces	Costo por Ha. (\$)
Barbecho	MAN	1	160
Siembra y 1er Fertilización	MAN	2	260
1er Deshierbe manual y 2ª. Fertilización	MAN	2	260
2o. Deshierbe manual	MAN	1	100
Cosecha, Desgrano y Encostalado	MAN	3	320
Numero Total de Actividades y Costo Total de Actividades por Ha (\$):		9	1,100
Costo Total Actividades Agrícolas en una superficie Cosechada de 322 Ha.(\$):			354,200
FERTILIZANTES	Cantidad Utilizada por Ha.	Costo por Unidad	Costo por Ha. (\$)
Superfosfato triple	130 Kg	2.45	319
Urea	217 Kg	2.75	597
Semilla Criolla	18.72 Kg	60	1,124
Costo Total por Unidad y Costo Total de Fertilizantes por Ha.(\$):		65.2	2,040
Costo Total de Fertilizantes en una superficie Cosechada de 322 Ha.(\$):			656,880

Fuente: SAGARPA, Ciclo P. V. 2007, Tlaxcala.

Como se puede observar en la tabla el precio de los insumos que se utilizaron en el cultivo criollo resultaron ser bajos debido a que no se utilizó ningún tipo de agroquímico como son herbicidas y plaguicidas los cuales son de alto costo, ya que en este cultivo se utilizaron técnicas tradicionales de control de malezas y plagas; resultando de esta manera costos de producción relativamente bajos.

En la tabla 5.9 se muestra la Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz criollo número 23 de temporal sembrado en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla, en una superficie sembrada de 322 Hectáreas.

Tabla 5.9 Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz criollo numero 23 de temporal sembrado en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla en una superficie sembrada de 322 Hectáreas

SC (HA)	R (TON/HA)	PT(TON)	PV(\$)/TON	PT(\$)	CP(\$)	I(\$)	B(%)
322	4.4	1,416.8	1,475	2,089,780	1,011,080	1,078,700	52

El maíz criollo debe reunir características de calidad para colocarse en el mercado directo con posibilidades para la industria de molienda en seco: debe ser de color blanco, con un porcentaje de humedad del 13 – 14%, maíz limpio de impurezas, grano sin mancha, libre de gorgojo, sin evidencias de afectación por heladas y baja porción de granos rotos o quebrados; la producción final del maíz criollo presento todas estas características por lo que la producción pudo colocarse en LA CENTRAL DE ABASTOS DEL D.F a un precio rural de \$1,475 pesos por tonelada como se observa en la tabla 5.9 con una producción total de \$2,089,780.00 pesos, y teniendo una ganancia de \$1,078,700 pesos la relación costo-beneficio que se obtiene es del 52% lo que nos da como resultado una excelente ganancia al tener un alto precio de grano a la venta y costos de producción tan bajos. Este alto precio de grano a la venta se obtuvo al cosechar antes del 15 de Septiembre teniendo así posibilidades en el mercado para la venta de maíz para pozole utilizado en las fiestas patrias cosa que se realizo en el experimento así mismo se utilizo para venta libre como grano de consumo mejor

conocido como elotizas y esquites y para mixtamal y realizar tortillas echas en forma tradicional como también se realizó en el experimento y cubrir así los costos de producción y obtener una ganancia extra.

La tabla 5.10 muestra los logros y los obstáculos, que se obtuvieron al sembrar el maíz criollo número 23 en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla.

TABLA 5.10 LOGROS Y OBSTÁCULOS DEL MAÍZ CRIOLLO NUMERO 23 DE TEMPORAL CICLO AGRÍCOLA P-V 2007

LOGROS	OBSTACULOS
1. Como maiceros han logrado agregar valor al grano al destinar el maíz a la venta de grano para pozole para las fiestas patrias así como para consumo en el mercado interno (elotizas, esquites, etc.).	1. Deficiente organización
2. Han aprovechado su producción para la elaboración y venta de tortilla de comal.	2. Falta de seguridad para la comercialización del grano
3. Lograron comprar maquinaria para la el siguiente ciclo agrícola.	3. Falta de créditos accesibles para la compra de insumos.
4. Garantizaron la sobre vivencia de la familia mediante el autoconsumo de una pequeña parte de su producción.	4. Importación y existencia de semillas no apropiadas para zona y posible contaminación de esta semilla criolla.
5. Mejoramiento de esta semilla criolla en el siguiente ciclo agrícola con otras semillas criollas de la zona.	5. Falta de maquinaria para este ciclo agrícola
6. Producción de 4.4 toneladas por hectárea en zona de temporal.	6. Caminos en mal estado para la comercialización.
7. Aplicación de labores a tiempo.	7. Carencia de infraestructura para almacenamiento.
8. Posible compras a escalas con la Central de Abastos del D.F	8. Falta de interés gubernamental para otorgar y facilitar apoyos, dado sus excesos de requisitos que piden para el otorgamiento de créditos.
9. Posible instalación de una maquinaria para la producción de harina de maíz.	9. Existencia de acaparadores o comercializadores.
	10. Robos en el pesaje del grano.

Fuente: Información directa del Consejo de Productores de Maíz de Temporal en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla.

Cultivo Híbrido H-311

La producción anual de maíz que se obtuvo en los pueblos de Mariano Matamoros, José María Morelos, Cuauhtemoc, Francisco Villa, Lázaro Cárdenas, El Carmen y Francisco Villa Tecual para el cultivo híbrido H-311 de temporal en una superficie cosechada de 9,015 ha fue de 4,507.5 toneladas por hectárea con una rendimiento de 0.5 toneladas por hectárea. La tabla 5.11 muestra los precios de los insumos que se utilizaron para la siembra del cultivo híbrido H-311 de temporal.

Tabla 5.11 Precios de los Insumos Ciclo Agrícola P-V 2007 Cultivo maíz Híbrido H-311 de Temporal

ACTIVIDADES AGRICOLAS	Forma de Realización	Número de Veces	Costo por Ha. (\$)
Barbecho	MAN	1	160
Siembra y 1er Fertilización	MAN	2	260
1er Deshierbe manual y 2ª. Fertilización	MAN	2	260
2o. Deshierbe manual	MAN	1	100
Aplicación de herbicidas	MAN	1	440
Cosecha, Desgrano y Encostalado	MAN	3	320
Numero Total de Actividades y Costo Total de Actividades por Ha (\$):		10	1540
Costo Total Actividades Agrícolas en una superficie Cosechada de 9,015 Ha.(\$):			13,883,100
FERTILIZANTES	Cantidad Utilizada por Ha.	Costo por Unidad	Costo por Ha. (\$)
Superfosfato triple	130 Kg	2.45	319
Urea	217 Kg	2.75	597
Gesaprim-Combi	1Lt	96	96
Herbipol	1Lt	72	72
Hierbester	1Lt	80	80
Semilla mejorada	23Kg	95	2,185
Costo Total por Unidad y Costo Total de Fertilizantes por Ha.(\$):		348.2	3,349
Costo Total de Fertilizantes en una superficie Cosechada de 9,015 Ha.(\$):			30,191,235

Fuente: SAGARPA, Ciclo P. V. 2007, Tlaxcala.

Como se puede observar en la tabla 5.11 los costos de producción resultaron muy altos debido al precio de los herbicidas; así como de la semilla mejorada, el precio de las labores realizadas no sufrieron ningún incremento.

La tabla 5.12 muestra la Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz híbrido H-311 de temporal en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla, en una superficie sembrada de 9,015 Hectáreas.

Tabla 5.12 Relación Costo-Beneficio del cultivo de maíz híbrido H-311 de temporal sembrado en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla en una superficie sembrada de 9015 Hectáreas

SC (HA)	R (TON/HA)	PT(TON)	PV(\$)/TON	PT(\$)	CP(\$)	I(\$)	B(%)
9,015	0.5	4,507.5	922	4,155,915	44,074,335	-39,918,420	_____

Como se puede observar en la tabla 5.12, los costos de producción resultaron ser superiores a la producción total en pesos esto debido al bajo precio a la venta del maíz híbrido; a causa de la mala calidad del producto, ya que no cuenta con las condiciones agro climáticas adecuadas para su buen desarrollo y a que no se respetaron los precios de garantía. Como resultado hubo perdidas de \$39,918,420.00 pesos.

Cultivo transgénico PORVENIR 67 de temporal en los pueblos Ignacio Zaragoza y Xicohtencatl

La producción anual de maíz que se obtuvo en los pueblos de Ignacio Zaragoza y Xicohtencatl, para el cultivo transgénico PORVENIR 67 de temporal en una extensión de 5,474 hectáreas no está registrada en la asociación de agricultores de Huamantla, Tlaxcala; debido a que este cultivo no ha sido autorizado por la SAGARPA y no es un cultivo certificado; sin embargo los agricultores de Huamantla tomaron la decisión de sembrarlo debido al gran desabasto de la región y a la desaparición de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) la cual era la encargada del abasto de semillas Híbridas; así mismo tuvieron la facilidad de las empresas transnacionales para comprar estas semillas. En una práctica de campo se tomó información de los agricultores de los pueblos en donde se sembró maíz transgénico así que de la información obtenida se realizó el análisis cuantitativo de este cultivo.

La producción anual de maíz que se obtuvo en los pueblos de Ignacio Zaragoza y Xicohtencatl, para el cultivo transgénico PORVENIR 67 de temporal en una extensión de 5,474 hectáreas fue de 1,095 toneladas por hectárea con un rendimiento de 0.2 toneladas por hectárea. La tabla 5.13 muestra los precios de los insumos que se utilizaron para la siembra del cultivo transgénico PORVENIR 67 de temporal y la tabla 5.14 muestra la Relación Costo Beneficio de este cultivo.

Tabla 5.13 Precios de los Insumos Ciclo Agrícola P-V 2007 cultivo transgénico PORVENIR 67 de temporal.

ACTIVIDADES AGRICOLAS	Forma de Realización	Número de Veces	Costo por Ha. (\$)
Barbecho	MAN	1	160
Siembra	MAN	1	160
Fertilización y aplicación de herbicida	MAN	2	440
Cosecha, Desgrano y Encostalado	MAN	3	320
Numero Total de Actividades y Costo Total de Actividades por Ha (\$):		7	1,080
Costo Total Actividades Agrícolas en una superficie Cosechada de 5,474 Ha.(\$):			5,911,920
FERTILIZANTES	Cantidad Utilizada por Ha.	Costo por Unidad	Costo por Ha. (\$)
Superfosfato triple	130 Kg	2.45	319
Urea	217 Kg	2.75	597
Roundup(Glisofato)	100Lt	86	8,600
Semilla Transgénica	30Kg	95	2,850
Costo Total por Unidad y Costo Total de Fertilizantes por Ha.(\$):		186.2	12,366
Costo Total de Fertilizantes en una superficie Cosechada de 5,474 Ha.(\$):			67,691,484

Tabla 5.14 Relación Costo-Beneficio del cultivo transgénico PORVENIR 67 de temporal.

SC (HA)	R (TON/HA)	PT(TON)	PV(\$)/TON	PT(\$)	CP(\$)	I(\$)	B(%)
5,474	0.2	1,095	922	1,009,590	73,603,404	-72,593,814	_____

Como se puede observar en la tabla 5.13 se utilizó el herbicida Roundup Ready (RR) el cual es introducido por primera vez en Tlaxcala en el Ciclo Agrícola Primavera- Verano 2007 por la empresa transnacional de Estados Unidos, Monsanto, la cual obtuvo y patentó la semilla transgénica PORVENIR 67 la cual es resistente a este herbicida, pero que al mismo tiempo esta semilla sólo exige este tipo de herbicida. La cantidad que se utilizó fue de 100 Litros por hectárea. La

causa del de por que se utilizó esta gran cantidad de herbicida fue que la empresa Monsanto ofreció a los agricultores la opción de usar una potente aplicación de este herbicidas en la estación de crecimiento, en lugar de la práctica normal que requiere de unas series de aplicaciones de varios compuestos diferentes y por lo tanto más caros. Los efectos de utilizar esta gran cantidad de herbicida se muestra en la fotografía de la figura 5.17 donde se observa la susceptibilidad del cultivo a la sequía extrema.

La tabla 5.13 muestra claramente que a pesar de que se eliminaron prácticas agrícolas los costos de producción resultaron ser más altos que la producción final como se observa en la tabla 5.14 y las pérdidas económicas resultaron de \$72,593,814.00 pesos

Cabe mencionar que los efectos por la introducción de estas semilla transgénica no solamente se pueden observar en este análisis económico en donde la perdida economica es el factor más importante; sino el hecho de que esta semilla transgénica está patentada y que hasta ahora los agricultores podían comprar semillas para posteriormente usarlas en sus cultivos e incluso cambiarlas por otras semillas (trueque agrícola) actividad agrícola que tiene sus orígenes en la época prehispánica, pero con las nuevas leyes de patentes, todas estas actividades ahora son ilegales el agricultor tlaxcalteca tuvo que pagar por usar una sola vez el germoplasma.

El derecho a poseer genes es un fenómeno nuevo en la historia mundial y sus efectos en la agricultura, todavía es muy incierto.

La empresa transnacional Monsanto argumenta que la propiedad intelectual es esencial para que prospere su industria.

Pero es muy claro que convierte a los agricultores en siervos que les venden semillas y plaguicidas y herbicidas y les compran la producción a muy bajos precios con el único consuelo de la propiedad formal sobre la tierra que cultivan.

Monsanto para defender los derechos de patente hizo firmar “contratos de semillas” un fenómeno nuevo en agricultura. Estos contratos estipulan que marca de plaguicidas debe usar el agricultor.

Así mismo esta tecnología de protección de genes denominada “Terminator” impide que las semillas recolectadas por los agricultores vuelvan a germinar por lo consecuente esta tecnología aumentara la uniformidad de los cultivos al restringir la práctica de guardar y cruzar semillas de una año para otro por los agricultores.

Cabe mencionar que los agricultores que compraron la semilla POVENIR 67 firmaron contratos con Monsanto en donde pagaron el derecho de autor que tiene un costo de \$250.00 pesos por hectárea por cada ciclo agrícola que se utilice esta semilla y para impedir que el agricultor guarde granos y reproduzca semillas para el siguiente ciclo agrícola; la semilla POVERNIR 67 es una semilla alterada genéticamente para que no se reproduzca sin la aplicación de un paquete

químico., esta tecnología agrícola obliga a los agricultores a comprar semillas cada año sin esperanza de una independencia agrícola como en el caso de las semillas criollas en donde se puede guardar los mejores granos para una subsiguiente producción de semillas. Dentro de las cláusulas de estos contratos queda estipulada una multa para quien guarde o acapare la semilla, esta multa oscila en \$12,000.00 pesos.

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN A EVENTOS CLIMÁTICOS Y METEOROLÓGICOS EXTREMOS

Heladas:

Un muestreo realizado en una primera práctica de campo en el municipio de Humantla, Tlaxcala reveló que los agricultores definen como helada dramática cuando observan en sus cultivos manchas cafés o negras a causa del frío (necrosis); es decir, que las heladas más dramáticas en el municipio de Humantla son las heladas negras o heladas de radiación las cuales se producen en viento calmo o escaso y cielo despejado lo cual permite una mayor pérdida de calor desde la superficie terrestre; en este tipo de heladas el descenso de la temperatura del aire en superficie es por debajo de 0°C y no va acompañado de formación de hielo. La designación que le dan los agricultores responde a la visualización de la coloración que adquieren los cultivos debido a la destrucción causada por el frío. Este tipo de heladas es más frecuente cuando la masa de aire es seca como en el caso de los años secos que se observaron en el estado de Tlaxcala provocando gran pérdida a los agricultores.

Generalmente la heladas más dañinas para el cultivo de maíz de temporal son las tardías y tempranas. Las heladas que se presentan en primavera son las que se conocen como heladas tardías y sus daños principales en los cultivos del maíz en Tlaxcala en cuando se presentan de Julio a Septiembre debido a que en estas

fechas el cultivo del maíz se encuentra en el estado fenológico Madurez provocando la muerte de la mayoría de las plantas.

Así mismo la situación geográfica de Tlaxcala favorece el desarrollo de heladas ya que el territorio tlascalteca se encuentra donde termina la altiplanicie mexicana y se levanta la Sierra Volcánica Transversal; en invierno las masas de aire frío penetran estas zonas altas por el norte, llegando su influencia principalmente hasta los estados del centro de la República Mexicana; la Altiplanicie Mexicana sirve entonces como un corredor para el paso del viento frío invernal, teniendo como flancos la Sierra Madre Oriental y Occidental.

Este viento frío llega hasta el estado de Tlaxcala, dando como origen las heladas por advección, si la temperatura desciende por debajo de los 0°C se producen grandes daños a los cultivos. Cabe mencionar que la Sierra Volcánica Transversal se comporta como barrera para que se estanque el viento frío proveniente de Canadá y estados Unidos.

Las heladas en Tlaxcala se presentan en todo el territorio tlascalteca, pero en algunas áreas con mayor intensidad que en otras. Los valores mínimos extremos de temperaturas se presentan como ya se menciona en las elevaciones orográficas, Sierra de Tlaxco, Sierra Nevada y el Volcán de la Malinche.

La frecuencia con que ocurren las heladas en el estado de Tlaxcala varía según la época del año, las mayores frecuencias son en Diciembre y Enero según los datos climáticos.

Las primeras heladas en Tlaxcala ocurren en la Sierra de Tlaxco, la Sierra Nevada y El Volcán de la Malinche con fecha de inicio el 10 de Octubre, posteriormente en Lázaro Cárdenas con fecha de inicio el 15 de Octubre, después en casi todo el territorio tlaxcalteca con fecha de inicio el 20 de Octubre a excepción de los Valles de Huamantla y Cuapixtla que inician el 26 de Octubre

Para en el caso de las fechas de ocurrencia de las Últimas Heladas primero ocurren en la Sierra de Tlaxco, con fecha el 16 de Marzo. Sigue casi todo el territorio tlaxcalteca con fechas de ocurrencia hasta el 24 de Marzo y por último los Valles de Huamantla y Cuapixtla con fecha de ocurrencia hasta el 28 de Marzo.

El período libre de heladas para Tlaxcala en donde el periodo más corto es en la Sierra de Tlaxco, la Sierra Nevada y el Volcán de la Malinche con 196 días, después es Lázaro Cárdenas y Cuapixtla con 214 días, se encuentra después los Valles de Huamantla con 218 días y el resto del territorio tlascalteca con 232 días.

Sequías:

La sequía agrícola se presenta cuando no hay suficiente humedad en el suelo para satisfacer las necesidades mínimas de las plantas, en sus distintas épocas

de germinación y crecimiento. La sequía agrícola sucede después de la sequía meteorológica y antes de la sequía hidrológica y suele ser el primer factor que afecta la agricultura.

Los agricultores tlaxcaltecas entienden el concepto de la sequía, como un período prolongado con déficit de precipitación dando como resultado el daño extenso a las cosechas y la pérdida de su producción. En este trabajo de investigación se definió tanto la sequía meteorológica, como la sequía agrícola ya que una deficiencia de la precipitación puede dar lugar a un agotamiento rápido de la humedad del suelo que es casi inmediatamente perceptible a los agricultores y al entender los daños que ocasiona la sequía al cultivo del maíz de temporal; se puede planificar y mitigar de acuerdo a los requerimientos hídricos del cultivo e incrementar los rendimientos.

Un 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 por lo que entonces una planificación agrícola basada en un estudio climático en donde se pueda caracterizar a la sequía agrícola en Tlaxcala servirá para determinar fechas de siembra en donde la humedad del suelo pueda satisfacer las demandas de agua del cultivo y así asegurar incrementos en el rendimiento.

CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL ESTADO DE TLAXCALA

En el estado de Tlaxcala se presenta una lluvia bimodal con una disminución de precipitación a mediados de la estación lluviosa. Inicialmente Mosiño (1986) al estudiar este fenómeno que llamó sequía intraestival estableció que la causa de la disminución de la precipitación que se da a medio verano obedece a cambios en la circulación de la atmósfera que año con año tiene lugar en el Golfo de México.

Este cambio en la circulación de la atmósfera se debe al refuerzo del anticiclón de las islas Azores y su propagación a Norteamérica que provoca que la corriente alisia sea bloqueada y no penetre a México provocando la disminución de la precipitación.

La sequía intraestival tiene una duración diferente, dependiendo del área de que se trate y el mínimo de precipitación puede caer en julio, agosto o septiembre el segundo pico de precipitación se debe a la reanudación de la corriente alisia al final de este bloqueo descrito; los vientos alisios entran al territorio mexicano, provocando nuevamente las lluvias. (Mosiño ,1986).

El inicio de la estación de lluvias en Tlaxcala esta regido directamente por la circulación general de la atmósfera y este inicio de la estación de lluvias se presenta año con año.

Así que los agricultores de Tlaxcala disponen únicamente de las lluvias registradas al inicio de la estación lluviosa para planificar fechas de siembra por lo que

cualquier variación de este régimen como el atraso de lluvias e inclusive sequía en al año agrícola puede provocar pérdidas económicas relacionadas con el rendimiento de la producción de los cultivos de temporal.

En los años secos la temporada de lluvias no empieza en el mes de Abril sino hasta el mes de Mayo, las temperaturas máximas aumentan hasta 34.5°C en el mes de Mayo; debido a la alta evaporación por radiación ya que no hay nubosidad por que no se ha presentado la época de lluvias. El hecho más importante de estos años es que se presentan heladas en todo el año y sobre todo hay heladas dramáticas a partir del mes de septiembre, lo cual es preocupante porque el cultivo del maíz de temporal se encuentra en la fase fenológica madurez y en donde los daños por heladas son de cuarto grado; es decir, que los daños pueden ocasionar la muerte del vegetal.

Las declaraciones que dieron agricultores de Huamantla en una primera práctica de campo señalaron que en los años secos o como ellos los nombran años con veranillo (lluvias nulas en Abril y altas temperaturas en Mayo), las plantas mueren por sequía y por frío. Los agricultores desconocen el fenómeno que propicia la ocurrencia de heladas en estos secos, pero están concientes del daño que ocasionan a sus cultivos.

Lo que se puede observar entonces; es un heraldo, en donde nos indica que si no hay lluvias en Abril será un año seco y con heladas durante todo el ciclo agrícola. La disminución de lluvia en el estado de Tlaxcala en estos años produce un

aumento en la temperatura máxima a lo largo del día, mientras que por la noche disminuye muy rápido debido a la falta de humedad y nubosidad ocasionando heladas por evaporación, estas condiciones se establecen en todo el año; sí a este fenómeno se le suman las masas de aire continental polar (nortes), entonces se presentan heladas mixtas como ocurrió en el año de 1982, las cuales aumentan su poder destructivo en los cultivos.

Este hecho sirve para entonces no solamente tomar medidas de mitigación; las cuales son en el momento en que se presenta la helada, sino para planificar con seis meses de anticipación la fecha de siembra o inclusive cambiar el tipo de semilla por otra de ciclo vegetativo corto.

En Tlaxcala se presentaron pares de años secos (1961-1962, 1982-1983 y 1997-1998) por lo que es de suponerse que hay cambios en la circulación de la atmósfera que puedan estar asociados a la disminución de la precipitación en estos años y que los años restantes son sequías locales.

El Patrón del Pacífico Norte puede estar asociado a la sequía que se presentó en los años de 1961-1962, ya que este provocó anomalías positivas en presión en superficie en toda la república mexicana para el inicio de la estación lluviosa en el año de 1961 y 1962.

Al presentarse anomalías positivas en presión en superficie en estos años; impidió la entrada de los vientos alisios, originando mayor estabilidad climática por lo que se presentaron anomalías negativas en humedad relativa en el mes de Abril y anomalías negativas en precipitación en el mes de Abril.

Para el par de años 1982-1983 también se presentaron anomalías positivas en presión en superficie en el inicio de la estación lluviosa pero con diferente distribución geográfica. Para el año de 1982 las anomalías positivas en presión en superficie cubrían toda la República Mexicana y para 1983 cubrían solo la mitad de la República Mexicana.

Estas anomalías positivas en presión en superficie; provocaron que se presentaran anomalías negativas de humedad relativa y de precipitación en la región centro-este de la República Mexicana para los dos años.

Cabe mencionar que para el par de años 1982-1983 sucedió un evento climático de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) el cual incremento la temperatura en superficie en la República Mexicana reforzando de manera indirecta la sequía que se presento en el par de años 1982-1983.

En el par de años 1997-1998 también se presentaron anomalías positivas en presión en superficie al inicio de la estación lluviosa; es decir en el mes de abril.

Como sucedió en los casos anteriores estas anomalías en presión en superficie al inicio de la estación de lluvias provocaron anomalías negativas en humedad relativa y precipitación en los dos años.

En este par de años también se presentó un evento climático de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) el cual incrementó la temperatura en superficie en la República Mexicana reforzando también de manera indirecta la sequía.

En últimas entrevistas que se hicieron a los agricultores en la zona de estudio, comentaron que tenían conocimiento de estos años húmedos en Tlaxcala y que si bien hubo incrementos en los rendimientos de hasta 1 tonelada por hectárea como lo reporta la SAGARPA en su anuario agrícola de esos años; la calidad de los granos de maíz no fue la deseada debido a la falta de humedad al inicio de la siembra.

Se encuentra una incongruencia económica en esos años ya que si bien existía un incremento en la producción; los precios de garantía no se respetaron, debido a la mala calidad del producto agrícola según el reporte de BANRURAL (1979,1981). Con lo que hace notorio la falta urgente de una planificación agrícola que no este basada solamente en análisis económicos si no en análisis climáticos.

En estos años se presenta una baja de presión de superficie en el territorio mexicano de 1008 millibars para 1979 y de 1010 millibars para 1981; las cuales pueden estar asociadas al incremento de la precipitación en estos años, debido a que al presentarse estas bajas presiones provocan desestabilidad climática por subsidencia de aire húmedo así como el refuerzo de la entrada de los vientos alisios sobre el territorio mexicano los cuales son la principal causa del origen de las lluvias en el estado de Tlaxcala. Estas bajas presiones sobre el territorio mexicano pueden estar asociadas a las anomalías positivas de humedad relativa y de precipitación que se presentaron en los años 1979 y 1981.

PLANIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL CULTIVO DEL MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE TLAXCALA

El maíz sembrado en Cuapixtla y Huamantla, es el híbrido H-311. Su período de siembra a madurez es de 170 días en total. 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, al período de crecimiento; para el caso de Cuapixtla el exceso es de 53 días. El otro problema con el que nos enfrentamos es la fecha de siembra. En el caso de Huamantla es el 1º de abril (decena 10) y para Cuapixtla es el 31 de Marzo (decena 9). Para los dos 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 pocas 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”.

El presente trabajo de investigación se propone un modelo de balance hídrico (Flores, 1998), el cual estima la humedad del suelo en la zona radicular del cultivo del maíz, estima la evapotranspiración del cultivo y estima las necesidades hídricas del cultivo arrojando un índice agroclimático el cual puede correlacionarse

con rendimientos históricos de producción; cabe señalar que los datos necesarios son de fácil acceso.

El modelo de Balance de Humedad se válido con muestreos de datos de humedad del suelo en un área de cultivo de maíz de temporal del pueblo de Benito Juárez, Huamantla con localización geográfica de $97^{\circ} 54'53.7''$ de longitud oeste y entre los $19^{\circ} 20'46''$ de latitud norte. Estos muestreos fueron realizados por el Centro de Investigación Campo Experimental Tlaxcala CIRCE (2006), del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIFAP; en los años de 1961, 1962, 1979, 1981, 1982 y 1983. La lámina de agua contenida en el suelo se cuantificó con el método gravimétrico cada 10 días a lo largo de todo el año, tomando en consideración la profundidad promedio de la raíz del cultivo de maíz de temporal, la cual es de 50cm.

En los años secos se puede observar que hay un retraso en el inicio de las lluvias las cuales normalmente se inician en al primera semana de abril presentándose hasta a finales de mayo y principios de junio, provocando que al inicio de la siembra (31 de marzo) no se contara con suficiente humedad en el suelo; así mismo, los datos de humedad calculados por el modelo concuerdan bastante bien con los datos de humedad observados, debido a que, en los años secos la lluvia no tiene la suficiente cantidad y frecuencia para saturar la máxima capacidad de campo considerada en el modelo.

En los años húmedos el inicio de las lluvias es en abril y se presenta lluvia en forma continua, por lo que en estos casos la humedad del suelo estimada por el modelo es menor a la humedad observada debido a que las lluvias continuas mantuvieron la humedad del suelo por encima de la máxima capacidad de campo provocando condiciones de saturación del suelo, las cuáles no son consideradas por el modelo y en tales casos se subestima la humedad en el suelo.

En este trabajo de investigación se realizó un pronóstico a largo plazo para el municipio de Huamantla a partir de la segunda semana de Junio, la cual se escogió para dejar pasar dos meses después de la estación lluviosa que es a principios de abril y así obtener un pronóstico más certero. Se calculó la precipitación acumulada de cada uno de los rangos de precipitación (mencionados en el Capítulo III de este trabajo de investigación) así como de los datos de precipitación del año 2006, para poder inferir dentro de cual rango de precipitación se encuentra este año respecto a su distribución.

La precipitación acumulada del año 2006, hasta la decena 16 es de 500mm, para el año más húmedo (1979) es de 288.5, para la moda año 1963 es de 191.5mm y para el año más seco (1983) es de 38.5mm. Encontrándose que en el año observado tiene 216.5mm arriba que el año más húmedo hasta la decena 16; por lo que es de suponerse que el año 2006 se encuentra dentro del rango de los años húmedos.

Respecto a los requerimientos térmicos se pronostica que este año tenga las mismas condiciones térmicas de los años húmedos así que se espera que tenga el mismo período libre de heladas siendo favorables las condiciones térmicas para el cultivo de maíz y si bien los requerimientos hídricos totales del cultivo del maíz de temporal son cubiertos; la estación siembra-germinación tiene un déficit hídrico debido a que la fecha tradicional de siembra es el 31 de Marzo y las lluvias comienzan hasta finales de abril.

En este trabajo de investigación se realizó un experimento para poder determinar si las condiciones agroclimáticas son las adecuadas para el desarrollo del cultivo de maíz de temporal híbrido número 311, con ciclo vegetativo tardío de 170 días de maduración y fecha tradicional 31 de marzo; el cual es utilizado por los agricultores en el municipio de Huamantla, denominado "Testigo 01" y para el cultivo de temporal tipo criollo variedad número 23, con ciclo vegetativo precoz de 110 días de maduración y fecha de siembra alternativa 25 de Mayo propuesto en este trabajo de investigación y denominado "Testigo 02".

El cultivo de maíz de temporal del Testigo 01 fue sembrado el 31 de marzo fecha del inicio de las primeras lluvias en Huamantla pero se presentó un estrés abiótico temprano: el retraso del inicio de la estación de lluvias; el inicio de la estación de lluvias se presentó hasta el 27 de abril, provocando que al iniciarse la siembra del cultivo el suelo estuviera completamente seco

El Testigo 02 no presento estrés abiótico temprano por el retraso de lluvias ya que se sembró el 25 de mayo; fecha en que ya se había presentado la estación lluviosa lo cual permitió un ingreso continuo de agua en el suelo.

La sequía que se presento en el cultivo del Testigo 01 en etapa fenológica siembra-germinación por el retraso de la estación lluviosa provoco que el crecimiento se viera afectado en el resto de los estados fenológicos; ya que, como el maíz tiene una escasa capacidad para producir macollos productivos, el cultivo no pudo compensar el efecto de la sequía, aún cuando las lluvias fueron adecuadas en el resto del ciclo vegetativo. En el caso del testigo 02; la humedad inicial que había en suelo por la presencia de la estación lluviosa, mantuvo la turgencia de la planta y una profunda penetración de las raíces que permitió la explotación de un mayor volumen de agua del suelo y por lo tanto un mayor crecimiento en comparación con el Testigo 01.

El rendimiento del Testigo 01 es de 0.01 kilos por superficie dando como resultado una cosecha de 55 kilos de grano de maíz por superficie sembrada, esta cosecha se vendió a un precio de \$0.92 centavos el kilo lo cual da como resultado una producción de \$50.50 pesos lo cual no alcanzo a cubrir los costos de producción de \$2,078 pesos teniendo una perdida económica de \$2,027.50 pesos.

El rendimiento del Testigo 02 es de 0.425 kilos por superficie dando como resultado una cosecha de 1870 kilos de grano de maíz por superficie sembrada, esta cosecha se vendió a \$1.50 pesos el kilo lo cual da como resultado una producción de \$2,805 pesos teniendo una ganancia de \$1,234.00 pesos cubriendo perfectamente los costos de producción y se obtuvo un beneficio del 44%. Así mismo se tuvo la alternativa de que el cultivo se pueda cosechar antes del 15 de septiembre teniendo posibilidades en el mercado para la venta de maíz para pozole utilizado en las fiestas patrias cosa que se realizó en el experimento así mismo se puede utilizar para venta libre como grano de consume mejor conocido como elotizas y esquites y para mixtamal y realizar tortillas echas en forma tradicional como también se realizó en el experimento y cubrir así los costos de producción y obtener una ganancia extra.

ANALISIS Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA PRODUCTIVO DEL CULTIVO DEL MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE TLAXCALA

En 1967, el estado de Tlaxcala se conformaba de 44 municipios de los cuales 9 eran considerados como ciudades con una población mayor a 15,000 habitantes, los 35 municipios restantes eran comunidades rurales con una población que variaba desde 300 hasta 15,000 habitantes.

En 1967 las prácticas de cultivo y la densidad de siembra eran las mismas que se había venido usando durante generaciones e incluso; algunas de esas prácticas se remontaban a la cultura indígena. Sembraban semillas criollas que a través de muchos años se habían adaptado a las plagas comunes de la zona, a la canícula (sequía de medio verano) y a las heladas; la más utilizada era la semilla de maíz blanco (ahora se le conoce como variedad 23) con un ciclo vegetativo precoz, de 110 días de maduración.

La introducción de la semilla híbrida de maíz en el estado de Tlaxcala fue en el contexto de una extensión territorial del Programa Plan Puebla el cual fue diseñado por un grupo de investigadores del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CYMMIT) los cuales para diseñar el programa se basaron en el método y resultados de la “Revolución Verde”.

En Tlaxcala el objetivo principal del Programa Puebla fue que los pequeños agricultores de maíz de temporal pudieran tener acceso a la tecnología moderna

de producción así como a diversos servicios ofrecidos por el gobierno (créditos agrícolas, seguros agrícolas y precios de garantía) ya que la gran mayoría de los pequeños agricultores, ubicados en áreas de temporal, permanecían al margen de esos beneficios y dependían fundamentalmente de una tecnología tradicional transmitida de generación en generación, así mismo este programa fue aplicado por el gobierno como una solución a la crisis agrícola que se venía dando desde el año de 1965 (Myren, 1969).

A partir del año 2000 hasta la fecha los procesos productivos son realizados tanto en forma manual como mecanizada, los procesos requeridos para la producción de maíz de temporal son: barbecho, escarda, surcado, siembra, primer labor, segunda labor, control de maleza y plagas, cosecha y acarreo. En el municipio de Huamantla en la mayoría de las parcelas ejidales los procesos productivos son llevados a cabo en forma manual y en las parcelas privadas se observa procesos productivos en forma mecanizada.

La mano de obra es escasa a partir del 2000 ya que prefieren emplearse en las fábricas cercanas o emigrar a los Estados Unidos ante la temporalidad del empleo en el campo, por lo que se hace difícil encontrar jornales eventuales y los más disponibles son los de edad avanzada o niños, puesto que estos últimos ya no son empleados en las fábricas ni cuentan con las posibilidades claras de trabajo en los Estados Unidos; las labores de mano de obra son fertilización, aplicación de herbicidas y cosecha, estas labores constituyen un costo de \$ 1,470 pesos por

hectárea. Para cubrir la mano de obra se requiere de 21 jornales, siendo el cultivo de maíz el que requiere de mayor mano de obra y cabe destacar que es la cosecha la actividad que requiere mayor uso intensivo de mano obra absorbiendo cerca de una cuarta parte del costo de producción.

Para el ciclo agrícola primavera-verano del 2007 se emplearon por primera vez semillas transgénicas en algunos pueblos del municipio de Huamantla debido al desbaste de semilla híbrida para siembra que hubo en el mes de febrero en consecuencia a la desaparición de la asociación PRODUCE, la cual era la institución gubernamental encargada de distribuir semilla al estado. Así mismo se empleo semilla híbrida y semilla criolla denominada variedad 23 propuesta en este trabajo de investigación.

Las semillas transgénicas e híbridas fueron compradas por el gobierno a las empresas transnacionales Cargill-Continental-Monsanto, Maseca-Archer-Daniela, Midland-Dreyfus-Novartis, Minsa-Arancia-Corn Products Internacional y a Novartis-Pioner; en febrero del 2007, para posteriormente ser distribuidas a través del nuevo programa denominado IFR'S Programa Integral de Formación y Capacitación y Consultoría para Productores a los agricultores de Humantla. Estas empresas transnacionales son las mayores comercializadoras de granos tanto híbridos como transgénicos en ambos lados de la frontera, Cargill-Continental-Monsanto vendió para el ciclo primavera verano para la región centro de la República Mexicana los híbridos mejorados Halcón y Gavilán, Maseca-Archer-Daniela los híbridos H-30, H-33 y H-311, Midland-Dreyfus-Novartis los híbridos

AS-721, AS-820 y AS-600, Minsa-Arancia-Corn Products International el híbrido Z-60 y Monsanto-Novartis-Pioner los transgénicos PORVENIR 9 y PORVENIR 67.

Estas empresas transnacionales son localizadas en la Ciudad de Apizaco y en Huamantla, los precios promedios de las semillas para los híbridos van de 1,900 a 3,700 pesos por bulto los cuales contienen de 18 a 20 kilos por bulto, el precio por kilogramo varia de \$95 pesos a \$185 pesos. El precio de las semillas transgénicas PORVENIR 9 es de \$4,200 el bulto con 20 kilogramos de semillas por bulto, el precio por kilogramo es de \$210 pesos y el de PORVENIR 67 a \$5,200 por bulto, con 18 kilogramos por bulto, el precio por kilogramo es de \$288 pesos.

En el ciclo primavera-verano 2007 en los pueblos de Ignacio Zaragoza y Xicohtencatl emplearon semillas transgénicas PORVENIR 9 y PORVENIR 67 en una extensión 5,474 hectáreas, en los pueblos de Mariano Matamoros, José María Morelos, Cuauhtemoc, Francisco Villa, Lázaro Cárdenas, El Carmen y Francisco Villa Tecual emplearon semilla hibrida H-311 en una extensión de 9,015 ha. y en el pueblo de Benito Juárez se empleo la semilla criolla tipo variedad numero 23 en una extensión de 322 hectáreas-

En este trabajo de investigación se realizó un pronóstico agro climático para realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de los tres tipos de cultivo sembrados en el municipio de Huamantla, Tlaxcala.

La producción anual de maíz que se obtuvo en el pueblo de Benito Juárez, Huamantla para el cultivo criollo numero 23 de temporal en una superficie cosechada de 322 hectáreas en el Ciclo Primavera - Verano 2007 fue de 1,416.8 toneladas por hectárea con un rendimiento de 4.4 toneladas por hectárea.

La producción anual de maíz que se obtuvo en los pueblos de Mariano Matamoros, José María Morelos, Cuauhtemoc, Francisco Villa, Lázaro Cárdenas, El Carmen y Francisco Villa Tecual para el cultivo híbrido H-311 de temporal en una superficie cosechada de 9,015 ha fue de 4,507.5 toneladas por hectárea con una rendimiento de 0.5 toneladas por hectárea.

La producción anual de maíz que se obtuvo en los pueblos de Ignacio Zaragoza y Xicohtencatl, para el cultivo transgénico PORVENIR 67 de temporal en una extensión de 5,474 hectáreas fue de 1,095 toneladas por hectárea con una rendimiento de 0.2 toneladas por hectárea.

Las siguientes son declaraciones que se dieron por la compañía MONSANTO y en donde se hace un análisis de esas declaraciones:

Declaración 1: “Las semillas transgénicas aumentarán rendimientos y abastecerán el mercado de maíz”.

ANALISIS: La actual crisis de los precios es provocada por la especulación, pues la producción de maíz en México es suficiente: en 2006 México produjo 22 millones de toneladas de maíz blanco, de las que por lo menos 2 millones eran

excedentes. Por el contrario, un reporte de 2006 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos reconoce que los rendimientos de los transgénicos no son mayores a los de las variedades híbridas convencionales; diversos estudios demuestran que bajo condiciones de sequía los transgénicos presentan rendimientos muy bajos y requieren una gran cantidad de agroquímicos tóxicos.

Declaración 2. “Para producir más se requieren semillas transgénicas”.

ANALISIS: El problema no son las semillas, pues para producir más se requiere inversión en la infraestructura de riego, el uso de variedades de maíz adaptadas a las distintas condiciones de suelo y clima y un programa de apoyo técnico y financiero a los productores. Además, las semillas transgénicas requieren condiciones de producción que NO se dan en la mayor parte del territorio nacional, como son la siembra en grandes superficies planas e irrigadas, con alta tecnificación y capacidad de inversión en todo el paquete tecnológico.

Declaración 3. “Se requieren semillas transgénicas que resistan plagas y cambios climáticos”.

ANALISIS: En el mundo sólo existen tres tipos de transgénicos a escala comercial: los que producen insecticida Bt para insectos lepidópteros y el gusano de raíz; los que toleran mayores cantidades de herbicida y los que presentan ambas modificaciones. Los transgénicos NO son semillas mágicas: no controlan todas las plagas y de hecho, ni siquiera son viables bajo las condiciones de producción características de México. De acuerdo con el estudio “Maíz y Biodiversidad”, ninguno de los transgénicos existentes resuelve los problemas del campo

mexicano ni “responden a las necesidades más urgentes de los campesinos mexicanos”. No existe un sólo transgénico comercial que resista a la sequía o que responda a los cambios climáticos. Las semillas mejor adaptadas para tolerar sequías, cambios del clima y estrés ambiental son precisamente las variedades nativas de maíz, del que nuestro país es centro de origen y biodiversidad, de ahí la urgencia de proteger esta riqueza genética libre de riesgos y libre de patentes corporativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adem, J.,1962.** On the theory of the general circulation of the atmosphere. *Intitulo de Geofísica. Universidad Nacional de México.* Pág.102-115.
- 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, National Meteorological Center, U. S Weather Bureau, Washington, D. C.* Pág. 91-104.
- 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.* Pág. 714-719.
- Adem, J.,1970.** Incorporation of advection 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.* Pág. 776-786.
- Adem J., 1997** *Julián Adem Obras tomo 1.*Recopilación Garduño, R. Colegio Nacional México 1997. Pág.319-605.
- Adem J, Mendoza V. M, Ruiz A. Villanueva E.E and Graduño R. 2000** Recent numerical experiments on three-months extended and seasonal weather prediction with a thermodynamic model. *Atmósfera Centro de Ciencias de la Atmósfera, Pág. 53-83. UNAM, 2000.*
- Baier, W y G:W, Robertson 1966** A new versatile soil moisture budget. *Can J.Plant Sci.*46 299-315
- Barradas V., 1986** El Clima y los Patrones de Producción Agrícola en una Selva Baja Caducifolia de la Costa de Jalisco. *Biótica Volumen 11 Número 4, 1986 México. DF.* Pág. 237-245.
- Baier, W y G:W, Robertson 1966**“A new versatile soil moisture budget” *Can J.Plant Sci,* Num 46, pp. 299-315
- Boer, G. J.** McFarlane NA, Lazare M.,1992 Greenhouse gas induced climate change simulated with the Canadian. *Climate Center second generation general circulation model. J. Clim* 5. Pág. 1045-1077.
- Budyko, M. I. 1974** Climate and file. *International Geophysics Series, 18 Academic Press.* 1974 New York. Pág. 508.

- CEA 2003** (Centro de Estadística Agropecuaria) *Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal de Tlaxcala de 1991 al 2003*. ED. SAGARPA. México DF. [cd-rom]
- CIRCE 2006** (Centro de Investigación Campo Experimental Tlaxcala del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIFAP), 2006. "Datos de Humedad del Suelo Insito" Autopista México-Veracruz Km. 163.5 Huamantla, Talxcala.
- Custodio, E.** 1983. *Hidrología Subteranea*, Capítulo 6. Editorial Omega. Barcelona España 1983.pp.261-361.
- Escobaza G.,M.I y L.F. Escobaza G.** 1990. "Metodología para estimar el cuando y Cuanto regar basada en datos agrometeorológicos". *Ciencias Agropecuarias* Volumen 12, pp 23-28.
- FAO 1980** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación) *Pronósticos Agro meteorológicos del rendimiento de los Cultivos 1980*
- FAO 1981** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 1981."Methodology and results for South and Central America". *World Soil Resources* Vol. I Report Num. 48 Rome.
- Fertilizantes de América Latina N°5 2003** Capítulo Fertilizantes en México. 2003
- Flores L. y Ruiz.** 1998 "Estimación de la humedad del suelo para maíz de temporal mediante un balance hídrico" *Terra* Volumen 16 Número 3. Universidad Nacional Autónoma de Chapingo, México, pp 219-299
- Frere, M. y G.F. Popov.** 1979. "Agrometeorological crop monitoring and forecasting". *FAO Plant Production and Protection Rome*, Num. 17, pp 100-110.
- García,** E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 1998."Clasificación de Koppen, modificado por García. Carta de Climas México Escala 1:1,000,000.

- Garduño R.** y J. Adem 1992. Calentamiento Global Calculado con el Modelo Termodinámico . *Ciencias 43, Num. Especial, 11-14*
- Griffiths J. F.** 1986 *Climatología Aplicada* Capítulo 6 Hidrología Pág.300-360. ED. Barcelona. Barcelona España. 1986.
- Hernández H. A.** 1976 *Efectos de Niveles de Humedad y Dosis de Fertilizantes sobre Uso de Agua y Rendimiento en Maíz.* Tesis de Licenciatura Universidad de Nacional Autónoma de Chapingo.1976. Pág. 120.
- INEGI** 1986. (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) *Síntesis Geográfica de Tlaxcala* México ED. INEGI.1986 91 pp. 91
- INEGI**, 1990 (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) Carta de Uso de Suelo y Vegetación Escala1:500,000 Clave E13B31 Tlaxcala, México.
- INEGI**, 2003 (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) Carta Hidrológica Escala 1:500,000 Clave E13B31 Tlaxcala, México.
- INEGI**, 2003 (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) Carta Topográfica escala 1:500,000 Clave E13B31 Tlaxcala, México.
- 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 *"Estudio Regionales"* ED. Trillas D. F México Pág. 180
- Magaña Rueda V. O** 1999. *Los impactos del el Niño en México.* Editado por Víctor Magaña Rueda Investigador del Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM, México. Con apoyo de la Dirección General de Protección Civil Secretaría de Gobernación México. Capitulo II El niño y el Clima Pág. 23 a la 66.
- Matalas. N:C** and Fiering, M:B. , 1977. Water resource systems planning in J. Wallis (ed) *Climate, Climatic Change and Water Supply, National Academy of Sciences Washington D.C 1977.*

Mendoza . A. S 2001 *Planificación Agrícola del Maíz en Tlaxcala Basada en la Predicción Estacional de la Republica Mexicana* Tesis de Licenciatura ENEP Aragón UNAM 2001. Pág 120.

Mendoza A .S, 2005 *Disponibilidad del Agua en Tlaxcala para uso Agrícola ante el Cambio Climático.* Tesis de Maestría Facultad de Filosofía y Letras UNAM, 2005. Pág. 150.

Mendoza V. M y Adem J. Predicción del tiempo a largo plazo, usando un modelo Termodinámico Baroclínico de dos Capas. *II Congreso Latino-Americano e Ibérico de Meteorología, Volume 2 Pág. 521-528 Ed. Secretaría de estado de ciencia y tecnología del medio Ambiente. Belo Horizonte 1994.*

Morales Méndez C. 1988. *Las Heladas y sus Consecuencias en Algunos Cultivos en el Estado de Tlaxcala..* Tesis de Licenciatura .Facultad de Filosofía y Letras. UNAM 1988. pp.41-48

Morales L. M. 2003 Variaciones del Índice de Vegetación desde Imágenes Satelitales Spot. *Gaceta de Investigación del Instituto de Geografía. Núm.20 Pág.22-32 ED. Instituto de Geografía UNAM: 2003.*

Mosiño, Alemán Pedro 1986 *Factores determinantes en el Clima en la Republica Mexicana .*Instituto Nacional de Antropología e Historia México 1986. Pág. 150.

Norero Sch.,A.1976 “Evaporación y Transpiración”. *Serie Suelos y Clima N.SC Num.13, SIDITA Mérida, Venezuela* pp 300-320

Palacios V.,E.1980 “Estimación de los requerimientos de agua de los cultivos para conocer cuando y cuanto regar”. *Departamento de Irrigación, Num 4 Universidad Autonoma de Chapingo, México,* pp 1-220

Pérez I ,1990 “About the premature and tardy frosts that occurred over the central plateau of México and were associated with some tropical cyclones”. *Atmósfera Centro de Ciencias de la Atmósfera, . UNAM, 1990. pp. 143-164*

Pérez I,1996 “Major cold air outbreaks affecting coffee and citrus plantations in the eastern and northeastern Mexico”. *Atmósfera Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, 1996. pp. 47-68.*

- Pérez Ismael** ,1990 About the premature and tardy frosts that occurred over the central plateau of México and were associated with some tropical cyclones. *Atmósfera Centro de Ciencias de la Atmósfera*, Pág. 143-164. UNAM, 1990.
- Pérez Ismael** ,1996 Major cold air outbreaks affecting coffee and citrus plantations in the eastern and northeastern Mexico. *Atmósfera Centro de Ciencias de la Atmósfera*, Pág. 47-68. UNAM, 1996.
- PRONASE** 2000 (Productora Nacional de Semillas Dirección Comercial) Serie Histórica de Precios de 1960 al 2000 en Disco Compacto
- PRONASE** 2000 (Productora Nacional de Semillas Dirección Comercial) Serie Histórica de Semillas Utilizadas en Tlaxcala de 1960 al 2000 en Disco Compacto
- Ready S.J** 1983 A simple method of estimating the soil water balance. *Agric. Meterol.* 28 1-17.
- SAGARPA** 2005 Secretaría de Agricultura ,Ganadería,Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación *Tarjetas de Siembra para la República Mexicana* ED. SAGARPA. México DF. [cd-rom]
- SARH**, 1976 (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos) *Atlas del Agua de la República Mexicana*, 1976. ED. SRH, México DF ,125 láminas
- SARH**, 1978 (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). *Agenda Técnica Agrícola Zona I, II, III y IV*, 1978 ED. Dirección General y Extensión Agrícola. México DF. Pág. 22
- Shaw, R.H.** 1974. "A weighed moisture stress index for corn in Iowa". *Iowa State J. of Res.* Num 49, pp. 100-104
- SIC 1960-1990** (Secretaría de la Industria y el Comercio) *Censos Agrícolas, Ganaderos y Ejidales de Tlaxcala* de 1960 a 1990 Ed. Dirección General de Estadística.
- Steiner, J.L., J.R. Williams y O.R. Jones.** 1990. "Evaluation of EPIC using a dryland wheath-sourghum-fallow crop rotation". *In: EPIC: Erosion/Productivity Impact Calculator. I. Model documentation.* USDA-ARS. Techn. Bull. No. 1768.
- Torres R, E.** 1995. *Agrometeorología* . Editorial Trillas D. F México 149 pp.

Trujillo R. 1963 *Consumo y Utilización de Agua en la Plántula por Razas Mexicanas de Maíz*. Tesis de Licenciatura Universidad Nacional Autónoma de Chapingo. 1963. Pág. 98

Villalpando I, F. 1988 *Metodología de Investigación Agroclimática* Editorial SAGAR. Tlaxcala México. paginas de la 74 a 79.

Walter R. O S. Guzmán Salvatierra 1991 Localización microclimática de zonas optimas para la introducción del cultivo de soya en el estado de Tlaxcala. *Atmósfera (1992) Volumen 5 Pág. 169-179.*

Walter R. O S. Guzmán 1992 Simulación y pronostico de las lluvias una aplicación al estado de Tlaxcala *Geofísica Internacional (1992) Vol. 30 Pág. 183-192.*

Walter R. O S. M. E Garay 1996 Balance de Radiación y potencias de productividad primaria en algunos ecosistemas terrestres de la Republica Mexicana. *Geofísica Internacional Vol. 25-2 (1996) Pág. 285-314.*

Walter R. O S. Pedro Mosiño 1996 *Dynamic rain model for linear stchastic environmets* 1996 MAUSAM Vol 49 (1996) Pág. 127-134.

Paginas de Internet consultadas

-----2006 **INEGI en tu estado 2006 [en línea] [Fecha de última consulta : Enero del 2006] Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.asp>**

REFERENCIAS