

01084



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**“INTRODUCCIÓN DE CULTIVOS ALTERNOS  
PARA APROVECHAR EL POTENCIAL  
CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE  
TLAXCALA ANTE LA VARIABILIDAD  
CLIMÁTICA/CAMBIO CLIMÁTICO”.**

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN GEOGRAFÍA  
(GEOGRAFÍA AMBIENTAL).

PRESENTA:

**M. en G. SATURNINO OROZCO FLORES**

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. CARLOS GAY GARCÍA

CODIRECTOR:  
DR. TOMÁS MORALES ACOLTZI



CIUDAD UNIVERSITARIA. D.F. MARZO DE 2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

P2013

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## ABSTRACT

---

### ABSTRACT

In 1997, in the State of Tlaxcala an investigation line was implemented directed to the Tlaxcalteca agriculture, the project was "Use of Climatic forecast for Agricultural Activities in the State of Tlaxcala" this work arose and it was carried out with support of scientific of the Atmospheric Sciences Center of the, UNAM and like an initiative of the National Institute of Ecology (INE), and with a positive answer of the Foundation Produces Tlaxcala, with the collaboration of investigators of the department of Agrobiología, the Research Center in Biological Sciences (C.I.C.B.), belonging to the Autonomous University of Tlaxcala (UAT), the National Institute of Agricultural and Cattle Forest Investigations of Tlaxcala (INIFAP-Tlaxcala), and the participation of the University of Arizona Campus Tucson.

The main objective of that project, was the one of generating a knowledge of the extreme values of the precipitation associated to the events of EL NIÑO/LA NIÑA. ("EL NIÑO", that represents bigger temperature and less precipitation in summer, and LA NIÑA" that represents, low temperatures but with more precipitation in summer), and to emit presage of monthly pluvial precipitation focused to the taking of decisions in the agricultural activities of the State of Tlaxcala.

As a result of that first project and with base to the necessities of the producers, they requested, besides the presage, the consultancy for the introduction of some alternating cultivations that can adapt to the climate and the quantity of precipitation of the presage. Of this way the characterization of a was acquired: "forecast watched over by the producers."

For the realization of the precipitation forecast, mainly the method was applied of it assemble of similars. In this work the results of the evaluation of the forecast of pluvial precipitation are described carried out for the agricultural cycles (2000, 2001, 2002 and 2003), the results of the experiments are presented with three cultivations introduced for three areas of the State of Tlaxcala, to know the true climatic potential of the work regions, the climatology of the study areas is analyzed, the results of the floor analyses are interpreted carried out for the used parcels and finally, an evaluation of the obtained results of the adaptation of the cultivations is made.

The alternative cultivations that introduced were: Amaranth of the variety *DGETA* and *Gabriela*, Sunflower variety *Victoria* and a bean variety *Bayomex*.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Saturnino Ojzco

Plones

FECHA: 04 de Marzo de 2004

FIRMA: Saturnino Ojzco Plones

COMITÉ TUTORAL

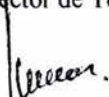
---

COMITÉ TUTORAL

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del siguiente Comité Tutorial:



DR. Carlos Gay Garcia  
Director de Tesis



Dr. Tomás Morales Acoltzi  
Codirector de Tesis



Dra. Teresa Reyna Trujillo  
Tutor

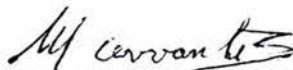


Dr. Juan Carlos Gómez Rojas  
Tutor

SINODALES



DR. Tomás Morales Acoltzi  
Sinodal



Dra. Martha Cervantes Ramirez  
Sinodal



Dra. José Gasca Zamora  
Sinodal



Dra. Ma. Engracia Hernández Cerda  
Sinodal

*A mi esposa Mony's Por ser la parte medular de mi vida y motivo de superación, por su apoyo moral e incondicional, por su comprensión y cariño.*

*A mis hijos, Lupita y Balito a quienes quiero mucho y que han sabido comprender mis ausencias y mis ratos sin ellos.*

*A mis papás, Orozquin. (+) y Agus por haberme brindado la oportunidad de vivir y saberme guiar por el camino del bien.*

*A mis hermanos y esposas por su apoyo en todo momento Cheto y Jovita, Guicho y Doris, Julio y Paty, Adelita, Martita, Juanita, Chabelín, Reyna y Salvador.*

*Muy especialmente a mi hermano el Güero y su esposa Vicky por ser los segundos padres de mis hijos.*

*A dios por todo lo que me ha dado.*

## AGRADECIMIENTOS

---

Quiero expresar mis agradecimientos más sinceros al Dr. Carlos Gay García, por la dirección de ésta tesis, su invaluable colaboración y apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. Tomás Morales Acoltzi, codirector de la misma. Su motivación, dedicación, su tenacidad y entrega a la docencia e investigación siguen siendo un ejemplo a seguir, contribuyendo directamente en mi formación profesional

A la Dra. Teresa Reyna Trujillo por su confianza, su asesoría científica, por su entrega a la investigación y por su continua motivación, lo cual me permitió llevar a cabo este trabajo.

Al Dr. Juan Carlos Gómez Rojas por las ideas aportadas y que sirvieron de base para el desarrollo de esta investigación.

A la Dra. Martha Cervantes Ramírez, por sus atinadas críticas y comentarios para este trabajo

A la Dra. María Engracia Hernández Cerda, por sus comentarios y valiosas sugerencias a este trabajo y por su camaradería.

Al Dr. José Gasca Zamora, por su valiosa revisión al manuscrito, sus atinadas sugerencias y por su compañerismo desde la maestría.

A mis maestros, personas e instituciones que de una u otra manera han participado con los conocimientos adquiridos en mi trayectoria académica

A las autoridades del Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, principalmente al Dr. Baruch Nolasco y Saldaña, por facilitar los trámites y por permitirme el uso de sus equipos de cómputo e instalaciones.

A mis compañeros de trabajo, del laboratorio en Ciencias Ambientales, de la Licenciatura en Biología Agropecuaria y de la Maestría en Ciencias Ambientales con quienes e compartido grandes momentos.

Al jefe del Laboratorio de Ciencias Ambientales y gran amigo el M. en I. A. Hipólito Muñoz Nava por su amistad y confianza otorgada a lo largo del tiempo en que nos hemos conocido.

A la M. en C. A. Andrea Vera R. y a la Lic. en Biología Agropecuaria, Claudia Romero B., Por todo el apoyo brindado en la asesoría de los análisis de suelo.

A los productores quienes nos brindaron de una manera desinteresada toda su confianza y amistad a lo largo de cuatro años, y por la transmisión de sus valiosos conocimientos en las labores del campo. Con cariño y gratitud para:

**El señor Benjamín Escobar** (Don. Benja), de la población de Atotonilco,  
**Al señor Ernesto Lozada Pérez.** (Don Neto). de la población de El Rosario.  
**y don Salvador Pérez.** (Don Chava). de la colonia Miguel Aldama.

## AGRADECIMIENTOS

---

A los Maestros en Ciencias: Raúl Jiménez Guillén y Ariza por su apoyo incondicional en la obtención y otorgamiento de la beca **PROMEP**.

Un agradecimiento a la Comisión Nacional del Agua delegación Tlaxcala (CNA), por facilitarnos la información climatológica de las diferentes estaciones del estado, y en especial al Sr. Jesús Coyotzi Jiménez por su amistad y por brindarnos dicha información mes con mes en forma oportuna.

Al señor Faustino Hernández, dirigente de la Coordinadora Nacional Obrera Campesina Independiente Revolucionaria (**CNOCIR Tlaxcala**), por el apoyo recibido con la logística para la realización de las reuniones, entrevistas y encuestas con los productores de muchas regiones del estado, en las oficinas de su organización.

Al Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la **UNAM**, que junto con el Dr. Carlos Gay García y concientes de la problemática agropecuaria a nivel nacional, pusieron en marcha el proyecto de investigación "**Utilización de Pronósticos Climáticos para Actividades Agrícolas en el Estado de Tlaxcala**" en 1997 con el apoyo del Instituto Nacional de Ecología **INE** y la participación de diferentes instituciones como la Fundación Produce de Tlaxcala, el departamento de Agrobiología de la Universidad Autónoma de Tlaxcala **UAT**, el Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas **CICB-UAT**, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Forestales de Tlaxcala **INIFAP** y la Universidad de Arizona Campus Tucson.



### RESUMEN

En 1997, en el Estado de Tlaxcala se implementó una línea de investigación dirigida al agro tlaxcalteca. El proyecto fue “**Utilización de Pronósticos Climáticos para Actividades Agrícolas en el Estado de Tlaxcala**” este trabajo surgió y se realizó con apoyo de científicos del Centro de Ciencias de la Atmósfera de Universidad Nacional Autónoma de México, CCA-UNAM y como una iniciativa del Instituto Nacional de Ecología (INE), con una respuesta positiva de la Fundación Produce de Tlaxcala, con la participación de investigadores del departamento de Agrobiología, del Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas (C.I.C.B.), perteneciente a la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UAT), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias de Tlaxcala (INIFAP-Tlaxcala), y la participación de la Universidad de Arizona Campus Tucson.

El objetivo principal de ese proyecto, fue el de generar un conocimiento de los valores extremos de la precipitación asociados a los eventos de EL NIÑO/LA NIÑA (EL NIÑO, que representa mayor temperatura y menos precipitación en verano, y LA NIÑA que representa, temperaturas bajas pero con mayor precipitación en verano), y emitir pronósticos de precipitación pluvial mensual enfocados a la toma de decisiones en las actividades agrícolas del Estado.

Como resultado de ese primer proyecto y con base a las necesidades de los productores, solicitaron, además de los pronóstico, la asesoría para la introducción de algunos cultivos alternos que pudiesen adaptarse al clima y a la cantidad de precipitación de los pronósticos. De ésta manera se adquirió la caracterización de un: “**Pronóstico vigilado por los productores**”.

Para la realización de los pronósticos de precipitación, se aplicó principalmente el método de ensamble de análogos. En este trabajo se describen los resultados de la evaluación de los pronósticos de precipitación para los ciclos agrícolas (2000, 2001, 2002 y 2003), se presentan los resultados de los experimentos realizados para tres cultivos introducidos en tres zonas del estado, se analiza la climatología de las zonas de estudio, se interpretan los resultados de los análisis de suelo realizados para las parcelas utilizadas y finalmente, se hace una evaluación de los resultados obtenidos de la adaptación de los cultivos.

Los cultivos introducidos, fueron: Amaranto variedades *DGETA* y *Gabriela*, Girasol variedad *Victoria* y una variedad de frijol *Bayomex*.

## CONTENIDO

---

	<b>.Página</b>
<i>ABSTRACT</i>	<i>i</i>
<i>COMITÉ TUTORAL</i>	<i>ii</i>
<i>DEDICATORIAS</i>	<i>iii</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>iv</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>vi</i>
<i>CONTENIDO</i>	<i>vii</i>
<i>ÍNDICE DE CUADROS</i>	<i>xiii</i>
<i>ÍNDICE DE MAPAS</i>	<i>xiv</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>xv</i>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>4</b>
Problema	5
Objetivo General	5
Objetivos Particulares	5
Hipótesis General	5
Hipótesis Particulares	5
<b>Capítulo 1 Revisión de Literatura</b>	<b>6</b>
1. Revisión de Literatura	6
1.1 El Cambio Climático Global	6
1.1.1 Aumento de las Concentraciones de Gases de Efecto Invernadero	7
1.1.2 Cambio del Clima en el Último Siglo	7
1.1.3 Se Prevé que el Clima Seguirá Cambiando en el Futuro	8
1.1.4 Impactos Regionales del Cambio Climático: Evaluación de la Vulnerabilidad en América L.	9
1.1.5 Convención Marco Sobre Cambio Climático	10
1.1.6 Informe de la Segunda Evaluación del IPCC	10
1.2 EL NIÑO	11
1.2.1 ¿Qué es el Evento de NIÑO? ¿Por qué este nombre?	11
1.2.2 ¿A qué se Denomina el Índice de Oscilación del Sur?	11
1.2.3 Un poco de Historia	12
1.2.4 Descripción del Fenómeno de EL NIÑO	12
1.2.5 Características de la Presencia del Fenómeno EL NIÑO a) Impactos negativos b) Positivos	13

## CONTENIDO

---

1.2.6 El Fenómeno de EL NIÑO y la Oscilación del Sur y sus Impactos en México	14
1.2.7 Los Impactos en México	14
1.2.8 Acciones de Mitigación y Adaptación ante el Fenómeno de EL NIÑO	15
1.2.9 Posibles Medidas Preventivas	16
1.2.10 El Clima y la Agricultura	16
<b>Capítulo 2 Zonas de Estudio</b>	<b>19</b>
2. Características Geográficas de las Zonas de Estudio	19
2.1 Características Generales del Estado de Tlaxcala	19
2.1.1 Climatología de Tlaxcala	19
2.1.2 Heladas y Granizadas	20
2.2 Zona de Estudio: Tlaxco	21
2.2.1 Superficie y Localidades	21
2.2.2 Clima	22
2.2.3 Orografía	22
2.2.4 Hidrografía	22
2.2.5 Tipo de Suelo	22
2.3 Actividades Primarias de la Región y Uso Actual del Suelo	23
2.3.1 Superficie Sembrada	23
2.3.2 Ganadería	23
2.4 Zona de Estudio Españita	23
2.4.1 Superficie y Localidades	23
2.4.2 Clima	24
2.4.3 Orografía	24
2.4.4 Hidrografía	24
2.4.5 Tipo de Suelo	24
2.5 Actividades Primarias de la Región	24
2.5.1 Uso Actual del Suelo	25
2.5.2 Superficie Sembrada	25
<b>Capítulo 3 Materiales y Métodos</b>	<b>26</b>
3. Materiales	26
3.1 De los Datos	26
3.2 De los Pronósticos	26
3.3 Entrevistas	26
3.4 Análisis de Suelos	27
3.5 Análisis de la Información Climatológica	27

## CONTENIDO

---

3.5.1 El Clima y las Zonas de Estudio	27
3.5.2 Relación de la Temperatura con los Cultivos Agrícolas	28
3.5.3 La Precipitación en las Zonas de Estudio	28
3.5.4 Análisis de la Información de Precipitación y Temperatura para el Estado	28
3.5.5 Análisis de la Información de Temperatura Mínima para el Estado	30
3.6 Análisis de la Información de Precipitación y Temperatura para las Zonas de Estudio	32
3.6.1 La Precipitación en Tlaxco	32
3.6.2 La temperatura mínima en Tlaxco	33
3.7 Análisis de la Información de Precipitación de la Estación climatológica de España	35
<b>Capítulo 4 Precipitación de verano e invierno con NIÑO y NIÑA</b>	<b>39</b>
4. Comportamiento y Distribución de la Precipitación de Verano e Invierno, con años de EL NIÑO Y LA NIÑA para las Zonas de Estudio	39
4.1 Distribución de la Precipitación de Verano e Invierno para la Estación de Tlaxco	39
4.2 Distribución de la Precipitación de Verano e Invierno para la Estación de España	41
4.3 Distribución de la Precipitación con años de el NIÑO y la NIÑA para la Estación de Tlaxco	43
4.4 Distribución de la Precipitación con EL NIÑO –NIÑA para la Estación de España	46
4.5 Distribución de la Precipitación de Verano e Invierno con años del NIÑO y LA NIÑA para Tlaxco	49
4.6 Distribución de la Precipitación de Verano e Invierno con años del NIÑO y LA NIÑA para España	51
<b>Capítulo 5 Pronósticos y entrevistas</b>	<b>53</b>
5. Pronósticos de Precipitación para las Zonas de Estudio	53
5.1 Los Pronósticos	53
5.2. Pronóstico de Precipitación	53
5.2.1 Análisis del Pronóstico de Precipitación para los Diferentes Ciclos Agrícolas	53
5.3. Entrevistas con Productores, por Ciclo Agrícola	54
5.3.1 Primeras Entrevistas	54
5.3.2 Reunión con Productores del Estado (CNOCIR) Ciclo Agrícola 2000	54
5.3.3 Reunión con Productores del Estado Ciclo Agrícola 2001	55
5.3.4 Reunión con Productores del Estado Ciclo Agrícola 2002	56
5.3.5 Reunión con Productores del Estado Ciclo Agrícola 2003	57
<b>Capítulo 6 Manejo de los Cultivos Introducidos</b>	<b>59</b>
6. Características Generales de los Cultivos Introducidos	59
6.1 Amaranto	59
6.1.1 Variedades	59
6.1.2 Taxonomía	59

## CONTENIDO

---

6.1.3	Requerimientos Ambientales en Condiciones de Cultivo	59
6.1.4	Preparación del Terreno	60
6.1.5	Fechas de Siembra	60
6.1.6	Forma de Sembrar y Labores Culturales	60
6.1.7	Enfermedades	61
6.1.8	Secado de Grano	61
6.1.9	Utilización de la Alegría en Alimentos Tradicionales	61
6.1.10	Posibilidades de Industrialización del amaranto	61
6.1.11	Antecedentes del Amaranto en el Estado de Tlaxcala	61
6.2	Girasol	61
6.2.1	Variedades y Época de Siembra	62
6.2.2	Método y Densidad de Siembra	62
6.2.3	Fertilización	62
6.2.4	Labores de Cultivo	62
6.2.5	Plagas	62
6.2.6	Enfermedades	63
6.2.7	Cosecha	63
6.3	Frijol	63
6.3.1	Época de Siembra y Variedades	63
6.3.2	Variedades de Frijol Recomendadas para el Estado de Tlaxcala	63
6.3.3	Método de Siembra y Cantidad de Semilla	63
6.3.4	Fertilización	64
6.3.5	Labores de Cultivo y Combate de Malas Hierbas	64
6.3.6	Control de Plagas	64
6.3.7	Enfermedades	64
6.3.8	Cosecha	64
<b>Capítulo 7</b>	<b>Análisis de Suelos</b>	<b>65</b>
7	Análisis en Suelos	65
7.1	Análisis Físicoquímicos del Suelo	65
7.1.1	Determinación de Textura por el Método del Hidrómetro de Bouyoucos	65
7.1.2	Procedimiento	65
7.2	Determinación de la Conductividad Eléctrica (CE)	66
7.2.1	Introducción	66
7.2.2	Procedimiento	66
7.2.3	Medición de la Conductividad Eléctrica	66
7.3	Determinación del pH en Muestras de Suelo Medido en Agua	66

## CONTENIDO

---

7.3.1 Principio y Aplicación	66
7.3.2 Procedimiento	66
7.4 Determinación de pH en el Suelo	66
7.4.1 Introducción	66
7.4.2 Definición de pH	66
7.4.3 Determinación del pH en Agua Relación 1:2	66
7.4.4 Procedimiento	66
7.5 Determinación de Humedad	66
7.6 Determinación de Fósforo	68
7.6.1 Determinación de Fósforo en Ácido Fluorhídrico	68
7.6.2 Principio	68
7.6.3 Procedimiento	68
7.7 Determinación de Materia Orgánica	68
7.7.1 Introducción	68
7.7.2 Procedimiento	69
<b>RESULTADOS</b>	70
<i>Sobre los Pronósticos</i>	70
<i>Ciclo Agrícola 2000 Estación Tlaxco y Española</i>	70
<i>Población de Atotonilco Municipio de Tlaxco (2000)</i>	71
<i>Población de el Rosario Municipio de Tlaxco (2000)</i>	71
<i>Población de Miguel Aldama (2000)</i>	73
<i>Ciclo Agrícola 2001; Estaciones Tlaxco y Española</i>	73
<i>Resultados para el Ciclo Primavera Verano 2001</i>	74
<i>Población de Atotonilco (2001)</i>	75
<i>Población de el Rosario (2001)</i>	75
<i>Población de Miguel Aldama (2001)</i>	76
<i>Ciclo Agrícola 2002</i>	77
<i>Resultados para el Ciclo Primavera Verano 2002</i>	78
<i>Ciclo Agrícola 2003</i>	81
<i>Resultados para el Ciclo Primavera Verano 2003</i>	83
<i>Resumen de la Evaluación de los Pronósticos de Precipitación</i>	85

## CONTENIDO

---

<i>Resultados de los Análisis de Suelos</i>	87
<i>Descripción de los Tipo de Suelo</i>	87
<i>Neutro</i>	87
<i>Textura de Suelo</i>	87
<i>Materia Orgánica</i>	87
<i>Conductividad Eléctrica</i>	88
<i>Fósforo Método Bray</i>	88
<i>Cationes</i>	88
<i>Resumen del Muestreo de Suelos</i>	90
<b><i>Conclusiones</i></b>	91
<i>Trabajos Futuros</i>	92
<b><i>Bibliografía</i></b>	
<b><i>Apéndice: 1)</i></b> <i>Pronósticos de Precipitación para el 2001</i>	
<i>Pronósticos de Precipitación para el 2002</i>	
<i>Pronósticos de Precipitación para el 2003</i>	
<b><i>Apéndice: 2)</i></b> <i>De las Entrevistas</i>	
<i>Reunión con Productores Ciclo Agrícola 2000</i>	
<i>Reunión con Productores Ciclo Agrícola 2001</i>	
<i>Reunión con Productores Ciclo Agrícola 2002</i>	
<i>Reunión con Productores Ciclo Agrícola 200</i>	

## INDICE DE CUADROS

		Página
I	Eventos climatológicos que afectan a los cultivos	4
II	Temperatura mínima, máxima y precipitación (1975-2003) municipio de Tlaxco	22
III	Temperatura mínima, máxima y precipitación (1977-2003) municipio de Españaita	24
IV	Coordenadas geográficas de 12 Estaciones climatológicas del estado	26
V	Comparación de los cultivos tradicionales con los sugeridos	27
VI	Precipitación media mensual para 12 estaciones climatológicas del estado	29
VII	Años de consenso par los eventos de EL NIÑO y LA NIÑA	30
VIII	Temperatura mínima para 10 estaciones climatológicas del estado	31
IX	Datos climatológicos de precipitación para la estación de Tlaxco	33
X	Datos climatológicos de temperatura mínima para la estación de Tlaxco	34
XI	Datos climatológicos de precipitación para la estación de Españaita	36
XII	Datos climatológicos de temperatura mínima para la estación de Españaita	37
XIII	Precipitación de verano para la estación climatológica de Tlaxco	39
XIV	Precipitación de invierno para la estación climatológica de Tlaxco	40
XV	Precipitación de verano para la estación climatológica de Españaita	41
XVI	Precipitación de invierno para la estación climatológica de Españaita	42
XVII	Precipitación con años de EL NIÑO para la estación de Tlaxco	43
XVIII	Precipitación con años de LA NIÑA para la estación climatológica de Tlaxco	45
XIX	Precipitación con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Españaita	46
XX	Precipitación con años de EL NIÑO para la estación de Españaita	48
XXI	Valor nutritivo del Amaranto	59
XXII	Requerimientos ambientales para el cultivo del amaranto	60
XXIII	Características agronómicas y época de siembra de la variedad de Girasol <i>Victoria</i>	62
XXIV	Principales plagas que atacan al Girasol	62
XXV	Características más importantes de la variedad del frijol Bayomex	63
XXVI	Tabla comparativa de la adaptación de los cultivos introducidos para el ciclo agrícola 2000- 2003	85
XXVII	Evaluación de los pronósticos de precipitación	85
XXVIII	Resultados de pH	87
XXIX	Resultados de Textura	87
XXX	Resultados de Materia Orgánica	87
XXXI	Resultados de Conductividad Eléctrica	88
XXXII	Contenido de Fósforo	88
XXXIII	Resultados del contenido de Cationes	88-89
XXXIV	Resumen de los muestreos	90



## INDICE DE MAPAS

		Página
A	Fisiografía del Estado de Tlaxcala	19
B.	Climas del Estado de Tlaxcala	20
C	Plano estatal municipio de Tlaxco	21
D	Plano estatal municipio de Españita	23
E	Estaciones Climatológicas del Estado	28

## INDICE DE FIGURAS

		Página
1	Anomalías en la temperatura anual combinada del aire en la superficie terrestre y en la superficie del mar (°C) en el período 1861 a 2000	6
2	Anomalías estandarizadas de temperatura superficial del Océano Pacífico del Este	12
3	Producción de maíz	17
4	Producción de frijol	18
5	Producción de avena	18
6	Producción de cebada	18
7	Producción de amaranto	18
8	Producción de papa	18
9	Vista panorámica de Tlaxco	21
10	Orografía del municipio de Tlaxco	22
11	Orografía del municipio de Españaíta	24
12	Promedio espacial de la precipitación para el estado	29
13	Promedio espacial anual de la precipitación para el estado	30
14	Temperatura mínima (promedio espacial), para el estado	31
15	Temperatura mínima anual (promedio espacial), para el estado	32
16	Precipitación para la estación climatológica de Tlaxco	33
17	Precipitación para la estación climatológica de Tlaxco	33
18	Promedio espacial mensual de temperatura mínima para Tlaxco	35
19	Promedio espacial anual de temperatura mínima para Tlaxco	35
20	Precipitación mensual para la estación climatológica de Españaíta	36
21	Precipitación anual para la estación climatológica de Españaíta	37
22	Temperatura mínima mensual para la estación climatológica de Españaíta	38
23	Temperatura mínima anual para la estación climatológica de Españaíta	38
24	Precipitación anual de verano para la estación climatológica de Tlaxco	40
25	Precipitación anual de invierno para la estación climatológica de Tlaxco	41
26	Precipitación anual de verano para la estación climatológica de Españaíta	42
27	Precipitación anual de invierno para la estación climatológica de Españaíta	43
28	Precipitación mensual con años de EL NIÑO para la estación de Tlaxco	44
29	Precipitación con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Tlaxco	44
30	Precipitación con años de LA NIÑA para la estación climatológica de Tlaxco	45
31	Precipitación con años de LA NIÑA para la estación climatológica de Tlaxco	46
32	Precipitación con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Españaíta	47
33	Precipitación con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Españaíta	47
34	Precipitación con años de NIÑA para la estación climatológica de Españaíta	48
35	Precipitación con años de NIÑA para la estación climatológica de Españaíta	48
36	Precipitación de verano con años de EL NIÑO para la estación de Tlaxco	49
37	Precipitación de invierno con años de EL NIÑO para la estación de Tlaxco	50
38	Precipitación de verano con años de NIÑA para la estación climatológica de Tlaxco	50
39	Precipitación de invierno con años de LA NIÑA para la estación de Tlaxco	51
40	Precipitación de verano con años de EL NIÑO para la estación de Españaíta	51
41	Precipitación de invierno con años de EL NIÑO para la estación de Españaíta	52
42	Precipitación de verano con años de LA NIÑA para la estación de Españaíta	52
43	Precipitación de invierno con años de LA NIÑA para la estación de Españaíta	52
44	Pronóstico de precipitación 2000 para la estación climatológica de Tlaxco	53
45	Fenología del Amaranto	60
46	Evaluación del pronóstico de precipitación para el 2000 estación Tlaxco	70
47	Marcha mensual de la precipitación para el 2000 de la estación de Tlaxco	70
48	Marcha mensual de la precipitación para el 2000 de la estación de Españaíta	72
49	Evaluación del pronóstico de precipitación para el 2001 para Tlaxco	73
50	Marcha mensual de la precipitación para el 2001 de la estación climatológica de Tlaxco	74

## INDICE DE FIGURAS

51	Marcha mensual de la precipitación para el 2001 de la estación de España	76
52	Evaluación del pronóstico de precipitación del 2002 para Tlaxco	77
53	Marcha mensual de la precipitación para el 2002 de la estación de Tlaxco	77
54	Evaluación del pronóstico de precipitación del 2002 para España	78
55	Marcha mensual de la precipitación para el 2002 de la estación de España	78
56	Evaluación del pronóstico de precipitación del 2003 para Tlaxco	81
57	Marcha mensual de la precipitación para el 2003 de la estación de Tlaxco	82
58	Evaluación del pronóstico de precipitación del 2003 para España	82
59	Marcha mensual de la precipitación para el 2003 de la estación de España	83
60	Pronóstico de precipitación 2001 para la estación climatológica de Tlaxco	
61	Pronóstico de precipitación 2002 para la estación climatológica de Tlaxco	
62	Pronóstico de precipitación 2002 para la estación climatológica de España	
63	Pronóstico de precipitación 2003 para la estación climatológica de Tlaxco	
64	Pronóstico de precipitación 2003 para la estación climatológica de España	

## INTRODUCCIÓN

---

## INTRODUCCIÓN

### LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático global es un proceso del sistema que el hombre ha provocado desde principios de la Revolución Industrial. A partir de esta época el hombre empezó a influir en el medio ambiente, por el uso de combustibles fósiles y la deforestación principalmente (Mundo, 1993). Ciertas técnicas agrícolas, el incremento en la producción industrial, así como el uso ineficiente de diversas fuentes de energía y el uso de transportes consumidores de combustibles (terrestres y aéreos), la industria termoeléctrica, las actividades agrícolas, la extensión de zonas ganaderas, la continua extinción de bosques y selvas, y la explosión demográfica han contribuido a la emisión de gases de invernadero, como el bióxido de carbono, metano, óxido nitroso y los clorofluorocarbonos (CFC) que dañan la capa de ozono y con esto el cambio climático, es un hecho que estos gases han aumentado su proporción en la atmósfera en los últimos 50 años (IPCC, 2001).

Se han detectado cambios serios, incluyendo el incremento en algunas regiones de la incidencia de eventos de temperatura elevada, inundaciones y sequías, incendios, aparición de plagas de insectos, alteración en la estructura y funcionamiento de ecosistemas, etc. La salud humana, los sistemas ecológicos acuáticos y terrestres, los sistemas socio-económicos (por ejemplo: la industria agrícola, forestal y pesquera, los recursos de agua) son vitales para el desarrollo y bienestar humano y todos son sensibles a los cambios climáticos. Muchas regiones experimentarán los efectos adversos del cambio climático, siendo algunos de ellos irreversibles. También habrá algunos cambios climáticos benéficos. Los distintos sectores de la sociedad se enfrentarán a una variedad de cambios y necesitarán adaptarse a estos (Becker, 1997).

De acuerdo con el IPPC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático), en su reunión de Ginebra y la de Kyoto, Japón en diciembre de 1997, establecía la limitación de las emisiones de CO<sub>2</sub> humanas, y en la Síntesis de su Segunda Evaluación, establece:

*"Durante las últimas décadas, se han hecho muy aparentes dos importantes factores en la relación entre humanos y el clima mundial. Primero, las actividades humanas, que incluyen la quema de combustibles fósiles, cambios en uso de tierras y agricultura, están aumentando las concentraciones de gases de invernadero (que tienden a aumentar la temperatura atmosférica) y en algunas regiones, aerosoles (que tienden a enfriar la atmósfera). Estos cambios, juntos, se proyectan que cambiarán el clima regional y global con parámetros relacionados con el clima, tales como la temperatura, precipitación, humedad de suelos y el nivel del mar*

*Segundo, algunas comunidades humanas se han hecho más vulnerables a riesgos tales como tormentas, inundaciones y sequías como el resultado de un aumento de densidad de población en áreas riesgosas tales como cuencas de ríos y planicies costeras. Cambios serios se han identificado, como el aumento, en algunas áreas, de la incidencia de eventos de alta temperatura, inundaciones, etc., aumento de pestes, cambios en la composición, estructura y funcionamiento ecológico, incluyendo la productividad primaria". (PEP, 1997).*

Incendios forestales fuera de control en Centroamérica, México o Indonesia; desborde de ríos en China; gente evacuada en Alemania por las inundaciones etc. han sido algunos de los claros ejemplos del cambio del clima a nivel mundial. En México preocupaba la prolongación de la sequía en el norte, algunos afirman que ésta ha durado más de 10 años. Al igual que en Perú, las pesquerías se ven afectadas en todas las regiones del mundo que practican ésta actividad. Estas noticias ya son cotidianas, da la impresión que se está en un lío climatológico, donde los culpables son EL NIÑO, LA NIÑA o el Cambio Climático (Gay, 1999).

El incremento en la concentración de gases de invernadero desde tiempos preindustriales (desde 1750 aproximadamente), ha ocasionado un forzamiento radiativo positivo sobre el clima, que ha ocasionado que la superficie terrestre se caliente y produzca a su vez otros cambios en el clima.

La concentración atmosférica de gases, como el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) se han incrementado a nivel mundial en: 30%, 145% y 15% respectivamente. Estas tendencias pueden ser atribuidas grandemente a actividades humanas, principalmente al uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas propano etc.), cambio en el uso del suelo y la agricultura (CQCH, 1992).

## INTRODUCCIÓN

En los últimos 100 años se han despejado más terrenos para cultivos agrícolas que en toda la historia de la humanidad (Bruce, 1990). Cada año se destruyen en todo el mundo de 17 a 23 millones de hectáreas por año de bosques tropicales para dedicarlas a la agricultura (FAO, 1991), esto causa efectos nocivos en la atmósfera, reduciendo la cantidad de oxígeno y contribuyendo a la emisión de  $\text{CO}_2$  al ambiente; también aumenta la generación de metano  $\text{CH}_4$ , procedente del suelo y de las actividades agrícolas.

De los 6,000 millones de hectáreas de bosques que originalmente existían en la tierra, quedan aproximadamente 4,000 millones (Bruce, 1990). Según expertos entre el 10 y el 20% del problema del calentamiento global proviene de la destrucción de estas zonas. Con estas evidencias, y el aumento de la emisión de los gases de invernadero a grandes niveles, parece muy probable un calentamiento en el planeta, que afectará la producción agrícola, pecuaria y forestal. Los efectos potenciales de carácter nacional y mundial pueden ser graves, sobre todo en los países donde el progreso socioeconómico global depende del rendimiento de la agricultura (FAO, 1990).

Los estudios del clima y su cambio se han efectuado durante toda la historia de la humanidad ya que, en buena medida, su supervivencia dependía de ello. Las distintas culturas han establecido interpretaciones muy diversas de los eventos naturales. Uno de los objetivos de esta actividad ha sido la predicción climática, fin que se persigue con el uso de las ancestrales cabañuelas, y con el empleo de los complejos modelos de simulación y pronósticos climáticos actuales. Por ejemplo, con la presencia del evento del NIÑO en la República Mexicana, desde mediados de 1997 en un grado fuerte, redujo la precipitación pluvial anual para ese año con la consecuente pérdida de productividad. Esto hace pensar que si se tiene un monitoreo de las condiciones climáticas que se presentarán en un determinado año o ciclo agrícola, se deben preparar escenarios alternativos a todos los niveles, tanto a nivel de República Mexicana como a nivel estatal, y con base en los pronósticos del clima y en especial los de precipitación, se pueden minimizar las pérdidas de cultivos y especies. De esta manera se puede asegurar una mayor productividad comparada con aquellas en las que no se toman medidas de adaptación (Magaña, 1999).

Una de las limitaciones por la que atraviesa la agricultura a escala mundial, es la que representan los eventos atmosféricos extremos (heladas, sequías, granizadas, etc.) los cuales dependiendo de la intensidad con que se presenten, pueden dañar, de una manera parcial o total los cultivos.

México es tan sólo, uno más de los países que se ve afectado por el evento de EL NIÑO. Los impactos de este evento en el país se manifiestan principalmente en cambios en las lluvias. Sin embargo, EL NIÑO sólo explica parte de la variabilidad de nuestro clima. Fluctuaciones en las temperaturas del Mar Caribe y el Golfo de México, pueden influir en la temporada de huracanes y en las lluvias sobre México. Existen, además, cambios de origen antropogénico que poco a poco son más notables en forma de calentamientos o tendencias a más o menos lluvia. Todos estos factores constituyen lo que se conoce como variabilidad y cambio climático (Magaña y Morales, 1998).

En México, la agricultura en tierras de temporal es una actividad cuyo éxito depende fundamentalmente de la bondad del clima. Una buena temporada de lluvias, aunada a condiciones adecuadas de temperatura y ausencia de eventos extremos (granizadas, heladas, etc.) son elementos que garantizan el éxito de los productores. Es claro, sin embargo, que estos elementos no son una constante en el campo mexicano sino que por el contrario, presentan gran variabilidad que en numerosas ocasiones causa grandes pérdidas (Magaña, 1998).

El estado de Tlaxcala, a pesar de ser el más pequeño de la República Mexicana, no escapa a dichos eventos extremos que dañan la agricultura, la cual en muchas ocasiones se ve afectada hasta en un 100% debido a la presencia de eventuales sequías, granizadas, exceso de humedad o heladas inesperadas que se presenta cuando los cultivos se encuentran en pleno desarrollo. (Orozco, 2000).

El clima de Tlaxcala tiene una gran variabilidad espacial, debido a su complicada orografía y a los cambios de uso de suelo. Tales diferencias entre regiones resultan por la variabilidad climática propia del tiempo meteorológico que se experimenta de un lugar a otro y día con día. (Conde, 1999).

El clima de Tlaxcala es altamente dependiente de la ocurrencia de un evento climatológico de EL NIÑO o de su contraparte, LA NIÑA. Estas condiciones en invierno o verano pueden determinar una temporada lluviosa o

## INTRODUCCIÓN

seca, caliente o fría. Por ejemplo, desde el punto de vista de la climatología, en el campo de precipitación pluvial para “EL NIÑO” y “LA NIÑA” en invierno llueve 69% arriba de lo normal en condiciones de “EL NIÑO” y 61.5% por debajo con “LA NIÑA”, y en verano, llueve 12.5% debajo de lo normal en condiciones de “EL NIÑO” y 19.4% por arriba con “LA NIÑA” (Magaña y Morales 1997), esto a nivel estatal. Se destaca que hay diferente grado de impacto a nivel regional (Ávila 2002). También se reduce el período libre de heladas con la presencia de “EL NIÑO” (Morales y Magaña, 1999).

En el caso particular de Tlaxcala la producción agrícola generalmente se ve siniestrada por factores climáticos asociados a la variable climatológica de la precipitación: ausencia de ella (sequías), exceso (inundaciones), mala distribución de la misma durante un ciclo agrícola, combinación de agua con temperaturas bajas (granizo), y combinación de agua y temperaturas altas (plagas) (Orozco, 1999).

Por otro lado, en el estado hace falta promover el desarrollo integral de los productores, mediante la búsqueda de mejores alternativas de apoyo para la producción agrícola en las zonas de buen potencial productivo, para siembras de temporal y la introducción de un cultivo alternativo al que tradicionalmente siembra (maíz, cebada, trigo etc.), y que sea apto para las condiciones climatológicas del estado o de alguna zona en específico, como una alternativa de solución ante la variabilidad climática y el cambio climático a escala regional, que el productor a detectado en las últimas tres décadas.

Para 1997, en el estado se puso en marcha el proyecto de investigación “**Utilización de Pronósticos Climáticos para Actividades Agrícolas en el Estado de Tlaxcala**” con la participación de diferentes instituciones (Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, el Instituto Nacional de Ecología INE, la Fundación Produce de Tlaxcala, el departamento de Agrobiología, el Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas CICB de la Universidad Autónoma de Tlaxcala UAT, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Forestales de Tlaxcala INIFAP y la Universidad de Arizona Campus Tucson). El propósito fue generar conocimiento acerca de los valores extremos de precipitación asociados a los eventos EL NIÑO/LA NIÑA y emitir pronósticos de precipitación para la toma de decisiones en las actividades agrícolas del estado.

Como parte de la aportación del proyecto en la investigación de ésta tesis, se realizó un intento para inducir la toma de decisiones, por parte de los agricultores, para introducir nuevos cultivos de alternativa, que incluyeran un pronóstico climático de precipitación, que a su vez considerara una climatología diferenciada de acuerdo a los eventos extremos del clima. Se esperaba que el resultado del análisis detallado de todas las condiciones fuese el de incorporar el cultivo idóneo para el ciclo agrícola pronosticado.

Para la realización de este trabajo, los cultivos alternos que se introdujeron las tres regiones de estudio fueron: **Amaranto** de la variedad **Gabriela** y **DGETA** (criollos mejorados para el estado de Tlaxcala), **Girasol** para la producción de aceite variedad (*Victoria*), proporcionado por **CEVAMEX** del estado de México y, una variedad de **Frijol Bayomex**, como una alternativa de solución para los productores, ante las adversidades del cambio climático y la variabilidad climática del estado.

**JUSTIFICACIÓN**

A lo largo de la historia del hombre, la agricultura, la caza y la pesca, han sido la fuente principal de su subsistencia, algunos factores físicos y la climatología adversa forman parte de los eventos que generalmente lo afectan.

Se conocen cifras alarmantes de pérdidas en la agricultura por efecto de las heladas, por ejemplo, para el ciclo agrícola de 1986-1987 a nivel nacional fue por un monto de \$250,000,000,000.00 (Doscientos cincuenta mil millones de pesos M.N), y para Tlaxcala fue por \$22,000,000,000.00 (Veintidós mil millones de pesos M.N.). En 1988 la primer helada registrada el 10 de septiembre, afectó 80,000 has. de cultivo, con pérdidas para el estado por \$40,000,000,000.00 (cuarenta mil millones de pesos M.N.) (Orozco, 1989).

Para el 2002, una sequía atípica afectó tres municipios de la zona poniente del estado, dañando 10 mil hectáreas de cebada. Las pérdidas económicas en cultivos de cebada y maíz superaron los 250 millones de pesos, por 80 mil hectáreas afectadas por eventos naturales (El Sol de Tlaxcala 2002).

Ejemplo de los principales eventos climatológicos adversos que afectan a la agricultura en Tlaxcala.

AÑOS	SEMBRADO	COSECHA	SINIES- TRADA	SEQUIAS	HELADAS	GRANIZO	INUNDACIÓN	PLAGAS
HECTÁREAS								
1988	243,122	242,143	979	409	510	27	15	18
1989	241,682	238,511	3,172	1,080	1,875	100	49	67
1990	241,627	239,549	2,078	758	875	245	95	105
1991	241,626	238,153	3,473	1,063	1,350	410	549	101
1992	241,420	240,675	745	163	335	97	47	103
1993	249,149	231,264	17,885	4,241	7,089	1,029	1,300	4,226
<b>TOTAL</b>	<b>1,458,626</b>	<b>1,430,295</b>	<b>28,331</b>	<b>7,714</b>	<b>12,034</b>	<b>1,908</b>	<b>2,055</b>	<b>4,620</b>

Cuadro I Eventos climatológicos que afectan a los cultivos. Fuente (SARH, 1994)

Ante tales eventos, muchos productores, han manifestado la necesidad de trabajar en forma conjunta con investigadores especializados en las áreas que combinen sus conocimientos con las actividades propias del campo para contrarrestar esos eventos y tener impactos positivos en la productividad agrícola.

Existen muchas alternativas para ayudar al productor en el campo, se han creado bancos de germoplasma con semillas de cultivos básicos de muchas partes del mundo y del país con semillas mejoradas, por ejemplo: maíz, trigo, cebada, centeno etc. (híbridos o criollos de la región), que son precoces, resistentes a sequías y heladas. Sin embargo eso no ha sido suficiente, ya que es necesario conocer con más fineza las características climatológicas de las regiones en donde se van a introducir dichos cultivos, planificar los ciclos agrícolas y obtener mejores resultados.

No hace mucho, los productores conocían con cierta exactitud el régimen de lluvias, tenían bien establecidas las fechas de siembra para sus cultivos, basándose en las enseñanzas transmitidas por generaciones a través del conocimiento empírico, con el seguimiento de las cabañuelas, el calendario de Galván o la rueda Salomónica.

En la actualidad, estos métodos no son muy confiable, el clima ha cambiando y, los productores requieren de un apoyo con bases científicas para entender éstas variaciones en el clima, no es suficiente un pronóstico de lluvia, sino que se requiere de un esquema de predicción, el cual pueda pronosticar la distribución y la cantidad de lluvia que se tendrá en un ciclo agrícola y complementarlo con un cultivo que se pueda adaptar a esas condiciones (Orozco, 2000).

En el estado existen zonas con características físicas especiales, son muy estables térmicamente hablando y su temperatura mínima extrema no rebasa los 0°C. En estos microclimas se puede probar la introducción de otro tipo de cultivos que sea más redituable que el maíz, el trigo o la cebada, y que en realidad se aproveche el verdadero potencial climático de la zona.

### **PROBLEMA**

Ante la situación descrita anteriormente, se puede ver que a la fecha no se ha implementado un esquema que le permita al productor tomar decisiones en cada ciclo agrícola y, que incorpore datos actualizados sobre una climatología modificada por la variabilidad climática/cambio climático.

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un esquema agrícola basado en la climatología de cada región del Estado que le permita al productor tomar decisiones en cada ciclo agrícola y que incorpore datos actualizados sobre la variabilidad climática/cambio climático.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Establecer un acercamiento con productores de diferentes regiones del estado.
- Inducir a los productores una cultura sobre la variabilidad climática/cambio climático.
- Familiarizar al productor con el pronóstico climatológico de precipitación.
- Introducir cultivos alternativos que reúnan las condiciones de éxito esperadas combinando la experiencia del productor con el conocimiento científico.

Teniendo como hipótesis general la siguiente:

### **HIPÓTESIS GENERAL**

Es posible desarrollar un esquema de diagnóstico pronóstico que permita al productor tomar decisiones, cada ciclo agrícola y que incorpore datos actualizados sobre la variabilidad climática/cambio climático.

### **HIPÓTESIS PARTICULARES**

- Actualmente el productor está receptivo a participar en proyectos que le permitan aumentar y eficientar la producción de sus cultivos.
- Con el banco climatológico de datos diarios, es posible desarrollar un esquema de diagnóstico/pronóstico de la precipitación pluvial del estado, para tener una mayor fineza del mismo.
- Al familiarizar a los productores con los pronósticos de precipitación, y con su experiencia en campo, se tomarán mejores decisiones en la introducción de cultivos alternos.
- Se optimizarán los recursos tanto económicos como físicos, al elegir el cultivo alternativo idóneo que se adapte a la climatología extrema modificada de un año en específico optimizando el potencial climático de la zona.



## 1.- REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

El Cambio Climático Global, se atribuye directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición global atmosférica, agregada a la variabilidad climática natural observada en periodos comparables de tiempo (Houghton, 1992).

La Organización de las Naciones Unidas designó en 1988 un grupo de trabajo conocido como: "Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático" (IPCC), cuyos objetivos son realizar un balance del estado actual del clima, daños ambientales y económicos asociados a eventos extremos en el sistema climático y sus posibles medidas de acción.

El IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático), formado por alrededor de 2500 científicos acordaron que "un cambio discernible de influencia humana sobre el clima global ya se puede detectar entre las muchas variables naturales del clima". Según el panel, la temperatura de la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente 0.6°C en el último siglo.

Las emisiones de dióxido de carbono por quema de combustibles, han aumentado a 6.25 mil millones de toneladas de carbón equivalente en 1996. Por otro lado, 1998 ha sido uno de los años más calientes desde 1400. Se estima que los daños relacionados con desastres climáticos llegaron a 60 mil millones de dólares en 1996. (GCCIP, El Cambio Climático Global. Calentamiento Global).

De acuerdo al IPCC en el reporte de 1995, una duplicación de los gases de invernadero incrementarían la temperatura terrestre entre 1 y 3.5°C. Aunque no parezca mucho, es igual a volver a la última glaciación pero en dirección inversa. Por otro lado, el aumento de temperatura sería el más rápido en los últimos 100.000 años, haciendo difícil, que los ecosistemas se adapten (Climate, 1995).

En su reporte del 2001 comentan: Es probable que el calentamiento asociado con mayores concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) produzca un aumento de la variabilidad de las precipitaciones monzónicas estivales en Asia. Los cambios en la duración y fuerza media de los monzones dependen de los detalles del escenario de emisiones.

La temperatura media mundial en la superficie de la tierra ha aumentado  $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$  desde fines del siglo XIX. Es muy probable que los años noventa hayan sido el decenio más cálido y 1998 en particular el más caliente, según los registros instrumentales, desde 1860 (Figura 1).

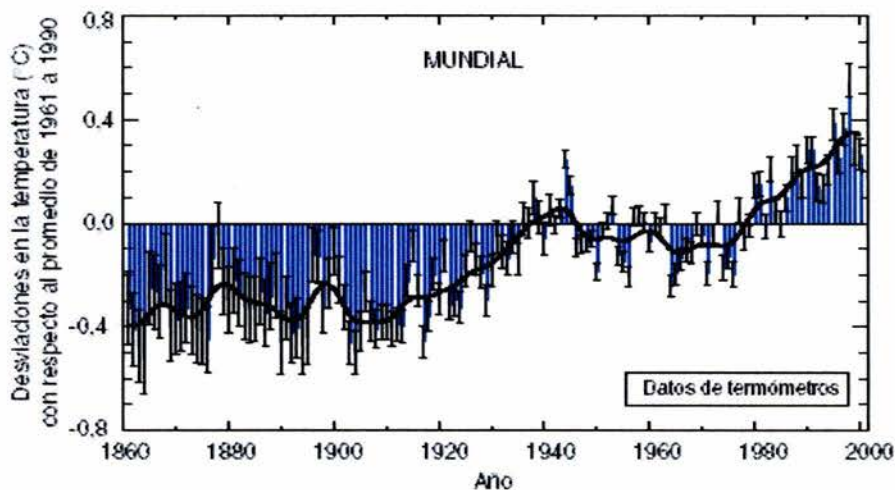


Figura 1: Variaciones de la temperatura de la superficie de la Tierra en los últimos 140 años y en el último milenio. (tomada del Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001 La base científica)

Según la Organización Mundial de la salud, (por sus siglas en inglés) (WHO, 1990), aún un pequeño aumento de temperatura puede causar un aumento dramático de muertes debido a eventos de temperaturas extremas; el esparcimiento de enfermedades tales como la malaria, dengue y cólera; sequías, falta de agua y alimentos. El IPCC lo plantea así: "El cambio climático con certeza conllevará una significativa pérdida de vidas" (Climate, 1995).

Desde el Informe del IPCC (1990), se han hecho grandes adelantos para tratar de distinguir entre las influencias naturales y las antropogénicas en el clima. Los resultados más importantes relativos a las esferas de detección y atribución son:

Las limitadas pruebas disponibles de indicadores climáticos sugieren que el final del siglo XX ha sido más caliente que cualquier otra época desde 1400. Los datos anteriores a este siglo son muy escasos para poder obtener una estimación fiable de la temperatura media mundial. La mayoría de esos estudios ha detectado un cambio importante y muestra que es probable que la tendencia del calentamiento observado no sea totalmente de origen natural.

No se puede cuantificar la influencia humana en el clima mundial porque la señal está surgiendo del ruido de la variabilidad natural. Sin embargo, se ve que existe una influencia humana perceptible en el cambio climático a escalas regional y global.

El principal cambio a la fecha ha sido en la atmósfera, Hemos cambiado y continuamos cambiando. el balance de gases que forman la atmósfera. Esto es especialmente notorio en gases invernadero claves como el CO<sub>2</sub>, Metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Estos gases naturales son menos de una décima de un 1% del total de gases de la atmósfera, pero son vitales pues actúan como una "frazada" alrededor de la Tierra. Sin esta capa la temperatura mundial sería 30°C más baja (Smith, 1989).

Cuando se talan bosques y se quema madera, se reduce la absorción de CO<sub>2</sub> realizado por los árboles y conjuntamente liberamos el dióxido de carbono contenido en la madera. El criar bovinos y plantar arroz genera metano, óxidos nitrosos y otros gases invernadero. Si el crecimiento de la emisión de gases invernadero se mantiene en el ritmo actual los niveles en la atmósfera llegarán a duplicarse, comparados con la época preindustrial, durante el siglo XXI. Si no se toman medidas es posible hasta triplicar la cantidad antes del año 2100 (GCCIP, 1997).

### 1.1.1 AUMENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Desde la época preindustrial (es decir, desde 1750 aproximadamente), las concentraciones de estos gases han producido un forzamiento radiativo positivo del clima que tiende a calentar la superficie y a producir otros cambios climáticos:

Las concentraciones atmosféricas promedio globales de bióxido de carbono, metano y óxido nitroso, han crecido considerablemente: el CO<sub>2</sub> de unos 280 a casi 360 ppb (30%), el CO<sub>4</sub> de 700 a 1720 ppb (145%), y el N<sub>2</sub>O de unos 275 a 310 ppb (15%) (valores para 1992). Estas tendencias pueden atribuirse en gran parte a las actividades humanas, sobre todo al uso de combustibles fósiles, al cambio de uso de la tierra y a las prácticas agrícolas. La cantidad de bióxido de carbono ha aumentado desde 295 ppm anterior a la época industrial, a una cifra actual de 359 ppm. (WHO, 1986). Este aumento corresponde a un 50% de lo esperado, basado en la tasa de quema de combustibles fósiles. Varios procesos naturales parecen actuar como moderadores, por ejemplo el océano actúa como reserva, donde el dióxido de carbono se disuelve como tal y como carbonatos y bicarbonatos. Un aumento del dióxido de carbono en el aire, actúa como estimulante del crecimiento vegetal, de esta manera se fija más de este gas (Glick, 1997).

### 1.1.2 CAMBIOS DEL CLIMA EN EL ÚLTIMO SIGLO

Los últimos años han sido de los más cálidos desde 1860, es decir, en el periodo de registro instrumental, a pesar del efecto de enfriamiento de 1991 producido por la erupción volcánica del Monte Pinatubo. En general, las temperaturas nocturnas sobre la tierra han aumentado más que las temperaturas diurnas.

Los cambios regionales son evidentes. Por ejemplo, el reciente calentamiento ha sido mayor sobre los continentes de latitud media en invierno y en primavera, con algunas zonas de enfriamiento, como el Atlántico Norte. Las precipitaciones y los ciclones tropicales han aumentado sobre la tierra (Avila, 2000), en latitudes altas del hemisferio norte, sobre todo durante la estación fría. El nivel mundial del mar ha aumentado entre 10 y 25 cm en los últimos 100 años y gran parte de ese aumento está relacionado con el incremento de la temperatura media mundial, el nivel del mar a nivel global se ha elevado entre 10 y 25 cm en los últimos 100 años y mucho de la subida de nivel está relacionado con el incremento en la temperatura media global (Kiladis, 1989).

No existen datos adecuados, para determinar con más precisión los cambios globales en la variabilidad climática o extremos en las condiciones del tiempo que han ocurrido en el siglo XX. Existen algunos datos regionales aislados que permite observar claramente los cambios en eventos extremos o en los indicadores de variabilidad climática (por ejemplo, menor número de heladas en algunas áreas, incremento en la cantidad de precipitación en eventos extremos, etc.). Algunos cambios han sido hacia una mayor variabilidad, otros hacia menor.

### 1.1.3 SE PREVÉ QUE EL CLIMA SEGUIRÁ CAMBIANDO EN EL FUTURO

A falta de políticas de mitigación o de avances tecnológicos importantes que permitan reducir las emisiones y/o aumentar los sumideros, se espera que las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles crezcan durante todo el siglo próximo (XXI).

***Incrementos potenciales de Temperatura.*** Para el escenario de emisiones del IPCC a mediano plazo, partiendo de la hipótesis del valor de la "mejor estimación" de la sensibilidad del clima, incluidos los efectos de los futuros aumentos de las concentraciones de aerosoles, en los modelos se prevé un incremento de la temperatura superficial media global con relación a 1990 de unos 2°C para el año 2100.

***Incrementos potenciales en el nivel del mar.*** Se espera que el nivel medio del mar aumente como resultado de la expansión térmica de los océanos y de la fusión de glaciares y capas de hielo. La proyección correspondiente de la fusión de hielos, da una elevación del nivel del mar de unos 95 cm desde ahora hasta el 2100. El nivel del mar seguirá subiendo a un ritmo similar en los próximos siglos después del 2100. Los cambios regionales en el nivel del mar pueden diferir del valor medio global debido a movimientos de tierras y a los cambios de las corrientes oceánicas. Los conocimientos actuales no son suficientes para afirmar si habrá cambios en la ocurrencia o distribución geográfica de fuertes tormentas; por ejemplo, ciclones tropicales (Becker, Dan, 1997).

El mayor realismo que poseen las simulaciones del clima presente y pasado usando modelos climáticos que consideran el acoplamiento océano-atmósfera, incrementan la confianza en su uso para proyectar el cambio climático futuro. Aún quedan algunas incertidumbres, pero éstas han sido consideradas en las proyecciones completas de la temperatura promedio global y el cambio en el nivel del mar (Karl, 1998).

En la última década, varios modelos complejos de circulación general (por sus siglas en inglés) (GCM's), han intentado simular los cambios climáticos antropogénicos futuros. Han llegado a las siguientes conclusiones:

Se espera que el calentamiento general lleve a un incremento en la ocurrencia de días extremadamente calientes y una disminución en la ocurrencia de días extremadamente fríos. Las temperaturas cálidas provocarán un ciclo hidrológico mas vigoroso; esto se traduce en posibilidades de sequías y/o inundaciones más severas en algunos lugares y sequías y/o inundaciones menos severas en otros. Algunos modelos indican un incremento en la intensidad de precipitación, sugiriendo una posibilidad de eventos de lluvias más extremas. Actualmente el conocimiento es insuficiente para afirmar que habrá cambio alguno en la ocurrencia o distribución geográfica de tormentas severas, por ejemplo, ciclones tropicales (Washington, 1989).

La precipitación global aumentará entre 3 y 15%. Habrá un aumento en todo el año de las precipitaciones en las altas latitudes, mientras que algunas áreas tropicales, experimentarán pequeñas

disminuciones. Un cambio climático rápido y sostenido podría desplazar el balance competitivo entre especies y aún provocar una muerte de los bosques, alterando así la toma y liberación de carbón terrestre.

Habrán grandes alteraciones en los ecosistemas globales. Trabajos científicos sugieren que los rangos de especies arbóreas, podrán variar significativamente como resultado del cambio climático global. Por ejemplo, estudios realizados en Canadá proyectan pérdidas de aproximadamente 170 millones de hectáreas de bosques en el sur Canadiense y ganancias de 70 millones de hectáreas en el norte de Canadá, por ello un cambio climático global como el que se sugiere, implicaría una pérdida neta de 100 millones de hectáreas de bosques (Sargent, 1988).

Asociados a estos potenciales cambios, Aún así, hay una considerable incertidumbre con respecto a las implicaciones del cambio climático global y las respuestas de los ecosistemas, que a su vez, pueden traducirse en desequilibrios económicos. Este tema será de vital importancia en países que dependen fuertemente de recursos naturales.

Con respecto al impacto directo sobre seres humanos, se puede incluir la expansión del área de enfermedades infecciosas tropicales (Becker, 1997), inundaciones de terrenos costeros y ciudades, tormentas más intensas, las extinción de incontables especies de plantas y animales, fracasos en cultivos en áreas vulnerables, aumento de sequías, etc.

Estas conclusiones han llevado a una reacción gubernamental mundial que se ha expresado en numerosos estudios y conferencias, incluyendo tratados enfocados a enfrentar y en lo posible solucionar la crisis.

#### **1.1.4 IMPACTOS REGIONALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN AMÉRICA LATINA**

El IPCC, en su informe especial sobre los impactos regionales del cambio climático, hace una evaluación de la vulnerabilidad regional frente al cambio climático, centrándose en los posibles impactos a largo plazo sobre los ecosistemas, la hidrología y los recursos hídricos, la producción de alimentos y fibras, los sistemas costeros, los asentamientos humanos, la salud humana y otros sectores o sistemas importantes.

Mientras que en numerosas regiones el cambio climático probablemente ocasionará efectos adversos en algunos casos, posiblemente irreversibles, algunos de los efectos de dicho cambio serán probablemente beneficiosos.

##### **Vulnerabilidad.**

Según el IPCC, la vulnerabilidad se define como el grado en que un sistema natural o social podría resultar afectado por el cambio climático. La vulnerabilidad es función de la sensibilidad de un sistema a los cambios del clima (el grado en que un sistema responderá a determinado cambio del clima, incluidos los efectos beneficiosos y perjudiciales), y de su capacidad para adaptarse a dichos cambios (el grado en que los ajustes introducidos en las prácticas, procesos o estructuras pueden moderar o contrarrestar los posibles daños o beneficiarse de las oportunidades creadas, por efecto de determinado cambio del clima) (Houghton, and Varney, 1992).

##### **Adaptación.**

En muchos países, las políticas y condiciones económicas que determinan las decisiones individuales, las estrategias de desarrollo y las pautas de utilización de los recursos dificultan la puesta en práctica de medidas de adaptación. Por otro lado, una zonificación inadecuada de las tierras en función de los tipos de utilización, y/o la subvención de los seguros de desastre, que fomenta el desarrollo de infraestructuras en áreas propensas a las crecidas o a otros desastres naturales y cuya vulnerabilidad podría aumentar aún más por efecto de un cambio climático.

Las evaluaciones regionales sugieren que la adaptación requerirá previsión y planificación: de no preparar los sistemas para los cambios proyectados de las medias climáticas, de la variabilidad y de los valores extremos, grandes cantidades de capital podrían canalizarse hacia el desarrollo de infraestructura o de tecnologías inadecuadas a las situaciones futuras, y podrían perderse oportunidades de aminorar los costos de adaptación.

---

**La evaluación regional para América Latina**

**Contexto.** Algunos de los países, especialmente los del istmo de América Central, se ven actualmente muy afectados por las consecuencias socioeconómicas de la variabilidad del clima a escala entre estacional e interanual, y particularmente por el fenómeno EL NIÑO Oscilación del Sur (ENSO). La mayoría de la producción está basada en los extensos ecosistemas naturales de la región, y el impacto de la actual variabilidad del clima sobre los recursos naturales sugiere que la repercusión de los cambios climáticos previstos podría ser suficientemente importante para ser tomada en cuenta en las iniciativas de planificación nacionales y regionales (Conde et al., 1999). La utilización de las tierras es actualmente una de las causas más importantes del cambio que están experimentando los ecosistemas, mediante sus complejas interacciones con el clima. Este factor hace muy difícil encontrar pautas comunes en cuanto a la vulnerabilidad al cambio climático.

**Ecosistemas.** Se espera que el cambio climático afecte a grandes extensiones de bosques y pastizales; los ecosistemas de montaña y las zonas de transición entre distintos tipos de vegetación serán especialmente vulnerables.

**Hidrología y recursos hídricos.** El cambio climático podría afectar notablemente al ciclo hidrológico, alterando la intensidad y la distribución temporal y espacial de la precipitación, de la escorrentía de superficie y de la recarga de agua, generando impactos diversos sobre diferentes ecosistemas naturales y actividades humanas. Las áreas áridas y semiáridas serán particularmente vulnerables a un cambio en la disponibilidad de agua.

**Producción de alimentos y de fibras.** Se prevé una disminución de la producción agrícola incluso tomando en cuenta los efectos positivos del aumento de CO<sub>2</sub>, sobre el crecimiento de los cultivos y un cierto grado de adaptación de las explotaciones agrarias para varios tipos de cultivos países del Istmo de América Central. Además, la producción pecuaria menguará si las praderas de las regiones templadas se ven afectadas por una disminución sustancial de la disponibilidad de agua (GCCIP, 1997).

**Sistemas costeros.** En las costas bajas y estuarios de los países de América Central, el aumento del nivel del mar podría reducir la tierra de las costas y la diversidad biológica (en particular, arrecifes de coral, ecosistemas de manglares, humedales de estuario, mamíferos marinos y pájaros), dañar las infraestructuras y ocasionar intrusiones de agua salada.

**Asentamientos humanos.** El cambio climático tendría diversos efectos directos e indirectos sobre el bienestar, la salud y la seguridad de los habitantes de América Latina. Además, podría exacerbar el impacto directo como consecuencia del aumento del nivel del mar, de condiciones meteorológicas extremas (por ejemplo, crecidas, crecidas instantáneas, tempestades, desprendimientos de tierra u olas de frío o de calor). Serán particularmente vulnerables los grupos de población que habitan en barrios pobres en los suburbios de las grandes ciudades, y especialmente si están situados en áreas propensas a las crecidas o en laderas inestables.

**Salud humana.** Los cambios proyectados del clima podrían intensificar los efectos del grave estado crónico de malnutrición y enfermedades en que ya se encuentran algunas poblaciones de América Latina. Si aumentaran la temperatura y las precipitaciones, la distribución geográfica de las enfermedades transmitidas por vectores (ejemplo, paludismo, dengue, chagas etc.) y de las enfermedades infecciosas (el cólera), se extenderían hacia el sur y hacia terrenos más elevados (GCCIP, 1997).

**1.1.5 CONVENCIÓN MARCO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO E INFORME DE LA SEGUNDA EVALUACIÓN DEL IPCC**

Firmada por 165 estados, compromete a sus firmantes a la meta de "estabilizar la concentración de gases invernadero en la atmósfera a niveles que eviten interferencias antrópicas con el sistema climático". La convención establece como meta provisional, reducir las emisiones de gases invernaderos a niveles del año 1990 para el año 2000 (Orozco, 1999). La convención establece un protocolo para que las naciones hagan un inventario de emisiones y puedan seguir sus progresos. También enfrenta el tema de financiamiento y transferencia de tecnología desde los países desarrollados a los en vías de desarrollo.

---

El Cambio Climático Global es un hecho, aunque existen escépticos no representan de manera alguna un grupo mayoritario. Es por ello que los Gobiernos a nivel mundial han reaccionado ante esta amenaza cada vez más cercana: alteraciones climáticas graves que podrán colocar sus economías en peligro (Pace, 1997)

El Cambio Climático Global, por otro lado, ha dejado muy clara la globalización de los problemas ambientales, es imposible e inútil enfrentar uno de los problemas más apremiantes en la temática ambiental si no es una empresa que involucre a todas las naciones.

La presión poblacional y de desarrollo de las naciones más adelantados junto con las que están en vías del mismo, ejercen una presión cada vez mayor sobre los recursos naturales y los sistemas ambientales terrestres. En la actualidad las capacidades autorreguladoras de la atmósfera están siendo llevadas a sus límites y según muchos, sobrepasadas.

No es sana política, para la humanidad, dejar la búsqueda de soluciones para el futuro o para cuando se hagan fuertemente necesarias. La atmósfera y los procesos que mantienen sus características no tienen tiempos de reacción muy rápidos comparado con los periodos humanos.

Soluciones a los problemas del adelgazamiento de la Capa de Ozono, al Calentamiento Global, a las alteraciones climáticas devastadoras, no son cuestión de años, ni siquiera décadas. Es por ello una preocupación que debe ser inmediata, no se podrá esperar a que los efectos se hagan notorios y claros, pues seguramente en ese momento ya será muy tarde para actuar buscando soluciones (Dunn, 1997).

## 1.2 EL NIÑO

Uno de los fenómenos asociados a las fluctuaciones que el clima experimenta año con año es el evento de EL NIÑO, el cual ha recibido durante 1997 y 1998 una gran atención de los medios de información. La ocurrencia de EL NIÑO o de su contraparte, LA NIÑA, ha unido a la comunidad científica internacional dedicada a las Ciencias Ambientales, ha establecer intensas campañas de observación y estudio de los procesos atmosféricos y oceánicos asociados al clima (Morales, 1999).

### 1.2.1 ¿QUÉ ES EL EVENTO DE EL NIÑO? ¿Por qué este nombre?

Los pescadores de las costas del Perú encontraron que en ciertos años las aguas donde pescaban estaban más calientes de lo normal, lo que ocasionaba que la pesca fuera mala. En esos mismos años, lluvias torrenciales afectaban a esta región de Sudamérica. Como la anomalía en la temperatura del océano alcanzaba un máximo hacia finales de año, durante diciembre, los pescadores asociaron a esta especie de corriente de agua caliente con la llegada de EL NIÑO Jesús, por estar próxima la Navidad. En realidad esta anomalía en la temperatura superficial del océano se extiende en los trópicos desde el océano Pacífico central hasta las costas de Sudamérica.

### 1.2.2 ¿A QUÉ SE DENOMINA EL ÍNDICE DE OSCILACIÓN DEL SUR?

Es la diferencia de presión atmosférica entre el Pacífico Oriental (Tahiti) y el Pacífico Occidental (Darwin). Si el índice es negativo (fase cálida) se indica, aunque no necesariamente, la presencia de EL NIÑO.

Las campañas de observación, el uso de satélites y el aumento de las comunicaciones han incrementado el conocimiento del sistema de EL NIÑO, y así hoy sabemos cual es el patrón de anomalías en la superficie del mar que lo caracteriza y en qué medida afecta el clima del planeta. Incluso se habla de que este evento, sin periodo regular (a veces ocurre cada dos, cuatro, cinco años o incluso en años consecutivos, por ejemplo, de 1991 a 1995), puede ser pronosticado. Con la aparición de una zona de agua caliente en el Pacífico Central y del Este, la región de mayor actividad de nubes cumulonimbus profundas y de precipitaciones intensas, se desplaza hacia esta parte de los trópicos. Con tales cambios, donde antes llovía poco (por ejemplo, frente a las costas de Perú y Ecuador) ahora se producirán lluvias intensas e incluso inundaciones, mientras que donde antes llovía mucho lloverá menos. En Australia, la agricultura y ganadería también resultan afectadas por la sequía, por lo que se implementan planes de emergencia ante avisos de ocurrencia de EL NIÑO.

No se piense, sin embargo, que el evento de EL NIÑO es una amenaza apocalíptica que va a terminar con la humanidad. En realidad, tal tipo de variabilidad en el clima ha existido desde siempre. Los seres humanos y los ecosistemas en general, se han adaptado a tales extremos en el clima. Quizá hoy en día estos fenómenos causen más preocupación por afectar a más personas (Gay, 1999).

Además del evento de EL NIÑO, se habla de su contraparte, LA NIÑA, que corresponde a anomalías negativas en la temperatura superficial del Pacífico tropical Centro-Este. Al parecer, este evento tiene señales contrarias a las experimentadas durante EL NIÑO. No está comprobado sin embargo, que los efectos en el clima en otras regiones del planeta sean simétricos durante EL NIÑO y LA NIÑA. Incluso, hoy es más claro que aunque el clima durante años de NIÑO tiende a ser anómalo en cierta dirección (más lluvias, reduce la frecuencia de huracanes en el Atlántico pero aumentándola en partes del Pacífico, etc.), hay grandes variantes en las respuestas climáticas regionales de un año de NIÑO a otro, por lo que se habla de la no-linealidad del sistema océano-atmósfera. Por otra parte, a un evento de EL NIÑO, no siempre sigue uno de LA NIÑA (Figura 2), mostrando la no-periodicidad del sistema climático.



Figura. 2 Anomalías estandarizadas de temperatura superficial del océano Pacífico del este. (Áreas rojas EL NIÑO, áreas azules LA NIÑA), tomado de <http://www.cdc.noaa.gov>

### 1.2.3 UN POCO DE HISTORIA

El NIÑO más antiguo del cual se tenga testimonio ocurrió en 1578. Su efecto devastador se concentró en la ciudad de Lambayeque arrasando el pueblo y el íntegro de sus cultivos, dividiendo la ciudad en dos partes por la inundación ocasionada por la lluvias torrenciales.

Según datos de los últimos 66 años. De la medida de la temperatura del agua en la estación de Chicama (costa norte del Perú), se observó que los años 1925, 1933, 1941, 1957, 1972, y 1982-83 fueron los NIÑOS más fuertes, y un grupo adicional de seis eventos (1932, 1939, 1943, 1953, 1965 y 1987) fueron considerados como moderados.

### 1.2.4 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO DE EL NIÑO.

En el océano Pacífico tropical, los vientos dominantes cerca de la superficie son del este y se denominan alisios. Tales vientos tienden a acumular el agua tropical más caliente hacia el lado oeste, es decir, en la región de Indonesia, etc. Por ser la temperatura de superficie del mar elevada ( $>28^{\circ}\text{C}$ ) en esta región, el aire es más ligero formando una atmósfera inestable en la que hay gran formación de nubes y lluvias intensas. Por otro lado, el Pacífico tropical del este es en general más frío ( $<27^{\circ}\text{C}$ ), por presentarse surgencias del fondo del océano, las cuales son ricas en nutrientes, razón por la cual algunas de las pesquerías más ricas se presentan frente a las costas de Perú. Sin embargo, la presencia de aguas relativamente frías inhibe la formación de nubes por lo que en las costas de Perú y Chile solo se tienen nubes estratos bajas que producen muy poca lluvia.

Durante años de EL NIÑO, los vientos alisios en el Pacífico se debilitan por lo que las aguas más calientes del Pacífico tropical, generalmente confinadas a la región del Pacífico del oeste, se esparcen a lo largo del ecuador y por tanto, las temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico central y del este se elevan en uno o dos grados centígrados. Aunque no parece un gran aumento en la temperatura del océano, la cantidad de energía (calor) que esto involucra sí lo es.

Los primeros intentos por entender; la variabilidad del clima se dieron durante el siglo pasado, cuando el científico inglés, Gilbert Walker, trabajó en el estudio del fenómeno conocido como el monzón de la India. Sus observaciones mostraron que en años en que la presión en superficie en Australia era en promedio más baja que lo normal, en el océano Pacífico central era más alta de lo normal. Esta especie de sube y baja en la presión, con periodos de dos a cuatro años, se denominó Oscilación del Sur.

En los años cincuentas y sesentas, el meteorólogo Jacob Bjerknes estableció que la llamada Oscilación del Sur y la corriente del NIÑO eran parte de un mismo fenómeno climático que involucraba interacciones entre la atmósfera y el océano Pacífico tropical. Más adelante, se encontró que las señales de la ocurrencia del fenómeno ENOS no se limitaban a las regiones tropicales del Océano Pacífico, sino que podían afectar regiones tan distantes como los Estados Unidos o Sudáfrica.

Con la aparición de una zona de agua caliente en el Pacífico central y del este, la región de mayor actividad convectiva, es decir la zona de mayor formación de nubes cumulonimbus profundas y precipitaciones más intensas, se desplaza hacia esta parte de los trópicos. Tal corrimiento en la zona más lluviosa no se debe a mayor evaporación in situ, sino a que la convergencia de humedad se da ahora en esta región. Con tales cambios, donde antes llovía poco (por ejemplo, en las islas del Pacífico o frente a las costas de Perú y Ecuador) ahora se producirán lluvias intensas e incluso inundaciones, mientras que donde antes llovía mucho lloverá menos durante EL NIÑO, como en el Pacífico del oeste (Indonesia, norte de Australia, Filipinas). Incluso los huracanes que afectan por lo regular a Filipinas, Taiwán, etc., comienzan a formarse cerca de Tahití, Fiji, etc., causando graves daños a la población.

En Perú, la aparición de aguas más calientes provoca que especies de peces como la anchoveta, emigren hacia regiones donde la temperatura es más baja u otros lugares en busca de alimento, ya que el debilitamiento de los vientos produce una reducción en la surgencia de aguas frías del fondo, impactando las pesquerías peruanas. Pero no sólo los pescadores se ven afectados, las aves marinas de las Galápagos pierden su fuente de alimento y sus poblaciones decrecen. Es tan importante el efecto de EL NIÑO en las pesquerías, que las acciones de la harina de pescado en la bolsa de valores de Nueva York cambian de precio al recibirse las primeras informaciones de la aparición de EL NIÑO.

La influencia del ENOS se siente también en regiones alejadas del Pacífico tropical. En el nordeste del Brasil, se producen sequías intensas con un consecuente impacto en la agricultura. En Australia, la agricultura y ganadería también resultan afectadas por la sequía por lo que se implementan planes de emergencia ante avisos de ocurrencia de EL NIÑO. De manera similar, en California se establecen planes de prevención de desastres ante las fuertes lluvias de invierno e inundaciones que aparecen durante inviernos de EL NIÑO. Los costos de tales impactos se calculan en cientos de millones de dólares.

### 1.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA PRESENCIA DEL FENÓMENO “EL NIÑO”

- Incremento de la temperatura superficial del mar peruano.
- Incremento de la temperatura del aire en zonas costeras.
- Disminución de la presión atmosférica en zonas costeras.
- Vientos débiles.
- Disminución del afloramiento marino.
- Incremento del nivel del mar frente a la costa peruana.



**a) IMPACTOS NEGATIVOS.**

- Lluvias excesivas en la costa norte, causando muchas veces inundaciones y desbordes de ríos.
- Deficiencia de lluvias en la sierra sur del Perú, (especialmente en el Altiplano).
- Migración y profundización de peces de agua fría, (sardina, anchoveta, merluza, etc.).
- Incremento de plagas y enfermedades en ciertos cultivos
- Presencia de epidemias.
- Alteración de los ecosistemas marinos y costeros.

**b) IMPACTOS POSITIVOS**

- La presencia de aguas cálidas permitirá el consumo de peces y moluscos que sólo son consumidos al norte del país.
- Presencia de vegetación en la costa árida (lomas, algarrobos, etc.).
- Incremento del volumen de agua en los reservorios del norte
- Incremento del nivel de las aguas subterráneas.

**1.2.6 EL FENOMENO DE EL NIÑO Y LA OSCILACION DEL SUR (ENOS) Y SUS IMPACTOS EN MEXICO**

Durante mucho tiempo, el mayor reto en las Ciencias Atmosféricas ha sido el entender las variaciones climáticas que se producen año con año (Pérez, 1997). Periodos de secas han resultado en cosechas pobres y en muchas ocasiones en hambruna y migraciones masivas. Hoy en día, no solamente la agricultura se ve afectada por la variabilidad interanual en el clima. También otras actividades económicas, como la generación de energía eléctrica, la pesca, etc., se ven afectadas. Incluso la salud humana depende de cambios extremos en el clima. En las últimas tres décadas se ha encontrado que la variabilidad interanual en el clima está relacionada en gran medida con el fenómeno de EL NIÑO -Oscilación del Sur (ENOS).

**1.2.7 LOS IMPACTOS EN MÉXICO.**

En el país el fenómeno de EL NIÑO tiene grandes repercusiones en el clima y en gran medida, en las actividades socioeconómicas. Estudios recientes como los impactos de EL NIÑO en México (Magaña, 1999), muestran que los regímenes de lluvias de invierno y verano se ven afectados. De manera general podemos decir que las lluvias de invierno se intensifican durante años de EL NIÑO, como ocurrió durante el invierno de 1991-1992 (Magaña, 1997).

El impacto de EL NIÑO en las lluvias de invierno de México no es siempre el mismo, principalmente cuando se analizan los cambios a nivel regional. Eventos de ENOS como el del 1986-1987 no parecen haber resultado en mucha mayor lluvia de invierno. Incluso el ENOS de 1982-1983, aunque produjo lluvias invernales por encima de lo normal, tuvo un impacto aparentemente menor al del invierno de 1991-1992 (Magaña, 1997).

En verano, el país se ve afectado por huracanes, tanto en el Pacífico como en el Atlántico. Relaciones estadísticas sugieren que durante años de EL NIÑO aumenta el número de huracanes en el Pacífico, mientras que disminuyen en el Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México. Tal relación tiende a revertirse durante años de NIÑA. No es claro sin embargo en que parte del Pacífico se formarán más huracanes y si tenderán a seguir trayectorias más cercanas o alejadas de las costas mexicanas. Al parecer durante veranos en que la anomalía de agua caliente aparece en el Pacífico del oeste, la dispersión en la génesis y trayectorias de huracanes aumenta, pudiendo incluso extenderse hacia regiones del Pacífico central (Magaña, 1997).

La anomalía de agua caliente, puede alcanzar las costas mexicanas, por lo que se piensa que la intensidad de los huracanes puede verse aumentada por la ocurrencia de EL NIÑO, como parece haber ocurrido con el huracán Paulina. Sin embargo, no se puede afirmar que la trayectoria seguida por este huracán a lo largo de Oaxaca y Guerrero se debió a este fenómeno o sea algo anómalo. Durante cada verano existe la posibilidad de huracanes entrando a las costas de nuestro país (Magaña, 1997).

---

Por otra parte, la disminución de huracanes en el Golfo de México, afecta las lluvias del norte de Veracruz, Tamaulipas y Coahuila, por lo que la sequía durante veranos de ENOS puede ser severa en esta región. Así sucedió durante el verano de 1997, debido a la formación de un intenso fenómeno de EL NIÑO.

En este sentido, debe también pensarse en la importancia que los huracanes tienen para nuestro país como "proveedores de agua". Un entendimiento más completo de las lluvias de verano debe incluir efectos como el de la llamada canícula o sequía intraestival y su relación con el fenómeno de EL NIÑO.

En los años 1982-83 se produjo un evento ENOS muy severo, que provocó sequías, incendios y pérdidas estimadas en cerca de US\$600,000,000.00 en las economías de México y Centro América. Durante 1991-1995 se estableció un periodo de Niño, que si bien no fue tan intenso como el antes mencionado, coincidió con una de las sequías más prolongadas en el norte de México. Tal sequía produjo problemas internos y externos por el uso de aguas en las presas. Las noticias de los reclamos de agua en la Presa de El Cuchillo, o los conflictos por aguas en el Río Bravo con los Estados Unidos fueron noticia de primera plana durante varios días (Magaña, 1997).

El que el invierno de EL NIÑO genere mayores precipitaciones, principalmente en la región norte de nuestro país, permite que, en principio, se pueda administrar el uso de aguas de las presas. Así por ejemplo, en la región de la presa Huites, entre Sonora y Sinaloa, las lluvias de diciembre y el caudal del río parecen sentir el efecto de la ocurrencia de EL NIÑO o LA NIÑA. Sin embargo, vuelve a observarse que no todos los NIÑOS producen la misma respuesta en México, pudiendo presentarse este fenómeno con lluvias escasas en la región.

Sin embargo, el conocimiento de ocurrencia de EL NIÑO en ciertos años puede permitir disponer de información para planear hasta cierto punto el manejo de presas. Por ejemplo, hasta antes del invierno 82-83, el nivel de la presa Plutarco Elías Calles, en Sonora, era bajo. Las lluvias de invierno asociadas a EL NIÑO permitieron una recuperación del nivel de la presa.

Las pesquerías en México se ven también afectadas. Las anomalías en agua caliente asociada a EL NIÑO pueden extenderse hasta costas mexicanas produciendo disminución del plancton, de algunas pesquerías características de aguas frías y una menor productividad general. Si bien los efectos estarán sumamente matizados por las condiciones locales de cada región de la costa mexicana, muchos ecosistemas tropicales (el ejemplo más conocido son los arrecifes coralinos), son especialmente sensibles a los cambios de temperatura. El cambio en las poblaciones planctónicas parece ser hasta el momento el factor más influyente en la disminución de importantes pesquerías o en el aumento de algunas especies tóxicas resistentes a los cambios térmicos. De cualquier forma, eventos locales como vientos que lleven nutrientes a la superficie, la topografía particular, etc. pueden hacer que los efectos varíen de una región a otra. Tal como sucede en las Galápagos, los santuarios de aves en el Pacífico mexicano parecen sentir la disminución de peces (e.g., Isla Isabela) (Magaña, 1997).

Los impactos de EL NIÑO para la salud en México, apenas comienzan a ser analizados, pero la experiencia de otros países en la región (e.g., Costa Rica) parece indicar que los efectos negativos en salud pueden ser notorios.

### **1.2.8 ACCIONES DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL FENÓMENO DE EL NIÑO**

Los impactos del evento de EL NIÑO son causados por las variaciones climáticas provocadas por los cambios en los patrones de circulación atmosférica y oceánica. Estas variaciones se reflejan en los patrones de lluvia y en las temperaturas medias de ciertas regiones (Magaña 1997).

Las actividades productivas que son afectadas por este evento son la agricultura, la ganadería, las pesquerías, las actividades forestales, las actividades industriales dependientes del suministro de agua (por ejemplo, las maquiladoras en el Norte del país).

---

Como se menciona anteriormente, en México se esperan en el Norte del País lluvias más intensas en invierno, con una baja en la temperatura. En el verano, posiblemente se presenten condiciones de disminuciones importantes en la precipitación, entre 25 a 50% menos en la mayor parte del país y aumentos significativos en la temperatura media (Morales, 2001).

Brasil y Australia son ejemplos en cuanto a acciones de estrategia para mitigar y/o adaptarse a este evento. En Estados Unidos ya se han integrado comisiones de prevención de desastres ante los potenciales impactos de EL NIÑO (Magaña, 1997).

### 1.2.9 POSIBLES MEDIDAS PREVENTIVAS

En la agricultura, es de esperarse una buena cosecha de cultivos de otoño - invierno, (por ejemplo, de trigo). Para primavera - verano, es importante considerar que las lluvias podrían adelantarse pero que, si prevalecen las condiciones de EL NIÑO, las lluvias de verano podrían escasear, por lo que las decisiones que se tomen en el campo tendrían que ser a corto plazo, por ejemplo, discutiendo la posibilidad de irrigación o de la utilización de semillas más resistentes a la sequía (Magaña, 1997).

Con la recarga de las presas en invierno, puede sugerirse su administración en función de las prioridades productivas de la región: irrigación y ganadería, por ejemplo. Las presas de capacidad media tienen que permanecer en estado de alerta ante un posible desbordamiento (por ejemplo, la segunda presa en importancia en el Estado de Hidalgo durante el mes de octubre, 1997). Con la recarga de las presas en invierno se debe de considerar la perspectiva de condiciones de sequía en verano (de prevalecer EL NIÑO) por lo que se puede considerar la posibilidad del uso racional del agua almacenada (Magaña, 1997).

En las regiones urbanas, es importante prever para el invierno las posibles inundaciones por lluvias intensas, dependientes del estado del servicio de alcantarillado. Si en el verano se presentan condiciones de sequía, es importante considerar la educación urgente a la población y a las industrias para un uso racional del agua.

Durante los veranos bajo condiciones de NIÑOS fuertes, es fundamental prevenir los incendios forestales. Además de difundir las medidas de seguridad entre los grupos de productores agrícolas que queman parte de los bosques, es importante difundir las medidas de alerta por la posibilidad de incendios naturales.

### 1.2.10 EL CLIMA Y LA AGRICULTURA

México es tan sólo, uno más de los países que se ve afectado por los efectos de EL NIÑO. los impactos de este evento en nuestro país se manifiestan principalmente en cambios en las lluvias e incrementos en la temperatura.

Con las Fluctuaciones en las temperaturas del Mar Caribe y el Golfo de México, puede existir una gran influencia para la presentación de la temporada de huracanes y del establecimiento o no de las lluvias sobre México y el estado de Tlaxcala. Sin embargo, no hay que olvidar que existen también cambios de origen antropogénico que poco a poco son más notables en forma de calentamientos o tendencias a más o menos lluvia. Todos estos factores constituyen lo que se conoce como variabilidad y cambio climático (Magaña y Morales, 1998). Por las repercusiones en el medio ambiente y en actividades humanas, constituyen uno de los temas de mayor interés, en el ámbito científico, político social y económico.

En los años 1982-83 se produjo un evento EL NIÑO muy severo, que provocó sequías, incendios y pérdidas estimadas en cerca de US \$600,000,000.00 en las economías de México y Centro América. Durante el periodo 1991-1995 se estableció un periodo de EL NIÑO, que si bien no fue tan intenso como el antes mencionado, coincidió con una de las sequías más prolongadas en el norte de México. Tal sequía produjo problemas internos y externos por el uso de aguas en las presas. Las noticias de los reclamos de agua en la Presa

de El Cuchillo, o los conflictos por aguas en el Río Bravo con los Estados Unidos fueron noticia de primera plana durante varios días

Otro evento de gran importancia en el clima mexicano, es la sequía intraestival, también conocida como canícula o sequía del medio verano. La precipitación es uno de los elementos climáticos más importantes que influyen en la agricultura y en otras actividades económicas en nuestro país (Taboada, Reyna, Oliver. y Beltrán, 1993). La canícula no es precisamente un período de sequía, sino que corresponde a una disminución en la precipitación a la mitad de la temporada de lluvias. Así, se presentan lluvias intensas en mayo y junio, disminuyendo en julio y agosto, alcanzando un segundo máximo en septiembre. La disminución en las lluvias en julio y agosto permite que sea mayor la radiación solar y por tanto las temperaturas sean ligeramente mayores que en los otros meses.

A partir de la década de los setentas y con la publicación de estudios sobre la producción de alimentos, proliferan los trabajos de la producción de diferentes cultivos, dentro de los cuales se encuentra el amaranto para diferentes regiones del mundo (Abdi, N. 1976). Posteriormente aparecen los primeros estudios sobre el cultivo del amaranto en México (Sánchez, 1980, Reyna, 1986, 87, 88 90, 91 96 2000, etc.). Como resultado de la necesidad de conocer las zonas en las cuales existe la factibilidad de introducir dicho cultivo alternativo, por sus características de plasticidad y adaptación a ciertas condiciones ambientales, por sus características alimenticias comparadas con los cultivos tradicionales (Paredes).

De 1994 a 1996 se desarrolló el proyecto denominado “Estudio de País: México”, cuyos objetivos fueron: estimar los impactos que el cambio climático tendrá en nuestro país, determinar las regiones más vulnerables a dichos cambios, con el fin de proponer estrategias de adaptación (Conde, et al., 1999).

Desde 1993 el **INIFAP** desarrolló una metodología para el Estado de Tlaxcala, basada en series históricas y características edáficas del territorio estatal. Con esta información se integró una base de datos con la definición de los requerimientos de clima y suelo de los cultivos de mayor importancia y potencial.

Existen otras especies con buen potencial de producción bajo condiciones de temporal para el estado, que pueden ser otra alternativa para diferentes condiciones de temporal desde favorable hasta crítico o errático y que además se adaptan a las condiciones de suelo y a la presencia de eventos climáticos adversos comunes en Tlaxcala como heladas tempranas, vientos fuertes y granizo.

Las principales regiones agrícolas que detecta el **INIFAP** para el estado de Tlaxcala son: La Zona Templada con lluvias en verano que abarca del centro al norte del estado, con precipitaciones entre 600-800 mm, donde se practica la agricultura de temporal.

Los principales sistemas de producción que existen en el estado son: maíz, amaranto, cebada, haba, trigo, frijol, papa y avena (**Figuras: 3, 4, 5, 6, 7y 8**) (INIFAP, 1993).

En la **Figura. 3**, se observa que el maíz puede ser cultivado en la mayor parte del estado, mientras que el frijol sólo se sembraría en la zona centro sur del estado **Figura 4**.



Figura 3. Producción de Maíz



Figura 4. Producción de Frijol



Figura 5. Producción de Avena



Figura 6. Producción de Cebada

En la **Figura 5** se observa que las zonas potenciales para el cultivo de avena son de la zona centro hacia el norte, la zona oeste y una pequeña zona del este. Por otra parte la cebada es potencialmente cultivable en la zona centro, sur y este, **Figura 6**.

En la **Figura 7** se observa que el amaranto es cultivado en la zona centro y sur, sin embargo, la papa puede cultivarse en la zona centro, norte y en la zona sureste, **Figura 8**.



Figura 7. Producción de Amaranto

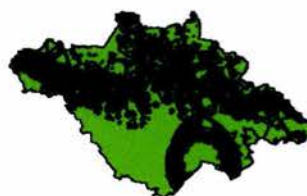


Figura 8. Producción de Papa

Las figuras anteriores muestran cuales son los principales cultivos que se tienen en el estado, desafortunadamente y como sucede en muchas regiones de la república mexicana, existe una sinnúmero de elementos físicos adversos, que no permiten el desarrollo de los mismos.

Como ya se mencionó anteriormente, en 1997 se inició un proyecto de investigación dirigido al campo y vinculado con los productores del estado, se les dio información del evento climatológico de EL NIÑO y sus efectos en el agro tlaxcalteca, se les proporcionó el pronósticos de precipitación en cada ciclo agrícola y se realizó una serie de observaciones sobre la evolución de los cultivos y la evaluación de los pronósticos.

Lo que se apreció en ese primer proyecto, fue que las necesidades de los productores fueron mayores, requerían de un pronóstico de precipitación más fino, conocer como sería la canícula si seca o húmeda, el tiempo y la cantidad de lluvia para el ciclo agrícola y una serie de cultivos de alternativa que se complementarían con los tradicionales, que fuesen resistentes a la climatología adversa de su región y sobre todo redituable.

Es como que surgió este proyecto de tesis que se realizó en tres localidades del estado: Atotonilco (municipio de Tlaxco), El Rosario (municipio de Tlaxco) y Miguel Aldama (municipio de Españaña).

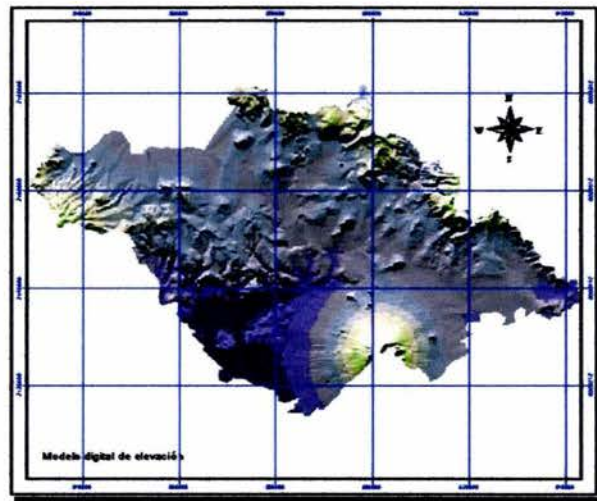
## 2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

El conocimiento de las características físicas de las zonas de estudio, tales como: relieve, geología, suelos, clima y vegetación son de vital importancia, ya que es el espacio donde se conjugan, se tiene un cierto potencial para el desarrollo de una serie de actividades de todo tipo (Granados, 2000).

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTADO DE TLAXCALA

El estado se localiza en la parte centro-oriental del país, entre los 97° 37' 07" y los 98° 42' 51" de longitud oeste; y los 19° 05' 43" y los 19° 44' 07" de latitud norte, con una altitud por arriba de 2000 msnm. cuenta con una superficie de 4060.923 km<sup>2</sup>, siendo la entidad federativa más pequeña, representando el 0.2% del territorio nacional, solo mayor que el Distrito Federal (INEGI, 1986). Sus límites y colindancias son: al poniente con el Estado de México, al noroeste con el Estado de Hidalgo, encontrándose el resto de su perímetro rodeado por el Estado de Puebla.

La división político-administrativa del estado está conformada por 60 municipios. Se encuentra comprendido totalmente en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, sobre la meseta de Anáhuac, por lo que su geología ha sido moldeada por la actividad volcánica (**Mapa A**); su sistema de topoformas abarca sierras, lomeríos, lomeríos con cañadas, mesetas, mesetas con lomeríos, mesetas con cañadas y llanuras con lomeríos. En sus extremos septentrional y meridional se localizan las cumbres de los volcanes. Huintetepetl, al norte de Tlaxco; y la Malintzi ubicada en la parte sur-oriente, con una altitud de 4461 msnm (INEGI, 1999).



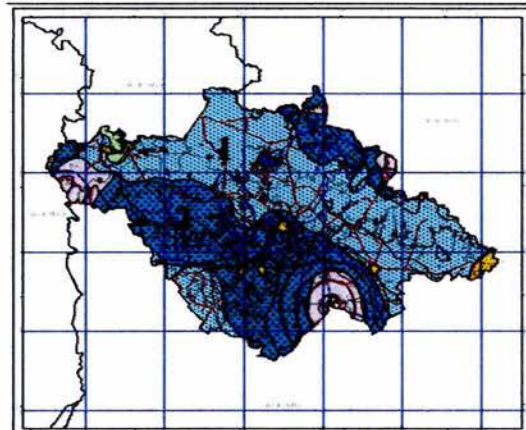
Mapa A Fisiografía del Estado de Tlaxcala

Por su ubicación geográfica, el Estado está inmerso en tres regiones hidrológicas; Balsas (cuenca Río Atoyac 78.76%), Pánuco (Río Moctezuma 18.21%) y Tuxpan-Nautla (Río Tecolutla 3.03%). El principal río de la entidad es el Zahuapan, que corre de norte a sur por el centro del Estado.

#### 2.1.1 CLIMATOLOGÍA DE TLAXCALA

El estado posee en general climas templados subhúmedos con lluvias de verano. El período de lluvias abarca casi seis meses entre mayo-octubre, y abril-septiembre, según la zona y las precipitaciones medias anuales son más abundantes en el centro y sur, donde oscilan entre 600 y 1200 mm; en tanto en el noroeste y oriente las lluvias son menores de 500 mm al año. La temperatura media anual de la entidad fluctúa entre 12 y 18°C (INEGI, 1999).

Los climas templados se presentan particularmente en los valles y las llanuras. El volcán de la Malinche, al sur del estado tiene clima semifrío, excepto en sus cumbres más altas, donde el clima puede calificarse como frío (**Mapa B**).



Mapa B. Climas del Estado de Tlaxcala

- 1 Templado con lluvias en verano  $C(w_1)(w)$  con precipitación entre 600-800 mm.
- 2 Templado con lluvias en verano  $C(w_2)(w)$  con precipitación entre 800-1000 mm.
- 3 Templado con lluvias en verano  $C(w_0)(w)$  con precipitación entre 500-600 mm.

En algunas partes de la entidad se producen heladas y granizadas casi todo el año, factores climatológicos que, junto con la escasez y la irregularidad de las lluvias, hacen de la actividad agrícola un gran reto para el productor.

### Grupo de climas templados

Subgrupo de Climas Templados C. Presenta una temperatura media anual de entre 12 y 18 ° C, la del mes más frío oscila entre 3 y 18° C. Este tipo de clima cubre alrededor del 94% de la superficie del Estado.

**Templado subhúmedo  $C(w_1)(w)$**  Es intermedio en cuanto a humedad, precipitaciones en verano con un porcentaje de lluvia invernal de 5 de la total anual. Es el clima que se da hacia el norte, en una franja que va de este a oeste y que comprende Ixtacuixtla, Nativitas, Tetlatlahuca, Lázaro Cárdenas, Hueyotlipan, Domingo Arenas, Tlaxco, Apizaco, Tetla, Terrenate, Xalostoc y Tocatlán. El valor pluvial medio anual, es de 600 a 1000 mm y la temperatura media anual es de 12 y 16°C. junio, julio y agosto registran la mayor precipitación, de 150 a 160 mm, febrero presenta la mínima de 5 mm. La más alta temperatura media mensual corresponde a abril y mayo, con valor entre 18 y 19°C y la mínima se presenta en enero, con una media de 13 a 14°C (INEGI, 1999).

**Templado subhúmedo  $C(w_2)(w)$**  Es el más húmedo de los templados con lluvia en verano con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la total anual. Se distribuye en el sur de la entidad, en una franja que corre de este a oeste y comprende parte de los municipios de Mariano Arista, Españita, Ixtacuixtla, Xaltocan y Huamantla. Los meses más cálidos son marzo, junio, julio y agosto, con una temperatura de 14 a 15°C, y los meses más fríos son enero y diciembre, con una temperatura de 11 a 12°C (INEGI, 1999).

**Templado subhúmedo  $C(w_0)(w)$**  Es el menos húmedo de los templados subhúmedos, con lluvia en verano y porcentaje de precipitación invernal menor de 6 de la total anual. Es el norte y noreste de la entidad: Atlangatepec, Cuapiaxtla, El Carmen, Huamantla, Lázaro Cárdenas y Tlaxco. La precipitación máxima se registra en junio de 110 a 120 mm. La mínima corresponde a enero y febrero con un valor de 100 mm. Las temperaturas máximas se presentan en abril, mayo y junio, cuyas medias mensuales de 17 a 18°C, y en enero se registra la mínima, con un rango de 11 a 12°C (INEGI, 1999).

### 2.1.2 HELADAS Y GRANIZADAS

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

**a) Heladas**

En los climas templados, las heladas se presentan frecuencia de 20 a 40 días al año, hay años con heladas de 140 a 150 días. En los climas semifríos la frecuencia se encuentra en el rango de 80 a 100 días por año, con extremos de 140 y 160 días en algunos años. Este clima se presenta sólo en un área de la parte alta de la Malinche, donde se registran heladas con un rango de 140 a 160 días (INEGI, 1986).

**b) Granizadas**

Graniza de 2 a 4 días al año en promedio sobre el 40% del estado, en las zonas donde imperan climas templados subhúmedos y en una pequeña porción en las que rigen los climas semifríos subhúmedos. El 30% tiene un promedio de 2 días al año, en zonas de climas templados subhúmedos. En otras zonas con el mismo clima, cubren el 15%, y en parte del área con clima semifrío subhúmedo, graniza de 4 a 6 días al año. Este fenómeno está asociado con la lluvia. Su máxima incidencia se presenta en julio y agosto. (INEGI, 1986).

**2.2 ZONA DE ESTUDIO: TLAXCO**

En este municipio se encuentran 2 zonas de estudio, la población de Atotonilco y El Rosario. El municipio se encuentra ubicado en el Altiplano central mexicano a 2540 m.s.n.m. situado entre los 19° 35'33'' latitud norte y 98° 07'32'' longitud oeste. al norte del estado. Colinda al norte con el estado de Puebla, al sur con los municipios de Atlangatepec, Tetla y Muñoz de Domingo Arenas, al oriente con los municipios de Emiliano Zapata y Lázaro Cárdenas y al poniente con el estado de Hidalgo y el municipio de Benito Juárez (**Figura 9**).

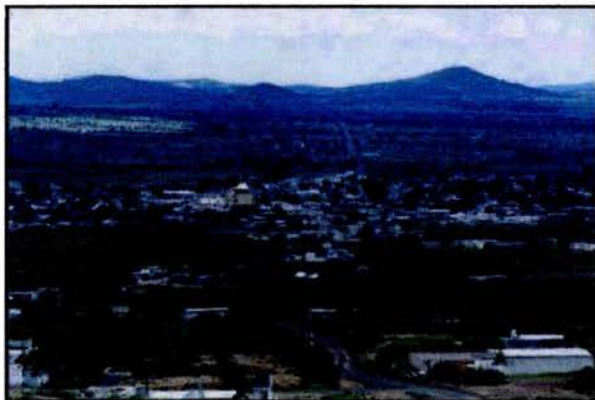
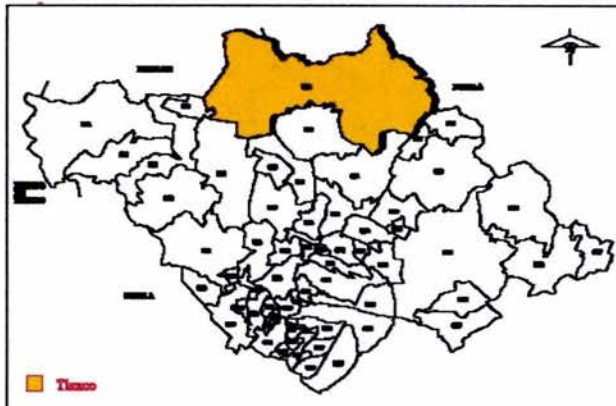


Figura 9. Vista panorámica de Tlaxco

**2.2.1 SUPERFICIE Y LOCALIDADES**

El municipio comprende una superficie de 556 910 Km<sup>2</sup>, que representa el 13.71 % del total del territorio estatal, el cual asciende a 4 060.923 Km<sup>2</sup>. Tlaxco, constituye la cabecera municipal, las principales localidades son: Atotonilco, El Rosario, Huexotitlán, José María Morelos, Buenavista, Soltepec, Buenavista, Santiago Zotoluca, Tecomalucan, Tepeyahualco, Máximo Rojas, Unión Ejidal Tierra y Libertad y Vista Hermosa. (**Mapa C**) (INEGI, 1999).



Mapa C. Plano Estatal municipio de Tlaxco



### 2.2.2 CLIMA

En el municipio el clima se considera templado subhúmedo, con régimen de lluvias. de mayo a octubre, marzo y mayo son calurosos. La dirección de los vientos es de norte a sur, la temperatura máxima anual registrada es de 26.2°C y la mínima de 1.6°C. y la precipitación anual acumulada es en promedio de 684.1 mm, la distribución mensual de temperatura y precipitación se describen en el **cuadro II** (INEGI, 1999).

PERIODO	MESES												ANUAL
1961-2003	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	
T.MÍN	1.6	2.5	4.2	6.1	7.3	8.4	7.3	7.0	7.5	5.8	3.6	2.7	5.3
T.MÁX	21.8	23.0	25.3	26.2	25.7	23.4	22.5	22.5	22.0	21.9	22.0	21.8	23.2
PCP	9.0	8.6	14.0	38.8	71.6	123.8	121.3	113.9	104.7	55.0	15.4	7.5	684.1

Cuadro II Temperatura mínima, máxima y precipitación del municipio de Tlaxco (1961-2003)

### 2.2.3 OROGRAFÍA

En el municipio se presentan principalmente tres formas características de relieve, **Zonas accidentadas** que abarcan aproximadamente el 20.0 % de la superficie y se localizan al norte de Tlaxco, Acopinalco y el Rosario, al este de Tepeyahualco y de Atotonilco. **Zonas semiplanas**, ocupan un 20.0 % de la superficie, se ubican al oeste y sureste de Tlaxco. **Zonas planas**, comprenden el 60.0 % del territorio municipal se encuentran en la zona occidental, al sur del municipio y parte de la zona oriente (**Figura 10**) (INEGI, 1999).



Figura 10. Orografía del municipio de Tlaxco.

### 2.2.4 HIDROGRAFÍA

Los recursos hidrográficos del municipio se integran con el río Zahuapan, cuyo recorrido de noreste a sudoeste es de 14 km.; El Arroyo se alimenta de otros cuatro arroyos de caudal permanente, estos son Teopa, Los Alamos, La Herradura y Payuca; numerosas barranquillas que conducen aguas temporales al río; dos presas; Lázaro Cárdenas y El Muerto, y diversos pozos para extracción de agua (INEGI, 1999).

### 2.2.5 TIPO DE SUELO

La variedad de tipos de suelo se debe fundamentalmente a la constitución litológica y al clima de la zona. En la provincia predominan las rocas ígneas extrusivas intermedias, aunque hay zonas con rocas ígneas extrusivas intermedias y ácidas, no existe gran diversidad edáfica (INEGI, 1999).

De acuerdo con la acuciosa investigación del Dr. Gerd Werner, publicada en su libro titulado Los Suelos en el Estado de Tlaxcala, editado por la Universidad Autónoma de Tlaxcala y el gobierno de Tlaxcala, los recursos edafológicos de la región son de vital importancia para la economía local. A partir de ellos se genera la vegetación y la actividad agrícola, ganadera y forestal y son un factor determinante para la conservación de los suelos.

Existen en el territorio del estado los suelos tipo cambisoles, litosoles, andosoles, regosoles, gleysoles, fluvisoles, vertisoles, salenchakes, ranker, rendzinas, serosoles e histosoles. Con base a ese estudio, se determinó que en el territorio del municipio Se advierten cinco grandes tipos de suelos: los cambisoles, fluvisoles, litosoles, gleysoles y andosoles.

### 2.3 ACTIVIDADES PRIMARIAS DE LA REGIÓN Y USO ACTUAL DEL SUELO

Respecto a la tenencia de la tierra, el 52.5 % del total de la superficie del municipio corresponde a la propiedad ejidal, en la entidad el porcentaje es de 50.0 %. El sector privado absorbió sólo el 45.3 %, en tanto para el estado representa el 38.0 % de la superficie, el tipo de tenencia mixto fue de 2.2 % (INEGI, 1996).

La superficie que ocupan las unidades de producción rural en el municipio es de 40 374 hectáreas, área que representa el 16.7 % de la superficie total del estado. De tal extensión, 25 929 hectáreas, el 64.2 % constituyen la superficie de labor, o sea las tierras dedicadas a cultivos anuales o de ciclo corto, frutales y plantaciones. En lo que respecta a pastos naturales hay un total de 6 385 hectáreas que fundamentalmente son dedicadas a la ganadería; 7 036 hectáreas sólo con bosque o selva; 518 de bosque o selva con pastos y 506 sin vegetación (SAGAR, 1996).

#### 2.3.1 SUPERFICIE SEMBRADA

El análisis de la explotación de la superficie agrícola en el estado, muestra que anualmente se aprovecha el 90.0 % de la tierra, para la siembra de cultivos anuales o perennes, en tanto que el restante 10.0 % está en descanso o no se siembra por diversas razones. La actividad agrícola se orienta básicamente a la producción de maíz, frijol, avena, trigo, papa, cebada y alfalfa, predominando el cultivo de maíz en tierras de temporal y riego.

#### 2.3.2 GANADERÍA

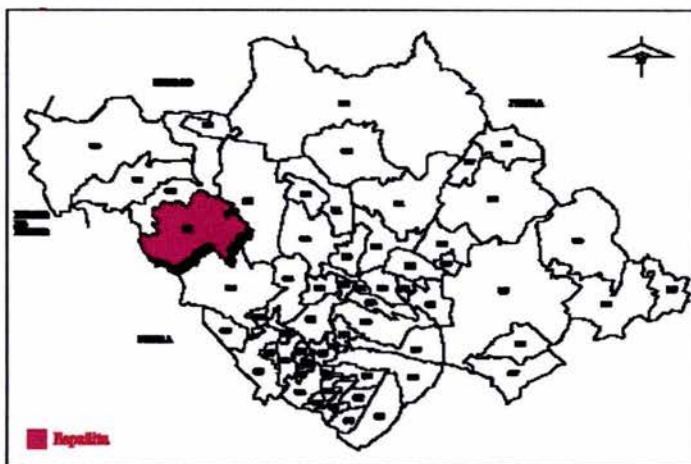
De acuerdo con el Censo Ejidal Agrícola-Ganadero de 1991, el municipio de Tlaxco tenía un total de 2675 unidades de producción rural para la explotación de animales, cifra que representó el 5.6 % del total estatal. Las unidades más importantes del municipio fueron 1 899 que estaban dedicadas a la cría de ganado equino, 1568 a la cría de aves 971 y 944 dedicadas a la cría y explotación de ganado bovino y ovino (SAGAR, 1996).

### 2.4 ZONA DE ESTUDIO: ESPAÑITA

En este municipio se encuentra la tercera zona de estudio Miguel Aldama. El municipio se ubica en el Altiplano central mexicano a 2 640 m.s.n.m. Su posición geográfica es: 19° 27' 28'' latitud norte y 98° 25' 20'' longitud oeste. Localizado al poniente del estado, colinda al norte con el municipio de Sanctórum de Lázaro Cárdenas, al sur con el municipio de Ixtacuixtla, al oriente se establecen linderos con el municipio de Hueyotlipan, asimismo al poniente colinda con el municipio de Sanctórum de Lázaro Cárdenas y el estado de Puebla (INEGI, 1999).

#### 2.4.1 SUPERFICIE Y LOCALIDADES

La superficie territorial del municipio es de 139 760 Km<sup>2</sup> lo que representa el 3.44 % del total del territorio estatal, el cual asciende a 4 060.923 Km<sup>2</sup>. De las poblaciones que integran el municipio, 9 se distinguen por su condición de localidad. Destaca Españita, que constituye la cabecera municipal. Las otras en orden de importancia son: Alvaro Obregón, La Constancia, La Magdalena Cuextotitla, **Miguel Aldama**, La Reforma, Francisco Mitepec, San Miguel Pipillola, y Vicente Guerrero (**Mapa D**) (INEGI, 1999).



Mapa D. Plano Estatal (municipio de Españita)

### 2.4.2 CLIMA

El clima del municipio es templado, con régimen de lluvias de julio a septiembre. La dirección de los vientos en general es de norte a sur. La temperatura promedio anual máxima registrada es de 24.9°C; y la mínima de 3.8°C. La precipitación promedio anual acumulada para el periodo 1975-2003 fue de 1114.0 mm. Su distribución mensual se describe en el **cuadro III** (INEGI, 1995).

PERIODO	MESES												ANUAL
1975-2003	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	
T.MÍN	3.8	5.6	6.6	7.7	8.4	8.2	7.8	7.6	7.7	6.6	5.2	3.8	6.6
T.MÁX	20.7	22.1	24.3	24.6	24.9	22.9	22.0	21.8	21.4	21.9	21.9	20.5	22.4
PCP	14.0	10.8	20.0	40.8	102.0	191.9	199.4	204.2	209.7	95.8	22.1	11.0	1114.0

Cuadro III. Temperatura mínima, máxima y precipitación del municipio de Españaita (1975-2003)

### 2.4.3 OROGRAFÍA

En general el municipio es accidentado; además se encuentran en él mesetas, llanuras y altiplanicies. Las características del relieve de su suelo son las siguientes: **Zonas accidentadas**, abarcan el 60.0 % de la superficie total y se localizan en Miguel Aldama, Pipillola y Sanctorum. **Zonas semiplanas**, representan el 30.0 % de la superficie, se ubican en las poblaciones de Vicente Guerrero, San Francisco Mitepec y Álvaro Obregón. **Zonas planas**, comprenden el 10.0 % y se encuentran en la cabecera de Españaita, la barranca de Torres, Mitepec, La Constanza y San Agustín (**Figura. 11**) (INEGI, 1986).

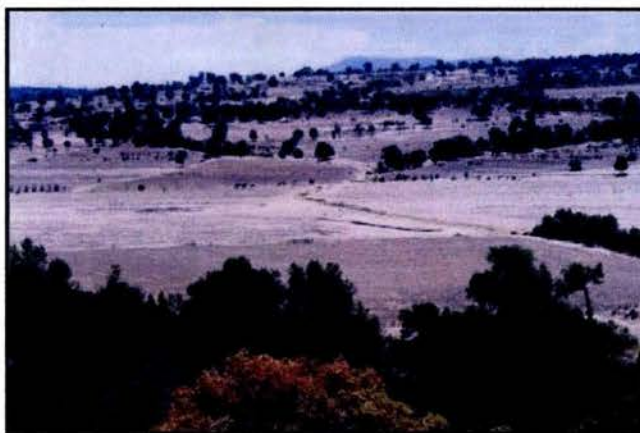


Figura 11. Orografía del Municipio de Españaita

### 2.4.4 HIDROGRAFÍA

Las principales fuentes hidrográficas del municipio son: Río Españaita, cruza el municipio de norte a sur. Río Chico, nace en esta jurisdicción y es afluente del río Atoyac en el estado de Puebla. El Río Ajejel, atraviesa el municipio en dirección norte-sur; su cauce recorre aproximadamente 9.5 Km<sup>2</sup> (INEGI, 1995).

### 2.4.5 TIPO DE SUELO

Existen en el territorio del estado los suelos tipo cambisoles, litosoles, andosoles, regosoles, gleysoles, fluvisoles, vertisoles, ranker, rendzinas, xerosoles e histosoles. En base a este estudio, se determinó que en el municipio de Españaita existen tres tipos de suelos: cambisoles, andosoles y fluvisoles (INEGI, 1986).

Los cambisoles están formados por sedimentos pirolásticos translocados, mezclados con horizontes duripan ó tepetate. Los andosoles son suelos de sedimentos pirolásticos, por lo general bien desarrollados de profundidad media a profundos, muy sueltos. Los fluvisoles son de sedimentos aluviales poco desarrollados y profundos (INEGI, 1986).

## 2.5 ACTIVIDADES PRIMARIAS DE LA REGIÓN Y UNIDADES DE PRODUCCION

Desde principios del siglo, en algunos municipios del estado, hubo un impulso industrial sustentado en el establecimiento de factorías textiles, talleres de maquinaria, fábricas de loza y vidrio y algunas industrias rurales que permitieron la introducción de innovaciones tecnológicas en el sector agropecuario. En las últimas

---

tres décadas se produjo un proceso gradual de industrialización en el estado y de desarrollo del comercio y los servicios, en detrimento del sector primario de la economía (SAGAR, 1996).

Sin embargo en Españaíta la actividad agropecuaria sigue siendo la más importante. De ahí que el análisis de este sector sea indispensable para conocer las tendencias que presenta el municipio. En 1991 Españaíta, contaba con 1 381 unidades de producción rural, que representaban el 1.8 % del total en el estado. De esa cantidad, 284 unidades pertenecían al sector de la pequeña propiedad, 828 unidades al sector ejidal y 269 a un tipo de tenencia mixto.

### **2.5.1 USO ACTUAL DEL SUELO**

La superficie ocupada por las unidades de producción rural en el municipio es de 7 531 hectáreas, cifra que representa el 3.1 % de la superficie total del estado. De este total 6 570 hectáreas, el 87.2 % constituyen la superficie de las tierras dedicadas a cultivos anuales o de ciclo corto, frutales y plantaciones. En pastos naturales hay un total de 949 hectáreas dedicadas a la ganadería, 7 hectáreas sólo con bosque o selva y 5 hectáreas sin vegetación (SAGAR, 1996).

### **2.5.2 SUPERFICIE SEMBRADA**

El análisis de la explotación de la superficie agrícola, muestra que anualmente se aprovecha el 90.0 % de la tierra, para la siembra de cultivos anuales o perennes, en tanto que el restante 10.0 % está en descanso o no se siembra por diversas razones. La actividad agrícola se orienta básicamente a la producción de maíz, frijol, avena, trigo, papa, cebada y alfalfa, predominando el cultivo de maíz en tierras de temporal y riego.

### 3. MATERIALES

#### 3.1 DE LOS DATOS

El conocimiento adquirido en años recientes sobre la importancia que el evento “EL NIÑO” tiene en el clima de la República Mexicana, permite utilizar técnicas estadísticas que relacionan las anomalías de la temperatura de superficie del mar con las lluvias o temperaturas a escala regional mediante modelos de regresión. Incluso, la técnica del uso de análogos parece ser de gran utilidad. Para pronosticar con análogos, considerando años “EL NIÑO y LA NIÑA”, o esquemas estadísticos, es preciso establecer relaciones de diagnóstico con o sin retraso, entre anomalías observadas o pronosticadas de temperatura superficial del mar en regiones clave (e.g., región NIÑO 3), y las lluvias a escala regional o incluso local. Los pronósticos de la temperatura del mar en superficie son calculados en grandes centros de pronóstico y puestos a disposición de la comunidad.

Para realizar este trabajo, Se utilizaron series de tiempo de temperatura y precipitación, de 12 estaciones climatológicas del estado, pertenecientes a la Comisión Nacional del Agua Delegación Tlaxcala (Cuadro IV).

ESTACIÓN	COORDENADAS GEOGRAFICAS LATITUD NORTE ( $\phi$ ) Y LONGITUD OESTE ( $\psi$ ) Y ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	PERIODO
Apizaco	(19° 25' 41", 98° 07' 51"), 2408 msnm	1940 – 2003
Atlangatepec	(19° 33' 20", 98° 12' 10"), 2489 msnm	1959 – 2003
Huamantla	(19° 18' 57", 97° 54' 40"), 2500 msnm	1961 – 2003
Tlaxcala	(19° 19' 26", 98° 14' 48"), 2240 msnm	1949 – 2003
Tlaxco	(19° 35' 33", 98° 07' 32"), 2473 msnm	1941 – 2003
Tocatlan	(19° 23' 19", 98° 01' 17"), 2495 msnm	1966 – 2003
Zitlaltepec	(19° 11' 59", 97° 54' 27"), 2525 msnm	1966 – 2003
El Carmen Tequex	(19° 19' 05", 97° 38' 50"), 2375 msnm	1966 – 2003
Sn. Marcos Calpul.	(19° 35' 49", 98° 37' 55"), 2573 msnm	1966 – 2003
Tepetitla	(19° 15' 41", 98° 22' 14"), 2200 msnm	1974 – 2003
Ixtacuixtla	(19° 19' 36", 98° 21' 58"), 2240 msnm	1974 – 2003
Españita	(19° 27' 28", 98° 25' 20"), 2340 msnm	1975 – 2003

Cuadro IV. Coordenadas geográficas de 12 estaciones climatológicas del Estado.

#### 3.2 DE LOS PRONÓSTICOS

Los métodos de pronóstico hacen uso de distintas variables y modelos estadísticos. Para establecer el esquema operacional de pronóstico a largo plazo (clima) regional en Tlaxcala se realizaron pronósticos quincenales y anuales de precipitación, en la mayoría de los casos se utilizaron las condiciones actuales del océano y la atmósfera en gran escala, para inferir las condiciones regionales a futuro. Tales modelos se basan en regresiones estadísticas establecidas a partir de criterios físicos y numéricos. Estos esquemas han sido durante mucho tiempo la herramienta básica en centros de pronóstico a largo plazo. Su eficiencia depende, en la mayoría de los casos, del conocimiento que se tenga sobre el clima de la región. El resultado o pronóstico final, será una “combinación evaluada” de ambos métodos de predicción.

La variable a pronosticar fue fundamentalmente la precipitación. Esta variable se determinó a nivel regional y local, dependiendo de la disponibilidad de registros históricos de condiciones climáticas de superficie locales. Los pronósticos fueron básicamente locales y se evaluaron utilizando el signo de las anomalías, es decir si las condiciones climáticas (lluvia y temperatura) estuvieron por arriba o por abajo de la media (normal).

Se hizo uso de análogos climatológicos, examinando las anomalías de temperatura y precipitación observadas en años previos del evento climatológico de EL NIÑO o LA NIÑA, así como del método de ensambles para tener más fineza en la elaboración de los pronósticos de precipitación en forma quincenal.

#### 3.3 ENTREVISTAS

En una primer instancia, se realizaron una serie de entrevistas con productores del estado, se les comentó sobre el evento climatológico de EL NIÑO, sus efectos, como se manifiesta y cuales son sus repercusiones en la agricultura, Se invitó a los productores, a participar con el grupo de trabajo, se les comentó en qué consistía el proyecto de investigación y cuáles serían los pasos a seguir.

Se les presentaron los primeros pronósticos de precipitación de algunas zonas del estado, se entregaron las semillas de los cultivos introducidos y su método de siembra. Para el primer año del proyecto, se trabajó con 4 productores de tres municipios:

#### Productores y localidades:

**Benjamín Escobar** . De la población de Atotonilco, (municipio de Tlaxco, situado al noreste del estado).

**Ernesto Lozada Pérez**. De la población de El Rosario, (municipio de Tlaxco, situado al Norte del estado).

**Salvador Pérez**. De la colonia Miguel Aldama, (municipio de Españaíta, al Oeste del Estado) y

**Lázaro Pérez Hernández** de la población de Nexnopala, (municipio de Altzayanca, al noreste del estado).

Los cultivos que se introdujeron para los 4 ciclos agrícolas, (2000, 2001, 2002, y 2003), fueron los siguientes: *Amaranto* de la variedad *Gabriela* y *DGETA* (criollos mejorados para el estado), *Girasol* de la variedad *Victoria* (proporcionado por CEVAMEX en el Estado de México) y *Frijol Bayomex*.

La elección de los cultivos fue, por su plasticidad, adaptabilidad, características alimenticias, resistencia a algunos factores climatológicos adversos (Aguilar y Alatorre 1978), (Sánchez Marroquín 1980), (Cavagnaro 1985) y (Reyna 1986), y por su apertura en el mercado estatal y nacional. (Cuadro V).

	DÍAS A MADURÉZ	TMP. MÍN. TOLERANTE	RENDIMIENTO/Ha	PRECIO DE VENTA
<b>TRADICIONALES</b>				
Maíz	180	3°C	1500 kg	1.20
Trigo	144	3°C	1200 Kg	1.50
Cebada	130	3°C	1200 Kg	1.20
<b>SUGERIDOS</b>				
Amaranto	160-170	3°C	2500 kg	10.00
Girasol	110-140	-3°C	800 - 1600 Kg	8.00
Frijól Bayomex	100	3°C	500 - 600 Kg	8.00

Cuadro V. Comparación de los cultivos tradicionales con los sugeridos

Las labores culturales campo que se realizaron, para los cultivos fueron las siguientes: preparación del suelo, elección de la fecha de siembra recomendada, barbecho, rastreo, surcado, siembra, aplicación de fertilizante, escarda, aporque, labores de recolección, cosecha y acarreo

### 3.4 ANÁLISIS DE SUELOS

Para complementar la investigación, fue necesario realizar un análisis fisicoquímico del suelo de las parcelas utilizadas, y se utilizó: cinta métrica, pala derecha, un mazo, una barrena, lápiz, hojas blancas, libreta de campo, marcadores indelebles, bolsas de plástico, etc. Las muestras se llevaron al laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos del Laboratorio de Ciencias Ambientales del Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas, de la Universidad Autónoma de Tlaxcala en donde se realizaron las siguientes determinaciones:

- Determinación de textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos.
- Determinación de fósforo: fósforo soluble en ácido fluorhídrico diluido (extracción de acuerdo a Bray y Kurtz I modificado).
- Determinación de la conductividad eléctrica (ce).
- Determinación de humedad.
- Determinación de materia orgánica .
- Determinación del pH en muestras de suelo medido en agua a través del método *as-02*.
- Cationes.

### 3.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA.

#### 3.5.1 EL CLIMA Y LAS ZONAS DE ESTUDIO

La productividad agrícola depende de una compleja interrelación entre clima, factores biofísicos y manejo de los cultivos, las prácticas agrícolas de temporal para el estado, son particularmente sensibles a la alteración en las estaciones lluviosas, ya sea por retraso, por irregularidad o deficiencia persistente en las precipitaciones. Del mismo modo tiene su impacto negativo la presencia de las sequías.

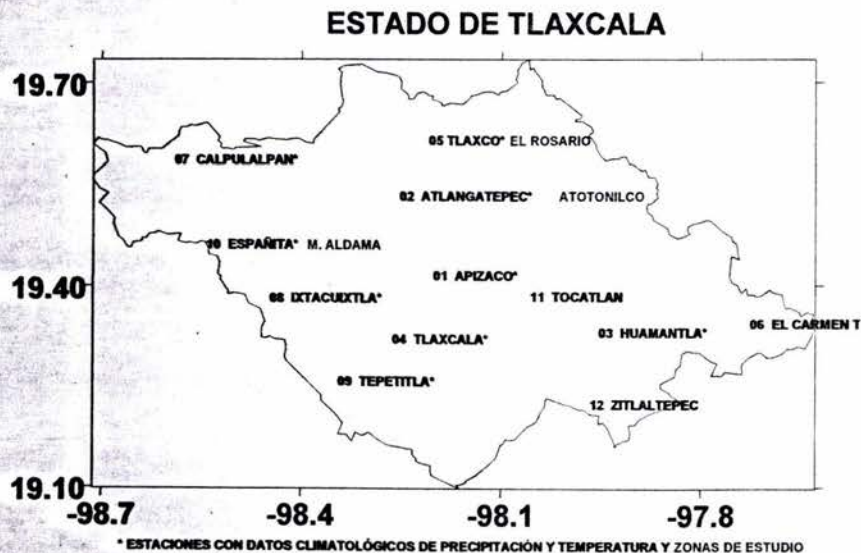
### 3.5.2 RELACIÓN DE LA TEMPERATURA CON LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS

Cada especie vegetal tiene ciertas temperaturas críticas (algunas veces llamadas *temperaturas cardinales*) que definen los requerimientos de calor necesario para su crecimiento y desarrollo. Estas temperaturas cardinales generalmente incluyen la *mínima* (la temperatura más baja a la cual la planta crece), la *óptima* (la temperatura a la cual el crecimiento y desarrollo son óptimos) y la *máxima* (la temperatura más alta a la cual la planta crece). Además de las temperaturas cardinales existen las temperaturas *letales*, las cuales provocan la muerte de la planta. Estas temperaturas letales son más extremas que los valores máximos o mínimos. La temperatura óptima para la germinación de la semilla es frecuentemente más bajo que la temperatura óptima para el desarrollo vegetativo, cuyo valor puede ser diferente al mejor valor para la floración y fructificación. Así a través del curso de la vida de la planta, ésta puede tener 2 o 3 conjuntos de intervalos de temperaturas críticas (Arteaga, 1993).

### 3.5.3 LA PRECIPITACIÓN EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

Se analizó el banco de datos climatológico del estado, existente en el Laboratorio de Teoría del Clima y Predicción, del Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

De 32 estaciones climatológicas existentes, sólo se utilizaron aquellas cuyas series de tiempo eran mayores de 20 años, se trabajó sólo con 12 de ellas: Apizaco, Atlangatepec, Españita, Huamantla, Ixtacuixtla, Tepetitla, Tlaxcala, Tlaxco, Toluca de Guadalupe, Tocatlán, San Marcos Calpulalpan, San Pablo Zitlaltepec, las estaciones se encuentran distribuidas de una forma homogénea en el estado, por lo que se considera que son representativas de la climatología del mismo (Mapa E). La información climatológica utilizada fue: Precipitación y temperatura y se encuentra disponible en bancos de datos diarios, semanales, quincenales, mensuales y anuales.



Mapa E Estaciones climatológicas del estado (Orozco, 2000).

### 3.5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA PARA EL ESTADO

El agua es uno de los elementos que forma la parte fundamental para el desarrollo de todos los organismos vivos, es indispensable en la constitución y crecimiento de las plantas, en la mayoría de las mismas constituye el 95% del total contenido en masa (Granados, 2000).

Para las actividades agrícolas de temporal de cualquier región es necesario conocer la cantidad de agua de la que se dispone para el desarrollo de los cultivos, esta humedad proviene directamente de la precipitación pluvial.

En el Cuadro VI se presenta la de precipitación media mensual de las 12 estaciones utilizadas, con la cual se generó el promedio espacial de la misma para el estado.

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
APIZACO	9.1	8.5	15.1	43.8	84.2	147.9	140.5	133.9	128.8	69.2	15.2	8.3	791.5
ATLANGATEPEC	7.5	8.1	14.0	35.3	63.5	115.5	126.3	126.1	101.0	48.4	13.7	7.1	633.9
HUAMANTLA	6.6	5.8	17.9	42.2	71.5	115.3	102.3	101.8	90.2	47.8	13.5	7.9	604.5
TLAXCALA	8.3	5.6	9.3	30.6	77.9	159.6	156.6	164.6	151.0	68.8	11.7	7.7	813.3
TLAXCO	9.3	8.9	14.4	38.5	72.4	121.9	121.3	113.3	102.2	54.6	15.8	7.8	652.4
TOCATLAN	10.3	9.2	14.9	41.6	83.2	162.6	111.9	116.3	110.3	45.5	16.1	5.6	706.6
ZITLALTEPEC	17.6	13.6	21.5	58.1	107.7	147.3	110.4	120.5	94.9	62.8	26.1	9.1	785.4
EL CARMEN SN. MARCOS	8.5	7.9	10.2	28.5	69.8	82.0	62.5	62.0	66.7	30.5	11.0	4.5	443.2
TEPETITLA	10.7	10.0	19.5	41.5	68.4	124.4	111.2	110.7	97.1	56.6	15.6	6.7	667.5
IXTACUIXTLA	4.8	3.7	8.5	22.9	61.7	127.7	132.6	129.6	129.5	56.5	13.6	5.3	696.3
ESPAÑITA	6.4	7.1	10.9	28.7	68.2	127.0	116.0	122.6	117.5	54.2	12.1	6.4	676.7
	14.1	10.8	20.0	40.8	102.0	191.9	199.4	204.2	209.7	95.9	22.1	11.0	1121.9

Cuadro VI. Precipitación media mensual de 12 estaciones climatológicas del estado

En la **Figura 12**, se presenta la precipitación mensual acumulada (el promedio espacial), en este caso se filtraron los efectos locales de cada estación.

En el gráfico se observa el comportamiento de la marcha mensual de la precipitación, en promedio, se observa un mínimo de precipitación al inicio y fin de año. A mediados de abril se empieza a establecer el periodo de lluvia, alcanzando su máximo, en la primera mitad de junio, ésta disminuye a mediados de junio, para volverse a restablecer a mediados de agosto (una pequeña canícula), posteriormente la precipitación empieza a descender, hasta terminar el periodo de lluvia a mediados de noviembre e inicios de diciembre.

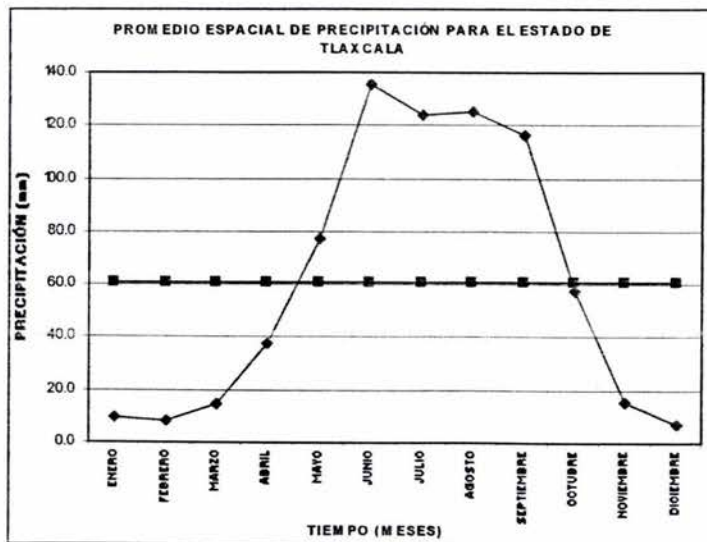


Figura 12. Promedio espacial mensual de precipitación para el estado

En la **Figura 13**, se tiene la marcha anual de precipitación para el periodo de 1961 al 2003, se ve la heterogeneidad y variabilidad de la precipitación año con año, en donde quedan registrados los eventos extremos especiales, tanto positivos como negativos.

Se puede observar la disminución o aumento de la precipitación, en los años de un evento extremo, con EL NIÑO (1969-70, 1982-83 por ejemplo), la precipitación se ve por abajo de la media normal y cuando se tiene la presencia de LA NIÑA (1975- 76, 77 por ejemplo), por lo general la cantidad de la precipitación se incrementa aunque no necesariamente es así, y para los últimos tres años la precipitación disminuye considerablemente como si fuesen condiciones de EL NIÑO.



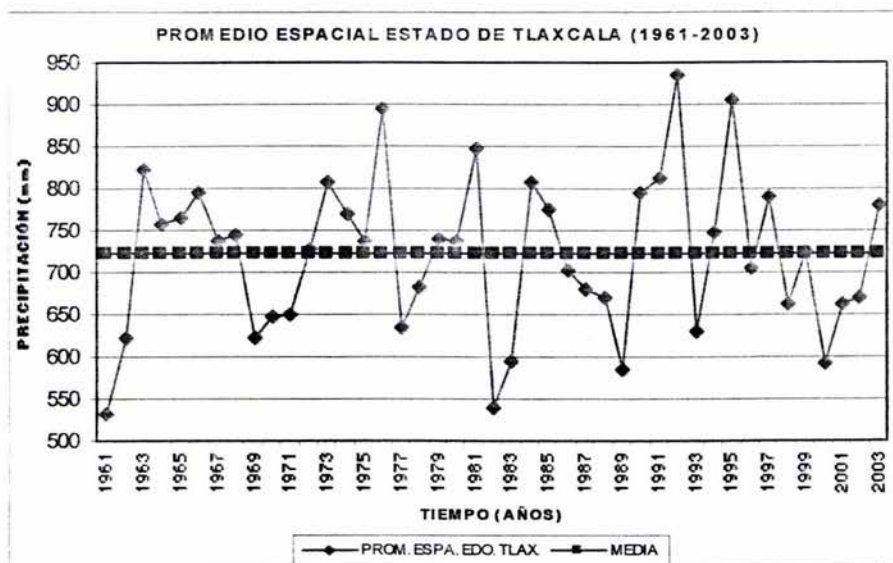


Figura 13. Promedio espacial anual de la precipitación para el estado

De acuerdo a un consenso realizado por expertos en eventos climatológicos extremos de EL NIÑO y LA NIÑA, presentan una relación y clasificación de los mismos de acuerdo a su intensidad, de 1950 al 2001 Cuadro VII (<http://ggweather.com/enso/tears.htm>).

AÑOS DE CONSENSO			
50-51	LA NIÑA	75-76	LA NIÑA fuerte
51-52	EL NIÑO	76-77	EL NIÑO
55-56	LA NIÑA fuerte	77-78	EL NIÑO
56-57	LA NIÑA	82-83	EL NIÑO fuerte
57-58	EL NIÑO moderado fuerte	87-88	EL NIÑO moderado fuerte
63-64	EL NIÑO	88-89-	LA NIÑA fuerte
64-65	LA NIÑA	91-92	EL NIÑO
65-66	EL NIÑO	92-93	EL NIÑO
69-70	EL NIÑO	93-94	EL NIÑO
70-71	LA NIÑA	94-95	EL NIÑO moderado fuerte
71-72	LA NIÑA	97-98	EL NIÑO fuerte
72-73	EL NIÑO fuerte	98-99	LA NIÑA
73-74	LA NIÑA fuerte	00-01	LA NIÑA
74-75	LA NIÑA		

Cuadro VII Años de consenso para los eventos de EL NIÑO y LA NIÑA

En el cuadro VII, se aprecia cuantos y cuales han sido los años con los eventos climatológicos de EL NIÑO y LA NIÑA, su categoría, cabe destacar que con lo observado, después de un evento de EL NIÑO, no precisamente sigue uno de NIÑA y viceversa.

### 3.5.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE TEMPERATURA MÍNIMA PARA EL ESTADO

En el Cuadro VIII, se tiene el promedio total mensual de temperatura mínima correspondiente a la climatología de 10 estaciones que cuentan con esta variable y con el cual se generó el promedio espacial de temperatura mínima mensual y anual para el estado Figuras 15 y 16.

ESTACIÓN	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	NORM.
APIZACO	0.3	1.4	3.7	5.3	6.7	8.0	7.4	7.3	7.5	5.4	2.8	1.1	4.7
ATLANGATEPEC	0.6	1.6	3.7	5.8	7.4	8.9	8.0	7.8	8.2	5.9	2.9	1.5	5.2
HUAMANTLA	0.2	1.3	3.5	5.8	7.4	8.3	7.6	7.4	7.7	5.4	2.9	1.2	4.9
TLAXCALA	2.6	3.5	5.5	7.9	9.6	11.0	10.2	10.2	10.3	8.5	5.3	3.6	7.3
TLAXCO	1.6	2.5	4.3	6.2	7.3	8.5	7.4	7.1	7.6	5.8	3.6	2.8	5.4
EL CARMEN	0.311	1.532	4.281	6.498	8.308	9.654	8.719	8.565	8.754	6.872	3.157	0.9119	5.6
SN. MARCOS	0.781	1.561	3.438	5.481	6.86	8.347	7.397	7.289	7.695	5.547	2.962	1.6543	4.9
TEPETITLA	0.469	1.528	2.828	4.934	6.897	8.848	8.197	7.979	8.324	5.997	3.114	1.4793	5.0
IXTACUIXTLA	0.986	2.271	3.762	6.106	8.183	10.16	9.133	9.092	9.362	6.979	3.869	1.7262	6.0
ESPAÑITA	3.819	5.631	6.6	7.7	8.463	8.215	7.807	7.619	7.712	6.688	5.296	3.8462	6.6
PROMEDIO	1.2	2.3	4.2	6.2	7.7	9.0	8.2	8.0	8.3	6.3	3.6	2.0	5.6

Cuadro VIII. Temperatura mínima de 10 estaciones climatológicas del estado

En enero se presentan las temperaturas más bajas, los oscilan entre los 3.8°C y 0.2°C para **Españita** y Huamantla respectivamente. Las estaciones con temperaturas bajas son: Apizaco °C, San Marcos Calpulalpan y Huamantla con 4.9°C, Tepetitla con 5°C. sobresaliendo Tlaxcala y Españita siendo las menos frías del estado.

Con lo que respecta a la marcha mensual de las temperaturas mínimas, enero es más frío, mientras que junio es el menos frío, se observa que de mayo a octubre las temperaturas no son muy mínimas ya que se encuentran por arriba del valor medio mensual con temperaturas que fluctúan entre los 6°C y 9°C como mínima (Figura 14).

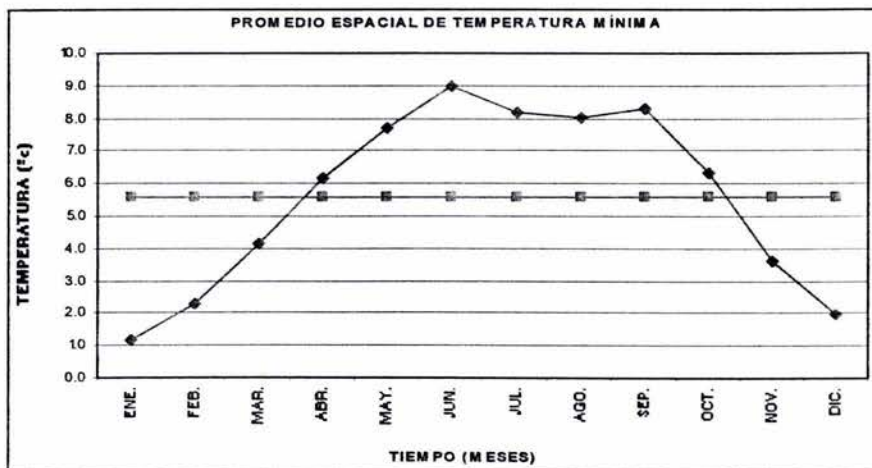


Figura 14. Temperatura mínima mensual (promedio espacial), para el estado

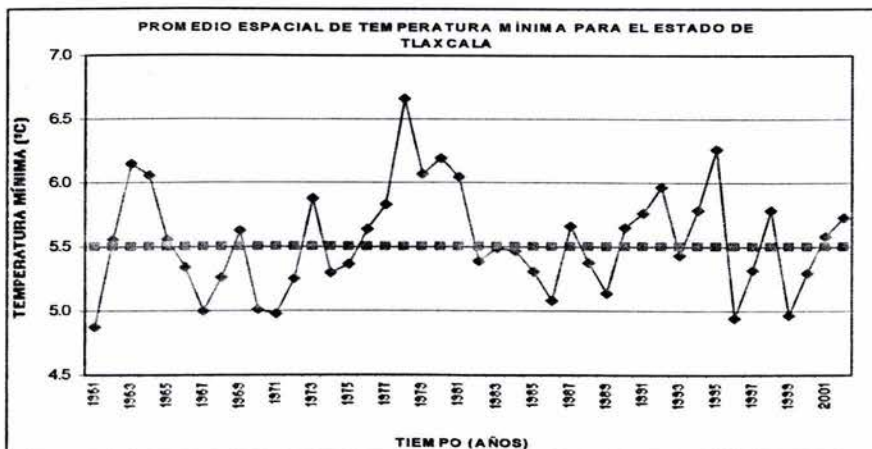


Figura 15. Temperatura mínima anual (promedio espacial), para el estado

La marcha anual de temperatura mínima del promedio espacial para el estado (Figura 16), se registran los años fríos y los menos fríos, con respecto a la temperatura media anual, pueden estar asociados a la presencia de un evento especial; por ejemplo, 1977-78 son los años más cálidos y corresponden a la presencia de EL NIÑO y 1999 es frío y correspondiendo a un año de NIÑA.

### 3.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA PARA LAS ZONAS DE ESTUDIO

Una vez realizado el análisis de la climatología de precipitación y temperatura mínima para el estado de Tlaxcala, es necesario realizar un análisis por separado para cada una de las estaciones en donde se encuentran las zonas de estudio.

#### 3.6.1 LA PRECIPITACIÓN EN TLAXCO

Precipitación de Tlaxco (Cuadro IX), ahí se encuentran dos zonas de estudio, la población de Atotonilco, y El Rosario. Los datos son del período de 1961 a 2003, de noviembre a febrero se registra la menor precipitación, y de abril a mayo se establecen las lluvias y en el verano se presenta la mayor precipitación.

PRECIPITACIÓN ESTACION TLAXCO													
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANNUAL
1961	4.5	0.0	1.0	3.2	2.0	183.0	117.0	40.5	61.2	28.0	22.2	3.5	465.3
1962	0.0	1.5	0.9	40.5	39.0	131.0	39.3	53.8	115.0	70.7	1.9	18.1	511.9
1963	0.0	0.0	13.2	12.9	90.8	127.0	160.0	122.0	64.8	45.7	17.6	14.0	668.9
1964	1.4	0.0	7.7	54.8	184.0	118.0	78.6	114.0	83.4	53.3	19.1	2.5	717.8
1965	31.2	4.2	10.1	14.2	59.8	64.1	80.5	143.0	100.0	56.9	5.2	6.6	576.2
1966	5.8	10.1	20.2	50.9	99.1	97.8	85.9	162.0	74.4	69.1	34.6	19.0	729.0
1967	42.3	0.2	9.8	39.4	140.0	118.0	50.2	142.0	176.0	50.5	29.7	15.9	813.7
1968	31.1	25.8	0.4	87.6	84.8	251.0	90.1	58.2	65.9	19.4	9.0	4.7	727.9
1969	10.3	1.3	5.4	20.1	26.8	86.8	76.8	78.2	70.6	23.4	0.0	9.4	409.1
1970	2.8	3.0	0.0	2.2	47.8	132.0	53.7	99.6	115.0	51.0	2.3	0.0	509.0
1971	9.8	1.2	7.2	11.7	62.1	169.5	72.0	111.5	112.1	46.7	11.5	2.5	623.3
1972	7.9	4.7	27.8	21.8	72.8	76.4	103.0	73.7	97.2	42.9	58.9	1.6	588.7
1973	0.0	0.9	4.6	44.5	38.1	184.2	196.8	146.8	128.3	71.0	8.8	4.0	828.0
1974	1.0	4.4	22.2	37.4	52.4	85.3	232.7	62.1	242.1	14.0	13.6	0.8	758.0
1975	7.1	40.8	0.8	21.0	87.9	164.3	182.6	163.0	45.9	46.4	0.2	0.0	760.0
1976	0.6	3.4	11.1	96.6	84.6	86.0	215.1	166.6	158.9	97.0	10.2	11.3	959.6
1977	7.1	15.1	0.0	30.6	96.0	171.2	120.5	86.7	177.1	52.1	5.3	4.3	842.1
1978	1.8	7.9	52.5	6.6	51.3	170.0	85.8	77.6	67.7	41.8	22.6	10.0	595.5
1979	5.7	21.2	11.5	105.0	55.1	74.6	169.0	148.0	135.0	9.3	16.3	15.9	765.8
1980	46.5	4.9	3.3	43.3	98.7	94.9	118.6	227.1	69.1	56.6	31.4	0.0	794.4
1981	12.9	29.4	30.5	57.5	74.8	133.3	103.3	111.2	35.6	83.9	3.5	4.7	680.6
1982	0.0	21.0	34.5	43.5	135.0	75.0	117.5	60.5	35.5	36.9	0.0	0.0	559.4
1983	14.0	21.0	11.0	0.0	19.5	39.0	89.0	103.0	174.0	19.5	37.0	0.0	527.0
1984	9.0	11.0	33.5	8.0	62.5	199.0	115.8	92.0	128.5	13.0	0.0	10.0	682.3
1985	1.0	1.0	27.7	64.0	58.0	184.0	110.5	40.0	81.0	43.3	17.2	1.2	629.9
1986	0.0	4.0	0.0	61.9	61.6	173.8	125.0	83.3	71.5	21.6	14.4	0.0	627.8
1987	0.0	1.8	11.6	41.6	60.5	153.8	140.4	127.4	62.1	4.1	11.7	0.0	629.3
1988	0.0	22.7	34.38	54.2	77.5	135.7	156.0	160.4	70.9	25.9	0.0	0.0	732.1
1989	0.0	8.7	18.4	45.1	50.2	107.6	91.7	136.9	92.3	31.8	2.8	19.1	612.6
1990	0.0	21.4	13.5	50.7	83.1	85.8	183.1	106.7	77.3	95.2	0.0	7.3	724.2
1991	3.0	0.3	0.0	11.3	186.5	124.6	141.9	89.0	146.6	84.1	17.4	5.7	837.4
1992	76.8	19.3	23.0	57.7	97.8	65.3	119.8	77.2	84.9	89.5	32.9	0.0	744.2
1993	11.9	19.8	17.0	44.2	60.1	120.5	110.7	93.9	81.3	21.1	20.0	0.0	600.8
1994	12.1	7.0	16.8	50.8	45.5	100.1	103.6	140.9	96.6	61.8	2.0	0.0	636.3
1995	21.5	16.1	19.8	32.8	51.7	62.9	115.4	233.4	65	20.5	35	49.6	736.9
1996	0.0	5.0	11.5	38.2	62.8	115.3	113.5	167.3	66.5	96.6	0.0	35.9	712.6
1997	0.0	3.6	56.4	87.9	109.8	162.1	155.9	111.1	69.2	38.4	39.1	15.1	851.6
1998	4.5	0.0	0.0	6.1	0.0	15.8	51.3	114.1	224.2	77.3	4.0	0.0	497.3
1999	0.0	0.0	12.5	59.9	20.6	51.1	155.8	187.5	108.2	268.9	6.0	0.2	870.7
2000	0.0	0.0	7.6	9.4	89.8	190.4	105.3	92.8	69.1	21.9	41.0	13.5	640.8
2001	0.2	3.9	7.3	31.0	119.5	137.8	189.7	80.4	114.4	85.3	0.0	19.3	788.8
2002	4.7	5.3	7.4	17.7	41.1	101.3	171.4	70.9	177	105.5	58.6	0.0	760.9
2003	0.0	0.0	1.2	51.6	41.4	209.1	119.5	139.2	210.9	74.4	1.9	0.0	849.2

Cuadro IX. Datos climatológicos de precipitación para la estación de Tlaxco

Con los datos anteriormente, se graficó la marcha mensual de precipitación de la estación de Tlaxco (Figura 16).

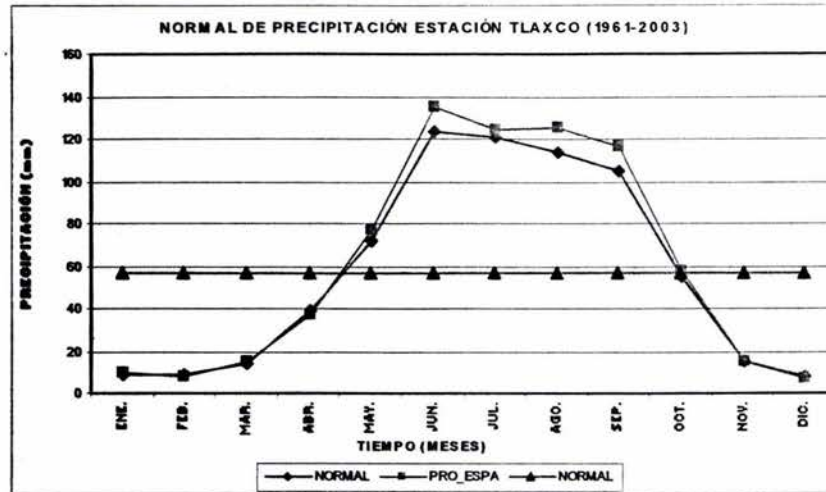


Figura 16. Precipitación mensual para la estación climatológica de Tlaxco

En el gráfico, se aprecia la marcha de la precipitación a lo largo del año. Los mínimos de precipitación se registran al inicio y fin del año, las lluvias se establecen en promedio a principios de mayo, alcanzándose la máxima precipitación en junio. Esta cantidad es casi constante por tres meses. La precipitación desciende en septiembre, hasta que se termina el periodo de lluvia, sin que se registre la presencia de la canícula.

En la Figura 17, se aprecia la gran heterogeneidad de las lluvias que se presenta año con año, en 1969 se registra la presencia del evento climatológica de EL NIÑO, con la disminución de la precipitación, y de 1973 a 1977 se registran precipitaciones abundantes, cosa que contrasta con los últimos años cuando la precipitación disminuye considerablemente.

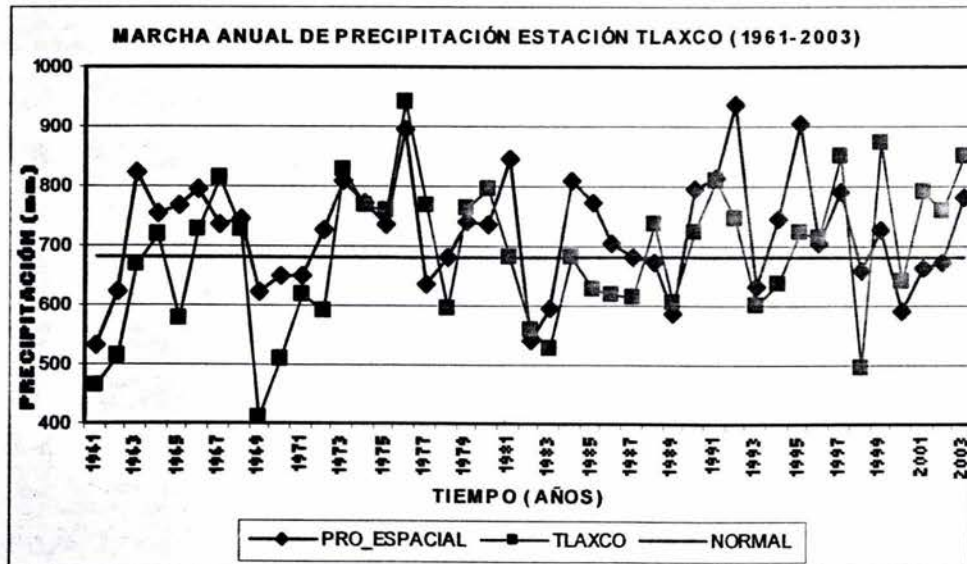


Figura 18. Precipitación anual para la estación climatológica de Tlaxco

3.6.2 LA TEMPERATURA MÍNIMA EN TLAXCO

El Cuadro X, corresponde a la temperatura mínima de la estación de Tlaxco, presentando la siguiente distribución.

TEMPERATURA MÍNIMA ESTACION TLAXCO													
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1961	1.5	2.3	4.3	5.5	6.2	8.7	8.1	5.5	5.5	4.2	4.8	2.3	4.9
1962	0.6	3.1	4.2	5.3	6.2	6.6	6.1	5.8	6.8	5.6	2.1	3.1	4.6
1963	2.0	1.8	5.1	6.1	7.1	8.7	8.3	6.1	8.1	6.0	4.0	3.0	5.5
1964	1.8	3.1	4.1	5.9	7.6	8.7	6.9	6.3	6.8	3.5	4.1	2.0	5.0
1965	0.4	2.7	4.1	6.0	6.8	7.5	6.7	7.9	6.2	3.7	1.8	2.5	4.6
1966	1.6	3.1	3.4	5.4	6.9	7.2	7.6	6.9	6.6	5.8	3.0	2.7	5.0
1967	0.8	0.6	3.0	5.3	6.8	8.1	5.7	7.5	7.2	4.5	1.4	2.8	4.4
1968	0.1	0.7	2.0	6.1	6.6	7.7	6.2	5.7	7.5	5.1	2.2	2.8	4.3
1969	1.1	2.4	3.6	5.9	6.2	8.1	7.3	6.6	6.4	3.8	1.7	1.0	4.5
1970	0.7	1.4	4.3	7.4	6.5	8.2	7.6	7.3	8	4.6	0.1	0.4	4.7
1971	1.0	1.2	4.4	3.7	6.9	7.8	6.6	6.3	7.7	5.8	2.6	2.0	4.6
1972	1.3	0.0	3.6	5.8	7.3	8.1	7.3	6.0	6.3	5.9	5.8	1.7	4.9
1973	0.8	3.0	5.6	7.6	8.1	8.7	8.1	8.0	7.7	6.5	3.6	0.4	5.6
1974	1.9	1.9	4.1	5.9	8.1	8.8	6.5	5.5	7.5	4.5	2.4	2.5	4.9
1975	1.6	3.1	5.1	6.6	8.5	8.2	6.8	7.0	6.1	5.2	2.3	0.3	5.0
1976	0.5	-0.2	4.5	6.1	6.8	7.4	7.8	6.1	7.5	6.7	4.3	3.7	5.1
1977	2.3	3.1	4.9	4.4	6.6	7.3	5.5	6.6	6.9	5.8	3.9	3.0	5.0
1978	1.5	2.5	3.9	7.0	7.4	8.5	6.5	6.4	7.7	5.8	4.4	3.5	5.4
1979	1.6	3.2	4.3	6.5	7.3	7.3	7.6	6.7	7.0	4.3	3.8	3.2	5.2
1980	2.6	2.5	5.2	6.4	8.8	7.9	6.7	8.0	8.6	6.4	4.5	8.5	6.3
1981	1.4	2.7	5.5	6.9	8.6	9.9	7.7	7.2	7.1	7.1	3.1	3.8	5.9
1982	3.8	3.8	5.4	7.5	9.1	6.9	7.1	6.1	7.5	7.1	3.7	4.1	6.0
1983	3.8	3.6	4.0	5.7	8.3	7.7	8.0	6.8	8.2	6.2	5.6	4.1	6.0
1984	2.7	3.9	4.6	6.9	5.9	7.9	7.7	6.6	7.9	5.7	2.3	2.2	5.3
1985	2.3	2.7	4.5	5.8	5.3	8.4	5.8	5.4	4.6	9.7	6.5	5.5	5.5
1986	0.5	2.4	1.7	6.2	8.8	9.4	7.9	6.6	6.5	6.6	4.5	4.5	5.4
1987	1.6	3.3	4.16	6.1	6.9	10.1	9.9	7.8	8.9	2.8	3.9	3.5	5.7
1988	-0.7	3.4	5.2	7.0	7.9	9.8	8.3	8.5	7.5	5.4	2.2	1.5	5.5
1989	2.2	2.4	2.5	4.8	6.7	8.8	7.8	8.2	8.4	4.4	4.9	3.4	5.3
1990	2.5	3.6	4.5	6.1	8.4	9.2	8.1	7.3	8.4	7.4	4.3	1.8	5.9
1991	2.4	3.4	5.3	7.5	7.9	9.2	8.6	7.0	8.8	7.3	3.5	3.2	6.1
1992	4.4	3.0	5.6	6.5	7.5	8.9	7.9	7.7	7.7	6.5	6.0	2.4	6.1
1993	2.5	2.8	4.1	6.1	7.2	10.1	7.8	7.7	9.2	6.3	4.1	2.0	5.8
1994	2.8	3.9	5.4	7.1	7.6	8.7	7.2	8.4	7.4	7.3	3.8	3.3	6.0
1995	3.6	3.8	5	7.3	9.0	9.3	8.8	10.1	7.7	6.4	5.0	3.3	6.6
1996	0.1	2.2	3.2	6.0	7.4	9.5	7.3	8.4	8.5	6.8	3.0	3.3	5.4
1997	1.5	3.2	5.4	7.3	7.0	7.9	7.5	6.5	7.6	6.5	5.5	4.2	5.8
1998	1.5	1.1	3.5	7.4	7.2	9.3	8.1	9	11.2	8.9	5.2	1.8	6.1
1999	0.5	1.9	3.8	6.45	6.4	8.1	7.6	8.2	7.5	5.6	1.9	0.9	4.9
2000	0.2	1.5	3.9	4.7	7.6	8.8	5.9	6.7	7.3	4.8	4.51	0.5	4.7
2001	2.1	2.7	3.7	5.9	7.1	9.0	7.2	7.3	7.9	6.0	3.0	2.8	5.3
2002	1.3	3.4	5.1	5	6.4	8.5	8.0	6.6	9.2	7.1	3.3	2.6	5.5
PROM	1.6357	2.5286	4.28	6.1702	7.3071	8.45	7.3833	7.0548	7.55	5.8476	3.6336	2.7643	

Cuadro X. Datos climatológicos de temperatura mínima de la estación de Tlaxco

En enero se registran las temperaturas más frías del año, no siendo menos fríos febrero, noviembre y diciembre, de mayo a octubre se registran las temperaturas menos frías, pero con base a los valores registrados, cuyos rangos van de los 6°C a 8°C, se puede observar que no son precisamente temperaturas cálidas, dándole un clima especial a esta zona con un clima un tanto frío.

Análisis de la marcha mensual de la temperatura mínima para Tlaxco (Figura 18), comparando los valores de ésta estación con los valores de la temperatura registrada del promedio espacial para el estado se aprecia un comportamiento similar a lo largo del año, enero, febrero, noviembre y diciembre sobresalen con las temperaturas más bajas propias del invierno, las temperaturas más constantes y menos frías se registran de abril a octubre, sobresaliendo junio y septiembre con las temperaturas menos frías.

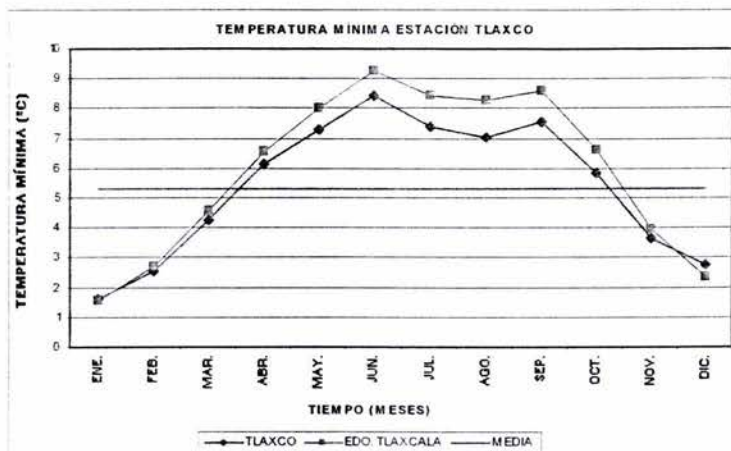


Figura 18. Promedio espacial mensual de temperatura mínima para la estación de Tlaxco

Por último se analizará el comportamiento de la marcha anual de la temperatura mínima de Tlaxco, comparada con el promedio espacial para del estado de Tlaxcala (Figura. 19).

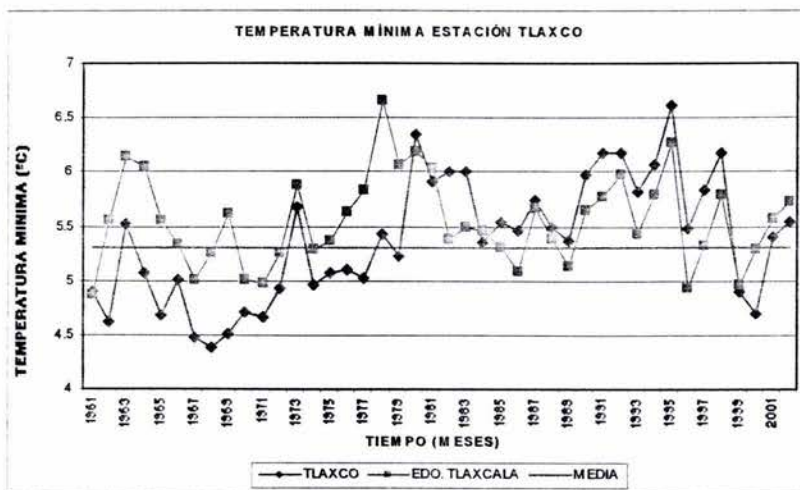


Figura 19. Promedio espacial anual de temperatura mínima para la estación de Tlaxco

En la figura, se observa casi la misma tendencia de la temperatura mínima de Tlaxco con respecto a el Estado de Tlaxcala, sin embargo la temperatura es menor en Tlaxco durante el periodo de 1963 a 1972, y de 1989 a 1998 la temperatura es menos mínima y muy similar a la que presenta el estado.

### 3.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE ESPAÑITA

En el municipio de Españita, se encuentra la tercera zona de estudio, Miguel Aldama, la estación climatológica cuenta con series de datos de precipitación y temperatura para un periodo de 28 años (Cuadro XI).

PRECIPITACIÓN ESTACION ESPAÑA													
PERIODO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1975	17.6	14.6	19.0	43.3	112.5	206.8	213.0	219.8	211.7	104.4	25.0	14.1	1202.0
1976	17.6	14.6	19.0	43.3	112.5	206.8	213.0	219.8	211.7	104.4	25.0	14.1	1202.0
1977	1.5	13.5	14.0	31.7	61.5	180.2	123.6	100.7	71.2	55.8	8.8	19.2	681.7
1978	3.0	9.2	55.8	29.1	26.1	212.1	159.1	102.4	109.5	79.9	36.4	0.1	822.7
1979	0.0	17.9	8.8	36.8	209.3	64.8	193.0	221.7	150.3	6.7	0.0	49.8	959.1
1980	30.5	0.0	1.5	75.6	104.0	95.5	114.4	229.1	179.1	47.9	116.9	16.6	1011.0
1981	19.6	36.8	18.2	41.4	117.6	236.1	169.7	260.1	132.7	94.7	2.8	5.7	1135.0
1982	0.0	42.1	42.8	42.5	199.4	89.7	177.6	66.4	39.8	44.5	1.7	3.9	750.4
1983	11.7	29.4	14.8	0.0	17.9	64.8	217.4	222.8	265.5	89.8	31.2	6.2	971.5
1984	8.4	38.8	26.7	2.7	44.1	259.8	183.5	317.9	312.4	198.8	0.0	15.1	1408.0
1985	0.0	18.0	40.3	115.0	90.5	322.1	271.7	274.0	283.0	73.5	29.9	24.0	1542.0
1986	0.0	0.0	0.0	61.8	266.5	294.0	109.9	225.0	189.0	81.9	8.5	9.7	1246.0
1987	0.0	0.0	0.0	7.1	256.8	333.2	231.0	101.8	23.8	18.6	4.1	0.0	976.4
1988	0.0	0.0	26.9	37.8	74.8	115.0	125.1	201.9	136.5	37.0	0.0	0.0	755.0
1989	5.5	2.5	2.8	36.2	70.6	173.2	144.4	151.1	101.7	10.6	20.8	23.6	743.0
1990	31.9	10.4	27.1	105.1	175.3	240.6	373.5	334.7	334.1	288.2	0.0	0.0	1921.0
1991	10.9	21.9	0.0	6.6	71.3	325.5	376.6	165.0	685.4	269.0	0.0	0.0	1932.0
1992	137.8	17.2	46.0	95.4	308.1	250.5	292.6	270.0	238.9	0.0	161.0	0.0	1818.0
1993	0.0	0.0	0.0	95.2	64.0	215.0	222.9	184.4	232.0	81.0	0.0	0.0	1095.0
1994	38.0	4.9	22.9	31.1	68.7	291.1	121.6	260.0	194.8	316.2	7.4	0.0	1357.0
1995	54.2	10.6	0.0	23.4	92.6	220.7	237.8	415.6	182.5	132.0	70.7	83.8	1524.0
1996	0.0	0.0	8.7	13.1	31.0	189.4	357.8	330.0	335.1	66.5	0.0	23.4	1355.0
1997	0.0	0.0	77.2	98.0	170.7	141.7	306.4	253.6	353.3	34.2	0.0	0.0	1435.0
1998	5.7	0.0	0.0	28.7	15.2	52.7	94.1	126.8	453.6	119.5	39.7	0.0	936.0
1999	0.0	0.0	65.3	0.0	0.0	75.5	196.3	203.5	117.0	195.1	20.8	0.0	873.5
2000	0.0	0.0	11.5	6.7	46.8	223.4	46.1	85.6	67.1	27.3	0.0	0.0	514.5
2001	0.0	0.0	0.0	35.7	41.7	142.3	136.9	90.9	120.6	2.4	0.0	0.0	570.5
2002	0.0	0.0	10.9	0.0	5.8	149.4	173.3	82.7	139.5	104.8	9.4	0.0	675.8
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	70.9	78.9	237.2	293.5	167.6	33.2	0.0	886.3

Cuadro XI. Datos climatológicos de precipitación para la estación climatológica de España

En el cuadro XI se muestra la información climatológica de precipitación de España. Se observa que noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, tienen los registros más bajos de precipitación y mayo, junio, julio, agosto y septiembre los más altos. Algunos años atípicos, por ejemplo, 1986, 87, 88, 93, 96, 97, en los primeros 2 o tres meses la precipitación es nula, sin embargo el total de precipitación anual es superior a los 800 o 900 mm. Para los últimos tres años (2000, 2001 y 2002), la precipitación se reduce a 500 o 600 mm.

La marcha mensual de la precipitación de la población de España, se muestra en la Figura 20, en donde se compara con la cantidad de precipitación que registra el promedio espacial del estado de Tlaxcala.

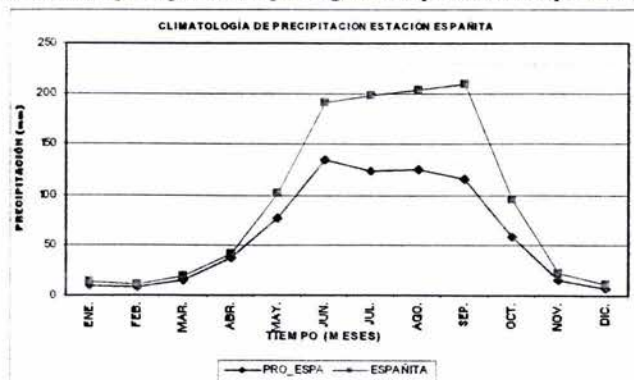


Figura 20. Precipitación mensual para la estación climatológica de España

Se puede observar el establecimiento del inicio de lluvia, a mediados de abril y principios de mayo, incrementándose de junio a finales de septiembre donde se presenta la precipitación máxima, disminuyendo en octubre, terminando el periodo de lluvia a mediados de noviembre, llueve más en España, que en el estado.

En la Figura 21, se tiene la marcha anual de la precipitación; la cual es muy heterogénea en todos los años, con fluctuaciones muy marcadas, sin embargo, la precipitación mínima es cercana a los 500 mm y la máxima es de 1900 mm. es una cantidad de lluvia considerable, comparada con la del promedio espacial.

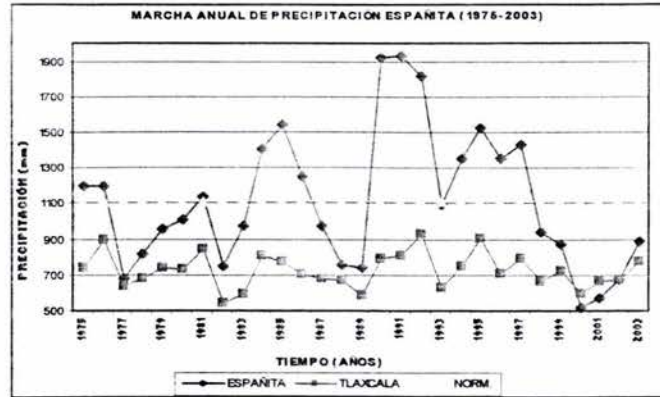


Figura 21. Precipitación anual para la estación climatológica de Españaita

### 3.7.1 LA TEMPERATURA MÍNIMA EN ESPAÑITA

Con lo que respecta a la temperatura mínima para esta estación, ya se comentó anteriormente que la serie climatológica es un tanto corta, ya que solo tiene información de 1977 a 2002 (**Cuadro XII**).

TEMPERATURA MÍNIMA ESTACION ESPAÑITA													
PERIODO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1977	7.8	8.3	3.7	3.9	7.3	10.0	12.0	12.7	12.7	11.5	3.5	2.7	8.0
1978	7.9	7.9	9.5	12.7	12.7	12.6	12.2	11.0	12.1	11.7	11.1	10.0	11.0
1979	7.7	8.7	9.2	12.0	13.5	13.8	13.8	13.1	12.0	9.5	9.2	9.4	11.0
1980	6.7	10.0	11.0	12.7	13.4	8.4	7.6	8.4	8.6	7.0	5.1	3.4	8.5
1981	2.3	4.2	6.1	7.4	8.7	9.8	8.3	8.0	7.7	7.2	4.2	4.5	6.5
1982	4.6	4.9	6.6	8.4	9.1	7.8	6.7	6.5	7.3	6.2	4.4	3.9	6.3
1983	3.3	2.6	4.5	6.3	9.6	8.9	8.4	7.6	8.1	6.6	6.0	3.0	6.2
1984	3.7	3.8	4.9	6.8	6.9	7.4	7.5	7.0	6.4	5.1	3.9	1.8	5.4
1985	3.0	2.8	5.8	5.2	5.9	7.0	6.9	7.1	5.9	5.0	4.8	2.7	5.1
1986	2.4	5.6	7.1	8.2	7.9	7.1	6.3	7.2	6.7	4.8	4.0	2.6	5.8
1987	2.3	4.9	4.0	5.8	7.0	7.6	8.88	7.7	8.0	4.4	3.5	3.3	5.6
1988	-0.1	4.8	6.2	8.1	8.8	8.5	7.4	6.9	7.1	5.6	4.1	3.0	5.8
1989	2.8	5.3	4.6	5.8	6.9	6.2	6.5	6.6	7.2	7.7	6.1	2.6	5.6
1990	3.7	5.2	4.8	6.9	7.0	6.7	6.6	6.2	7.1	5.6	2.9	3.5	5.5
1991	5.5	6.3	8.3	7.6	8.0	7.0	5.4	6.5	5.7	6.7	5.5	2.1	6.2
1992	3.7	4.6	6.9	7.2	7.4	7.9	6.4	6.3	6.7	6.5	6.4	5.1	6.2
1993	3.6	8.3	9.2	8.4	8.3	8.3	6.9	7.8	7.1	7.5	6.8	4.4	7.2
1994	3.6	6.4	7.8	7.9	7.7	6.5	6.8	6.3	6.4	5.4	6.0	3.6	6.2
1995	3.8	5.9	7.3	7.7	8.7	6.6	7	6.4	6.1	5.5	5.7	3.4	6.1
1996	3.4	7.5	8.4	7.6	8.5	8.5	7.2	7.2	7.6	7.3	4.6	3.0	6.7
1997	3.4	7.1	6.4	6.3	7.4	8.0	6.6	6.5	6.8	5.4	6.2	5.5	6.3
1998	3.4	5.5	5.7	8.2	7.9	8.4	8.7	6.7	7.3	6.9	6.4	4.9	6.6
1999	0.8	2.5	6.4	7.6	7.9	6.3	6.1	6.0	7.0	5.5	3.2	1.3	5.0
2000	3.3	4.5	6.1	7.2	8.1	8.7	7.8	6.9	7.8	6.0	5.7	3.9	6.3
2001	4.3	4.2	4.7	7.3	7.1	7.3	7.7	7.8	7.6	5.8	3.4	2.4	5.8
2002	2.4	4.6	6.4	7.0	8.3	8.2	7.3	7.7	7.5	7.5	5.0	4.0	6.3
PROM	3.8	5.6	6.6	7.7	8.4	8.2	7.8	7.6	7.7	6.6	5.2	3.8	6.6

Cuadro XII. Datos climatológicos de temperatura mínima para la estación climatológica de Españaita



En el cuadro se observa que los meses más fríos corresponden a enero, febrero, noviembre y diciembre, y el resto del año con temperaturas menos frías. Los datos registrados son muy homogéneos, no se aprecian cambios contrastantes en las temperaturas mínimas de esa estación.

En la **Figura 22**, se presenta la marcha mensual de la temperatura mínima de Españaíta, y se compara con la del promedio espacial del estado.

Para Españaíta, diciembre y enero son los más fríos del año y de marzo a octubre (ocho meses aproximadamente), se registran los menos fríos, cuya temperatura fluctúa de los 6°C a 7.5°C, siendo temperaturas tolerables para muchos cultivos. Octubre es la época en la que los cultivos están en pleno desarrollo, en la etapa final de su maduración.

Comparando los rangos de temperatura mínima de Españaíta con el promedio espacial del estado, se observa que las temperaturas son más bajas, para enero, febrero, noviembre y diciembre con rangos de 1°C a 3°C, la temperatura de junio a septiembre es mayor hasta por 1°C para el promedio espacial que para Españaíta.

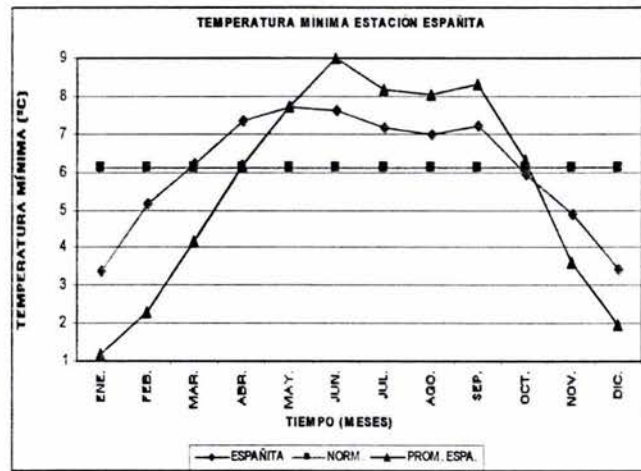


Figura 22. Temperatura mínima mensual para la estación climatológica de Españaíta

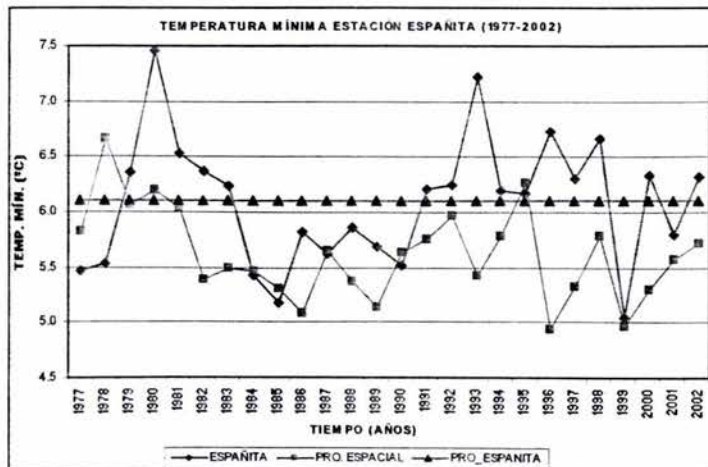


Figura 23. Temperatura mínima anual para la estación climatológica de Españaíta

En la **Figura 23** se tiene la marcha anual de la temperatura mínima de Españaíta, su promedio es de 6.1°C, registrando dos máximos, uno en 1981 y otro en 1994. De 1985 a 1989, se presenta un período de temperaturas por abajo de la normal, y los año más extremos son 1985 y 1999. Esto es muy similar a lo que sucede a nivel de promedio espacial siendo más frío que Españaíta.

#### 4. COMPORTAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DE VERANO E INVIERNO, CON AÑOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA PARA LAS ZONAS DE ESTUDIO

##### 4.1 DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DE VERANO E INVIERNO PARA LA ESTACIÓN DE TLAXCO

La época del año que más interesa al productor dentro del ciclo agrícola, es el verano, época en donde queda establecida la temporada de lluvia y donde se presentan las mayores temperaturas. El caso contrario es el invierno. En ocasiones se puede presentar precipitación de fin de año con lo que se tiene humedad residual en los suelos de cultivo, lo cual resulta positivo para la preparación del suelo del nuevo ciclo agrícola.

En el Cuadro XIII se presenta la precipitación del verano para la estación de Tlaxco, época del año con mayor cantidad de precipitación, cuyo promedio para los tres meses, es de 359 mm, cantidad considerable para el desarrollo de algunos cultivos de temporal, como maíz frijol, cebada trigo, etc.

Se aprecian años donde la precipitación es mínima, por citar algunos se tiene 1962, 1982 -83, 1998- 99, donde la precipitación no fue como se esperaba en el ciclo normal de lluvias.

ESTACION TLAXCO PRECIPITACIÓN DE VERANO											
AÑO	JUN.	JUL.	AGO.	TOT	PROM	AÑO	JUN.	JUL.	AGO.	TOT	PROM
1961	182.7	116.5	40.5	339.7	359.0	1983	39.0	89.0	103.0	231.0	359.0
1962	130.9	39.3	53.8	224.0	359.0	1984	199.0	115.8	92.0	406.8	359.0
1963	127.2	160.4	122.3	409.9	359.0	1985	184.0	110.5	40.0	334.5	359.0
1964	118.3	78.6	114.3	311.2	359.0	1986	173.8	125.4	83.3	382.5	359.0
1965	64.1	80.5	143.1	287.7	359.0	1987	153.8	140.4	127.4	421.6	359.0
1966	97.8	85.9	162.1	345.8	359.0	1988	135.7	156.0	160.4	452.1	359.0
1967	118.3	50.2	141.8	310.3	359.0	1989	107.6	91.7	136.9	336.2	359.0
1968	250.9	90.1	58.2	399.2	359.0	1990	85.8	183.1	106.7	375.6	359.0
1969	86.8	76.8	78.2	241.8	359.0	1991	124.6	141.9	89.0	355.5	359.0
1970	131.7	53.7	99.6	285.0	359.0	1992	65.3	119.8	77.2	262.3	359.0
1971	169.5	72.0	111.5	353.0	359.0	1993	120.5	110.7	93.9	325.1	359.0
1972	76.4	103.0	73.7	253.1	359.0	1994	100.1	103.6	140.9	344.6	359.0
1973	184.2	196.8	146.8	527.8	359.0	1995	62.9	115.4	233.4	411.7	359.0
1974	85.3	232.7	62.1	380.1	359.0	1996	115.3	113.5	167.3	396.1	359.0
1975	164.3	182.6	163.0	509.9	359.0	1997	162.1	155.9	111.1	429.1	359.0
1976	86.0	215.1	166.6	467.7	359.0	1998	15.8	51.3	114.1	181.2	359.0
1977	171.2	120.5	86.7	378.4	359.0	1999	51.1	155.8	187.5	394.4	359.0
1978	169.9	85.8	77.6	333.3	359.0	2000	190.4	105.3	92.8	388.5	359.0
1979	74.6	168.7	147.9	391.2	359.0	2001	137.8	189.7	80.4	407.9	359.0
1980	94.9	118.6	227.1	440.6	359.0	2002	101.3	171.4	70.9	343.6	359.0
1981	133.3	103.3	111.2	347.8	359.0	2003	209.1	119.5	139.2	467.8	359.0
1982	75.0	117.5	60.5	253.0	359.0	PROM.	129.9	121.3	113.9		

Cuadro XIII. Precipitación de verano para la estación climatológica de Tlaxco

Analizando el comportamiento de la marcha anual de precipitación de verano para la misma estación (Figura 24), se aprecia una heterogeneidad en la distribución de la misma, en el período de 1961 a 1971, se registran 10 años con precipitación por abajo de lo normal, solo 1963 y 1968, sobresalen por arriba de la media, seguido de un evento extremo de lluvia en 1973 y 1975, en donde se dan los únicos valores máximos.

También quedan registrados otros eventos especiales en donde la precipitación es escasa y por tiempo prolongado como lo sucedido en 1981, 1982 y 1983, pero sin lugar a duda el año que registró la menor cantidad

de precipitación fue 1988 con aproximadamente 181 mm. cantidad relativamente baja para poder establecer un cultivo de temporal que requiere de una gran cantidad de lluvia.

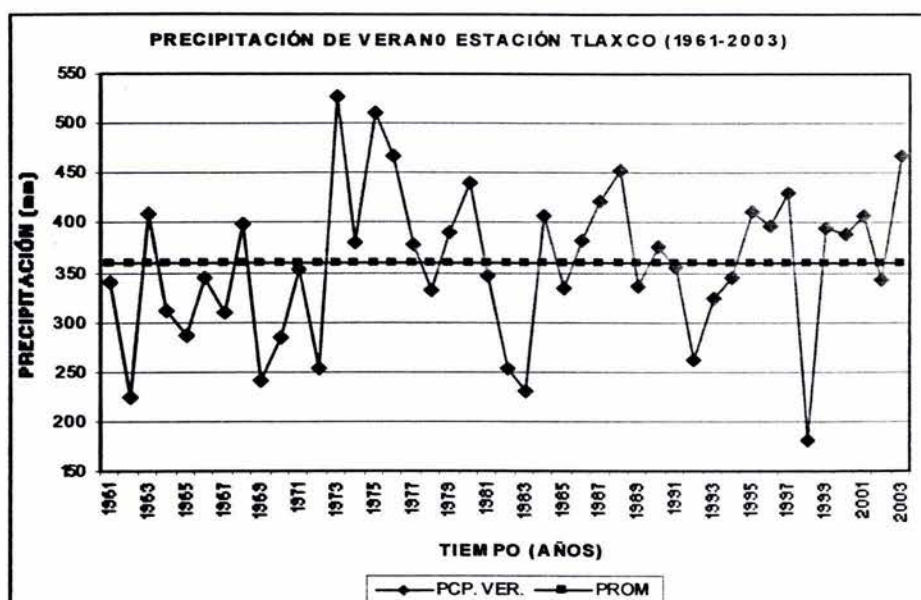


Figura 24. Precipitación anual de verano para la estación climatológica de Tlaxco.

PRECIPITACIÓN DE INVIERNO ESTACION TLAXCO											
AÑO	DIC.	ENE.	FEB.	TOT	PROM.	AÑO	DIC.	ENE.	FEB.	TOT	PROM.
1961	3.5	4.5	0.0	8.0	25.2	1983	0.0	14.0	21.0	35.0	25.2
1962	18.1	0.0	1.5	19.6	25.2	1984	10.0	9.0	11.0	30.0	25.2
1963	14.0	0.0	0.0	14.0	25.2	1985	1.2	1.0	1.0	3.2	25.2
1964	2.5	1.4	0.0	3.9	25.2	1986	0.0	0.0	4.0	4.0	25.2
1965	6.6	31.2	4.2	42.0	25.2	1987	0.0	0.0	1.8	1.8	25.2
1966	19.0	5.8	10.1	34.9	25.2	1988	0.0	0.0	22.7	22.7	25.2
1967	15.9	42.3	0.2	58.4	25.2	1989	19.1	0.0	8.7	27.8	25.2
1968	4.7	31.1	25.8	61.6	25.2	1990	7.3	0.0	21.4	28.7	25.2
1969	9.4	10.3	1.3	21.0	25.2	1991	5.7	3.0	0.3	9.0	25.2
1970	0.0	2.8	3.0	5.8	25.2	1992	0.0	76.8	19.3	96.1	25.2
1971	2.5	9.8	1.2	13.5	25.2	1993	0.0	11.9	19.8	31.7	25.2
1972	1.6	7.9	4.7	14.2	25.2	1994	0.0	12.1	7.0	19.1	25.2
1973	4.0	0.0	0.9	4.9	25.2	1995	49.6	21.5	16.1	87.2	25.2
1974	0.8	1.0	4.4	6.2	25.2	1996	35.9	0.0	5.0	40.9	25.2
1975	0.0	7.1	40.8	47.9	25.2	1997	15.1	0.0	3.6	18.7	25.2
1976	11.3	0.6	3.4	15.3	25.2	1998	0.0	4.5	0.0	4.5	25.2
1977	4.3	7.1	15.1	26.5	25.2	1999	0.2	0.0	0.0	0.2	25.2
1978	10.0	1.8	7.9	19.7	25.2	2000	13.5	0.0	0.0	13.5	25.2
1979	15.9	5.7	21.2	42.8	25.2	2001	19.3	0.2	3.9	23.4	25.2
1980	0.0	46.5	4.9	51.4	25.2	2002	0.0	4.7	5.3	10.0	25.2
1981	4.7	12.9	29.4	47.0	25.2	2003	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2
1982	0.0	0.0	21.0	21.0	25.2	<b>PROM.</b>	7.5	9.0	8.6	25.2	

Cuadro XIV. Precipitación de invierno para la estación climatológica de Tlaxco

En el Cuadro XIV, se observan los años en los que la precipitación en el invierno se hace presente. En general y aunque en poca cantidad se presentan en la mayoría de los años, solo que existen algunos años especiales como 1967, 68, 75, y 1980, que presentan una cantidad considerable de precipitación, por arriba de 45 mm. Los casos extremos como 1992 y 1995 en donde la precipitación fue mayor de 80 mm, y que pueden perjudicar a los cultivos que ya han terminado su etapa de maduración y se encuentran amogotados.

Con lo que respecta a la marcha anual de precipitación de invierno (Figura 25), ya se había hecho hincapié de que normalmente se presentan lluvias esporádicas a fin de año, y ésta precipitación se manifiesta en al menos 25 años con rangos menores a la media normal y 16 años por arriba de ésta media.

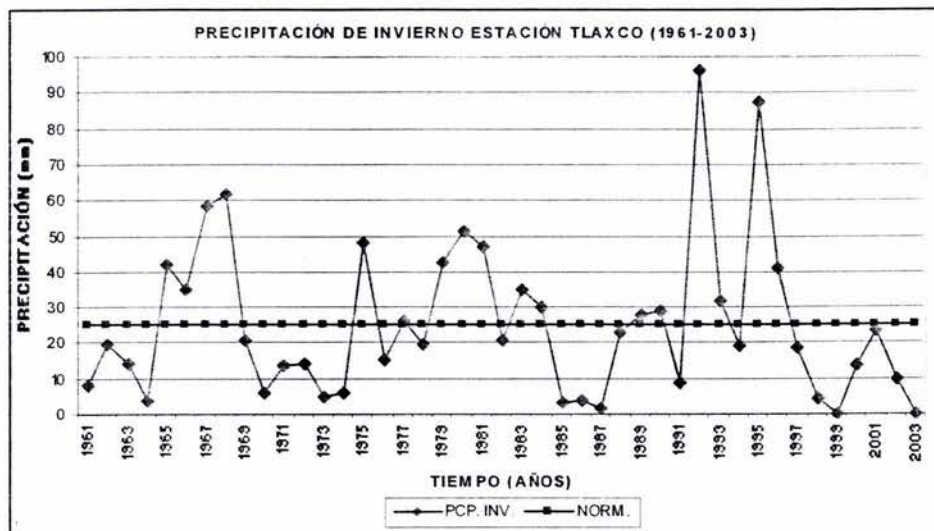


Figura 25. Precipitación anual de invierno para la estación de Tlaxco.

#### 4.2 DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DE VERANO E INVIERNO PARA LA ESTACIÓN DE ESPAÑITA

La cantidad y la marcha de la precipitación para la estación de Españita, se muestra en el Cuadro XV, para el período 1975 – 2003.

PRECIPITACIÓN DE VERANO ESTACION ESPAÑITA									
PERIODO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	TOT	PERIODO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	TOT
1975	209.7	213.0	219.8	642.5	1990	240.6	373.5	334.7	948.8
1976	206.8	215.0	220.1	641.9	1991	325.5	376.6	165.0	867.1
1977	180.2	123.6	100.7	404.5	1992	250.5	292.6	270.0	813.1
1978	212.1	159.1	102.4	473.6	1993	215.0	222.9	184.4	622.3
1979	64.8	193.0	221.7	479.5	1994	291.1	121.6	260.0	672.7
1980	95.5	114.4	229.1	439.0	1995	220.7	237.8	415.6	874.1
1981	236.1	169.7	260.1	665.9	1996	189.4	357.8	330.0	877.2
1982	89.7	177.6	66.4	333.7	1997	141.7	306.4	253.6	701.7
1983	64.8	217.4	222.8	505.0	1998	52.7	94.1	126.8	273.6
1984	259.8	183.5	317.9	761.2	1999	75.5	196.3	203.5	475.3
1985	322.1	271.7	274.0	867.8	2000	223.4	46.1	85.6	355.1
1986	294.0	109.9	225.0	628.5	2001	142.3	136.9	90.9	370.1
1987	333.2	231.0	101.8	666.0	2002	149.4	173.3	82.7	405.4
1988	115	125.1	201.9	442.0	2003	70.9	78.9	237.2	387.0
1989	173.2	144.4	151.1	468.7	PROM.	187.7	195.2	205.3	588.2

Cuadro XV. Precipitación de verano para la estación climatológica de Españita

En el Cuadro XV, se aprecia la marcha y las cantidades de precipitación del verano, para los diferentes años, destacando 1983, 1998, 2000, 2001, 2002 y 2003 por la escasa cantidad de precipitación presentada en esos ciclos agrícolas y, para 1989, 1995 y 1996, la precipitación es abundante.

En la marcha anual de precipitación (Figura 26), se observan aquellos años en los que la precipitación es menor que la media normal, que corresponde a 13 años, y 15 para precipitaciones por arriba de lo normal. Es muy notorio como en los últimos 5 años a partir de 1997 la precipitación disminuyó de una manera considerable, a valores relativamente bajos comparado con las lluvias de 1989 a 1997.

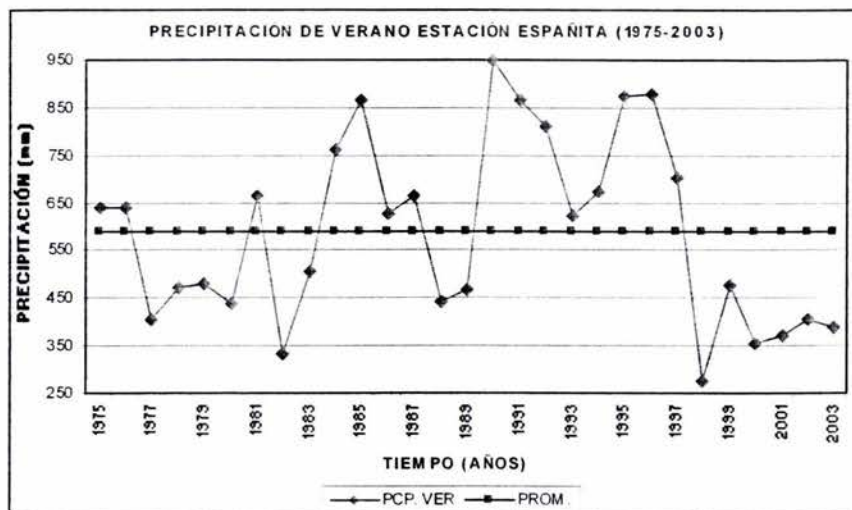


Figura 26. Precipitación anual de verano para la estación de Española

La precipitación de invierno para Española (Cuadro XVI), nos muestra que no precisamente ésta se generaliza para todo el Estado, ya que existen años con ausencia de ésta, por ejemplo, 1987, 1988, 1993, 1997, y de 1999 al 2003 la precipitación fue nula.

Pero para los años en que se presenta la precipitación de invierno, su cantidad es considerable, de 20 mm a 155 mm para algunos años, en los que se podría implementar un cultivo de invierno.

PRECIPITACIÓN DE INVIERNO ESTACIÓN ESPAÑITA									
PERIÓDO	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	TOTAL	PERIÓDO	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	TOTAL
1975	13.9	17.6	14.6	46.1	1990	0.0	31.9	10.4	42.3
1976	14.1	16.9	14.7	45.7	1991	0.0	10.9	21.9	32.8
1977	19.2	1.5	13.5	34.2	1992	0.0	137.8	17.2	155.0
1978	0.1	3.0	9.2	12.3	1993	0.0	0.0	0.0	0.0
1979	49.8	0.0	17.9	67.7	1994	0.0	38.0	4.9	42.9
1980	16.6	30.5	0.0	47.1	1995	83.8	54.2	10.6	148.6
1981	5.7	19.6	36.8	62.1	1996	23.4	0.0	0.0	23.4
1982	3.9	0.0	42.1	46.0	1997	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	6.2	11.7	29.4	47.3	1998	0.0	5.7	0.0	5.7
1984	15.1	8.4	38.8	62.3	1999	0.0	0.0	0.0	0.0
1985	24.0	0.0	18.0	42.0	2000	0.0	0.0	0.0	0.0
1986	9.7	0.0	0.0	9.7	2001	0.0	0.0	0.0	0.0
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	2002	0.0	0.0	0.0	0.0
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	2003	0.0	0.0	0.0	0.0
1989	23.6	5.5	2.5	31.6	PROM.	11.0	14.0	10.8	34.6

Cuadro XVI Precipitación de invierno para la estación de Española

En la marcha de la precipitación anual para la población de España (Figura 27), se aprecia que si hay lluvia invernal, aunque para 1992 y 1995 los eventos fueron algo extraordinario, por la cantidad de lluvia precipitada, contrastando con los últimos 6 años en los que este evento ha sido nulo.

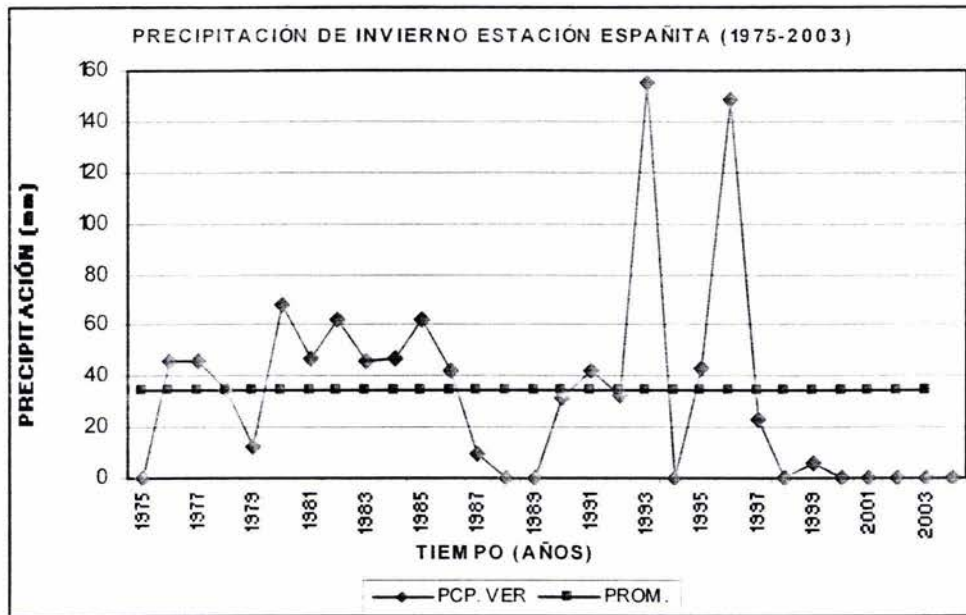


Figura 27. Precipitación anual de invierno para la estación España

#### 4.3 DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON AÑOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA PARA LA ESTACIÓN DE TLAXCO

Para tener una visión general de la precipitación con eventos extremos de EL NIÑO y de LA NIÑA, se realizó el análisis del comportamiento de las lluvias para las estaciones de Tlaxco y España.

En el cuadro XVII, se presentan los registros con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Tlaxco, de acuerdo a los años de consenso, mencionados en el capítulo anterior.

PRECIPITACIÓN AÑOS DE NIÑO ESTACION TLAXCO													
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1963	0.0	0.0	13.2	12.9	90.8	127.0	160.0	122.0	64.8	45.7	17.6	14.0	668.9
1965	31.2	4.2	10.1	14.2	59.8	64.1	80.5	143.0	100.0	56.9	5.2	6.6	576.2
1969	10.3	1.3	5.4	20.1	26.8	86.8	76.8	78.2	70.6	23.4	0.0	9.4	409.1
1972	7.9	4.7	27.8	21.8	72.8	76.4	103.0	73.7	97.2	42.9	58.9	1.6	588.7
1976	0.6	3.4	11.1	96.6	84.6	86.0	215.1	166.6	158.9	97.0	10.2	11.3	959.6
1977	7.1	15.1	0.0	30.6	96.0	171.2	120.5	86.7	177.1	52.1	5.3	4.3	842.1
1982	0.0	21.0	34.5	43.5	135.0	75.0	117.5	60.5	35.5	36.9	0.0	0.0	559.4
1987	0.0	1.8	11.6	41.6	60.5	153.8	140.4	127.4	62.1	4.1	11.7	0.0	629.3
1991	3.0	0.3	0.0	11.3	186.5	124.6	141.9	89.0	146.6	84.1	17.4	5.7	837.4
1992	76.8	19.3	23.0	57.7	97.8	65.3	119.8	77.2	84.9	89.5	32.9	0.0	744.2
1993	11.9	19.8	17.0	44.2	60.1	120.5	110.7	93.9	81.3	21.1	20.0	0.0	600.8
1994	12.1	7.0	16.8	50.8	45.5	100.1	103.6	140.9	96.6	61.8	2.0	0.0	636.3
1997	0.0	3.6	56.4	87.9	109.8	162.1	155.9	111.1	69.2	38.4	39.1	15.1	851.6
PROM	12.3	7.8	17.4	41.0	86.6	108.7	126.6	105.4	95.7	50.3	16.9	5.2	56.1

Cuadro XVII Precipitación con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Tlaxco

En el Cuadro XVII se muestran los datos de trece años de precipitación con el evento extremo de EL NIÑO, para la estación de Tlaxco. Los registros de menor cantidad de precipitación anual se encuentran en 1965, 1969 y 1972, y los de máxima cantidad de precipitación corresponden a 1976, 1977, 1991 y 1997.

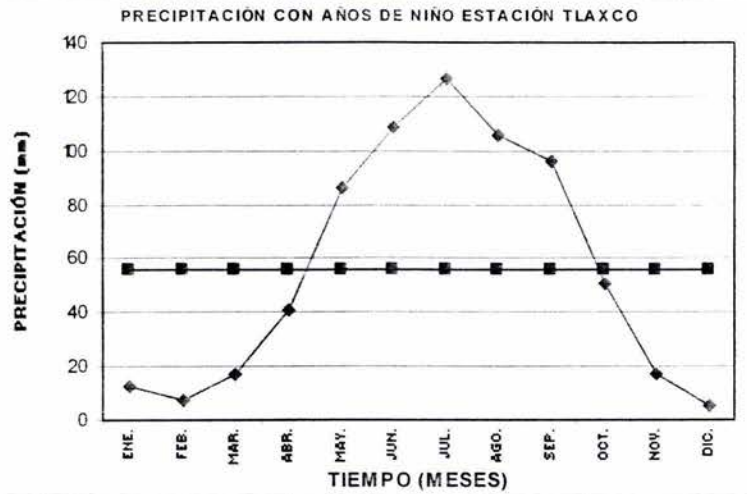


Figura 28. Precipitación mensual con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Tlaxco

En la Figura 28 se observa la marcha mensual de precipitación, con lluvias a inicio de año, estableciéndose el periodo de lluvias entre marzo y abril, registrándose un máximo de precipitación en julio, para descender la precipitación de una manera rápida, en septiembre y octubre, la precipitación se abate prácticamente hasta dar por terminada la época de lluvias a inicio de diciembre.

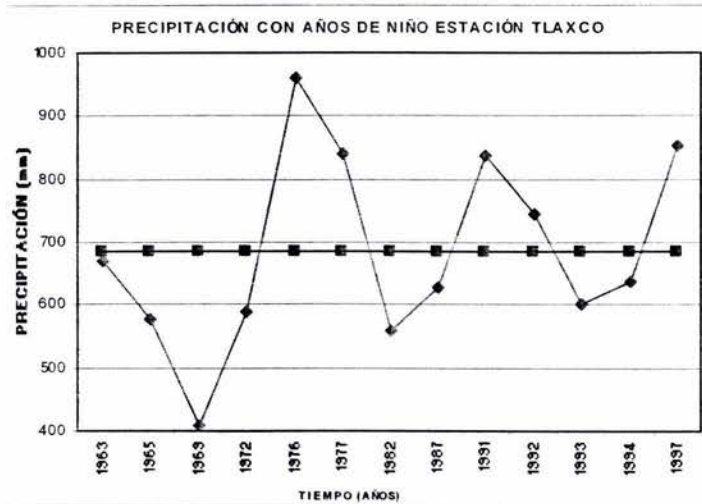


Figura 29. Precipitación con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Tlaxco

En la marcha anual de la precipitación (Figura. 29), se ve un comportamiento muy heterogéneo, en cuanto a la intensidad de la precipitación, ya que a pesar de ser todos años de EL NIÑO, se comportan de una manera diferente, ningún año es igual a otro.

Para 1969 la precipitación de apenas 400 mm es la más baja comparada con los otros años, siendo un año seco, caso contrario con 1976 en donde se aprecia una precipitación por arriba de los 900 mm, siendo de los eventos con mayor precipitación en toda la época de NIÑOS, para esta estación.

En lo que respecta a los eventos de LA NIÑA, en el Cuadro XVIII, se tienen los registros de precipitación para la estación de Tlaxco para los años de registro con que cuenta la estación. Sólo se tienen nueve años con información de precipitación para años con ese evento extremo.

PRECIPITACIÓN CON AÑOS DE NIÑA ESTACION TLAXCO													
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1964	1.4	0.0	7.7	54.8	184.0	118.0	78.6	114.0	83.4	53.3	19.1	2.5	717.8
1970	2.8	3.0	0.0	2.2	47.8	132.0	53.7	99.6	115.0	51.0	2.3	0.0	509.0
1971	9.8	1.2	7.2	11.7	62.1	169.5	72.0	111.5	112.1	46.7	11.5	2.5	623.3
1973	0.0	0.9	4.6	44.5	38.1	184.2	196.8	146.8	128.3	71.0	8.8	4.0	828.0
1974	1.0	4.4	22.2	37.4	52.4	85.3	232.7	62.1	242.1	14.0	13.6	0.8	758.0
1975	7.1	40.8	0.8	21.0	87.9	164.3	182.6	163.0	45.9	46.4	0.2	0.0	760.0
1988	0.0	22.7	34.3	54.2	77.5	135.7	156.0	160.4	70.9	25.9	0.0	0.0	732.1
1998	4.5	0.0	0.0	6.1	0.0	15.8	51.3	114.1	224.2	77.3	4.0	0.0	497.3
2000	0.0	0.0	7.6	9.4	89.8	190.4	105.3	92.8	69.1	21.9	41.0	13.5	218.0
PROM	2.9	8.1	9.3	26.8	71.1	132.8	125.4	118.3	121.2	45.2	11.1	2.5	56.2

Cuadro XVIII. Precipitación con años de LA NIÑA para la estación climatológica de Tlaxco

En este cuadro se aprecian cuales son los meses con menor cantidad de precipitación (enero, febrero, noviembre y diciembre), y de una manera un tanto irregular los de mayor cantidad de precipitación, junio, julio, agosto y septiembre. Los años con registros de mínima precipitación, son 1970 y 1998, sobresaliendo como un caso extremo el 2000, con tan solo 218 mm de precipitación acumulada en todo el año.

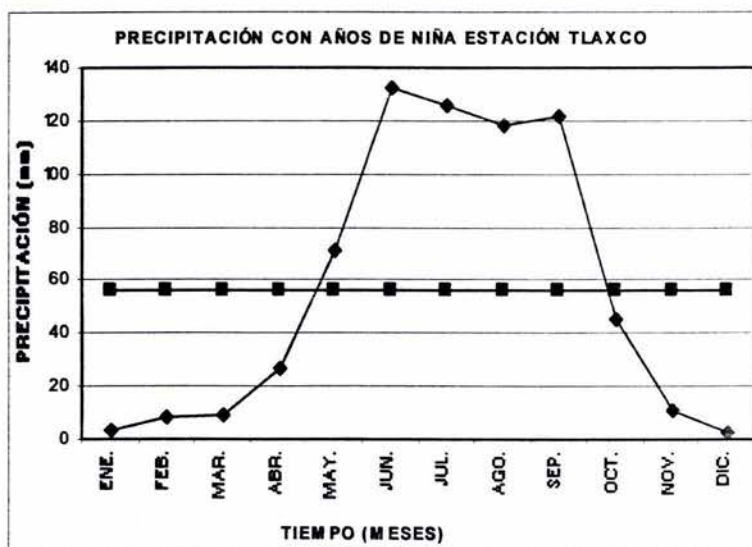


Figura 30. Precipitación mensual con años de LA NIÑA para la estación climatológica de Tlaxco

Con años del evento de LA NIÑA, se observa un comportamiento normal en el inicio de la precipitación (Figura 30), estableciéndose a mediados de abril, incrementándose rápidamente alcanzando su máximo relativo de precipitación en junio. Se nota la presencia de una canícula a mediados de julio y principios de septiembre en donde alcanza un segundo máximo relativo, para disminuir rápidamente y dar por terminado el período de lluvias.

La marcha anual de precipitación para eventos de LA NIÑA (Figura. 31), muestra un comportamiento de fluctuaciones suaves, no tan marcadas, de nueve años de registro, cinco están por arriba de lo normal y cuatro por abajo.

Los registros de los años con precipitación por arriba de la media normal, son mayores a los 700 mm, implicando que son eventos con una cantidad considerable de precipitación; dos eventos presentan una precipitación de 500 mm (1970 y 1998), sólo el 2000 presenta el registro más bajo de todos los años en este evento de 225 mm.



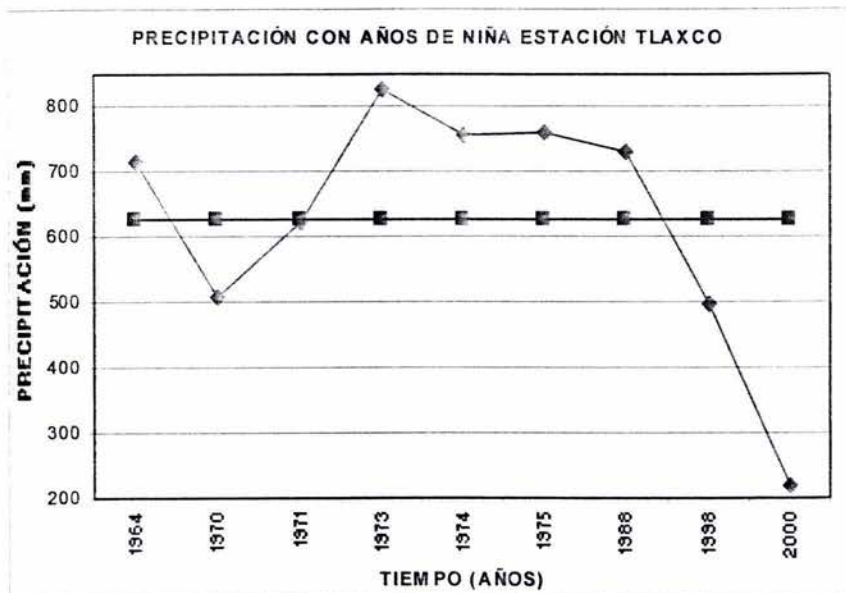


Figura 31. Precipitación con años de LA NIÑA para la estación climatológica de Tlaxco

#### 4.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON AÑOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA PARA LA ESTACIÓN DE ESPAÑITA

En el Cuadro XIX se tienen los datos de nueve años de precipitación con el evento de EL NIÑO, para la estación de Españita. Sólo se logran apreciar dos años con relativa poca precipitación 1977 y 1982, el resto de los registros muestran precipitaciones acumuladas superiores a los 1000 mm.

PRECIPITACIÓN AÑOS DE NIÑO ESTACIÓN ESPAÑITA													
PERIODO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1976	17.6	14.6	19.0	43.3	112.5	206.8	213.0	219.8	211.7	104.4	25.0	14.1	1202.0
1977	1.5	13.5	14.0	31.7	61.5	180.2	123.6	100.7	71.2	55.8	8.8	19.2	681.7
1982	0.0	42.1	42.8	42.5	199.4	89.7	177.6	66.4	39.8	44.5	1.7	3.9	750.4
1987	0.0	0.0	0.0	7.1	256.8	333.2	231.0	101.8	23.8	18.6	4.1	0.0	976.4
1991	10.9	21.9	0.0	6.6	71.3	325.5	376.6	165.0	685.4	269.0	0.0	0.0	1932.0
1992	137.8	17.2	46.0	95.4	308.1	250.5	292.6	270.0	238.9	0.0	161	0.0	1818.0
1993	0.0	0.0	0.0	95.2	64.0	215.0	222.9	184.4	232.0	81.0	0.0	0.0	1095.0
1994	38.0	4.9	22.9	31.1	68.7	291.1	121.6	260.0	194.8	316.2	7.4	0.0	1357.0
1997	0.0	0.0	77.2	98.0	170.7	141.7	306.4	253.6	353.3	34.2	0.0	0.0	1435.0
PROM	22.87	12.69	24.66	50.1	145.9	226.0	229.5	180.2	227.9	102.6	23.1	4.1	104.1
NORM.	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1	

Cuadro XIX Precipitación con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Españita

Según los datos de este cuadro, los meses de menor precipitación son noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, y los de mayor cantidad de lluvia son junio, julio y septiembre, siendo agosto cuando se presenta la canícula.

De las cantidades de precipitación registradas, se puede apreciar que el evento de EL NIÑO, no es tan significativo en la disminución o deficiencia de la lluvia para esta estación.

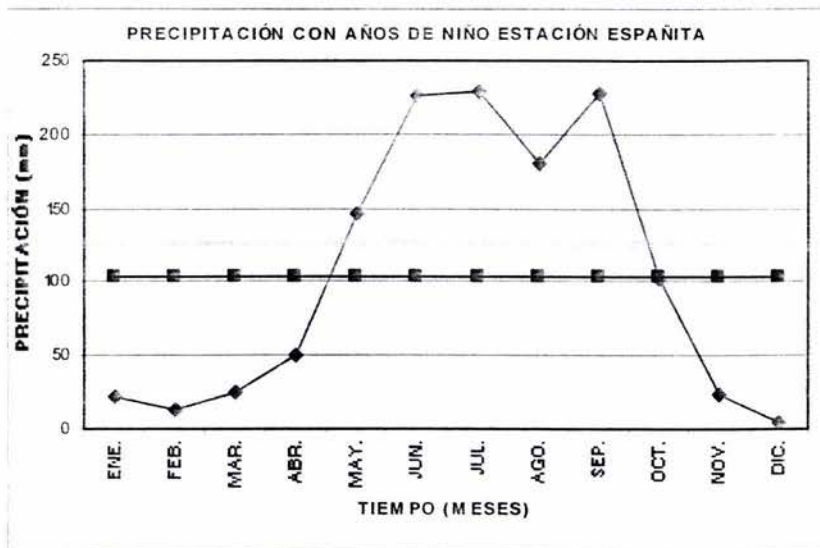


Figura 32. Precipitación mensual con años de EL NIÑO para la estación climatológica de España

En el análisis de la **Figura 32**, se observa que el comportamiento de la marcha mensual es normal con algunas lluvias ligeras a inicio del año; en abril se establece el período de lluvias, manteniéndose hasta julio, cuando da inicio la canícula alargándose hasta septiembre cuando se recupera nuevamente la lluvia registrándose un máximo de precipitación, después empieza a descender hasta terminar el periodo de lluvias.

La marcha anual de precipitación con el evento de EL NIÑO, se puede ver en la **Figura 33** para la estación de España.

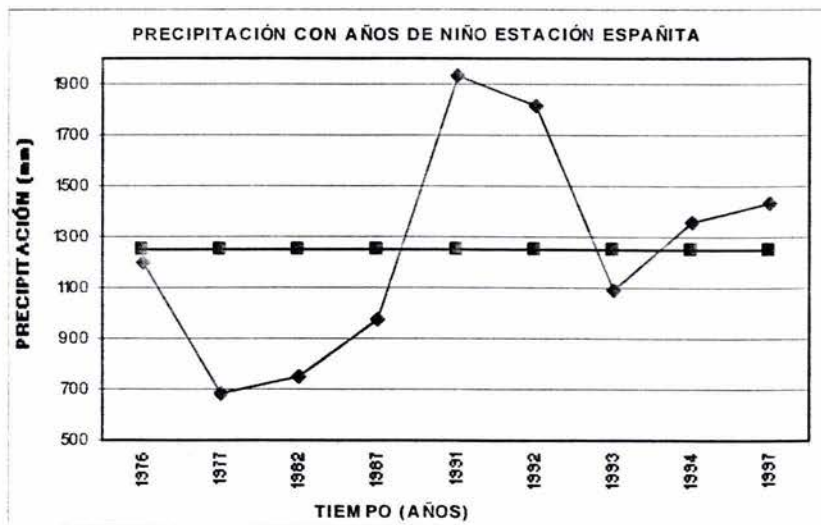


Figura 33. Precipitación con años de EL NIÑO para la estación climatológica de España

La apreciación de la marcha de la precipitación en la **Figura 33**, es muy somera, ya que es poca la información que se tiene registrada, nueve años con este evento.

Los primeros siete años presentan un comportamiento oscilatorio, siendo los primeros cuatro, los que presentan una precipitación por debajo de la media normal, 1977 con el valor más bajo y 1991 el dato con mayor precipitación. De acuerdo con los valores registrados, por poca que sea la precipitación, es una cantidad considerable para el establecimiento de los cultivos.

PRECIPITACIÓN AÑOS DE NIÑA ESTACIÓN ESPAÑITA														
PERIODO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL	
1975	17.6	14.6	19.0	43.3	112.5	206.8	213.0	219.8	211.7	104.4	25.0	14.1	1202	851.8
1988	0.0	0.0	26.9	37.8	74.8	115.0	125.1	201.9	136.5	37.0	0.0	0.0	755	851.8
1998	5.7	0.0	0.0	28.7	15.2	52.7	94.1	126.8	453.6	119.5	39.7	0.0	936	851.8
2000	0.0	0.0	11.5	6.7	46.8	223.4	46.1	85.6	67.1	27.3	0.0	0.0	514.5	851.8
PROM	5.8	3.6	14.3	29.1	62.3	149.5	119.6	158.5	217.2	72.0	16.18	3.5	70.99	
NORMAL	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9		

Cuadro XX. Precipitación con años de EL NIÑO para la estación climatológica de España

El Cuadro XX muestra la , precipitación con años de LA NIÑA, para la estación de España. Por lo corto de la serie climática solo se tienen cuatro años con registros de precipitación.



Figura 34. Precipitación mensual con años de LA NIÑA para la estación climatológica de España

En años de LA NIÑA, la precipitación en España (Figura 34), tiene el siguiente comportamiento: para enero y febrero la lluvia es casi nula, las lluvias se empiezan a establecer después de abril. En junio se presenta el primer máximo, posteriormente se presenta una canícula muy marcada, hasta septiembre cuando se presenta un segundo máximo de precipitación para posteriormente disminuir en octubre y finalizar el ciclo de lluvia.

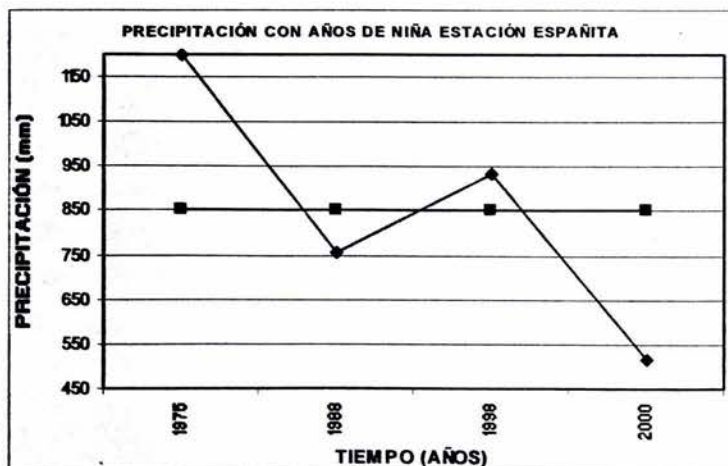


Figura 35. Precipitación con años de LA NIÑA para la estación climatológica de España

Por último en la **Figura 35**, con pocos registros se puede ver la tendencia a la disminución de precipitación hacia los últimos años, ya que de aproximadamente 1150 mm en 1975, se reduce a solo 500 mm en el 2000.

#### 4.5 DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PARA EL VERANO E INVIERNO, CON AÑOS DEL NIÑO Y LA NIÑA PARA LA ESTACIÓN DE TLAXCO

Es necesario hacer una separación de aquellos eventos climatológicos que son trascendentales (EL NIÑO, LA NIÑA), para la agricultura y poder analizar el comportamiento de las precipitaciones de verano e invierno con los eventos extremos antes mencionados.

De acuerdo a estudios que se han realizado para algunas zonas de la República Mexicana se tiene que con la presencia del evento de EL NIÑO en la época de verano, se incrementa la temperatura y se reduce considerablemente la precipitación. Cuando se tiene la presencia de LA NIÑA, ésta se caracteriza por una disminución de la temperatura y en algunos casos por la presencia de un exceso de precipitación acompañada de granizadas.

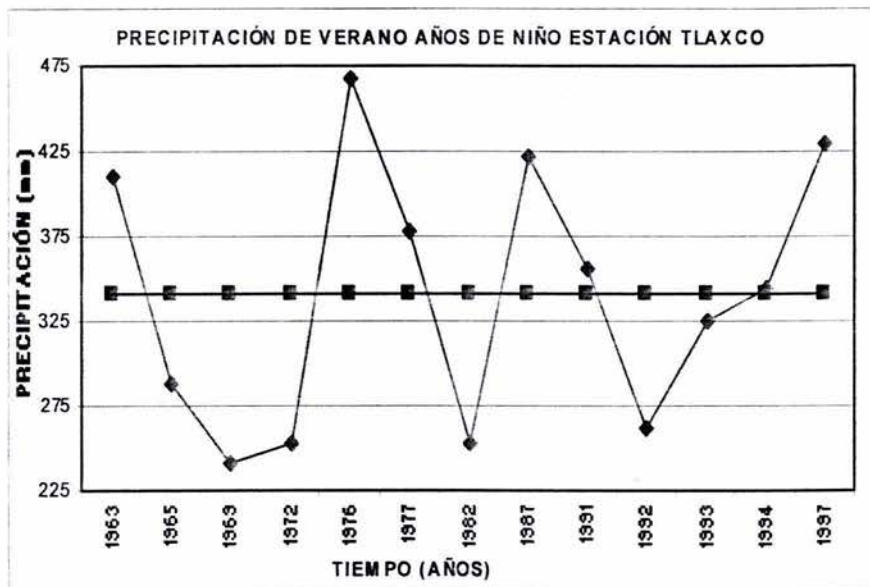


Figura 36. Precipitación de verano con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Tlaxco

En la **Figura 36** vemos la marcha de la precipitación y sus fluctuaciones dentro del verano, sobresalen aquellos años con precipitaciones por arriba y por debajo de lo normal, mostrando un comportamiento heterogéneo para cada uno de ellos.

Los años en los que se registra poca precipitación son 1969, 1972, 1982 y 1992 con cantidades menores a 275 mm, y como una contraparte destacan cuatro años con precipitaciones por arriba de 400 mm (1963, 1975, 1987 y 1997).

La climatología de precipitación para el invierno muestra que esta es relativamente baja, ya que la temporada de lluvia a terminado.

En la **Figura 37** donde se muestran los registros de la precipitación de invierno con años de EL NIÑO, para la estación de Tlaxco, se observa la presencia de lluvia que aunque relativamente poca, puede ser significativa para retener humedad en los suelos.

Se puede apreciar como en 1965 y 1992, se presentó un comportamiento atípico en la cantidad de precipitación registrada, cosa que no concuerda con los otros registros de precipitación para invierno.

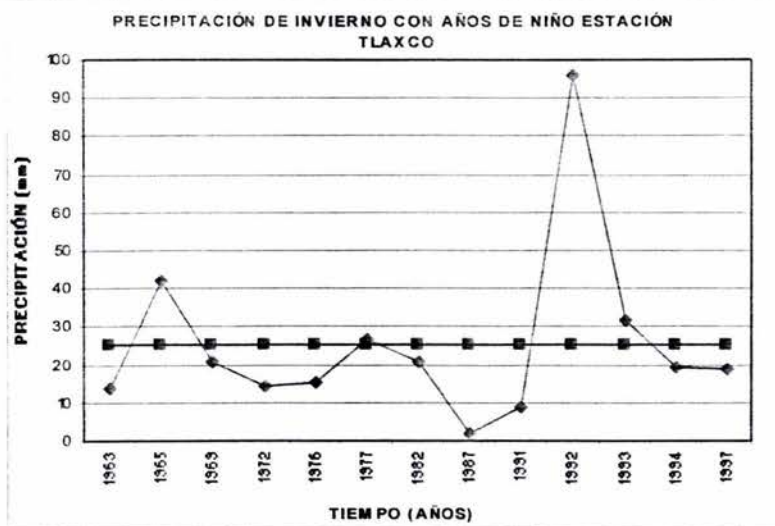


Figura 37. Precipitación de invierno con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Tlaxco

Para la precipitación de verano con años de NIÑA (Figura 38), vemos que de igual forma hay años con baja precipitación (1964, 1970, 1971). 1998 muestra la menor precipitación de todo el periodo.

Solo en dos años se aprecia una cantidad mayor de precipitación en la estación de Tlaxco, (1973 y 1975), cuando la lluvia es mayor a 500 mm.

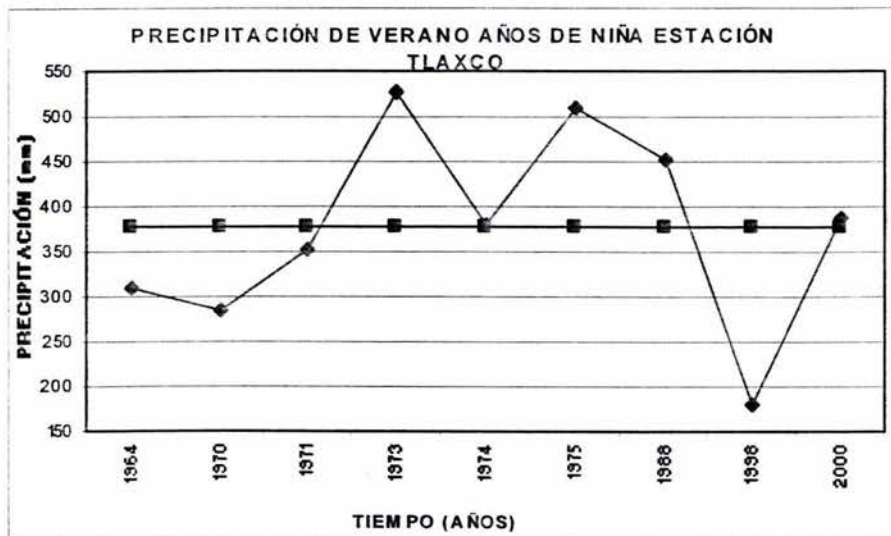


Figura 38. Precipitación de verano con años de LA NIÑA para la estación climatológica de Tlaxco

Como se comentó anteriormente, LA NIÑA se manifiesta en el estado de Tlaxcala por la presencia de lluvia muy escasa o casi nula en el invierno. En el verano la lluvia es muy abundante para algunos años particulares, por lo que se espera que en esos inviernos la precipitación sea mínima o casi nula.

Al analizar la Figura 39, correspondiente a la presencia de las lluvias de invierno con años de NIÑA en la población de Tlaxco, observamos que es muy similar y casi corresponde con lo descrito anteriormente, salvo en 1975 en que se presenta un año atípico con un incremento de precipitación muy cercano a los 50 mm para el invierno.

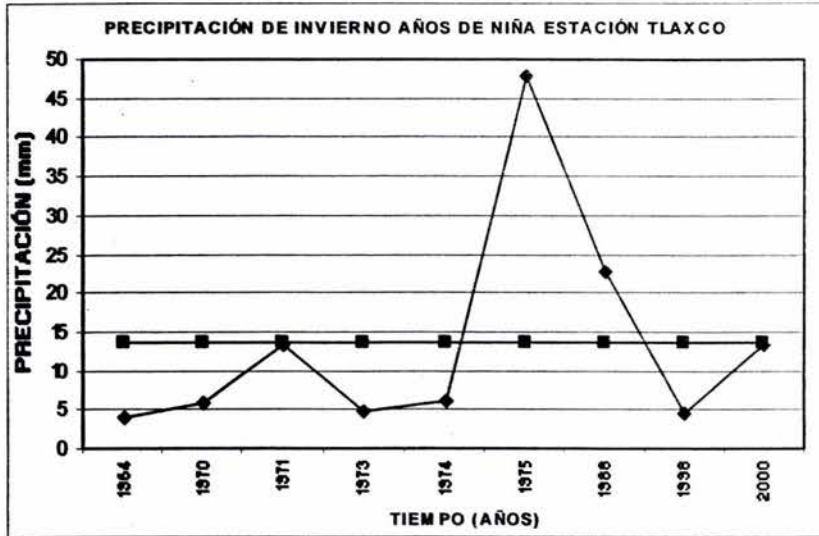


Figura 39. Precipitación de invierno con años de LA NIÑA para la estación climatológica de Tlaxco

**4.6 DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PARA EL VERANO E INVIERNO, CON AÑOS DEL NIÑO Y LA NIÑA PARA LA ESTACIÓN DE ESPAÑITA**

La distribución espacial de la precipitación de verano con años de NIÑO para la estación de Españita se muestra en la Figura 40.

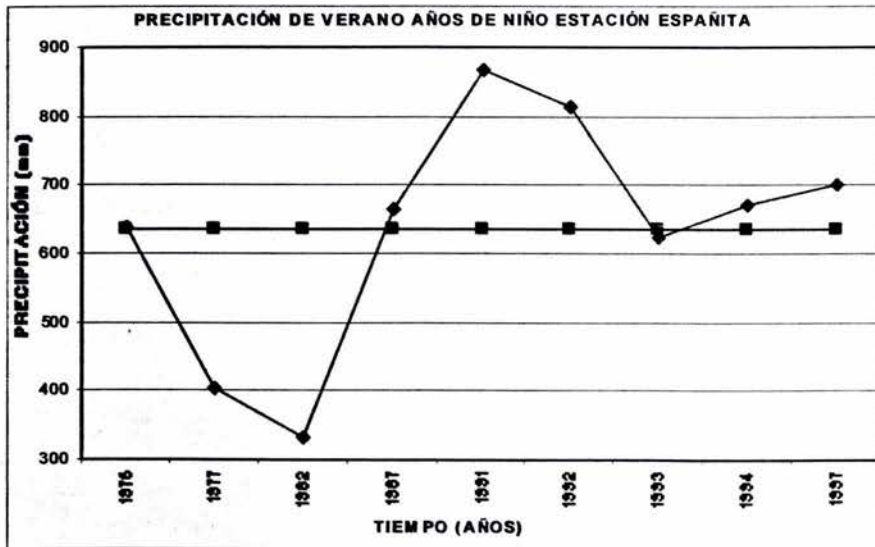


Figura 40. Precipitación de verano con años de EL NIÑO para la estación climatológica de Españita

El comportamiento de precipitación de verano con años de NIÑO, nos muestra dos comportamientos diferentes, uno con precipitaciones por debajo de lo normal de precipitación y el otro con precipitaciones por arriba de la normal. En 1976, 1977 y 1982 los valores son negativos y en 1987, 1991 y 1992 los valores son positivos.

Los valores extremos de mínima y máxima precipitación se dan en 1982 y 1991 respectivamente con valores de 333.7 mm contra 867.1 mm. Los valores más bajos pueden representar un estrés hídrico para los cultivos que ya se encuentran establecidos para esas fechas.

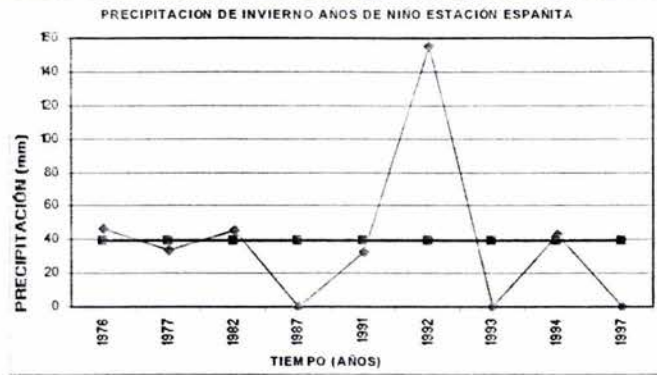


Figura 41. Precipitación de invierno con años de EL NIÑO para la estación climatológica de España

En lo que respecta a la precipitación de invierno con años de EL NIÑO (Figura 42), se aprecia que generalmente si hay lluvia. De nueve registros que se tienen, en seis se detecta la presencia de precipitación y en tres ésta es nula.

La cantidad de precipitación que se tiene en promedio para los seis años, es de 40 mm aproximadamente y un caso extremo en 1992, con una precipitación de 155 mm.

En la Figura 42, se puede apreciar (con poca información), como conforme avanzan los años la precipitación disminuye con la presencia de este evento, aún en pleno verano

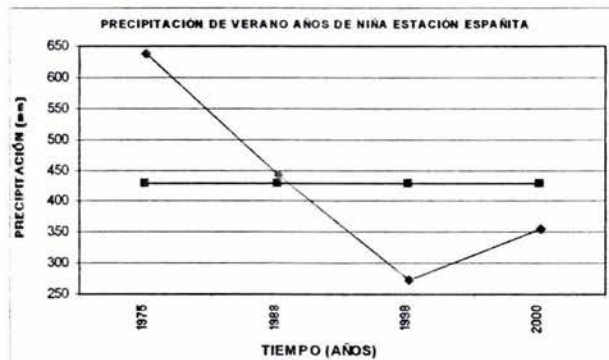


Figura 42. Precipitación de verano con años de LA NIÑA para la estación climatológica de España

Por ultimo en la Figura 43, se analiza el comportamiento de la precipitación de invierno con años de LA NIÑA.

Desde este punto de vista, la tendencia de la disminución de la precipitación es indudable, en el primer año de registro (1975), tiene un valor de 46.3 mm, con una disminución muy marcada para el año siguiente con una precipitación nula, salvo para 1998 en donde registra un valor de 5.7 mm para volver a una precipitación nula.

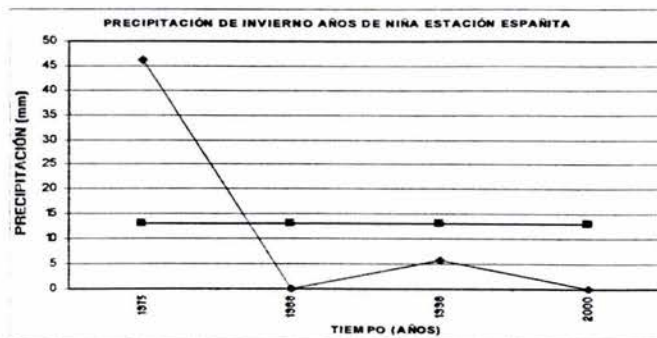


Figura 43. Precipitación de invierno con años de NIÑA para la estación climatológica de España

## 5. PRONÓSTICOS DE PRECIPITACIÓN PARA LAS ZONAS DE ESTUDIO

### 5.1 LOS PRONÓSTICOS

El uso de modelos de predicción climática ha permitido promover acciones de mitigación, que resultan en servicios de emergencia preparados tanto para la prevención de los impactos como para la atención de los afectados por el siniestro.

Todo pronóstico tiene cierto grado de incertidumbre. En un principio, solo es posible pronosticar de forma determinista las condiciones de la atmósfera a menos de 15 días. En las predicciones a corto plazo (uno o dos días) se desea conocer en que regiones del país lloverá o hará frío, dando valores precisos a cada una de las variables en el espacio y el tiempo.

En las de largo plazo, se trata de determinar cuál es la probabilidad de que las condiciones climáticas medias en una región del planeta se vean alteradas en un cierto porcentaje (Magaña, et al., 1998).

Hasta hace un tiempo, la mayor parte de los trabajos en el campo de la predicción climática se basaba en estadísticas climáticas de los últimos treinta años o más. Recientemente, los métodos de predicción incluyen el uso de modelos numéricos que dan un sentido más físico a la estadística. La combinación de técnicas estadísticas y dinámicas, así como el avance en el estudio de sistemas dinámicos, amplía la gama de posibilidades para realizar pronóstico. El aumento en la cantidad y calidad de las observaciones permite ahora contar con mejores diagnósticos del clima.

### 5.2 PRONÓSTICOS DE PRECIPITACIÓN

Se hizo uso de los ensambles de análogos climatológicos (años pasados que tenían las mismas características climatológicas al año que se estaba pronosticando), para la realización de los cuatro años de pronóstico, se analizaron las anomalías de temperatura y precipitación observadas en los reportes que presentan del monitoreo de la región del NIÑO zona 3, para años previos del evento climatológico de “EL NIÑO” o “LA NIÑA”, con los años seleccionados se empleó el método de ensambles para tener mayor representatividad en la elaboración de este pronóstico. Los análogos utilizados, corresponden a los años empleados por William Gray para la realización de los pronósticos de las trayectorias de huracanes del Pacífico y el Atlántico.

Se realizaron los pronósticos de precipitación para las estaciones climatológicas del estado que contaban con los años análogos, no todas contaron con dichos registros, por lo que para los años 2000 y 2001 sólo se muestra el pronóstico de precipitación de la estación de Tlaxco, municipio en donde se encuentran 2 zonas de estudio (*Atotonilco y El Rosario*), no se muestra el pronóstico del municipio de Españita, en donde se encuentra la tercer zona de estudio, en la población de *Miguel Aldama*.

#### 5.2.1 ANÁLISIS DEL PRONÓSTICO DE PRECIPITACIÓN PARA LOS DIFERENTES CICLOS AGRÍCOLAS PRIMAVERA-VERANO

El pronóstico indicaba que en los primeros tres meses no se tendría precipitación, estableciéndose ésta en abril. Se tendría la presencia de una canícula en agosto, recuperándose la precipitación en septiembre, para descender posteriormente sin recuperarse, nuevamente la lluvia dando por terminada así el período de lluvia de ese año (Figura 44).

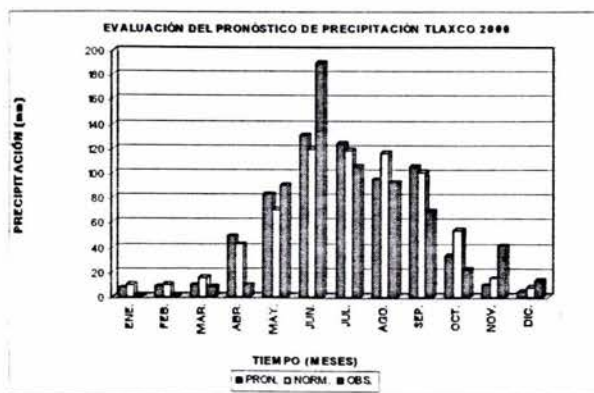


Figura 44. Pronóstico de precipitación 2000 para la estación climatológica de Tlaxco



Con ese tipo de información, se les explicó a los productores por cuatro años consecutivos, cual sería la marcha anual de la precipitación para el ciclo agrícola establecido. Conociendo las posibles fechas del establecimiento de las lluvias, el productor tomaba la decisión para la elección de la fecha en que establecería sus cultivos.

Los pronósticos de precipitación para los años posteriores, se muestran en el apéndice 1.

### 5.3 ENTREVISTAS CON LOS PRODUCTORES, POR CICLO AGRÍCOLA

Para la realización de este trabajo, fue necesario establecer una estrecha relación con agricultores del estado, se les comentó en que consistía el proyecto y se les solicitó su apoyo para tener acceso a sus localidades y realizar un seguimiento del desarrollo de los cultivos propuestos y de la evaluación de los pronósticos realizados a lo largo de este trabajo, con dichas entrevistas se enriquecería el trabajo en cada ciclo agrícola.

#### 5.3.1 PRIMERAS ENTREVISTAS

El primer acercamiento que se tuvo con los productores, fue con miembros de la Coordinadora Nacional Obrera Campesina Independiente y Revolucionaria del estado (CNO CIR). A ellos se les dio a conocer el proyecto de investigación "Utilización de Pronósticos Climáticos para Actividades Agrícolas en el Estado de Tlaxcala", que fue el primer proyecto aprobado a nivel nacional y que se realizaría en el estado, con el propósito de utilizar la información climatológica existente de las diferentes estaciones de la Comisión Nacional del Agua Delegación Tlaxcala (CNA), para realizar los primeros pronósticos de precipitación y aplicarlos directamente con los productores en el campo.

Esa primer entrevista se realizó el 09 de febrero de 1998 y Expertos de la UNAM, del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) y del Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (CICB-UAT), explicaron a los productores y les comentaron los diversos estudios que se habían realizado para algunas partes de la República Mexicana, como el realizado de 1994 a 1996 con el proyecto denominado Estudio de País México, hecho por investigadores de la UNAM, así como de los efectos negativos del evento climatológico de EL NIÑO en nuestro país, de las acciones tomadas por protección civil en 1997 en el noroeste para prevenir los efectos negativos de las lluvias invernales intensas que se presentan cuando se presenta el evento de EL NIÑO, por mencionar algunos.

Se les comentó a los productores, de la existencia de otro evento extremo (contraparte de EL NIÑO), LA NIÑA, como se manifiestan este evento en el campo y cuales son sus repercusiones, cuando se tiene la presencia de NIÑA, se registran mayor cantidad de lluvias junto con eventos fríos. Se les explicó como se manifiesta el clima cuando se presentan años de EL NIÑO, se les dijo que en el Pacífico hay más huracanes de lo normal y que para el Estado de Tlaxcala, llueve por abajo de lo normal cuando se presenta este evento en verano.

Con el desarrollo de ese primer proyecto, se vieron las necesidades de los productores, requerían de un mayor conocimiento de la distribución de la precipitación, de la presencia de heladas, de la adaptación o introducción de cultivos alternos, etc. Posteriormente a los mismos productores se les invitó a participar en este proyecto de investigación, que surgía como algo natural ante las necesidades manifestadas por los productores de tener nuevas alternativas de cultivos que se adaptaran a las condiciones físicas de su región.

Para que los productores pudiesen tener un mayor conocimiento al respecto, se les familiarizó sobre los efectos negativos y/o positivos para algunas regiones, sobre la **variabilidad climática a nivel mundial** y el **cambio climático**. Se les familiarizó con los pronósticos de precipitación y se les comentó sobre algunos cultivos alternos que se tenían en mente.

#### 5.3.2 REUNIÓN CON PRODUCTORES DEL ESTADO (CENOCIR); CICLO AGRÍCOLA PRIMAVERA VERANO 2000 (25/26/may/00)

En el año 2000 se inició el proyecto, en la primer reunión con los productores, se les dio a conocer el pronóstico correspondiente a ese ciclo agrícola, de acuerdo al pronóstico, se les comentó que para el primer semestre la precipitación, sería por abajo de lo normal, empezándose a establecer el periodo de lluvias en mayo o junio, por lo que ellos podrían sembrar sus cultivos en la segunda quincena de mayo. Se les comentó que se

apreciaba la disminución de la precipitación en julio, (una pequeña canícula), empezando a llover nuevamente en agosto.

En dicha reunión celebrada el 25 y 26 de mayo se estableció el contacto con los productores que participaron en la realización del proyecto y se fijó la fecha para reunirnos nuevamente y conocer las parcelas o espacios físicos en donde sembrarían simultáneamente sus cultivos tradicionales, junto con los alternos que proponíamos en el proyecto.

En la segunda visita realizada el 2 de junio, se conocieron las parcelas y se hizo entrega de la semilla a cada productor: **Amaranto** variedad *Gabriela* y *DGETA*, **Girasol** variedad *Victoria* y **Frijol** variedad *Bayomex*.

Los productores que facilitaron sus parcelas fueron:

**Sr. Benjamín Escobar Montiel de la población de Atotonilco, Municipio de Tlaxco:** Superficie por sembrar 3 melgas 6X20 m, una para cada cultivo.

**Sr. Ernesto Lozada Pérez de la población de El Rosario, Municipio de Tlaxco:** Superficie por sembrar 1 hectárea (una melga de 450 m. de largo), para los tres cultivos.

**Sr. Salvador Pérez de la colonia de Miguel Aldama, Municipio de Españita:** Nos facilitó aproximadamente media hectárea para el experimento.

**Fernando Cisneros Rodríguez, de la población de Santiago Tlalpan, Municipio de Hueyotlipan.** Nos facilitó dos lotes pegados a una cañada, quiso ver como se comportaban los cultivos introducidos en esa zona.

El Sr. Ernesto Lozada Pérez en el momento de la visita dijo: “de acuerdo al calendario de Galván esperamos la precipitación a principios de junio y, la canícula va a entrar el 22 de junio; primero van a entrar los efectos de la canícula y luego la canícula, y si esta entra con agua va a salir con seca y viceversa, y la mera canícula va a entrar en la segunda quincena de julio y va a salir la primera de agosto”.

También dijo “en ocasiones la canícula es benéfica porque le da un tiempo de descanso a las lluvias para que no se saturen las plantas”

Posteriormente se realizaron visitas periódicas, aproximadamente cada 15 días, para ver la evolución de sus cultivos, observar la marcha de la precipitación para evaluar el pronóstico realizado para ese ciclo agrícola, y ver el desarrollo de los cultivo en cada zona de trabajo bajo las características climatológicas de cada población.

En promedio los productores, sembraron la segunda y tercer semana de junio del 2000, para ese ciclo agrícola y con base a lo pronosticado, en el primer semestre existe cierta correlación con lo observado, salvo que a finales de mayo y principios de junio, la precipitación fue mayor que lo pronosticado, y para el resto del ciclo agrícola, a pesar de que se esperaba menos lluvia de la que normalmente llueve por la presencia de una canícula, con la lluvia precipitada fue más que suficiente para haber obtenido buenas cosechas, esto coincide con lo que esperaba el Sr. Ernesto Lozada en su pronóstico empírico.

### 5.3.3 REUNIÓN CON PRODUCTORES DEL ESTADO, CICLO AGRÍCOLA PRIMAVERA VERANO 2001 (07/ Mar/2001)

Para el segundo año de trabajo, la primer reunión se realizó el 10 de abril, en donde se hizo una evaluación de los resultados del análisis del pronóstico del año pasado, se interactuó con los productores y se comentaron las experiencias de ellos en el campo, se escuchó su opinión acerca de las medidas que tomaron o no al conocer el pronóstico, se les dio a conocer el pronóstico climático de precipitación para el ciclo agrícola primavera verano del 2001.

Una semana después(13/marzo/2001), se contactó una reunión con productores de maíz de la población de Nicolás Bravo, (perteneciente al municipio de Terrenate, Tlaxcala), donde se dio a conocer el pronóstico de precipitación y se interactuó con los productores.

Para dicha reunión se preparó un cuestionario con preguntas dirigidas a los productores, para tener una apreciación de las observaciones, inquietudes y necesidades de ellos en el campo. Las preguntas que se realizaron fueron las siguientes:

- 1) ¿Recuerdan otro año, con un invierno similar al pasado, con lluvias, heladas y nevadas?.
- 2) Según sus cabañuelas ¿como esperan que sea este año?.
- 3) Con respecto a las lluvias, ¿que observan en sus cabañuelas para este ciclo agrícola.
- 4) Corroborar que piensan del dicho "*marzo florido año perdido*"
- 5) ¿Qué piensan de la variedad de maíz azul como una nueva alternativa, ante la introducción de las variedades mejoradas de maíz?
- 6) ¿Quién tiene semilla de maíz azul en esa zona, para poderlo propagar?
- 7) ¿Como están los precios en el mercado, comparando el maíz blanco tradicional, con el maíz azul?

Al momento de darles a conocer el pronóstico para ese ciclo agrícola, algunos productores nos comentaron que el año había iniciado con lluvias y que algunos productores para esas fechas ya se habían aventurado a preparar sus parcelas e incluso algunas partes ya estaban sembradas.

El comentario que se les hizo, fue el siguiente, que era altamente probable que el origen de esas precipitaciones, fuesen el resultado de los frentes fríos que se estaban presentando provenientes del norte y que no precisamente correspondían al periodo normal de lluvia.

Para el pronóstico de ese año, se les comentó que la lluvia iniciaría en abril, de manera muy similar a como se presenta la precipitación normal, que para junio se esperaba lluvia por arriba de lo normal y que se presentaría una canícula en julio, y agosto sin que la precipitación se volviese a recuperar.

Se hizo entrega de las semillas a los productores el 10 de abril, (siempre fueron las mismas semillas con las que iniciamos), aunque algunos productores tuvieron la inquietud de que se les consiguiera semilla de maíz azul y rojo para sembrarlo y compararlo con las semillas mejoradas que ellos sembraban.

Para ese ciclo agrícola solo se trabajó con tres productores, ya que el Sr. **Fernando Cisneros, de la población de Tlalpan municipio de Españita**, por cuestiones de salud no pudo continuar con los experimentos. Para los años posteriores, se trabajó con los tres productores restantes:

**Sr. Benjamín Escobar Montiel: Atotonilco municipio de Tlaxco.**

**Sr. Ernesto Lozada Pérez: de El rosario Municipio de Tlaxco.**

**Salvador Pérez: de Miguel Aldama Municipio de Españita.**

En este ciclo agrícola, la siembra la realizaron en diferentes fechas, del 21 de marzo, en la segunda semana de abril y la primer de mayo, ya que a los productores se les comentó que según el pronóstico se tendría humedad suficiente a partir de marzo y abril, por lo que los productores decidieron sembrar en dichas fechas.

En ese ciclo agrícola en particular, muchos campesinos prepararon sus tierras de cultivo a inicio de año y sembraron por las lluvias que se presentaron a inicio de año, para algunos campesinos que se adelantaron tuvieron problemas posteriores por la falta de lluvia a finales de julio y principios de agosto.

#### **5.3.4 REUNIÓN CON PRODUCTORES DEL ESTADO; CICLO AGRÍCOLA PRIMAVERA VERANO 2002 (19 de febrero 2002)**

Como en los años anteriores, se convocó a los productores para la presentación del pronóstico de precipitación para ese ciclo agrícola, para conocer sus inquietudes y evaluar el pronóstico del año pasado.

Se realizó la presentación del pronóstico de precipitación el 19 de febrero, se les hizo el comentario, que de acuerdo a lo que se observaba en el pronóstico, no se esperaba un año bueno climatológicamente hablando; que la precipitación se esperaba por abajo de lo normal en todo el primer semestre, con lluvias abundantes en agosto y posteriormente se tendría un exceso de lluvia incluso hacia el fin de año.

En esa misma fecha, se hizo entrega de la semilla, y en especial, el Sr. *Benjamín Escobar Montiel* de la población de Atotonilco, Municipio de Tlaxco nos había solicitado de una manera especial la cantidad de 4 kilogramos de maíz negro, 2 de maíz rojo y maíz cacahuazentle (pozolero), para compararlo en sus parcelas con las variedades criollas y mejoradas de maíz que ellos manejan.

Se le hizo el comentario de como se esperaba la presencia de las lluvias según el pronóstico y se le comentó que no se esperaba un año bueno por la falta de precipitación, por lo que el nos dijo: “mi intención para este año era sembrar 10 hectáreas de maíz, pero con lo que me acaban de decir no sembraré toda esa superficie y solo sembrare dos hectáreas y lo demás lo tapare con cebada”.

Comentó que existía cierta semejanza del comentario que se le dio con algo que el observó, y que solo se presenta en años especiales “el vio una nubosidad muy negra a inicio de año en la zona de Tlaxco (norte del estado), esta nubosidad estaba cargada con bastante humedad, solo que provenía del sur y no se presentó lluvia alguna, a pesar de la gran cantidad de humedad que ésta contenía, esto llamó su atención ya que de una manera empírica el sabía que sería un año seco, y con lo que se le comentó, terminó corroborándolo, por lo que comento que no sembraría la cantidad de hectáreas que estaba pensando”.

En el momento de la visita, el Sr. *Ernesto Lozada Pérez*: de El rosario Municipio de Tlaxco, comentó: “Este ciclo agrícola va a ser muy malo, ya que según las Cabañuelas se espera poca precipitación en marzo y abril, y se establecerá el período de lluvias, por el 20 de mayo. Nos comentó, que por su rumbo llovió un poco en enero y febrero y esa es mala señal ya que las lluvias van a llegar muy retrasadas.

Con ese comentario se puede corroborar que lo que arrojó el pronóstico, coincide y tiene una exactitud con lo que los productores conocen desde un punto de vista empírico, por lo que al menos para el establecimiento de las lluvias (primer semestre), hay una gran certidumbre en el pronóstico.

**El Sr. Salvador Pérez de Miguel Aldama Municipio de Españita.** Cuando lo entrevistamos dijo: “el año dio inicio con lluvias, se están adelantando y como consecuencia lógica, cuando nosotros necesitemos la lluvia para realizar las labores del campo o para cuando los cultivo se encuentren en pleno desarrollo, estas lluvias van a ser escasas, pero espero que la situación cambie y que se nos presente un buen año porque luego es muy engañoso el clima.

La fecha en que sembraron los productores, fue la última semana de mayo y la primera de junio, basándose en las recomendaciones que se les dieron con anticipación.

### 5.3.5 REUNIÓN CON PRODUCTORES DEL ESTADO; CICLO AGRÍCOLA PRIMAVERA VERANO 2003 (06 de febrero 2003)

#### Sembraron la última semana de abril y todo mayo

Para este último año del experimento y al realizar la primer visita con los productores, realizada el 06 de febrero, se les indicó que en este ciclo agrícola en especial se llevaría a cabo el experimento de una manera diferente, este se realizaría en base a los resultados del pronóstico y no con las fechas que ellos tienen establecidas, y además se realizarían muestreos de cada una de las parcelas, y realizar análisis de suelos, como complemento del proyecto.

Los muestreos se realizaron para cada una de las parcelas, se les indicó el tipo de análisis que se realizarían para posteriormente darles los resultados y tuviesen un conocimiento general de las características de su suelo para tomar algunas alternativas de solución si es que era necesario.

De acuerdo con los resultados del pronóstico de precipitación para este ciclo agrícola, se les comentó a los productores que se esperaba una precipitación normal y a tiempo. Se esperaba una canícula extendida, de junio a agosto y posteriormente más precipitación de la normal, disminuyendo paulatinamente, con lluvias de fin de año.

Se entregaron las semillas a cada uno de los productores. el Sr. *Benjamín Escobar Montiel*: de la población de Atotonilco, Municipio de Tlaxco nos pidió semillas para hortaliza, se le consiguió: cebolla cambray, rábano de bola, semillas para calabacita alargada, espinaca y acelga.

---

Comentó, que de dar inicio las lluvias a tiempo y de tener un ciclo agrícola bueno, esperaba sembrar a más tardar el 15 de marzo, el de antemano esperaba un año bueno, ya que el año anterior había sido malo, esperaba cosechar unas tres toneladas de cebada por hectárea y cuatro toneladas de maíz por hectárea.

El Sr. **Ernesto Lozada Pérez**: de El rosario Municipio de Tlaxco. En el momento de la entrevista comentó: “las cabañuelas para este año pintaban bien, el inicio de la lluvia se esperaba normal, y para septiembre se esperaba una sequía, lo cual podría perjudicar los cultivos

**Don Salvador Pérez: Miguel Aldama Municipio de Españita.**:dijo, “el año pasado (2002) nos fue muy mal, fue muy seco y a finales del año se presentaron muchas lluvias, por lo que fue un ciclo agrícola en el que se perdió toda la cosecha, terminando sus comentarios.

## 6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CULTIVOS INTRODUCIDOS

### 6.1 AMARANTO

El amaranto (*Amaranthus*, spp) es un género que se caracteriza porque comprende plantas herbáceas de la familia Amaranthaceae. Junto con el “trigo sarraceno” *Polygonaceae*, originario de Asia, y la “quinua” *Chenopodiaceae*, originario del Perú, constituyen el grupo de pseudocereales. Son plantas anuales; monoicas y dioicas. Llegan a medir hasta 1.80 metros de altura y tienen gran diversidad de colores en tallo, hojas, flores y semillas (Almanza, 1984). Es también conocido como “alegría”.

Fue uno de los cultivos básicos de los aztecas, lo utilizaban como alimento, en la Mesa Central de México fue uno de los granos mayormente cultivados en los tiempos anteriores a la Conquista. Entre los Aztecas y sus vecinos el grano tuvo además gran importancia religiosa (Saucer, 1967).

Este cultivo es un alimento de gran valor nutritivo, su grano contiene de 12 a 16% de proteína de alta calidad (Espitia, 1994), de 6 a 7.5% de lípidos y de 62 a 69% de almidón (Cuadro XXI). El valor nutritivo de la proteína de amaranto radica en su contenido del aminoácido lisina, que es tres veces mayor que el de maíz y casi el doble del que contiene el trigo (Soriano S, J. 1996), por otra parte, Abdi y Sahib (1976), señalan que también es rico en calcio, magnesio, hierro, fósforo, contiene además vitamina A, C y las correspondientes al complejo B.

Proteína	15.0	a	16.0	g
Grasa	3.1	a	6.3	g
Carbohidratos	60.7			g
Calcio	490			mg
Fósforo	397	a	691	mg
Hierro	15			mg
Cobre	0.7			
Magnesio	270			mg
Fibra	0.5			g
Valor biológico	73.7			
Digestibilidad	80.4			
Eficiencia de la proteína	2.12	(caseína 2.2)		
Energía	391		calorías	

Vitaminas	mg	Z
Tiamina	0.26	
Riboflavina	0.15	
Niacina	1.15	
Acido ascórbico (vitamina C)	.61.5	
Caroteno (provitamina A)	4.6	

Cuadro XXI. Valor nutritivo del Amantanto

### 6.1.1 VARIEDADES

Se han clasificado en tipos agronómicos, dependiendo de los usos y las características de las plantas, el tipo Azteca, Mercado, Mixteco, Nepal y Picos son los más importantes para la producción de grano en la especie *A. hypochondriacus*, mientras que Mexicano, Guatemalteco y Africano son los tipos para grano en la especie *A. Cruentus* (Mapes, 1996).

### 6.1.2 TAXONOMÍA

La familia Amaranthaceae (Dicotyledoneae, orden Caryophyllales), está compuesta de 60 géneros y alrededor de 800 especies (Feine et al., 1979). Todos los amarantos de grano son hierbas anuales. El género *Amaranthus* está dividido en dos secciones: Sección *Amaranthus* y Sección *Blitopsis*. Los caracteres usados con más frecuencia para la clasificación de esas especies, dentro de las secciones, son la forma y proporción de las partes florales pistiladas (Feine et al., 1979).

La Sección *Amaranthus* incluye especies que se consideran generalmente entre los tipos de grano, incluyendo los amarantos coloridos – tipos para hortaliza-, los ornamentales y las malezas comunes (Sauer, 1967). Esta sección incluye las especies *A. Cruentus*, *A. caudatus*, *A. hypochondriacus* y *A. edulis*.

### 6.1.3 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES EN CONDICIONES DE CULTIVO

El amaranto requiere de ciertas características físicas y químicas para su buen desarrollo, depende de la altitud, temperatura, tipo de suelo, humedad etc, (Cuadro XXII).

Altitud	Temperatura	Suelo	pH	Humedad
Arriba de los 2000 m.s.n.m	21°C	Textura franca, Francoarenoso y Francoarcilloso	básico o neutro	normal

Cuadro XXII. Requerimientos ambientales para el cultivo del amaranto (Trinidad, 1990. Castro, 1986. I.A.S.A., 1998. Kietz, 1992. Iturbide, & Gómez, 1984).

En la **Figura 45** se muestran los diversos estadios del ciclo vegetativo y fenológico del amaranto, en condiciones optimas de suelo y clima para su desarrollo.

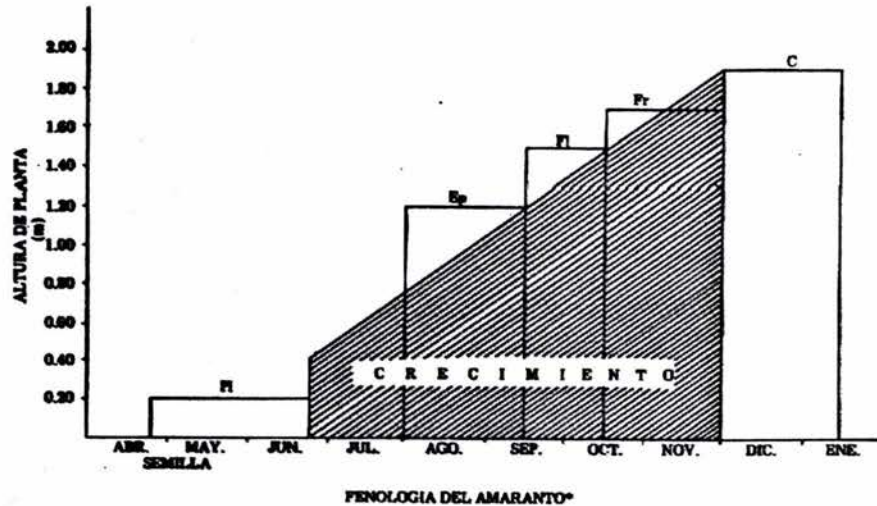


Figura 45. Estadios del ciclo vegetativo y fenología del amaranto. (Diseñada por el Dr. Federico Gómez. Chapingo, México. 1981)

Pl = Plántula      Ep Emergencia de panojas (prefloración)      Fl = Floración      Fr = Fructificación      C = Cosecha

El espacio achurado establece la relación entre crecimiento, estados fenológicos y altura de la planta.

#### 6.1.4 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Para sembrar las semillas del amaranto, se requiere dejar el terreno bien mullido, para que tenga buen contacto la semilla con el suelo. Esto se logra con un barbecho y una rastra en suelos ligeros; en suelos pesados, en algunas ocasiones es necesario dar otro rastreo cruzado.

#### 6.1.5 FECHAS DE SIEMBRA

De acuerdo a las características físicas del estado, el cultivo debe de ser de temporal, y la fecha de siembra la señala el establecimiento de las lluvias y dará mejores resultados si se siembra del 30 de mayo al 15 de junio.

#### 6.1.6 FORMA DE SEMBRAR Y LABORES CULTURALES

Existen dos sistemas tradicionales de siembra: 1) directa, y 2) trasplante, el de forma directa es el utilizado tradicionalmente en Morelos, Puebla y Tlaxcala y es el que se utilizó para la realización de este trabajo.

##### Fertilización

Después de 20 días se fertiliza el amaranto (Morales, 1982).

##### Asociación de cultivos

##### Cosecha

El amaranto se cosecha en la última semana de noviembre o a principios de diciembre.

##### Rendimiento

Los rendimientos de amaranto, en promedio nacional, son de 750 K por tonelada por hectárea.

##### Plagas y enfermedades

Existe poca información sobre problemas de insectos y enfermedades.

El gusano minador causa daño atacando a las hojas de amaranto;

El pulgón (*Aphis fabae*) (Iturbide y Gómez, 1984).

**6.1.7 ENFERMEDADES.**

Sobresalen las causadas por hongos (*Pythium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia*) que se presentan en los primeros 30 días del cultivo y, en suelos con mucha materia orgánica.

La presencia de *Curularia* sp. y *Alternaria* sp., que atacan a las hojas, han sido reportadas sobre todo en ambientes de climas cálidos ( Kietz, 1992).

**6.1.8 SECADO DE GRANO**

Cuando está limpio el grano es necesario secarlo para evitar pudriciones y desarrollo de sabores extraños por la humedad con unos 2 o 3 días al sol.

**6.1.9 UTILIZACIÓN DE LA ALEGRIA EN ALIMENTOS TRADICIONALES**

Las diferentes formas de consumo del amaranto datan desde tiempos del imperio Azteca, algunas de las cuales aún se practican en la actualidad (Barros, 1997).

**Pinole.** (Early, 1977).

**Tortillas.** (Bernardino de Sahagún, Códice Florentino).

**Atole de alegría.**

**Tamales.**

**Chuales.** De acuerdo con Early (1977) “son tamales dulces que se preparan solamente en los días de fiesta más sagrados: Día de todos santos (Día de los muertos) y la Semana Santa.

**6.1.10 POSIBILIDADES DE INDUSTRIALIZACIÓN DEL AMARANTO**

**Pan de caja**

**Galletas**

**Panquecitos**

**Pastel o rosca**

**Dulces o confites no tradicionales**

**Otros usos.**

Tostado, constituye un sabroso complemento para el cereal, hervidos producen una espesante útil para mermeladas

Molido en harina, el amaranto mejora el sabor e incrementa el valor nutritivo del pan, hot cakes, tortillas y muchos otros alimentos (Rodale, 1981).

**Pastas para sopas.** Necoechea, Camacho y Pérez Gil (1982),

**6.1.11 ANTECEDENTES DEL AMARANTO EN EL ESTADO DE TLAXCALA**

Actualmente el cultivo de dicho producto se ha extendido a otras partes del mundo. En México la tradición de su cultivo se haya confinada prácticamente a pequeñas áreas de unas cuatro entidades del territorio nacional. Por este motivo la producción de amaranto constituye una de las actividades económicas importantes de los campesinos sobre todo de los Estados del centro del país (**Amilcingo y Huazulco, Morelos; San Miguel del Milagro, Tlaxcala; San Juan Amecac, Puebla; Tulyehualco, D.F.**) y otros lugares sobre todo del centro del país.

**6.2 GIRASOL (*Helianthus annuus*, L)**

Esta planta debe su nombre a la propiedad de fototropismo positivo (la flor sigue la dirección del sol). En el México prehispánico ya era cultivado y usado como alimento. Actualmente se considera como una de las plantas oleaginosas más importantes por sus aceites que se emplean en la alimentación humana. De las “semillas” o aquenios del girasol se extrae industrialmente un aceite semisecante con excelentes características para la alimentación humana, es de color amarillo cuando se extrae en frío, su sabor es dulce y agradable, puede sustituir a cualquier buen aceite de mesa.

Se usa para la fabricación de jabones, como lubricante para piezas de maquinaria fina, en las farmacias sustituye al aceite de ajonjolí. El contenido de aceite fluctúa entre 35 y 60% del peso de las semillas, si este se extrae de las almendras (sin cáscara), la pasta residual contiene alrededor de 40% de proteína, y si es de los aquenios (con cáscara) contiene 20%. Esta pasta es muy apropiada para la alimentación del ganado o aves.



El girasol tiene un alto potencial en el rendimiento de forraje verde, superior incluso al maíz forrajero bajo igualdad de condiciones, se puede ensilar con excelentes resultados, si se cortan las plantas cuando su contenido de humedad es de 65% (en plena floración y hasta el inicio de la fructificación). Los tallos pueden servir para fabricar papel, que resulta de buena calidad, y son además un buen combustible.

Por su tolerancia a la sequía, y a las bajas temperaturas, antes y después de la floración, el girasol se considera como un cultivo prometedor para las áreas de temporal crítico, en donde otros cultivos tienen problema. Actualmente la superficie destinada a la producción de oleaginosas en el área del CAEVAMEX es mínima, sin embargo, se han identificado las regiones potencialmente productoras de girasol y colza en Valles Altos (350 mil hectáreas) áreas que son propias para el desarrollo de estos cultivos que se caracterizan por tener clima templado semiseco, ser zonas de planicie o valle, y tener suelos profundos con buena capacidad de retención de escasa y mal distribuida precipitación pluvial que se presentan año con año (CIAMEX, 1985).

En pruebas semicomerciales de girasol conducidas en Polititlan, México y Huamantla, Tlaxcala., La variedad *Victoria*, con una densidad de siembra de 8.0 Kg/ha de semilla, produjo rendimientos hasta de 1,200 Kg/ha. Esta variedad es resistente a las enfermedades y tiene un ciclo vegetativo de 110 días a la madurez fisiológica (CIAMEX, 1985).

### 6.2.1 VARIEDADES Y ÉPOCA DE SIEMBRA

La siembra del girasol debe hacerse dentro del período indicado (**Cuadro XXIII**), y cuando el terreno tenga buena humedad para evitar problemas de germinación ya que si una variedad se siembra fuera de época puede ser afectada por las heladas.

VARIEDAD	ÉPOCA DE SIEMBRA	DÍAS A FLORACIÓN	DÍAS A MADUREZ	ALTURA (cm)	RENDIMIENTO (Kg/ha)	Contenido de aceite (%)
Victoria	10 de mayo -	60	110	160	1200	40

Cuadro XXIII. características agronomicas y época de siembra de la variedad de girasol *Victoria*, 1981 Fuente:INEGI, VII Censo Agrícola-Ganadero, 1991

### 6.2.2 MÉTODO Y DENSIDAD DE SIEMBRA

La siembra se puede hacer manual o mecánicamente, y procurar que la semilla quede a una profundidad máxima de 5 cm, a fin de logra una germinación uniforme. Si la siembra se realiza a mano, se debe depositar de 2 a 3 semillas cada 25 cm en surcos espaciados a 76 cm. si se usa yunta y a 92 cm si se emplea tractor; si la siembra se realiza con sembradora, esta se debe ajustar para depositar una o 2 semillas cada 25 cm; por lo cual se requieren 8 kilogramos por semilla certificada por hectárea.

Después de la primer escarda, cuando la planta tenga aproximadamente 20 cm de altura, conviene aclarar a una planta por mata, para tener una población aproximada de 50 mil plantas por hectárea.

### 6.2.3 FERTILIZACIÓN

Se sugiere aplicar la dosis 80-40-00, en la siguiente forma: la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra, y el resto del nitrógeno en la segunda escarda. Ambas aplicaciones deben hacerse a chorillo y a 5 cm de separación de las hileras de planta.

### 6.2.4 LABORES DE CULTIVO

Se aconseja mantener limpio el cultivo durante los primeros 40 días mediante una escarda, es cuando la planta tiene aproximadamente 20 cm de altura. La segunda escarda se debe hacer cuando la planta tenga unos 40 cm de altura. Para evitar la pudrición del tallo no se debe levantar mucho el surco de la base de las plantas.

### 6.2.5 PLAGAS

Las principales plagas que atacan a los cultivos son las siguientes:

PLAGA	PRODUCTO COMERCIAL	DOSIS POR HECTÁREA
Palomilla de la cabeza <i>Homoeosoma electellum</i> Hulst	Thidán 35% Endosulfán	2.0 1.0
Frailecillo <i>Macrodactylus mexicanus</i> , Burm	Foley Folidol	1.0 1.0
Picudo trozador de las hojas y de los capítulos <i>Rhynchites mexicanus</i> , Gyll	Foley Folidol Malatión 1000 e	1.0 1.0 1.0

Cuadro XXIV. Principales plagas que atacan al Girasol.

Otras plagas de menor importancia son: mayate *Cotinis mutabilis*, Sobrina; chapulín *Sphenarium spp* y mosquita negra.

### 6.2.6 ENFERMEDADES

La enfermedad más frecuente y dañina del girasol es la pudrición del tallo y del capítulo causada por el hongo *Seclerotinia sclerotiorum*. También es importante la pudrición bacteriana del capítulo causada por *Erwinia spp.* Y *Pseudomonas spp.*, cuyo vector es la mosca del capítulo *Neotephritis finalis*.

### 6.2.7 COSECHA

El corte debe realizarse cuando el capítulo haya adquirido una coloración café en su parte posterior. Si el corte se hace a mano, los capítulos pueden pasarse directamente a la combinada estacionaria para trillarse; el trillado a desgrane manual del capítulo se hace golpeando éste con un palo por el lado donde está la semilla.

### 6.3 FRIJOL

El frijol (*Phaseolus vulgaris L*) pertenece a la familia de las leguminosas, esta especie es la que presenta mayor variación en color, tamaño, forma de grano, hábitos de crecimiento, precocidad, adaptación, potencial productivo, calidad nutricional y comercial. Las siembras de frijol de temporal ocupan una superficie de unas cuatro mil hectáreas que equivalen al 80% de la superficie destinada a este importante grano en el Estado de Tlaxcala, con un rendimiento medio de 720 kg/ha.

En Tlaxcala los principales factores limitantes de la producción que determinan el potencial productivo para el frijol son: baja e irregular distribución de lluvias, incidencia de heladas tempranas y granizadas que acortan el periodo de crecimiento; profundidad de suelo, pendiente de terreno, textura de la capa arable, drenaje interno del suelo, fertilidad de los suelos y alto grado de erosión, además, de factores de manejo agronómico, entre los que destacan alta incidencia de plagas, enfermedades y malezas, uso de variedades criollas de bajo rendimiento, tardías y susceptibles a royas, tizones y virosis, inadecuado uso y manejo de fertilizantes y baja densidad de población.

#### 6.3.1 ÉPOCA DE SIEMBRAS Y VARIEDADES

Siembras tempranas del 15 de marzo al 5 de abril se sugiere sembrar variedades precoces de ciclo corto de 90 a 100 días como: Pinto Villa, *Bayomex*, que son de hábito de mata y semiguía corta. La época para siembras tardías de frijol de temporal en mediana productividad procede del 1º al 20 de junio, con variedades de ciclo corto de 95 a 100 días a madurez como Pinto Villa, Negro Perla, *Bayomex*, Canario 107, Canario 101 y Flor de Durazno.

#### 6.3.2 VARIEDADES DE FRIJOL RECOMENDADAS PARA EL ESTADO DE TLAXCALA.

**De Mata:** Las variedades de hábito de mata como *Bayomex*, Canario 101, Canario 107, Flor de Durazno y Negro Perla, son de ciclo precoz entre 95 y 105 días para madurar.

**De Semiguía:** Como Pinto Villa, Bayo Mecentral, Flor de Mayo, son de ciclo intermedio con madurez promedio entre 115 a 125 días, con potencial de rendimiento de 1.5 a 2.5 toneladas por hectárea.

#### De Guía

Como Negro Puebla, Negro 150, Amarillo 153, y Bayo Río Grande, presentan un crecimiento indeterminado, son las más tardías con 130 a 135 días, con potencial de rendimiento de 1.5 a 2.0 toneladas por hectárea.

VARIEDAD	HÁBITO DE CRECIMIENTO	DIAS A MADUREZ	COLOR DE SEMILLA	GRADO DE RESISTENCIA
BAYOMEX	MATA	100	AMARILLO CLARO	RRT

Cuadro XXV. Características más importantes de la variedad del frijol *Bayomex*

R= Resistente, R= Roya T= Tolerante.

#### 6.3.3 MÉTODO DE SIEMBRA Y CANTIDAD DE SEMILLA

Las variedades de mata y semiguía se sugiere que se siembren en surcos de 40 a 50 cm de separación; para ello se depositan al fondo del surco de 8 a 10 semillas por metro lineal separadas de 10 a 12 cm entre sí,

posteriormente se cubren con una capa de suelo de 4 a 5 cm de grosor, con lo anterior se obtiene una población aproximada de 150 a 180 mil plantas por hectárea respectivamente.

#### **6.3.4 FERTILIZACIÓN**

##### **a) Fertilización mineral del suelo.**

La fertilización mineral al suelo en el cultivo de frijol es una práctica tradicional entre los productores que buscan suministrar los nutrimentos requeridos por la planta considerando que estos no se encuentran en el suelo en cantidades suficientes para el cultivo, por tal razón es necesario complementarlos a través de la fertilización de N y P de origen mineral para optimizar los rendimientos en las variedades con las densidades de población recomendadas en las áreas con potencial productivo para el frijol.

##### **b) Fertilización foliar.**

La fertilización foliar consiste en asperjar el follaje con nutrimentos solubles en agua como la urea (46%), la cual permite complementar la fertilización al suelo y nutrir mejor a la planta para elevar adicionalmente los rendimientos de grano por hectárea.

#### **6.3.5 LABORES DE CULTIVO Y COMBATE DE MALAS HIERBAS**

El cultivo de frijol debe mantenerse libre de malezas durante un período de 30 a 60 días después de la emergencia del cultivo. La maleza compite con el frijol de manera agresiva por nutrientes, agua, luz y espacio, además de dificultar y elevar el costo de la operación de la cosecha.

Inicialmente la maleza puede controlarse mediante dos escardas de cultivo; la primera escarda se realiza a los 15 días después de la emergencia de plantas, y la segunda a 10 días después de la primera escarda; ambas escardas seguidas de deshierbes manuales.

#### **6.3.6 CONTROL DE PLAGAS**

Las plagas del suelo que pueden dañar el sistema radicular del frijol son principalmente la gallina ciega, gusanos de alambre y las larvas de diabrotica; su control químico puede ser con la aplicación de 15 Kg/ha de Volatón 5% G, el cual se incorpora al suelo en la siembra acompañado del fertilizante para uniformizar su distribución.

#### **6.3.7 ENFERMEDADES**

Las principales enfermedades causadas por hongos que afectan al frijol son la antracnosis y la roya o chahuixtle; las causadas por las bacterias son tizón de halo y tizón común las cuales preferentemente su presencia depende de las condiciones ambientales existentes y del uso de variedades susceptibles, también existen algunas enfermedades virosas entre las que destacan los mosaicos que reducen fuertemente el rendimiento de grano.

#### **6.3.8 COSECHA**

La cosecha de frijol debe hacerse cuando las plantas llegan a su madurez fisiológica que ocurre cuando las hojas empiezan a caer y la mayoría de las vainas presentan un color amarillento, lo anterior evita pérdidas por desgrane en campo, tanto como por el corte como en el acarreo. Si al cosechar se presentan lluvias las plantas deben ser colgadas con la raíz hacia arriba para facilitar el secado y evitar el manchado del grano que disminuye su calidad y por tanto su valor comercial.

---

## 7 ANÁLISIS EN SUELOS

### 7.1 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL SUELO

El suelo es un cuerpo viviente, natural, dinámico y vital para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, que se forma en una tasa de 1 cm por cada 100 a 400 años, por interacción del clima, topografía, biota y material parental (Collins, 1995). Por el tiempo que toma su formación se puede considerar al suelo como un recurso no renovable en la escala humana de tiempo. Los componentes del suelo incluyen materiales minerales (arena, limo y arcilla), materia orgánica, agua, gases y organismos vivos como lombrices, insectos, bacterias, hongos algas y nemátodos. Hay un continuo intercambio de moléculas y iones entre las fases sólida, líquida y gaseosa que está mediado por procesos químicos, físicos y Biológicos (Doran y Parkin, 1994).

El suelo desempeña cinco papeles clave en los ecosistemas terrestres: **a)** mantiene el desarrollo de plantas superiores proporcionando un medio para sus raíces y suministra los nutrientes que necesitan, **b)** las propiedades del suelo son el principal factor que controla el destino del agua en el sistema hidrológico, **c)** funciona como un sistema natural de reciclaje, dentro de el, los productos de desecho y los residuos de plantas, animales y humanos son asimilados haciendo disponibles sus elementos constituyentes para la próxima generación de vida, **d)** proporciona hábitats para una gran cantidad de organismos vivos, desde mamíferos pequeños y reptiles hasta diminutos insectos y una diversidad de células microscópicas y **e)** constituyen la base para la construcción de carreteras, aeropuertos y casas (Doran y Parkin, 1994).

El suelo requiere de una especial “atención” para poder conocer sus principales componentes orgánicos e inorgánicos (Fassbender, 1987), ya que de ello depende la buena calidad y cantidad de nuestros cultivos, y en especial redundante en no afectar la economía al intentar aplicar una serie de abonos de cualquier tipo (orgánico o químico) sin que el suelo lo requiera, por lo que es necesario realizar algunos análisis fisicoquímicos en el laboratorio para conocer las características productivas del suelo, y para este caso de estudio los análisis realizados fueron los siguientes:

#### 7.1.1 DETERMINACIÓN DE TEXTURA POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO DE BOUYOCOS INTRODUCCIÓN:

El análisis mecánico es una determinación de la distribución de tamaños de las partículas individuales de una muestra de suelo. Esta determinación tiene como puntos principales, para obtener buenos resultados, la destrucción o dispersión de los agregados del suelo en unidades discretas por medios químicos y físicos así como la separación de las partículas de acuerdo a límites prefijados de tamaños, por medio de tamizados y sedimentación (Andrés).

#### 7.1.2 PROCEDIMIENTO:

Se colocaron 50 g de suelo (seco al aire y tamizado por malla de 2 mm) de textura fina (90-100% de arena) en una copa de dispersión, se agregó agua desionizada hasta 5 o 6 cm por arriba de la muestra. Se le añadió 35 ml de la solución defloculante ( $\text{Na CO}_3$ ). Se colocó la copa en la batidora y se dispersó por 6 minutos. Las arenas no deben de dispersarse más de 6 minutos para no causar abrasión.

Después de transcurrido el tiempo de dispersión se vació el contenido de la copa a las probetas de sedimentación lavando perfectamente con una piceta. Se colocó el hidrómetro dentro y se aforó con agua desionizada a 1130 ml.

Se sacó el hidrómetro, se tapó la boca de la probeta y se agitó vigorosamente varias veces con movimientos de arriba hacia abajo hasta que quedó una suspensión bien mezclada. Se colocó rápidamente en posición vertical y se empezó a contar el tiempo con el cronómetro.

A los 15 o 20 segundos se sumergió lentamente el hidrómetro y a los 40 segundos se realizó la lectura en el menisco superior, si al efectuar la lectura hay mucha espuma debido a la materia orgánica, se añade una gota de alcohol amílico sobre la superficie de la suspensión antes de hacer la primer lectura, posteriormente se registró la lectura, y se sacó el hidrómetro suavemente y se midió la temperatura.

Para la siguiente lectura el hidrómetro se enjuagó y se secó, ésta se efectuó a las dos horas sin agitar la muestra, el hidrómetro, no se debe dejar dentro de la suspensión entre una lectura y otra ya que interfiere con la sedimentación libre de las partículas.

Se tomó la temperatura en cada lectura y por cada grado registrado por arriba o por abajo de 19.5 °C se aplicó una corrección de 0.36 graduaciones sobre el hidrómetro (restando 0.36 por cada °C abajo o sumando 0.36 por cada °C arriba de 19.5°C respectivamente). Temperaturas extremas a 10 y 38°C no se toman en cuenta, las lecturas más exactas son cuando la suspensión tiene 19.5°C.

## 7.2 DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

### 7.2.1 INTRODUCCIÓN:

El término sales solubles, se refiere a los constituyentes inorgánicos del suelo que son apreciablemente solubles en el agua. En forma natural todos los suelos agrícolas contienen sales solubles, condición que guardan también las aguas (Chavira, 1987).

Las sales solubles son utilizadas por las plantas como nutrientes, aún cuando su uso sea selectivo y preferente. Sin embargo, cuando su contenido y/o forma en que se encuentran, excede ciertos límites pueden dañar a plantas y animales (Richards, 1990).

### 7.2.2 PROCEDIMIENTO:

- Se pesaron 10 g de suelo (tamizado a través de malla de 2 mm) en un vaso de precipitado de 100 ml.
- Se les añadieron 50 ml de agua desionizada y
- Se agitó la suspensión y se dejó reposar por 24 horas.

Si se utiliza la muestra con la que se determinó el pH, se adicionarán 30 ml de agua, se agitará la muestra por un minuto y se dejará reposar 24 horas.

### 7.2.3 MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:

Se encendió el potenciómetro, cinco minutos antes de realizar las mediciones. Se colocó la celda en la solución problema y se midió la CE. Entre cada medición se enjuagó la celda 2 o 3 veces con agua desionizada y se tomó la temperatura de la solución. Las lecturas se corrigieron por un factor de corrección por temperatura y se expresó de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

## 7.3 DETERMINACIÓN DEL pH EN MUESTRAS DE SUELO MEDIDO EN AGUA A TRAVÉS DEL MÉTODO AS-02

### 7.3.1 PRINCIPIO Y APLICACIÓN:

Método electrométrico para la determinación del pH en muestras de suelo en una solución de agua pura (Goijberg, 1987). La evaluación electrométrica del pH se basa en la determinación de la actividad del ion  $H^+$  mediante el uso de un electrodo cuya membrana es sensitiva al  $H^+$ . En el caso de los suelos el pH se mide potenciométricamente en la suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo: agua 1:2.

El pH es una de las mediciones más comunes e importantes en los análisis químicos rutinarios de suelo, ya que controla reacciones químicas y biológicas en el suelo. La determinación del pH es afectada por varios factores tales como: el tipo y cantidad de constituyentes orgánicos e inorgánicos que contribuyen a la acidez del suelo, la concentración de sales en la solución, la relación suelo: solución, la presión parcial de bióxido de carbono y el efecto de la suspensión asociado con el potencial de unión, etc.

### 7.3.2 PROCEDIMIENTO

Se pesaron 10 g de suelo en un frasco de vidrio de boca ancha.

1. Se adicionarán 20 ml. de agua destilada al frasco conteniendo el suelo.
2. Con una varilla de vidrio, se agitó manualmente la mezcla de suelo con agua a intervalos de 5 minutos, durante 30 minutos.
3. Se dejó reposar durante 15 minutos.

4. Se calibró el medidor de pH con las soluciones reguladoras pH 4.00 y 7.00 o 7.00 y 10.00 según el suelo, se enjuagaron con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras.
5. Se procedió a agitar nuevamente la suspensión y se introdujo el electrodo en la suspensión.
6. Se registró el pH al momento en que la lectura se estabilizó.

#### 7.4 DETERMINACIÓN DE pH EN EL SUELO

##### 7.4.1 INTRODUCCIÓN:

Cuando se habla de pH del suelo se hace referencia a una de las cualidades más indicativas de sus propiedades. El que un suelo sea ácido, neutro o alcalino determina en gran parte la solubilidad de varios compuestos, la fuerza de unión de los iones en los sitios de intercambio y la actividad de los microorganismos.

##### 7.4.2 DEFINICIÓN DE PH:

Se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno ( $H^+$ ) en una solución y se expresa de la siguiente manera.

$$pH = -\log a_{H^+}$$

Donde:

$$a_{H^+} = \gamma (H^+)$$

o sea que la actividad está relacionada con la concentración mediante el coeficiente de actividad ( $\gamma$ ). Los coeficientes de actividad en soluciones verdaderas, se encuentran definidos por la ecuación de **Debye-Huckel**:

$$\log \gamma_{\pm} = \frac{AZ + Z - 1}{I + \beta ai}$$

donde:

<b>Z</b>	= Carga de iones presentes
<b>A y <math>\beta</math></b>	= Constantes que dependen de la temperatura y del solvente
<b>ai</b>	= Distancia media a la que se puedan aproximar los iones en solución
<b>I</b>	= Fuerza iónica de la solución siendo a su vez definida como:
<b>I</b>	= $0.5 \sum (C_i Z_i^2)$

Donde:

**C<sub>i</sub>** = concentración del ión i

**Z<sub>i</sub>** = carga del ión i

##### 7.4.3 DETERMINACIÓN DEL PH EN AGUA RELACIÓN 1:2

La determinación de pH en suelos se realizó por el método potenciométrico, utilizando un electrodo de vidrio como indicador. La medición se realizó en el líquido sobrenadante, el cual estaba en equilibrio con la suspensión del suelo. La relación peso/volumen fue de 1:2.

##### 7.4.4 PROCEDIMIENTO

1. Se pesaron 10 g de suelo en un frasco de vidrio o plástico de boca ancha.
2. Se adicionaron 20 ml. de agua destilada al frasco conteniendo el suelo.
3. Con una varilla de vidrio, se agitó manualmente la mezcla de suelo con agua a intervalos de 5 minutos, durante 30 minutos.
4. Se dejó reposar durante 15 minutos.
5. se calibró el medidor de pH con las soluciones reguladoras pH 4.00 y 7.00 o 7.00 y 10.00 según el suelo, y se enjuagaron con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras.
6. se agitó nuevamente la suspensión y se introdujo el electrodo en la suspensión.
7. Se realizó el registro del pH al momento en que la lectura se estabilizó.

### 7.5 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Se pesaron 10 gramos de suelo, en cilindros enumerados, se realizaron 2 repeticiones de cada muestra y el testigo, una vez pesadas las muestras, se pusieron a secar 24 horas a una temperatura de 105°C, posteriormente se sacaron las muestras del horno y se pesaron, anotándose el peso final de las muestras secas.

### 7.6 DETERMINACIÓN DE FÓSFORO

Este tema ha recibido gran atención como consecuencia de la importancia del fósforo en la fertilidad de los suelos. La determinación en extraerlo mediante soluciones apropiadas y luego valorar el contenido en el extracto y esta valoración puede hacerse mediante métodos colorimétricos (Porta, 1984).

La elección del método adecuado para la determinación de los fosfatos dependerá en gran medida del pH existente en el suelo.

Existen métodos como los que utilizan la reacción del azul del molibdeno que se produce en la reducción del heteropoliácido que se forma al reaccionar los ácidos fosfórico y molibdico o los que se basan en el color amarillo producido por el complejo fosfo-molibdico-banádico, el segundo es muy fácil de realizar pero no es tan sensible como el primero.

Los métodos de extracción son muy variados y todos pretenden medir una fracción que este correlacionada con la respuesta de las plantas. Se tienen diferentes técnicas como la de OLSEN et al. y el de BRAY y KURTZ, procedimientos comúnmente utilizados en la mayoría de los laboratorios de análisis de suelos. En este trabajo, el método que se empleó fue el de BRAY y KURTZ, que a continuación se describe el procedimiento (Bray, 1945).

**7.6.1 DETERMINACIÓN DE FÓSFORO Fósforo Soluble en Ácido Fluorhídrico Diluido** (Extracción de acuerdo a BRAY y KURTZ 1 modificado).

#### 7.6.2 PRINCIPIO:

Las formas del fósforo fácilmente solubles en ácido son extraídas por una combinación de ácido clorhídrico (HCl) y amonio (NH<sub>4</sub>). Esta combinación tiene la finalidad de remover las formas de fósforo fácilmente solubles en medio ácido, en gran parte los fosfatos de calcio y una proporción de los fosfatos de aluminio y de hierro. El NH<sub>4</sub>F disuelve los fosfatos de aluminio y de hierro al formar un ion complejo con estos iones metálicos en solución ácida. El fosfato en el extracto es determinado colorimétricamente con el método azul de molibdato de amonio con ácido ascórbico como agente reductor.

#### 7.6.3 PROCEDIMIENTO:

##### Extracción:

1. Se pesaron 2.5 g de suelo en frascos de polietileno polipropileno
2. Se adicionaron 25 ml de solución extractora
3. se agitaron por un espacio de 5 minutos a 180 oscilaciones por minuto, se colocaron los frascos en forma horizontal sobre el agitador automático
4. Se procedió a filtrar cada una de las muestras a través de un papel filtro Whatman 5.
5. Se corrieron simultáneamente blancos de reactivos (testigos).

##### Colorimetría:

1. Se tomó una alícuota de 5 a 10 ml del filtrado dependiendo de la concentración de P en solución, y se colocó en un matraz aforado de 50 ml
2. Se adicionó agua hasta unos 40 ml aproximadamente
3. Se agregaron 5 ml de solución reductora y se aforó con agua
4. Se tapó el matraz y se agitó con cuidado
5. Se dejó pasar 30 minutos después de haber agregado la solución reductora y se leyó a una longitud de onda de 882 mm.
6. Paralelamente se preparó una curva de calibración de fósforo.

### 7.7 DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

#### 7.7.1 INTRODUCCIÓN:

La materia orgánica es la fracción orgánica del suelo, que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del suelo (león, 1987).

Estos últimos forman un material amorfo, relativamente estable, cuyo valor puede variar de café a negro y es el principal responsable de varias propiedades importantes en el suelo y se le conoce como humus.

El humus está constituido por una gran variedad de compuestos orgánicos los cuales han sido separados para su estudio en grandes grupos, de acuerdo a propiedades comunes como son su resistencia a la hidrólisis (ácida o alcalina) y a su solubilidad en diferentes solventes.

En general la fracción orgánica del suelo tiene un papel importante porque:

- Regula los procesos químicos que ahí ocurren,
- Influye sobre las características físicas y
- Es el centro de aproximadamente todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo las de la microflora, las de la fauna y hasta las del sistema radicular de plantas superiores.

La materia orgánica en suelos puede ser estimada por.

- Medición de la pérdida de peso de un muestra al destruir su matriz orgánica por combustión húmeda o seca y
- Mediante el conocimiento del carbono orgánico.

El procedimiento para la determinación de materia orgánica del suelo se realizó a través del método **As-07**, de **Walkley and Black**.

Walkley and Black (1934) y Walkley (19335, 1947), modificaron la técnica de Shollenberger provocando la oxidación de la materia orgánica solo con el calor de reacción que se genera al mezclar el ácido sulfúrico concentrado y la solución diluida de dicromato de potasio. Después de un cierto tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de  $\text{Fe}^{3+}$  y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso. Con este procedimiento se recupera del 70-84% de carbono orgánico total por lo que es necesario introducir un factor de corrección, el cual puede variar entresuelo y suelo. En los suelos de México se recomienda utilizar el factor **1.298** (1/0.77).

**NOTA:** La muestra se seco al aire, ya que el secado en la estufa puede provocar la oxidación parcial del material orgánico. Esta fracción se determina en general en suelos que pasan por un tamiz con malla de 2 mm.

#### 7.7.2 PROCEDIMIENTO:

1. Se pesaron 0.500 g de suelo seco y pasado por un tamiz de 0.5 mm, se colocó en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Se procesó un blanco (testigo), con reactivos por triplicado.
2. Se añadieron 10 ml de  $(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$  1.0 N con una pipeta volumétrica y se agitó la muestra.
3. Con una bureta se agregaron 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado a la suspensión, se giró y se agitó durante un minuto.
4. Se dejó reposar por 30 minutos.
5. Se añadieron 200 ml de agua desionizada y se dejó enfriar.
6. Se agregaron 5 ml de  $(\text{H}_3\text{PO}_4)$  y de 20 a 25 gotas del indicador de difenilamina, y se agitó nuevamente.
7. Se tituló con solución de sulfato ferroso 0.5 N. Este reactivo se oxida con facilidad y cambia su normalidad, hasta un punto final verde claro.



## RESULTADOS

### SOBRE LOS PRONÓSTICOS CICLO AGRÍCOLA 2000; ESTACIONES TLAXCO Y ESPAÑITA

Después de realizar el análisis de los eventos presentados en el ciclo agrícola primavera verano 2000 y los datos obtenidos del pronóstico para dicho año, se hará una breve descripción de la evaluación de los resultados obtenidos con los pronósticos y los cultivos introducidos.

Con base a los resultados del análisis y evaluación del pronóstico del año 2000 para la estación de Tlaxco (**Figura 46**), se observó que para el primer semestre, lo que se pronosticó, correspondió con lo observado, de acuerdo al valor normal de precipitación de Tlaxco (la primer barra corresponde al pronóstico, la segunda, es la precipitación normal, y la tercera fue la precipitación observada), para el segundo semestre se esperaba precipitación por debajo de lo normal, lo cual correspondió con el signo en lo observado.

Para mayo y junio se pronosticó lluvia por arriba de lo normal, coincidiendo con lo observado, en julio se esperaba precipitación por arriba de lo normal, se esperaba una canicula de julio a agosto, recuperándose en septiembre, y lo que se observó, fue que después de la gran cantidad de precipitación de junio, la lluvia disminuyó dando casi por terminada la época de lluvia.

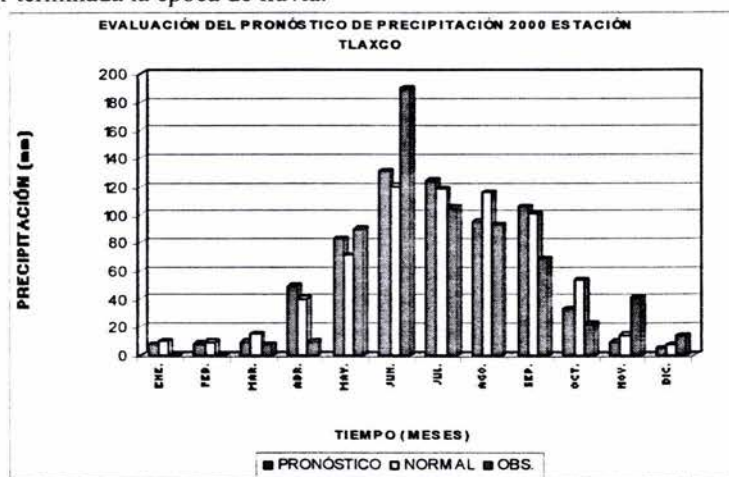


Figura 46. Evaluación del pronóstico de precipitación para el 2000 de la estación climatológica de Tlaxco

Con la **Figura 47**, se describe el comportamiento de la precipitación pronosticada con la observada y con los resultados obtenidos en el ciclo agrícola, en las poblaciones de Atotonilco y el Rosario .

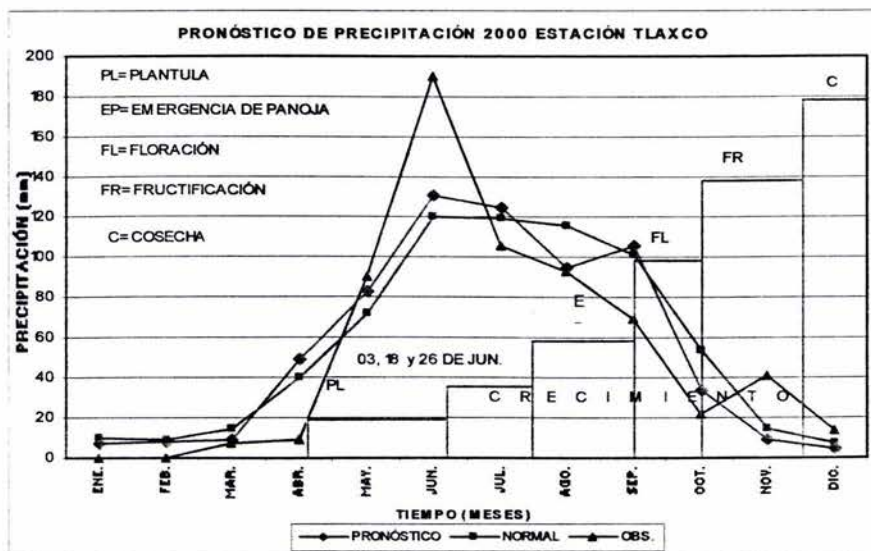


Figura 47. Precipitación para el 2000 de la estación climatológica de Tlaxco

## RESULTADOS

De una manera esquemática, y con base a las fechas de siembra establecidas para los tres cultivos introducidos, estos generalmente se siembran en mayo y junio, lo cual se representó en la figura, en forma de barras, junto con el resto del ciclo vegetativo de los cultivos.

Para la población de Atotonilco (municipio de Tlaxco, situado al Norete del Estado).el señor **Benjamín Escobar** sembró una hectárea el 3 de junio con los tres cultivos recomendados.

Con el cultivo del amaranto, por falta de precipitación en los primeros meses, no permitió el brote homogéneo de la plántula, ésta fue muy escasa, no creciendo lo suficiente como para madurar quedándose aproximadamente a una altura de 40 cm, esto indicó que la cantidad de precipitación registrada no fue suficiente para el desarrollo y maduración del cultivo.

Con lo que respecta al girasol, el productor lo asoció con maíz, una planta de maíz y una de girasol obteniendo buena producción. En este caso la precipitación que se presentó posteriormente, fue suficiente para el desarrollo del cultivo.

Para el frijol la falta de precipitación al inicio de año, no afectó las semillas y la planta logró sobrevivir con la humedad existente, obteniéndose una buena producción de frijol.

### POBLACIÓN DE ATOTONILCO MUNICIPIO DE TLAXCO (2000)



AMARANTO



GIRASOL



FRIJOL

### POBLACIÓN DE EL ROSARIO MUNICIPIO DE TLAXCO (2000)

El Sr. **Dn. Ernesto Lozada Pérez**, de la población de El Rosario, perteneciente al municipio de Tlaxco, situada al norte del estado, sembró en una hectárea los cultivos que le proporcionamos. Debido a la falta de precipitación en la zona, realizó esas labores el 18 de junio.

Para el cultivo del amaranto, la semilla no germinó, debido tal vez a la falta de humedad en el suelo, esa fue una primera apreciación que se tuvo cuando relacionamos los resultados obtenidos del cultivo con la climatología de la zona. Posteriormente (dos años después), y después de realizar un análisis físico-químico del suelo, se determinó que la textura pudo haber sido una de las causas determinantes para la no adaptación de este cultivo. Otra posible explicación para que no se lograra el amaranto y en parte el girasol, pudo ser la ubicación geográfica de la parcela, que se encuentra en la parte baja de la sierra quedando en la cañada a merced del efecto de los "escurrimiento de vientos fríos".

El girasol tuvo un comportamiento diferente, si brotó, pero la nacencia de las plantas fue muy heterogénea (muy dispersas), tuvieron buen tamaño y buena producción, por lo que en términos generales se puede decir que el cultivo sí se logró, pero en términos agrícolas, la producción fue poca, no muy redituable.

## RESULTADOS

Con lo que respecta al frijol, la producción fue buena, y como en la población anterior la cantidad de precipitación no fue una limitante para el buen desarrollo del cultivo, éste se adaptó a las condiciones climáticas de la zona.



Análisis del comportamiento de la marcha de la precipitación observada con el pronóstico, para la estación climatológica de Españita (Figura 48), municipio en donde se localiza la tercer zona de estudio.

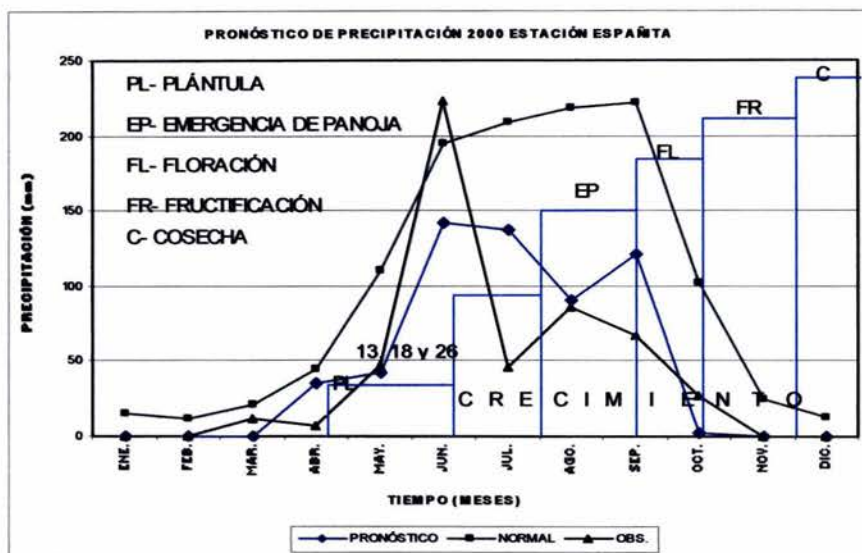


Figura 48. Precipitación para el 2000 de la estación climatológica de Españita

De acuerdo al pronóstico, en los primeros meses la precipitación sería nula, la lluvia daría comienzo en abril manteniéndose hasta julio registrando un máximo de precipitación en junio, dando inicio la canícula que duraría hasta agosto recuperándose en septiembre, disminuyendo la precipitación para dar por terminado el periodo de lluvias en octubre. En general el pronóstico siempre predijo precipitación por abajo de lo normal, cosa que si sucedió en su mayoría, salvo en junio que la precipitación fue mayor que la misma normal, presentándose efectivamente la canícula solo que ésta se adelantó un mes.

Con lo que respecta a la introducción de los cultivos sugeridos, en ésta población las condiciones climáticas fueron un tanto diferentes, aunque la precipitación se presentó en mayo, con la cantidad registrada a lo largo del año fue más que suficiente para que todos los cultivos se adaptaran.

## RESULTADOS

### POBLACIÓN DE MIGUEL ALDAMA (2000)

En la tercer zona de estudio, colonia Miguel Aldama, del municipio de Españita ubicado al Oeste del Estado el productor don Salvador Pérez, sembró en las mismas fechas que los otros productores (el 18 de junio) no hubo precipitación a inicio de año, pero con la humedad residual existente y con las primeras lluvias realizó los cultivos.

Las semillas de amaranto sembradas, emergieron de una manera satisfactoria, se desarrollaron de tal manera, que las panojas fueron relativamente grandes, frondosas y con semillas de tamaño comercial y aceptable las cuales fueron reutilizadas para el ciclo agrícola siguiente.

El girasol fue sembrado por separado en otra parcela obteniéndose buenos resultados, sucediendo lo mismo con el frijol. Dicha población fue uno de los lugares en los que se tuvo éxito con los cultivos introducidos al menos pro dos años.



AMARANTO



GIRASOL



FRIJOL

### CICLO AGRÍCOLA 2001; ESTACIONES TLAXCO Y ESPAÑITA

En el análisis de evaluación del pronóstico para el año 2001. (Figura 49), se esperaba poca precipitación a inicio de año, correspondiendo con lo observado, para abril se esperaba el inicio de lluvias, extendiéndose hasta junio en donde se presentaría la mayor cantidad de precipitación para dar paso a la canícula, cosa que sucedió hasta agosto recuperándose la precipitación en septiembre lloviendo hasta octubre, con lluvias de fin de año.



Figura 49. Evaluación del pronóstico de precipitación para el 2001 de la estación climatológica de Tlaxco

## RESULTADOS

Análisis de la marcha de precipitación mensual, comparada con el pronóstico, para la estación climatológica de Tlaxco (Figura 50), para el 2001.

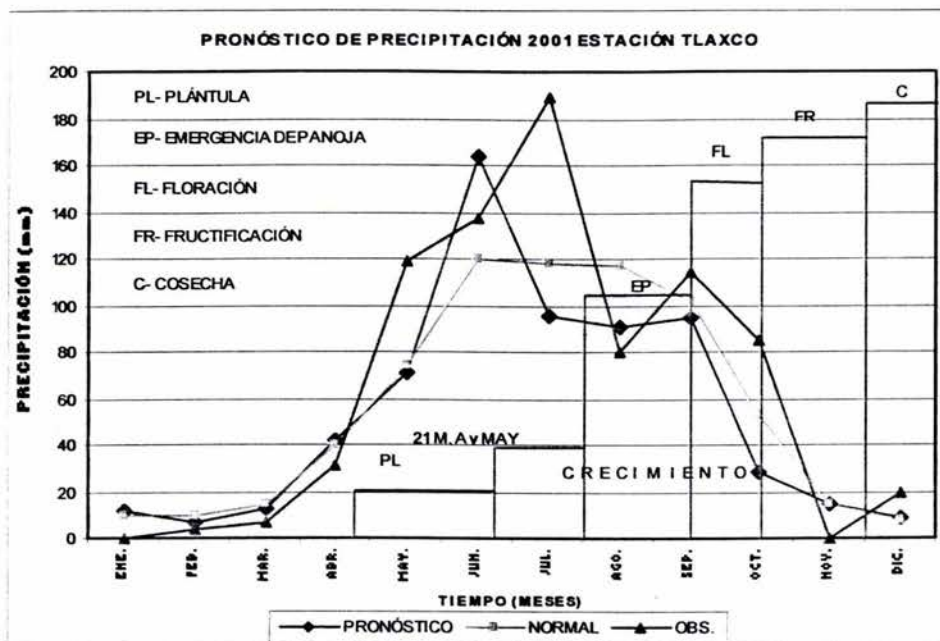


Figura 50. Precipitación para el 2001 de la estación climatológica de Tlaxco

En el análisis de la marcha de la precipitación observada para el 2001, con base a lo que se les comentó a los productores, sobre el inicio de lluvias en abril, este fue muy similar a lo observado, se esperaba un máximo de precipitación en junio y éste se dio un mes después, se esperaba una canícula de junio a septiembre, larga pero no seca, y ésta se presentó de julio a septiembre, con un mínimo relativo en agosto.

En general se esperaba mayor cantidad de precipitación para el primer semestre y lluvia por abajo de lo normal el resto del año, con precipitaciones de fin de año, en términos generales se contemplaba como un año con un ciclo de lluvias casi normal, con respecto a la climatología de la zona, solo que con respecto a lo observado se presentó mayor cantidad de lluvia de lo que se esperaba, cosa que no afectó a los cultivos establecidos.

### RESULTADOS PARA EL CICLO PRIMAVERA VERANO 2001

En la población de Atotonilco, el señor **Benjamín Escobar** sembró el 21 de marzo con las primeras lluvias que se presentaron en febrero y marzo, con base en lo comentado a inicio de año.

El amaranto fue sembrado en condiciones de humedad logrando con esto una buena emergencia de plántulas, desafortunadamente en julio se presentó una sequía que duró hasta mediados de septiembre, no permitiendo que la planta se desarrollara satisfactoriamente ni que la semilla se llenara completamente, el cultivo quedó "achaparrado" sin poderse lograr nuevamente en ese ciclo agrícola.

Para el caso del girasol, las plantas emergieron desarrollándose satisfactoriamente sin que fuesen afectadas por la sequía que se presentó, éstas plantas se asociaron nuevamente con el cultivo del maíz con buenos resultados para el segundo año consecutivo.

Con lo que respecta al frijol, éste fue sembrado en la misma fecha que los otros cultivos, afortunadamente no fue afectado por la falta de lluvia después de la germinación, ni en la etapa crítica del llenado de grano, logrando la madurez de los mismos con buenos resultados.

## RESULTADOS

En las figuras siguientes se observa la producción final obtenida de los tres cultivos introducidos para el ciclo agrícola 2001.

### POBLACIÓN DE ATOTONILCO (2001)



**AMARANTO**



**GIRASOL**



**FRIJOL**

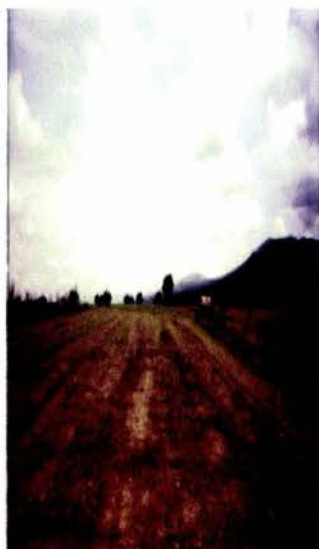
Para la población de El Rosario, municipio de Tlaxco, don **Ernesto Lozada Pérez**, realizó la siembra de sus cultivos en abril, aunque en esa zona no se presentaba de una manera normal la precipitación.

El amaranto lo sembró en un suelo con poca humedad y posteriormente y por la falta de precipitación por la presencia de una sequía de aproximadamente dos meses, la emergencia de las plantas fue nula totalmente quedándose la semilla enterrada.

Para el caso del girasol, éste solo brotó esporádicamente pero no logró crecer y mucha de la semilla quedó enterrada y sin poder germinar por falta de humedad suficiente.

El frijol fue el único cultivo que logró sobrevivir con las lluvias que se presentaron posteriormente en los meses venideros.

### POBLACIÓN DE EL ROSARIO (2001)



**AMARANTO**



**GIRASOL**



**FRIJOL**

## RESULTADOS

Análisis de la marcha de precipitación mensual, comparada con el pronóstico, para la estación climatológica de Españaíta (Figura 51), para el 2001.

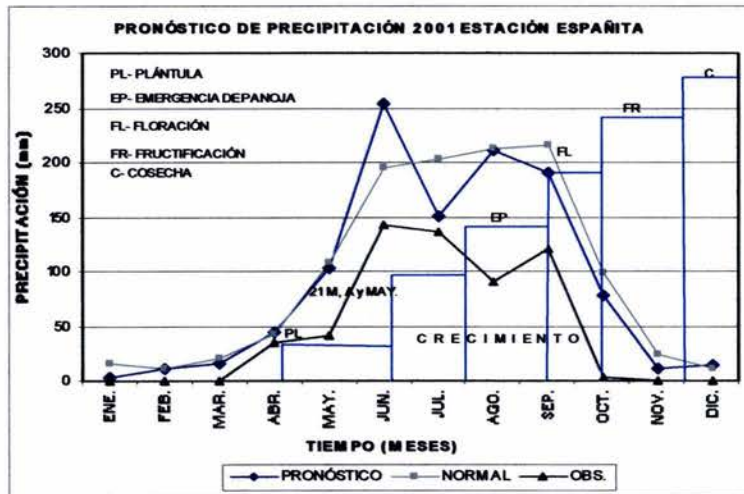


Figura 51. Precipitación para el 2001 de la estación climatológica de Españaíta

Para ésta estación, la precipitación iniciaría de una manera normal, cosa que concordaba con las precipitaciones de inicio de año, se esperaba en abril el inicio del periodo de lluvia, en mayo se esperaba el máximo de precipitación, y una canícula de julio a agosto y en septiembre continuarían las lluvias para disminuir poco a poco a finales de año, en general el comportamiento es muy similar a lo observado, solo que llovió menos que lo pronosticado.

En esta población, don Salvador Pérez sembró en mayo, para el amaranto utilizó la semilla que obtuvo del año pasado, su desarrollo fue satisfactorio obteniéndose buenos resultados.

Para el girasol en su segundo año, se sembró lográndose obtener plantas de buen tamaño, con las cabezuelas llenas de semillas.

Con lo que respecta al frijol, no se tuvo problema en su cultivo y cosecha, ya que este se adaptó en buena manera desde el primer año.

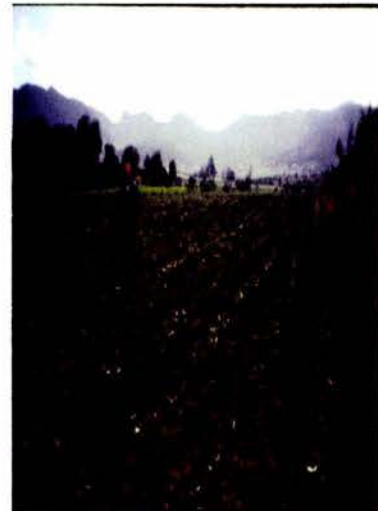
### POBLACIÓN DE MIGUEL ALDAMA (2001)



AMARANTO



GIRASOL



FRIJOL

## RESULTADOS

### CICLO AGRÍCOLA 2002

Análisis de la evaluación del pronóstico de precipitación de la estación climatológica de Tlaxco (Figura 52), la precipitación pronosticada para los primeros cuatro meses, correspondió con lo observado, en promedio se esperaba la temporada de lluvia en abril, incrementándose hasta tener un máximo de precipitación en agosto, para posteriormente, descender poco a poco con precipitación de fin de año.

De acuerdo con el pronóstico se esperaba un ciclo de lluvia normal, pero con lo observado, el primer semestre y los últimos tres meses tienen un comportamiento muy similar de lo pronosticado con lo observado, solo los meses centrales de julio a septiembre, fueron determinantes para que el ciclo agrícola fuese anómalo por la sequía extendida que se presentó.

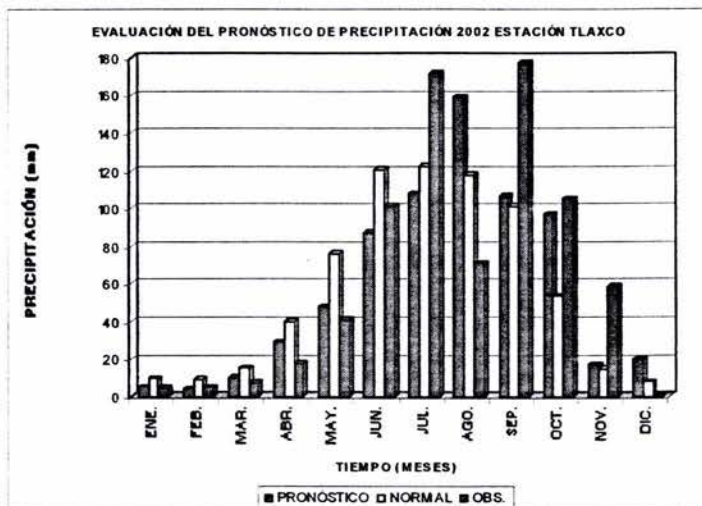


Figura 52. Evaluación del pronóstico de precipitación para el 2002 estación climatológica de Tlaxco

Con base al pronóstico para éste ciclo agrícola, la precipitación observada (Figura 53), tiene un comportamiento anómalo a mitad del ciclo, justo cuando los cultivos se encuentran en la etapa de llenado de grano y en donde se requiere de una mayor cantidad de precipitación pero a consecuencia de la sequía prolongada y posteriormente un exceso de lluvia, ocasionó que en su mayoría y para todo el estado, los cultivos se perdieran.



Figura 53. Precipitación observada para el 2002 de la estación climatológica de Tlaxco

Análisis y evaluación del pronóstico de precipitación para la estación de Españita (Figura 54), de acuerdo con lo observado en el pronóstico se esperaba lluvia a inicio de año, estableciéndose éstas en abril para tener un incremento en septiembre en donde se esperaba la máxima, descendiendo de una manera rápida hasta el



## RESULTADOS

fin de año. El pronóstico tiene un comportamiento muy similar con la precipitación normal, ya que la simulación es casi igual.

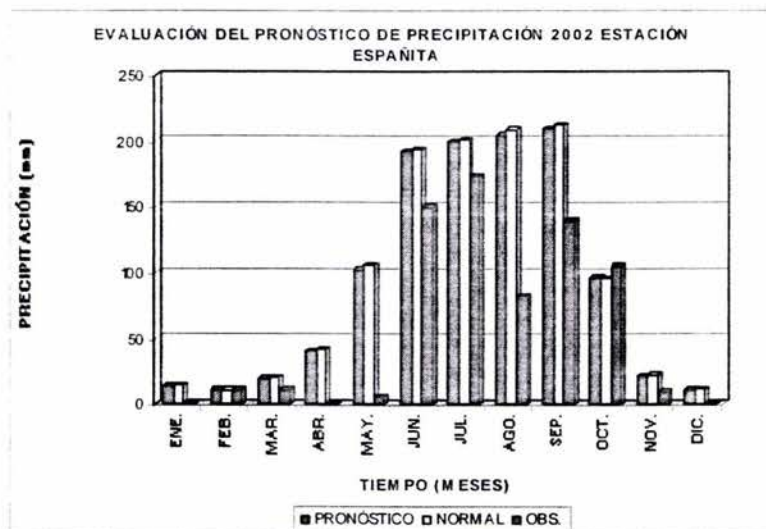


Figura 54. Evaluación del pronóstico de precipitación para el 2002 estación climatológica de España

En el seguimiento de la marcha de precipitación observada (Figura 55), se observa como hasta mayo la precipitación es nula dando inicio la lluvia de mayo a julio en donde disminuye notablemente dando paso a una canícula que se prolonga hasta septiembre sin que la lluvia se recupere del todo disminuyendo hasta terminar el período de lluvia a mediados de noviembre.

El pronóstico no detecta la sequía que se presentó de julio a septiembre la cual como en la estación anterior, fue la determinante para que los cultivos no lograran su desarrollo. Nuevamente el pronóstico simula muy bien el primer semestre y los últimos meses del año, aunque en signo generalmente pronóstico menos lluvia que la normal, cosa que si se cumplió según lo observado.

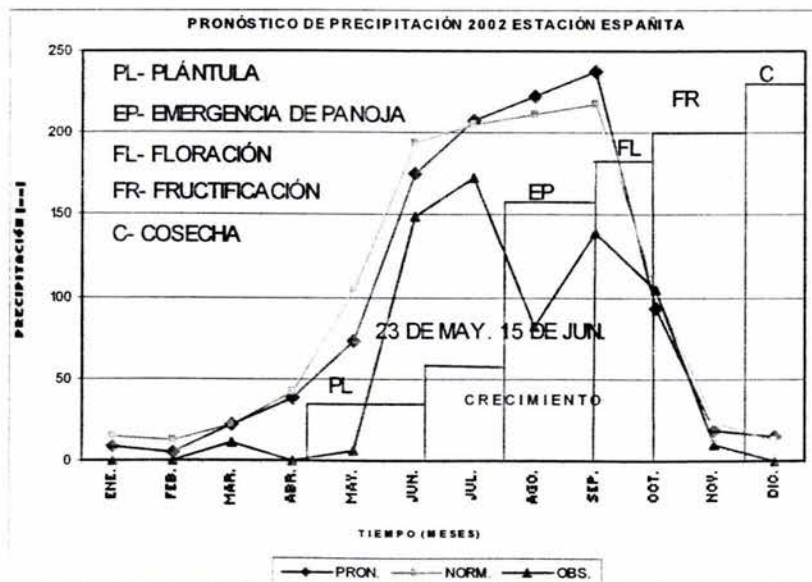


Figura 55. Precipitación observada para el 2002 de la estación climatológica de España

### RESULTADOS PARA EL CICLO PRIMAVERA VERANO 2002

En la población de Atotonilco, el señor Benjamín Escobar sembró el 23 de mayo con las primeras lluvias que se presentaron.

## RESULTADOS

El amaranto lo sembró casi en seco, esperando que las lluvias no tardaran, cosa que sucedió en junio y julio solo que de una manera torrencial arrastrando toda la semilla sin que se lograra.

Para el caso del girasol, las plantas no emergieron por falta de humedad. El frijol corrió con la misma suerte, la falta de precipitación en los meses clave, no permitieron su desarrollo.

Para la población de El Rosario, municipio de Tlaxco, don **Ernesto Lozada Pérez**, sembró el 15 de junio. El temporal aún no se establecía, por lo que de plano ningún cultivo logró desarrollarse

En la población de Miguel Aldama, don Salvador Pérez sembró en mayo, reutilizando la semilla que el ya tenía, solo que por la sequía ésta no emergió.

Para el girasol y el frijol, los resultados fueron negativos, la sequía fue determinante para que no se tuviese producción en ese ciclo agrícola.

En general la precipitación en el ciclo agrícola fue muy anómala por la sequía tan extendida que se presentó, afectando gran parte de los cultivos del estado de Tlaxcal.

A continuación se presenta una breve descripción de las noticias relacionadas con este año anómalo en donde se presentó una sequía atípica. La fuente de información fue un periódico de circulación estatal.

### SOL DE TLAXCALA

**Lunes 5 de Agosto de 2002**

**Afecta sequía 10 mil hectáreas de cebada en la zona poniente, el 50 por ciento de los cultivos registra pérdida total**

#### **Tomás BAÑOS**

La grande sequía que azota a tres municipios de la zona poniente del estado de Tlaxcala afecta 10 mil hectáreas de cebada. De ese total, el 50 por ciento registra pérdida total y el resto parcial.

**Jueves 5 de Septiembre de 2002**

**Registran pérdida total dos mil hectáreas de diversos cultivos debido a la sequía atípica**

**Declaran zona de desastre al municipio de Calpulalpan**

**Solicita Alfonso Sánchez Anaya a la Secretaría de Gobernación recursos para apoyar a los campesinos afectados; cada productor podría recibir mil 700 pesos por hectárea**

#### **Marisol SALDAÑA y Tomás BAÑOS**

El gobierno estatal declaró ayer como zona de desastre al municipio de Calpulalpan, que registró destrozos totales en dos mil hectáreas de diversos cultivos por la sequía atípica que azotó la región y afectó a 400 productores. La falta de agua en 19 municipios ha provocado que los cultivos de maíz, cebada y trigo se pierdan, las autoridades solicitan que sean utilizados recursos del FONDEN.



## RESULTADOS

---

**Viernes 13 de Septiembre de 2002**

**Exigen campesinos que PROAGRO cubra las indemnizaciones de los cultivos siniestrados**

**Tomás BAÑOS**

Campesinos de diferentes comunidades de la entidad, se presentaron ayer –y lo hacen todos los días- en las oficinas de la Aseguradora Proagro para exigir las indemnizaciones del seguro agrícola que contrataron, ya que sus cultivos fueron afectados por heladas, sequías, granizadas y exceso de agua.

Reportes de la Confederación Nacional Campesina (CNC) señalan que más de 30 mil hectáreas de maíz, cebada y trigo están afectadas totalmente.

**Viernes 13 de Septiembre de 2002**

**Inician tramites para decretar a Tlaxco zona de desastre**

**Tomás BAÑOS**

El secretario de Fomento Agropecuario (SEFOA) y la titular de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Vicente Castellanos Villa y Guadalupe Guerrero Córdova, se comprometieron ante ejidatarios de Tlaxco a hacer los trámites para decretar a esa zona como de desastre, alego el secretario general del Partido Revolucionario Institucional (PRI), Ariel Lima Pineda.

**Viernes 13 de Septiembre de 2002**

**Casi 18 mil hectáreas registran pérdida total: Gobernador**

**Marisol SALDAÑA**

El 25 por ciento de las hectáreas sembradas en el territorio estatal registran pérdidas parciales catalogadas como fuertes y medias, ya que las 240 mil que están cultivadas, mas de 60 mil tienen daños, mientras que 18 mil hectáreas tienen pérdida total, revelaron cifras de la Comisión Nacional del Agua (CNA) que fueron difundidas por el gobernador Alfonso Sánchez Anaya.

**Lunes 23 de Septiembre de 2002**

**Con este desastre, las empresas malteras tendrán que importar el grano: Cebaderos**

**Superan los 250 mdp las pérdidas en cultivos: líderes**

El alto grado de siniestralidad que tenemos en el territorio, hace cada vez más difícil la situación de las familias campesinas: Aristeo Calva, dirigente de la CNC

**Tomás BAÑOS**

Las pérdidas económicas en cultivos de cebada y maíz que fueron dañados por la sequía atípica, superan los 250 millones de pesos, calcularon líderes de la Confederación Nacional Campesina (CNC) y de la Unión Nacional de Cebaderos, quienes insistieron en que son 80 mil las hectáreas afectadas por siniestros naturales y no 18 mil, como sostiene el gobierno de Tlaxcala. Campesinos del norponiente de Tlaxcala muestran que a causa de la sequía de más de tres meses el maíz, en algunos casos la planta ni para forraje servirá.

**Lunes 23 de Septiembre de 2002**

**Llegó la lluvia demasiado tarde, dicen campesinos**

**Tomás BAÑOS**

Campesinos de Ixtacuitla, Nanacamilpa, Sanctórum, Benito Juárez, Tlaxco, Calpulalpan y Hueyotlipan, admitieron que las recientes lluvias que se han presentado en la entidad, llegaron demasiado tarde y ya no sirven a los cultivos de cebada y maíz, miles de hectáreas de cultivo se encuentran totalmente abandonadas y secas, en muchos de ellos, con plaga y ni siquiera aplicaron el fertilizante, ya que a la falta de agua, los hombres del campo se decepcionaron y no arriesgaron los pocos recursos con que contaban.

**Lunes 23 de Septiembre de 2002**

**En 31 días hábiles llegará el dinero del Fonden: Alfonso Sánchez Anaya**

**Marisol SALDAÑA**

Aun cuando la Secretaría de Gobernación declaró a Tlaxcala zona de desastre natural desde el viernes pasado, la liberación de los recursos del Fon de Desastres Naturales (Fonden) dilatará más de un mes todavía porque las reglas de operación del programa así lo establecen.

## RESULTADOS

Miércoles 25 de Septiembre de 2002

Más de 11 mil campesinos fueron afectados por la sequía

**Tomás BAÑOS**

El último recuento que hicieron las Secretarías de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (**Sagarpa**) y Fomento Agropecuario (**Sefoa**), precisa que fueron afectadas como pérdida total 29 mil 437 hectáreas, lo que representa un 12.29% del total sembrado. Además, precisa que 11 mil 181 productores de 30 municipios de la entidad fueron perjudicados.

Imágenes del tipo de resultados obtenidos para ese ciclo agrícola afectado por la presencia de una sequía atípica que perjudico a todos los cultivos en el estado de Tlaxcala.



### CICLO AGRÍCOLA 2003

Evaluación del pronóstico de precipitación del 2003 (**Figura 56**), En general se esperaba precipitación normal desde inicio de año hasta junio, para posteriormente presentarse una canícula de junio a agosto en donde se presentaría la mayor cantidad de precipitación, para disminuir paulatinamente con precipitaciones a fin de año.

De acuerdo a los valores observados, la lluvia se presentó en abril para disminuir en mayo, incrementándose considerablemente en junio para dar inicio una sequía de dos meses y medio, presentándose nuevamente una gran cantidad de lluvias torrenciales que terminaron en noviembre.

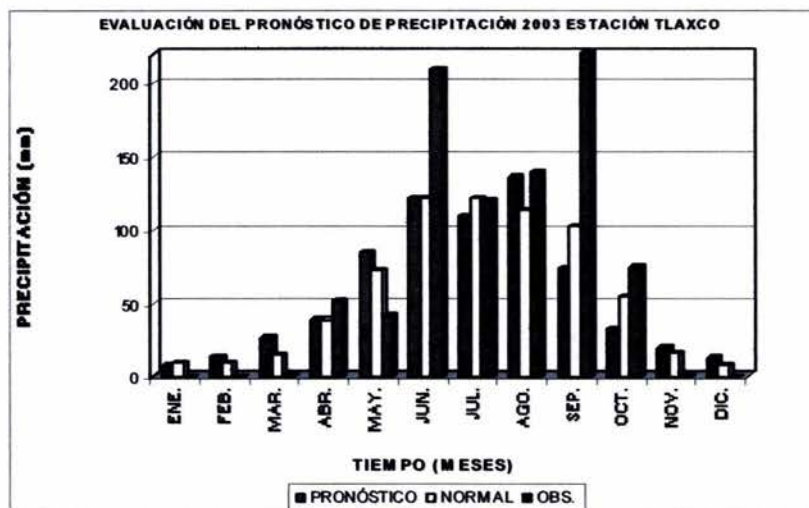


Figura 56. Evaluación del pronóstico de precipitación para el 2003 de la estación climatológica de Tlaxco

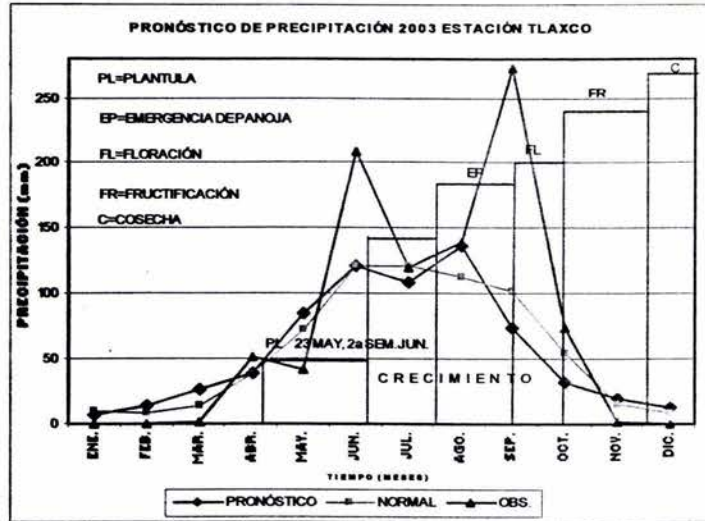


Figura 57. Precipitación observada para el 2003 de la estación climatológica de Tlaxco

En la **Figura 57** se tiene registrada la marcha de la precipitación pronosticada y la observada, la tendencia del inicio de lluvias del pronóstico, corresponde fielmente a la precipitación normal de la estación, nuevamente para el primer semestre el pronóstico es muy certero, en general y para mayo marcó más precipitación de la normal, detectando la canícula en tiempo, pero no en magnitud.

Para la estación de Españita (**Figura 58**), se esperaban las primeras lluvias en abril y mayo con una distribución casi normal, con la presencia de una pequeña sequía en julio y un máximo de precipitación en agosto para descender paulatinamente y dar por terminado el periodo de lluvias con precipitación de fin de año.

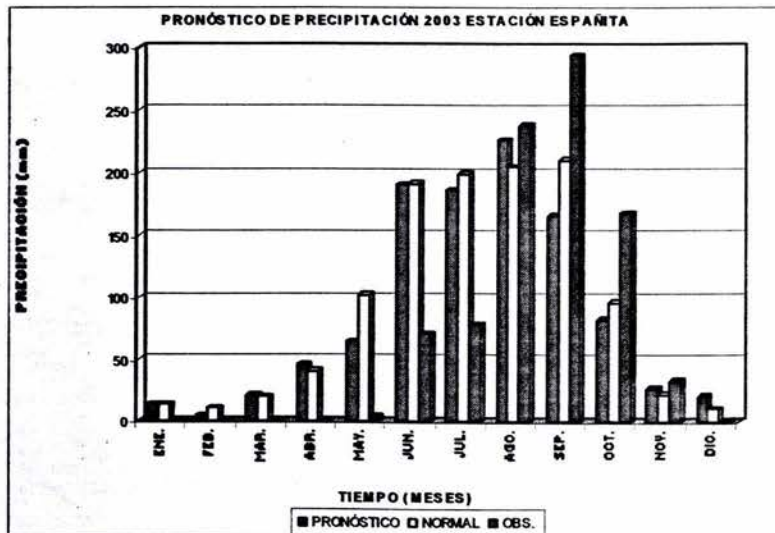


Figura 58. Evaluación del pronóstico de precipitación para el 2003 de la estación climatológica de Españita

En la **Figura 59** se ve como la precipitación fue nula por cuatro meses, presentándose una mínima precipitación a mediados de mayo, incrementándose ésta en junio y julio siendo poca lluvia en relación a la precipitación normal de la estación.

A finales de julio y principios de agosto, la lluvia se incrementó de tal manera que alcanzó cantidades exorbitantes, las cuales afectaron seriamente a los cultivos, éstas lluvias continuaron hasta noviembre sin dar descanso y desfogue de humedad a las tierras de cultivo, los pocos productores que se aventuraron a resembrar cuando se establecieron las lluvias, sufrieron las consecuencias de no tener piso para la maquinaria agrícola y de

## RESULTADOS

que los cultivos se encontraran en etapa de llenado de grano en octubre, lo cual los hacia susceptibles de ser afectados por las primeras heladas que se presentarían en esas fechas cercanas al invierno.

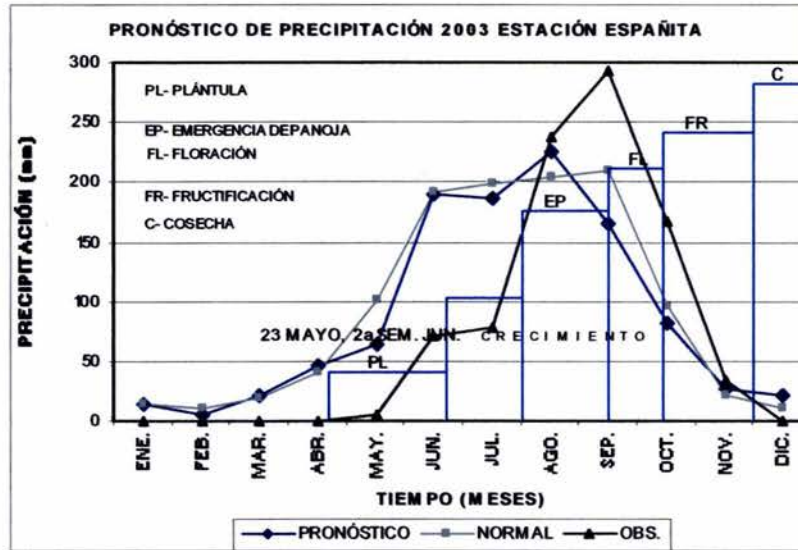


Figura 59. Precipitación observada para el 2003 de la estación climatológica de España

### RESULTADOS PARA EL CICLO PRIMAVERA VERANO 2003

En la población de Atotonilco, el señor **Benjamín Escobar** sembró la segunda semana de junio, ante la falta de lluvia de inicio de año en su región.

El amaranto, el girasol y el frijol los sembró en seco, con la esperanza de que las lluvias no tardaran, cosa que sucedió de una forma torrencial y posteriormente la sequía termino con lo poca que emergió.

Para la población de El Rosario, municipio de Tlaxco, don **Ernesto Lozada Pérez**, sembró el 15 de junio, comentó que sembró por el compromiso adquirido con nosotros más no por obtener buenos resultados en los cultivos.

En la población de Miguel Aldama, don Salvador Pérez sembró en el 23 de mayo con la poca precipitación que se presentó, la humedad no fue la suficiente y las semillas de plano no germinaron.

Las zonas de estudio presentaban un deterioro casi total a causa de la sequía prolongada, la cual acabó con muchos cultivos, los productores que volvieron a resembrar se enfrentaron al problema de las abundantes lluvias que inundaron las parcelas o derribaron los cultivos por efecto de los vientos huracanados.



## RESULTADOS

---



En resumen, el ciclo agrícola, climatológicamente hablando fue malo para los productores del estado de Tlaxcala, no así para los de otros estados de la República Mexicana, quienes sufrieron inundaciones, desbordes de presas, de ríos etc.

Es altamente probable que los productores han detectado cambios en el clima de su región en los últimos años, ellos lo relacionan con los cambios que se están dando en las fechas de siembra. Muchos productores comentan que el clima incluso a cambiado y que ya no es el mismo de hace 20 o 30 años.

Otro cambio que ellos han notado, es referente a los ciclos de lluvia, notan que en la actualidad los períodos son más cortos que antes, que la lluvia ya no se presenta en tiempo y forma y que deja de llover por tiempos prolongados, que cuando llueve, la precipitación se presenta en forma torrencial y con pocos eventos se tiene la cantidad de lluvia que se esperaría en todo el ciclo agrícola.

Lo mismo sucede con otros eventos climatológicos como las heladas, comentan que antes se presentaban en la mera época de invierno y con gran intensidad, lo que ayudaba a combatir algunas plagas de insectos en el campo. Observan que en la actualidad ya no hiela como antes, que los inviernos son más cálidos (menos fríos), en la actualidad se presentan heladas inesperadas que generalmente acaban con los cultivos.

Ante estas observaciones de los productores, hacemos la siguiente reflexión. ¿en realidad el clima del estado se está alterando? ¿o los cambios que ellos observan forman parte de la misma variabilidad climática? ¿o nosotros estamos forzando el sistema y éste se manifiesta como un **cambio climático regional**?

Del análisis realizado para los cuatro años del experimento, se realizó el **Cuadro XV** en donde se resume cada uno de los ciclos agrícolas por localidad o zona de estudio, por cultivo y el resultado del ciclo agrícola correspondiente.

### ***Ciclo agrícola 2000:***

**Amaranto:** solo se logró en la población de Miguel Aldama  
**Girasol:** se logró en la población de Miguel Aldama  
**Frijol Bayomex:** se logró en las tres localidades

### ***Ciclo agrícola 2001:***

**Amaranto:** solo se logró en la población de Miguel Aldama  
**Girasol:** se logró en la población de Atotonilco y Miguel Aldama  
**Frijol Bayomex:** se logró en las tres localidades

### ***Ciclo agrícola 2002:***

**Amaranto:** no se logró en ninguna población  
**Girasol:** no se logró en ninguna población  
**Frijol Bayomex:** no se logró en ninguna población

## RESULTADOS

### Ciclo agrícola 2003:

<b>Amaranto:</b>	no se logró en ninguna población
<b>Girasol:</b>	no se logró en ninguna población
<b>Frijol Bayomex:</b>	no se logró en ninguna población

2000				
LOCALIDAD	AMARANTO	GIRASOL	FRIJOLBAYOMEX	RESULTADO
Atotonilco	No se logró	Si se logró	Si se logró	Bueno
El Rosario	No se logró	Poca producción.	Si se logró	Bueno
Miguel Aldama	Si se logró	Si se logró	Si se logró	Excelente
2001				
LOCALIDAD	AMARANTO	GIRASOL	FRIJOLBAYOMEX	RESULTADO
Atotonilco	No se logró	Si se logró	Si se logró	Bueno
El Rosario	No se logró	No se logró	Si se logró	Regular
Miguel Aldama	Si se logró	Si se logró	Si se logró	Bueno
2002				
LOCALIDAD	AMARANTO	GIRASOL	FRIJOLBAYOMEX	RESULTADO
Atotonilco	No se logró	No se logró	No se logró	
El Rosario	No se logró	No se logró	No se logró	
Miguel Aldama	No se logró	No se logró	No se logró	
2003				
LOCALIDAD	AMARANTO	GIRASOL	FRIJOLBAYOMEX	RESULTADO
Atotonilco	No se logró	No se logró	No se logró	
El Rosario	No se logró	No se logró	No se logró	
Miguel Aldama	No se logró	No se logró	No se logró	

Cuadro XXVI. Tabla comparativa de la adaptación o no de los cultivos introducidos para el ciclo agrícola 2000-2003

## RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS DE PRECIPITACIÓN

ESTACIÓN TLAXCO																	
AÑO \ MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ESCALA	EVEN TO	1er. sem	2 semestres	MÉTODO
2000	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	Mensual		5/6 .83	7/12=0.58	Ens. análogos
2001	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	Mensual		4/6 .66	7/12=0.58	Ens. análogos
2002	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	Mensual		6/6 1	9/12=0.75	Ens. análogos
2003	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	Mensual		3/6	5/12=0.41	Ens. análogos
ESTACIÓN ESPAÑITA																	
AÑO \ MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ESCALA	EVEN TO	1er. sem	2 semestres	MÉTODO
2000	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	Mensual		2/6 .33	4/12=0.33	Ens. análogos
2001	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	Mensual		4/4 1	8/12=0.66	Ens. análogos
2002	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	Mensual		5/6 .83	6/12=0.50	Ens. análogos
2003	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	Mensual		1/6	4/12=0.33	Ens. análogos

Cuadro XXVII Evaluación de los pronósticos de precipitación

Con lo que respecta al análisis y evaluación de los pronósticos de precipitación, de ante mano sabemos que el sistema climático es muy complejo, pero a pesar de esto se han emitido pronósticos de precipitación pluvial a diferentes escalas de espacio y tiempo (Orozco, 2004).

Para tener más fineza en los pronósticos, el del año 2000 se realizó a escala mensual para todo el ciclo agrícola (Pérez y Orozco 2000); el 2001 a escala mensual para todo el año (Hernández 2001), el pronóstico para el 2002 se realizó a escala mensual, de enero a diciembre (Reyes 2002), y por último 2003 se realizó a escala mensual, de enero a diciembre (Orozco y Morales 2003). Los pronósticos, se presentaron y se difundieron con los productores de todo el estado de Tlaxcala antes de cada ciclo agrícola, para que el usuario pudiese tomar decisiones.



## RESULTADOS

---

Cuando se tiene el evento de "EL NIÑO" los pronósticos tienen mejor habilidad de predicción y un mayor rango de certidumbre, esto puede ser debido a que el océano y la atmósfera se encuentran fuertemente acoplados en esa fase de interacción océano atmósfera.

Se logró detectar la existencia de un límite de predictibilidad, del orden del 50% del período pronosticado originalmente.

**DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE SUELO:**

**NEUTRO:** Suelos con pH entre 6.5 y 7.5 no presentan problemas generales de manejo, a excepción de aquellos contienen cantidades apreciables de bicarbonato de sodio en la solución del suelo, en cuyo caso pueden presentarse problemas de disponibilidad de hierro. A medida que el pH aumenta se suelen incrementar los problemas de disponibilidad de **Zn, Fe, Cu y Mn**.

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

muestras	PH				TIPO DE SUELO
	REP: 1	REP: 2	REP: 3	MEDIA	
01 (Benjamín)	6.58	6.46	6.5	6.513	NEUTRO
02 (Salvador)	5.53	5.52	5.41	5.487	MODERADAMENTE ÁCIDO
03 (Ernesto)	6.82	6.88	6.85	6.850	NEUTRO

Cuadro XXVIII. Resultados de pH.

**TEXTURA DEL SUELO:**

La textura indica la proporción de las partículas fundamentales del suelo: Arcilla, Limo y Arena, que se pueden agrupar en fina, mediana y gruesa.

Muestra	%Arena	%Arcilla	%Limo	%Arena	%Arcilla	%Limo	tipo_suelo
01) Benjamín	51.84	25.16	23	50.39	25.83	23.79	Franco Arcillo Arenosa (textura media)
	51.84	25.16	23				
	47.48	27.16	25.36				
02) Salvador	47.84	27.16	25	47.05	27.28	25.7	Franco Arcillosa Arenosa (textura media)
	47.84	26.16	26				
	45.48	28.52	26				
03) Ernesto	31.84	44.16	24	32.51	43.49	24	Arcilla (textura fina)
	32.84	44.16	23				
	32.84	42.16	25				

Cuadro XXIX Textura

**MATERIA ORGÁNICA:**

El contenido de materia orgánica del suelo es una de sus características. Esta se asocia con la liberación de nitrógeno, fósforo y azufre, también se asocia a la disponibilidad de **Fe, Mn, Cu, y Zn**, los suelos con alto contenido de materia orgánica tienden a presentar mayor conductividad hidráulica, mayor porosidad, menor aparente y menor compactación y una alta fertilidad natural.

muestra	Rep.	02-Jun-03	mcf	% C org	% M.O	Promedio	Cant. M.O.
01 (Benjamín)	1	7.6	1.015	2.1898	3.7751	3.7296	alto contenido
	2	7.7	1.015	2.1106	3.6387		
	3	7.6	1.015	2.1898	3.7751		
02 (Salvador)	1	7.6	1.017	2.1953	3.7847	3.6935	alto contenido
	2	7.7	1.017	2.1160	3.6479		
	3	7.7	1.017	2.1160	3.6479		
05 (Ernesto)	1	7.5	1.016	2.2713	3.9157	3.9612	alto contenido
	2	7.4	1.016	2.3505	4.0523		
	3	7.5	1.016	2.2713	3.9157		

Cuadro XXX. Materia Orgánica

**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:**

El contenido de sales solubles del suelo es uno de los factores limitativos en los suelos de zonas semiáridas, reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo la disponibilidad de agua para las plantas.

Relación entre la conductividad eléctrica en extracto 1:2 para suelos

CE en suelo : agua (1:2)	Condiciones de salinidad y efecto sobre las plantas
< 0.15	< 1.0 Suelo libre de sales: no existe restricción para ningún cultivo
0.15 – 0.5	
0.5 – 1.0	
1.0 – 1.5	1-2 Suelo muy bajo en sales: Los cultivos se ven afectados en los rendimientos
1.5 – 2.0	
2.0 – 2.5	
> 2.5	2-4 suelos moderadamente salinos: cultivos afectados en los rendimientos

Cuadro XXXI. Conductividad Eléctrica

**FÓSFORO MÉTODO BRAY**

El fósforo es el segundo nutrimento en importancia, a juzgar por la frecuencia con que ocurre la deficiencia en el suelo. En cuanto a sus funciones en planta, forma parte de un gran número de compuestos orgánicos esenciales, incluyendo aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila.

01 (Benjamín)	Peso suelo Seco grs. 24 hrs	Aforo ml	P mg/Kg	Promedio	Kg/Ha	concentración
	44.33	50	20.5	21	50.4	alta
	44.39	50	21			
02 (Salvador)		50	21.5	48.5	116.4	muy alta
	44.95	50	48			
	44.46	50	48.5			
03 (Ernesto)		50	49	36.5	87.6	muy alta
	44.36	50	37			
	44.07	50	36.5			
		50	36			

Cuadro XXXII. Contenido de Fósforo

**CACIONES:**

Niveles de elementos disponibles para las plantas en los suelos analizados:

**Bajo:** En este nivel del nutrimento en el suelo es de esperar una alta probabilidad de respuesta a la adición del fertilizante, particularmente en cultivos que demandan en forma importante este nutrimento.

**Medio:** El nutrimento se encuentra a niveles generales de suficiencia para la mayoría de los cultivos.

**Alto:** El nutrimento se encuentra a niveles muy por encima del nivel crítico y en forma general no se recomienda la adición de fertilizante.

Na								
	Rep.	mg/kg	FM	FD	cmol/kg	cmol/kg	Kg/ha	Contenido
(01) Benjamín	1	0.108	25	10	0.117	0.105	0.264	Bajo
	2	0.087	25	10	0.095			
	3	0.096	25	10	0.104			
(02) Salvador	1	0.095	25	10	0.103	0.091	0.216	Bajo
	2	0.088	25	10	0.096			
	3	0.068	25	10	0.074			
(03) Ernesto	1	0.144	25	10	0.157	0.156	0.384	Bajo
	2	0.154	25	10	0.167			
	3	0.133	25	10	0.145			

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS

K								
	Rep.	mg/kg	FM	FD	cmol/kg	cmol/kg	Kg/ha	Contenido
(01) Benjamín	1	7.63	25	10	0.488	0.47	1.1	Medio
	2	7.17	25	10	0.459			
	3	7.29	25	10	0.466			
(02) Salvador	1	8.09	25	10	0.517	0.55	1.3	Medio
	2	8.92	25	10	0.570			
	3	8.87	25	10	0.567			
(03) Ernesto	1	14.8	25	10	0.947	1.05	2.5	Alto
	2	18.1	25	10	1.155			
	3	16.2	25	10	1.037			

Ca								
	Rep.	mg/kg	FM	FD	cmol/kg	cmol/kg	Kg/ha	Contenido
(01) Benjamín	1	19.56	25	10	24.4012	24.081	57.79	Alto
	2	19.56	25	10	24.4012			
	3	18.79	25	10	23.44062			
(02) Salvador	1	9.038	25	10	11.27495	14.04192	33.7	Alto
	2	13.33	25	10	16.62924			
	3	11.4	25	10	14.22156			
(03) Ernesto	1	20.63	25	10	25.73603	33.29591	79.92	Alto
	2	29.6	25	10	36.92615			
	3	29.84	25	10	37.22555			

Mg								
	Rep.	mg/kg	FM	FD	cmol/kg	cmol/kg	Kg/ha	Contenido
(01) Benjamín	1	12.1	25	1	2.4814815	2.42	5.8	Medio
	2	11.6	25	1	2.382716			
	3	11.7	25	1	2.3971193			
(02) Salvador	1	9.28	25	1	1.909465	2.08	5	Medio
	2	10.4	25	1	2.1399177			
	3	10.6	25	1	2.1893004			
(03) Ernesto	1	29.7	25	1	6.1111111	6.53	16	Alto
	2	31.1	25	1	6.4012346			
	3	34.4	25	1	7.0761317			

Cuadro XXXIII. Contenido de Cationes

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS

### RESUMEN DEL MUESTREO DE SUELOS:

Atotonilco	(01) Don Benjamín
El Rosario	(02) Don Salvador
Miguel Aldama	(03) Don Ernesto

Muestra	Prof. cm	Arena	Limo	Arcilla	Textura *	Ph **	Materia Org. +	Fósforo	Na	K	Ca	Mg	Conduc. Elec.
<b>01</b>	60	50.39%	23.79	25.83	<b>FAA</b>	<b>N</b>	<b>AC</b>	<b>Alta</b>	Bajo	Medio	Alto	Medio	0.08
<b>02</b>	60	47.05	25.7	27.28	<b>FAA</b>	<b>MA</b>	<b>AC</b>	<b>Muy alta</b>	Bajo	Medio	Alto	Medio	0.08
<b>03</b>	30	32.51	24	43.49	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>AC</b>	<b>Muy alta</b>	Bajo	Alto	Alto	Alto	0.07

Cuadro XXXIV. Resultados del muestreo de suelos de las áreas de estudio

\* **FAA** Franco Arcillo Arenoso (Textura media)

**A** Arcilla (Textura fina)

\*\* **N** Neutro

**MA** Moderadamente Ácido

+ **AC** Alto contenido

Conductividad Eléctrica: < 0.15 suelo libre de sales (no existe restricción para ningún cultivo)

## CONCLUSIONES

---

### CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos, con lo que respecta a las interacciones, pláticas, charlas y convivencias con los productores, se cumplió con dicho objetivo, que fue el entablar comunicación con un experto del campo y del clima desde un punto de vista empírico, para compartir sus experiencias con los investigadores.

En las primeras charlas realizadas con los productores, se conocieron diferentes caracteres y formas de pensar, resultando en ocasiones complicado el utilizar un lenguaje coloquial para dialogar y explicar de una manera sencilla al productor los temas de la Variabilidad Climática/ Cambio Climático.

Se les brindó información, sobre el evento climatológico de EL NIÑO LA NIÑA, se hizo hincapié de que el evento siempre ha existido, que no es nada nuevo, pero que se está presentando con más intensidad y no se puede hacer nada momentáneo por evitarlo, se les mencionó cómo tratar de convivir con dichos eventos, como de mitigar las anomalías del clima y como contrarrestar en parte sus efectos en el campo. Por lo que el primer y, segundo objetivo así como la primera y tercer hipótesis se pudieron lograr y comprobar satisfactoriamente.

En cuanto a la segunda hipótesis, sobre el análisis y cuantificación de los datos climatológicos de precipitación del Estado de Tlaxcala, fue posible desarrollar un esquema de diagnóstico/pronóstico de la precipitación pluvial para el estado de Tlaxcala., ya que se tomaron en cuenta las variaciones del clima con EL NIÑO y LA NIÑA, para un análisis espacial y temporal.

Es muy claro que cuando no se tiene un ciclo agrícola con precipitaciones establecidas entre marzo y abril, difícilmente se podrán concluir satisfactoriamente todas las etapas fenológicas de los cultivos sugeridos, ya que cuando no es por falta de precipitación, es por un exceso de la misma o en su defecto cuando el cultivo se encuentra en fase terminal las temperaturas mínimas (heladas), terminan con ellos.

Con base a los resultados obtenidos en los cuatro años de estudio, se pudo constatar que uno de los factores determinantes para la adaptación o no de los cultivos, fue el clima característico de cada región ya que los diversos eventos que se presentan en el Estado, no impactaron a todos los lugares de igual manera.

A pesar de que en dos poblaciones se pudieron establecer los cultivos de Girasol y Amaranto (Atotonilco y Miguel Aldama), y en los tres el frijol (Atotonilco, El Rosario y Miguel Aldama), por el espacio de dos años consecutivos (2000 y 2001), con lo que respecta al 2002 y 2003 las adversidades en el clima no permitieron que en ninguna zona del estado de Tlaxcala, se pudiesen desarrollar los cultivos sugeridos, sino que incluso los cultivos establecidos de manera tradicional por los productores. Desafortunadamente esto no fue sólo para el Estado de Tlaxcala ya que este efecto de sequía en el 2002 y el de las inundaciones en este 2003 ha sido generalizado a nivel de República Mexicana.

Un papel determinante en la introducción y adaptación de un cultivo es el tipo de suelo que se tiene en la región ya que con base a los resultados obtenidos por los análisis, por la textura que tienen los suelos de la población de Atotonilco, no es posible la introducción del amaranto e incluso el de otras semillas pequeñas, por la fácil compactación del suelo ante la presencia de humedad y por la falta de oxigenación del mismo.

Otros factores climáticos de interés en la agricultura, además de EL NIÑO y el Cambio Climático, que modulan la temporada de lluvias en escalas de uno a muchos años, pueden ser factores atmosféricos de gran escala que afectan a las actividades agrícolas en muy diversas formas, no todos ellos están necesariamente asociados a las lluvias hay algunos eventos como las heladas, los vientos huracanados o las granizadas que afectan de igual manera a los cultivos y que por la tanto son de un gran interés meteorológico y agrícola para todo el mundo, la República Mexicana y el Estado de Tlaxcala.

### DE LOS PRONÓSTICOS

Para el 2000 y 2001, los pronósticos se realizaron con un enfoque no lineal, aplicando el método de ensamble de análogos observados (Toth 1989). En particular, para el pronóstico del 2002 se utilizaron análogos observados de acuerdo a los criterios de Gray, en la realización de los pronósticos de la presencia de huracanes para

## CONCLUSIONES

---

los Océanos Atlántico y el Pacífico (Gray 2002). En todos los pronósticos se dio vital importancia, al análisis de los pronósticos de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar, de la zona NIÑO 3. Para el 2003, también se realizó el pronóstico aplicando ensamble de análogos observados.

La habilidad de pronóstico, generalmente, fue mayor cuando se consideró el pronóstico válido sólo a seis meses, lo que muestra que existe una divergencia en las soluciones a seis y doce meses, indicando la existencia del límite de predictibilidad (Gay et al., 2004).

Se ha ido mejorando la habilidad de pronóstico con el método empírico “ensamble de análogos observados”. Generando bases de pronóstico que deban ser superadas por métodos determinísticos, híbridos, etc.

Desde un punto de vista operativo de aplicación del pronóstico, puede concluirse que siempre estuvo el porcentaje de aciertos muy por arriba de lo que sería un simple volado, por lo que puede traducirse en beneficios económicos para aquellos productores que hayan utilizado el pronóstico en forma apropiada, es decir, al menos no tomó una segunda opción de cultivo habiendo invertido en una primera opción.

Los resultados sugieren, que se deba presentar a los productores un pronóstico actualizado a finales de junio, pues el límite de predictibilidad que se ha encontrado con este método permitirá mejorar la habilidad de pronóstico, en forma operativa, durante el segundo semestre

## TRABAJOS FUTUROS

Se sugiere la realización y el seguimiento de este tipo de trabajos y a la vez la introducción de otros cultivos alternativos, para periodos más largos ya que desafortunadamente la variabilidad del clima es tal que ningún año es similar a otro climatológicamente hablando y desde el punto de vista agrícola, mientras que un año puede ser bueno para todos los cultivos, el otro año puede serlo sólo para un determinado tipo de cultivo y además que se puede presentar un evento extremo que altere la climatología del ciclo agrícola y tampoco permita el establecimiento de los cultivos, por lo que se requiere de hacer un seguimiento de este estudio, de al menos otros cuatro años.

Lo que si queda muy claro es que el clima a pesar de ya no ser el mismo de antes, ahora se observan fluctuaciones muy contrastantes en un solo ciclo agrícola, por lo que también se sugiere que se realicen otros tipos de análisis del clima con mayor fineza los cuales permitan tener una mayor certidumbre de lo que se obtenga del análisis.

## BIBLIOGRAFÍA

---

### BIBLIOGRAFÍA

- Abdi, N., And Sahib M. K. (1976). "Distribution of Lysine in Different Legumes and Some Species of *Amaranthus* Sedes". *J. Food Sci. Tech.* 13: 237-239.
- Aguilar, J., y Alatorre G. (1978). "Monografía de la planta de alegría. Grupo de Estudios Ambientales, A.C"., México. 1 (j) 157-203.
- Almanza, G.,E.& Hualpa M. L. C. (1984). *Amaranthus* sp. In: Contenido de humedad, ceniza, grasa y almidón en noventa y siete líneas de la colección de *Amaranthus* Cusco. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (Perú). Programa Académico de Ciencias Agrarias. Cusco (Perú). Tesis (Ing. Agr.). 92 p.
- Andrés, A. S., Jorge D. E. B., y Javier C. R. Sociedad Mexicana De la Ciencia del Suelo. Pp 109-124.
- Arteaga, R. R., y Castro, Z. R. (1993). "*Introducción a la meteorología*". Universidad Autónoma de Chapingo de Chapingo. Primera Edición. ISBN. 968-884-227-3.
- Ávila, A. L., Pasch J. R. And Jiing G. J. 2000. *Atlantic Tropical Systems of 1996 and 1997: Years of Contrasts. Annual Summary, vol. 128, October, 3695-3706.*
- Ávila, F. C. (2002). *Introducción de Cultivos Alternos en Tres Poblaciones del Estado de Tlaxcala (Atotonilco, El Rosario y Miguel Aldama)*. Tesis Licenciatura en Biología Agropecuaria, Departamento de Agrobiología U.A.T. Campus Ixtacuixtla.
- Becker, D. (1997). "Global Warming Central": Debate Number Three. <http://www.law.pace.edu>.
- Barros, C., y Buenrostro M. (1997). *Amaranto, Fuente Maravillosa de Sabor y Salud*. Grijalbo, México.
- Bray, R. H., and Hurtz. L. T. (1945). "Determination of Total, Organic, and Available Phosphorus in Soil". *Soil. Sci.* 59:39-45
- Bruce, J. P (1990). "La Atmósfera de la Tierra, Planeta Viviente", Organización Meteorológica Mundial.
- CAEVAMEX, (1981). *Guía para la asistencia técnica agrícola*. Área de Influencia del Campo Agrícola Experimental, Valle de México. SARH. INIA. Chapingo, México.
- Cajuste, J. L. (1987). "El Fósforo Aprovechable en los Suelos". En: Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo. Andrés Aguilar Santelises, Jorge D. Etchevers Barra y Javier Castellanos Ramos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Pp 133-142.
- Cavagnaro, J. B. (1985). *Effect of water stress on growth and dry matter partitioning in four species of Amaranthus*. Thesis M. S. Graduate Division, University of California, 29 p.
- CIAMEX, (1985). Informe del CIAMEX. Centro de Investigaciones de la Mesa Central. Chapingo, Estado de México.
- Climate Change, (1995). "The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Assessment Report of the IPCC", (Cambridge: University Press), 572 pp.
- Collins, H. P. Robertson P. G. y M. J. Klug (1995). "The significance and regulation of soil biodiversity". Kluwere Academic Publishers, Dordrecht.
- Common Questions about Climate Change, (1992). United Nations Environment Programme, World Meteorological Organization.
- Conde, C., Ferrer, R., Gay, C. (1999). *Variabilidad Climática y Agricultura*. GEOUNAM.



## BIBLIOGRAFÍA

---

Conde C., Magaña V., Ferrer R., Araujo R., Morales T., Pérez J. L., y Orozco F. S. (1999). Los impactos de EL NIÑO en México. Capítulo 4 de Libro. Editor: Víctor O. Magaña Rueda, CCA-UNAM.

Cultivo del Amaranto en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 12. Mexico. 245 p.

Chavira, J. G., y Castellanos J. Z. (1987). "Sales Solubles en: Análisis Químicos para Evaluar la Fertilidad del Suelo".

Doran, J. W., y Parkin T. B. (1994). "Defining Soil Quality for a Sustainable Environment". In J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. B., y Stewart B. A. (ed.) Soil Sci. Soc. Am. Spec. Pub. 35, Soil Science Society of América, Madison, WI.

Dunn, Seth. (1997). "Controlling the Climate Experiment". Earthtimes. <http://www.earthtimes.com/>

Early, D. K. (1977a). *Amaranth Secrets of the Aztecs*. Org. Gard. Farming, 24 (12):69-73.

Early, D. K. (1977b). *Cultivation and uses of Amaranth in Contemporary Mexico*. In: Proc. First. Amaranth Seminar., Meaux, Pa. USA. Pp. 39-60.

El Sol de Tlaxcala, (2002). Afecta sequía 10 mil hectáreas de cebada en la zona poniente, el 50 por ciento de los cultivos registra pérdida total. 5 de Agosto.

El Sol de Tlaxcala, (2002).. Registran pérdida total dos mil hectáreas de diversos cultivos debido a la sequía atípica declaran zona de desastre al municipio de Calpulalpan. 5 de Septiembre.

El Sol de Tlaxcala, (2002). Exigen campesinos que PROAGRO cubra las indemnizaciones de los cultivos siniestrados. Inician tramites para decretar a Tlaxco zona de desastre. 13 de Septiembre.

El Sol de Tlaxcala, (2002). Llegó la lluvia demasiado tarde, dicen campesinos. 23 de Septiembre.

El Sol de Tlaxcala, (2002).. Más de 11 mil campesinos fueron afectados por la sequía. 25 de Septiembre.

Espitia, R.E. (1994). "Breeding of Grain Amaranth". en O. Paredes-López (ed.), *Amaranth. Biology, Chemistry and Technology*. Press, Boca Ratón. Ann Arbor. Londres.

Feine, L. (1976). The Cultivation and Domestication of the Grain Amaranth and Their Possible use as Future World Crop. *Ethnoecology*. 405.

Fassbender, H. W., y Elemer B. (1987). *Química de Suelos con Énfasis en suelos de América Latina*. 2ª. Ed. San José, de Costa Rica. IICA.420 pp.

FAO, (1990, 1991) *Notas de investigación y varia: Documentos: Los cambios climáticos y las actividades agrícolas forestales y pesqueras*. Geografía y Desarrollo. Vol. II, Núm. 6/65-67.

Feine, B. L. et al. (1979). Amaranth: gentle giant of the past and future. In: New Agricultural Crops. Gary A. Ritchie ed. A.A.A.S. Selected Symposium. Trad. Del Inglés por Dr. Federico Gómez L. Depto. De Zonas Áridas. U.A.CH. Chapingo, México.

Gay, (1999). "El Cambio Climático Global". Boletín Informativo de *Claridades Agropecuarias*.

Gay, G. C., Hernández V. M., Jiménez L. J., Lezama G. J., Magaña R. V. O., Morales A. T., y Orozco F. S. (2004). "Evaluation of Climatic Forecasts of Rainfall for the Tlaxcala State (Mexico): 1998-2002".

GCCIP, (2001). "Global Climate Change Information Programme". <http://www.doc.mmu.ac.uk/>

## BIBLIOGRAFÍA

---

Goijberg, G. y Aguilar A. (1987). *pH del Suelo y Necesidades de Cal en Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo*.

Glick, P. (1997). "Global Warming": The high costs of inaction. Sierra Club Understanding green markets project. <http://mitchell.sierraclub.org/>.

Granados, R. G. (2000). *Regionalización Agroclimática en la Mesa Central de Guanajuato*. Tesis de Doctorado en Geografía.. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México, D. F.

Hernández, P. H. (2001). *Caracterización Espectral de la Precipitación Pluvial de Acuerdo al Ciclo Vegetativo del Maíz: Apizaco Tlaxcala*. Tesis de Licenciatura en Biología Agropecuaria. Departamento de Agrobiología U.A.T. Campus Ixtacuixtla.

Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K. (1992). "Climate Change 1992": The Supplemental Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. pp. 200.

<http://ggweather.com/enso/tears.htm>

INEGI, (1986). Síntesis Geográfica de Tlaxcala.. *Secretaría de Programación y Presupuesto*.

INEGI, (1995). *Estadísticas del Medio Ambiente*. Aguascalientes, Ags.

INEGI, (1996). Estados Unidos Mexicanos. "Resultados Definitivos". Tabulados Básicos. XI Censo General de Población y Vivienda. Aguascalientes, Ags.

INEGI, (1999). *Cuaderno Estadístico Municipal*. Tlaxco. Estado de Tlaxcala.

Itúrbide, G.A. y Gispert M. (1992). "Amarantos de Grano" (*Amaranthus* spp.). En: J.E. Hernández-Bermejo y J. León (eds.), *Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492*. fao, Roma.

INIFAP, (1993). *Regionalización Agroclimática*, con base a series históricas y características edáficas del Territorio Estatal.

John, J. (1990) "Cultivo Biointensivo de Alimentos" más alimentos en menos espacio.

Karl, R. T. and Knigh W. R. (1998). "Secular Trends of precipitation amount, Frecuency, and Intensity the United States". Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 79, num. 2, February, 231-241.

Kiladis, G. N., and Diaz H. F. (1989): "Global Climatic Anomalies Associated With Extremes in the Southern Oscillation", *J. Climate*, 2, 1069-1090.

Lawrence, K. J. (1998). "Transient Solar Influence on Terrestrial Temperature Fluctuations". *Geophysical Research Letters*, vol. 25, num. 2. January 15, 159-162.

León, R. y Aguilar A. (1987). *Materia Orgánica en: Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo*.

Macara, C. O. (1991). "México y el Cambio Climático Global: Un Balance Crítico", *Revista Ciencia y Desarrollo*.

Magaña, V. O. and Quintanar A. I. (1997). "Numerical Simulations in the Environmental and Earth Science." Cambridge.

Magaña, V. O. and Quintanar A. I., (1997): "On the use of General Circulation Models to Study Regional Climate". 2a. Conferencia UNAM - CRAY on Supercomputing. Cambridge University Press. en prensa.

Magaña, V. O., Pérez J. L., Conde C., y Medina S. (1997). "El Fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS)

## BIBLIOGRAFÍA

---

y Sus Impactos en México”. Reporte *INE-Oct.97*.

Magaña, V. O., Morales, T., J. L. Pérez, y Orozco, F. S. (1998). EL NIÑO y LA NIÑA en el Estado de Tlaxcala. Fundación Produce, A. C., SEMARNAP y CONACYT. Tríptico.

Magaña, V. O., Morales A. T., Pérez J. L. y Lezama G. J. (1999). EL NIÑO y LA NIÑA: Impactos en el Estado de Tlaxcala, Tríptico.

Magaña, V. O., Morales A. T., Pérez J. L., Conde C., Orozco F. S., Lezama G.J., Vázquez C. J.A.y Hernández V. M. (1999). “Experiencia para el Pronóstico Climatológico para Actividades Agrícolas en el Estado de Tlaxcala”. Notas, Revista de *Información y Análisis* No. 7 INEGI. Págs. 30-38.

Magaña, V. O. y Morales A. T. (1998). “Variabilidad Climática y Agricultura en México”. *Claridades Agropecuarias, Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria*, No. 57, Mayo, 32-39.

Magaña, V. O., Amador J. A., and Medina S. (1999). “The Midsummer Drought Over Mexico and Central America”. *Journal of Climate American Meteorological Society* Vol. 12 Number 6, pp. 1577-1588.

Mapes, C., J. Caballero, Espitia E., y Bye R. (1996). “Morphophysiological Variation in Some Mexican Species of Vegetable *Amaranthus*”: Evolutionary Tendencies Under Domestication. *Journal of Genetic Resources and Crop Evolution* 43:283-290.

Morales, J. P. et al., (1982), “Respuesta del Amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.) a la Fertilización Química y Orgánica en Condiciones de Temporal en dos Áreas del Estado de Tlaxcala”

Morales, A. T. and Magaña, V. O., (1998). Unexpected Frosts in Central Mexico During Summer, Preprint-AMS 11<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, 10-15 January 1999, Dallas, Texas, USA. -132.

Morales A. T. y Magaña V. O. (1999). “Unexpected Frosts in Central Mexico During Summer). *Memories: American Meteorological Society, annual meeting*, 19-15 January, Dallas, Texas, USA. pp 231.

Morales A. T., Magaña V. O. y Orozco F. S. (2001). “Aplicaciones de Predicciones Climáticas Regionales para Actividades Agrícolas en el Estado de Tlaxcala”: EL NIÑO de 97-98 y LA NIÑA de 99-00. Reunión 2001 C.F.E. México D.F.

Mundo, M., Martín D., y Martínez A. P. (1993). “Cambio Climático: Posibles Consecuencias y Algunas Sugerencias para Disminuir su Efecto en México” Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA Ingeniería Hidráulica en México/enero-abril de 1993 pp. 14-28.

Organización Meteorológica Mundial (1990). “La OMM y el recalentamiento global”. Publicación basada en el primer informe del Grupo de Trabajo I, Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC).

Orozco, F. S. (1989). “*Origen y probabilidades de heladas para el Estado de Tlaxcala*” Tesis de licenciatura en Biología Agropecuaria. Universidad Autónoma de Tlaxcala..

Orozco, F. S. (1999). “Cambio Climático Regional: Estado de Tlaxcala”. Reporte en el IX Congreso Nacional de Meteorología.

Orozco, F. S. (1999). “Impacto de EL NIÑO 1998 y LA NIÑA 1999 Sobre la Precipitación Pluvial para Tlaxcala”. Reporte en el IX Congreso Nacional de Meteorología.

Orozco, F. S. (1999). “Experiencia para el Pronóstico Climatológico para Actividades Agrícolas en el Estado de Tlaxcala”. *Notas Revista de Información y Análisis* (INEGI) No. 7 Págs. 30 – 38.

Orozco, F. S. (2000). *Cambio Climático Regional en Tlaxcala*. Facultad de Filosofía y Letras Unidad de Estudios de

## BIBLIOGRAFÍA

---

Posgrado Colegio de Geografía, UNAM. Tesis de Maestría.

Orozco, F. S., Gay G. C., Morales A. T., Reyna T. T., Jiménez L. J., Hernández V. M., Lezama G. J., (2004). "Introducción de *Amaranto*, *Girasol* y *frijol* Bayomex Ante La Variabilidad Climática/Cambio Climático: en el Estado de Tlaxcala, Ciclos Agrícolas 2000-2003". III Seminario Latinoamericano de Geografía Física. (en prensa, CD y copias disponibles).

Pace, E. P. (1997). *Global Warming Central*. Pace University School of Law. <http://www.law.pace.edu/>.

Paredes, O., Barba de la Rosa A. P., Hernández D., y Carabez A. *Amaranto. Características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. (s/f).

Pérez, J. L. (1997). *Variabilidad climática regional en México*. Facultad de Ciencias. UNAM.

Porta, J., M. López. A., y Roquero C. (1994). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 799 pp.

Reyes, T. K. de la P. (2002). *Existencia de dos Canículas y su Variabilidad ante Eventos Extremos para EL NIÑO y LA NIÑA* Tesis Licenciatura en Biología Agropecuaria, Departamento de Agrobiología U.A.T. Campus Ixtacuixtla.

Reyna, T. T (1986). "Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto (*Amaranthus spp*) en México". En *El amaranto Amaranthus spp* (Alegria). Su cultivo y aprovechamiento. Chapingo, México. 81-89.

Reyna, T. T. (1988). "Regionalización Potencial para el Cultivo del Amaranto en Guanajuato México".

Reyna, T. T (1990). "Requerimientos Climáticos para el Cultivo del Amaranto (*Amaranthus spp*) en México".

Reyna, T. T (1990). *Investigaciones Científicas Sobre amaranto del Instituto de Geografía México (1988)*, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Reyna, T. T. (1991). "Características Edafoclimáticas y el cultivo de 32 tipos de *Amaranthus* en Chalco, Estado de México".

Reyna, T.T., y Taboada M. S., (1993). "Distribución y duración de la sequía intraestival en el estado de Morelos". En conferencia regional latinoamericana de la unión geográfica internacional. Tomo XVI; 175.181.

Reyna, T. T. (1996). "Evaluación de Riesgos Meteorológicos para el Cultivo del Amaranto en Cuba".

Reyna, T. T. (2000). "Zonificación Edáfica para el Cultivo del *Amaranthus cruentus* en la Provincia de Pinar del Río e Isla de la Juventud, Cuba".

Richards, L. A. (1990). *Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos y Sódicos*. 6ª. Ed. Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América. Ed. Limusa. México, D. F.

Rodale, R. (1977). Fixing Amaranth: Nutritional Charts and Recipes. In: Amaranth Round-Up. Rodale. Pennsylvania, USA. Pp. 37-48.

SAGAR, (1996). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos*, Tomo 1, México, D. F.

SAGAR, (1996). *Compendio Estadístico de la Producción Pecuaria de los Estados Unidos Mexicanos, 1990-1994*. México, D. F.

Sánchez, M. A. (1980). *Potencialidad Agroindustrial del Amaranto*. Centro de Estudios Económicos y Sociales del

## BIBLIOGRAFÍA

---

Tercer Mundo (CEEESTEM. México. 239 p.

SARH, (1994). *Compendio Estadístico de la Producción Forestal, 1989-1993*. México, D. F.

Sargent, N.E., (1988). Redistribution of the Canadian boreal forest under a warmed climate. *Climatological Bulletin*, Vol 22(3), pp. 23-34.

Sauer, J. D. (1967). Grain Amaranths, *Amaranthus spp.*(Amaranthaceae). In: Simmonds, N.W. ed. *Evolution of crop plants*, chap. 2. p. 4-6.

Smith, J. B., and Tirpak D. A. (Eds.), (1989). "The Potential Effects of Global Climate Change on the United States", vol. 1, chap. 4, U.S. EPA, Washington, D. C. 345 pp.

Toth, Z. (1989). Long-Range Weather Forecasting Using an Analog Approach, *Journal of Climate* vol. 2, 594-607.

Trinidad, A. S. (1990). "El Amaranto *Amaranthus spp* Su Cultivo y Aprovechamiento Primer Congreso Internacional del Amaranto, realizado en Oaxtepec, Morelos, México en (1991)

Washington, W. M. and Meehl G. A. (1989): Climate sensitivity due to increased CO<sub>2</sub>: Experiments with a coupled atmosphere and ocean general circulation model. *Climate Dynamics*, 4, 1-38.

WMO, (1986). "A report of the International Conference on the Assessment of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts". WMO N° 661. In: *Our Common Future* WCED, 1990. Pág. 400.

## APÉNDICE: 1)

### PRONÓSTICO DE PRECIPITACIÓN PARA EL AÑO 2001

#### Análisis del pronóstico de precipitación para el ciclo agrícola primavera-verano 2001.

El pronóstico indicaba que la lluvia iniciaría en abril, presentándose precipitación por arriba de lo normal en junio, para dar paso a una canícula que duraría casi tres meses, sin que la precipitación se volviese a recuperar (Figura 60).

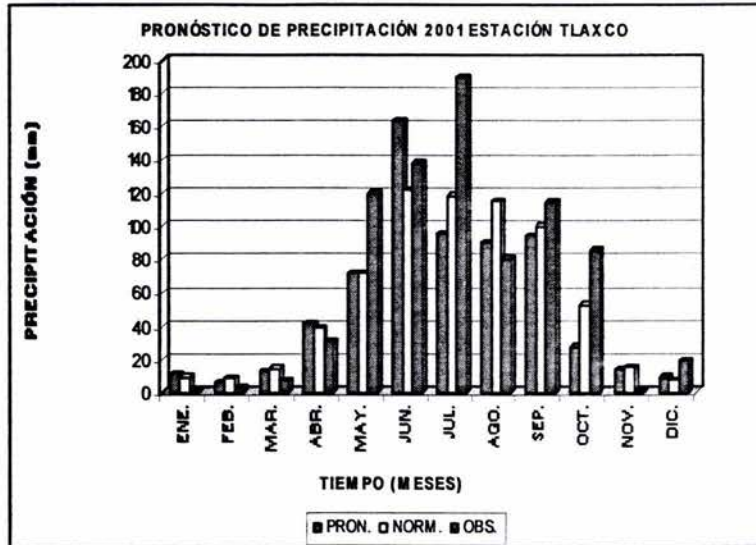


Figura 60. Pronóstico de precipitación 2001 para la estación climatológica de Tlaxco

### PRONÓSTICO DE PRECIPITACIÓN PARA EL AÑO 2002

#### Análisis del pronóstico de precipitación para el ciclo agrícola primavera-verano 2002.

Para la realización de este pronóstico, si se contó con la información de las tres zonas de trabajo, se analizará primero la estación de Tlaxco (Figura 61).

La precipitación de inicio de año es muy similar a la precipitación normal, se observó que se tendría precipitación por abajo de lo normal; una especie de sequía atípica para abril, mayo, junio y julio, para luego tener un máximo de precipitación en agosto, sin que la lluvia sea normal ya que se presentará más precipitación a fin de año, que en todo el período de lluvia.

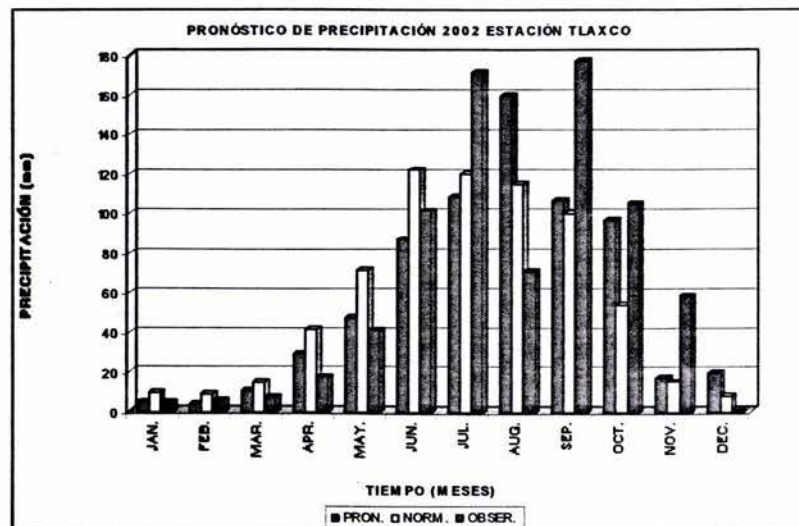


Figura 61. Pronóstico de precipitación 2002 para la estación de Tlaxco

Para la estación de España (Figura 62), el pronóstico indicaba que en el primer semestre la precipitación sería por abajo de lo normal, caso contrario en la segunda mitad del año, cuando se esperaba más lluvia hasta septiembre para disminuir rápidamente en octubre y con poca precipitación a fin de año.

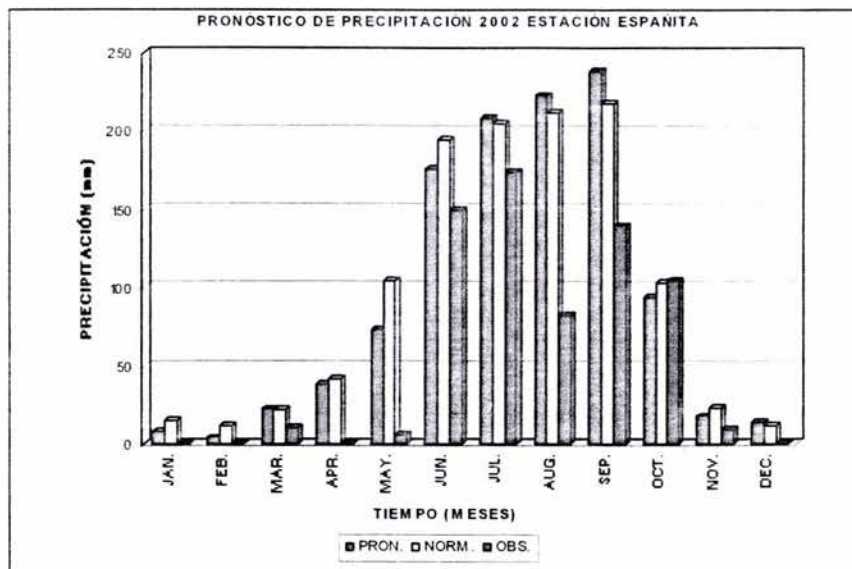


Figura 62. Pronóstico de precipitación 2002 para la estación de España

### PRONÓSTICO DE PRECIPITACIÓN PARA EL AÑO 2003

#### Análisis del pronóstico de precipitación para el ciclo agrícola primavera-verano 2003.

Como en los años anteriores, se realizó el pronóstico de precipitación mensual para las estaciones de estudio, Tlaxco y España (Figuras 63 y 64).

En general, la precipitación se presentaría a tiempo y en cantidad requerida de acuerdo a la normal de cada estación. Se pronosticaba también una canícula extendida, de junio a agosto cuando se presentaría más cantidad de precipitación, disminuyendo paulatinamente, con lluvias de fin de año.

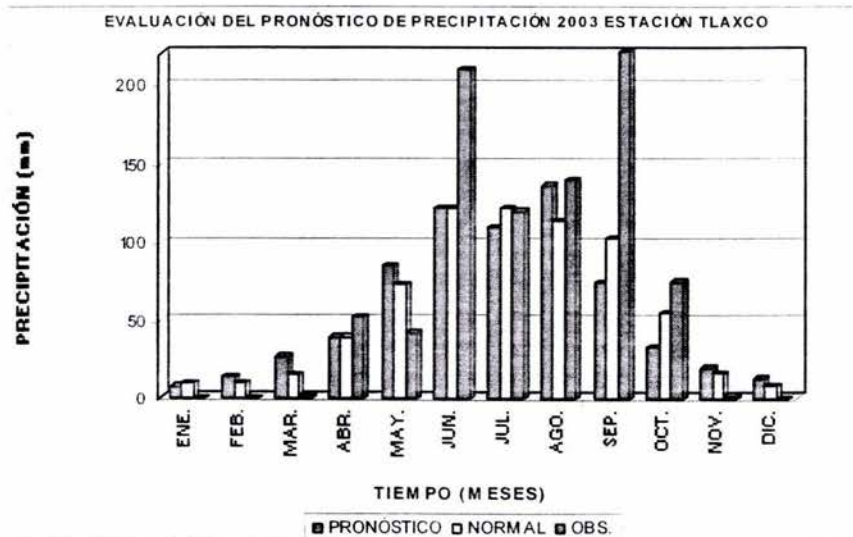


Figura 63. Pronóstico de precipitación 2003 para la estación de Tlaxco

Análisis del pronóstico de precipitación 2003 para España. De acuerdo con el pronóstico, se esperaba precipitación a inicio de año, muy similar a la precipitación normal, quedando establecido el ciclo de lluvia en mayo, teniendo un primer máximo relativo en junio, esperándose una sequía corta en julio y un nuevo máximo de precipitación en agosto, presentándose precipitación por el resto del año.

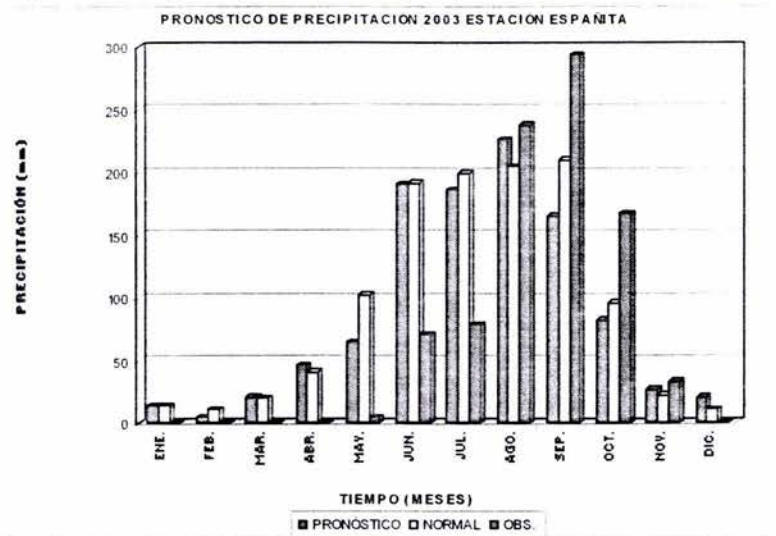


Figura 64. Pronóstico de precipitación 2003 para la estación de España



## APÉNDICE 2)

### DE LAS ENTREVISTAS

#### REUNIÓN CON PRODUCTORES CICLO AGRÍCOLA 2000 (26/may/00)

De las reuniones y entrevistas con los productores, se obtuvieron grandes experiencias acerca de las vivencias de ellos en el campo y se conocieron algunas de sus necesidades primordiales.

Algunos productores comentaron que por que solo se les hablaba de lluvias y sequías y ¿por qué no de hielos? ya que son los que generalmente afectan a cultivos como a sucedido en los últimos años con la presencia de las últimas lluvias que vienen acompañadas con granizos y que afectan a los cultivos hasta en un 100%.



Las visitas realizadas con los productores eran cada quince días, en donde se hacia un seguimiento de los cultivos, de la evolución del clima y del pronóstico de precipitación para cada unas de sus poblaciones.

**Don Fernando Cisneros: Tlalpan municipio de Españita** comentó que el miércoles 12 de julio del 2000 a la 17:00 hrs. Aproximadamente, cayó una granizada con el tamaño de un tejocote, el tiempo que duró fue de aproximadamente 5 minutos y tuvo una altura aproximada de 5 cm. afectando considerablemente el maíz.

La granizada afectó aproximadamente el 50% de los cultivos, el amaranto quedo casi destruido, el frijol estaba desgarrado y amarillo y el girasol se retrasó. Para el domingo 16 de julio del 2000 se presentó una helada que afectó el maíz de toda la cañada.

#### CICLO AGRÍCOLA 2001 Primer visita: 10/abr/2001

Se asistió a la entrega de semillas, se les dio a conocer el pronóstico de precipitación y se continuó con las visitas periódicas.

**28/sep/01** Los comentarios más sobresalientes fueron del **Sr. Benjamín Escobar** quien dijo: “En julio casi todo el mes fue de seca (canícula), no se presentó una sola lluvia, empezó a llover después del 28 de agosto el sembró el 20 y 21 de marzo, no se ha presentado otra lluvia y del 13 al 17 de septiembre, se presentó una ola de aire frío acompañada de una granizada, que acabó con la cebada y todavía esperaban para el 29 de septiembre una helada junto con la del 4 de octubre y son días muy señalados”.

De lo más relevante en esa fecha, el **Sr. Benjamín Escobar: Atotonilco municipio de Tlaxco.** comentó que el ciclo agrícola se presentó malo, ya que en condiciones normales y para esas fechas, la mayoría de las milpas ya fueron despuntadas, cosa que no se ha pudieron hacer por la falta de lluvia, apenas se empezaba a asomar el jilote de las futuras mazorcas y para que maduraran, requerían de 2 meses y para esas fechas ya no esperaban lluvias.

#### **Sr. Ernesto Lozada Pérez El rosario Municipio de Tlaxco.**

En el momento de la visita, los cultivos estaban atrasados, por falta de lluvia, no se habían presentado como se esperaba, la emergencia del girasol y del amaranto era muy raquítica y su tamaño era muy bajo 2 o 3 cm. de altura, por lo que a esas fechas y por las condiciones del clima ya no esperaba nada bueno.

**Don Salvador Pérez: Miguel Aldama Municipio de Españita**, sembró el primero de mayo, asoció el maíz con calabaza de guía, utilizó como fertilizante el estiércol de los animales, comentó que le da mayor vigor a las plantas y que aventajan más los cultivos con estiércol que con los fertilizantes químicos que le dan en los programas de gobierno.

**Don Salvador Pérez: Miguel Aldama Municipio de Españita.**

Comentó que se presentó una helada el 2 de noviembre la cual afectó de una manera parcial el amaranto y el girasol esperaba que madurara el grano sin que lo hubiera afectado.

**Sr. Ernesto Lozada Pérez El rosario Municipio de Tlaxco.**

En su municipio el clima no fue muy favorable por lo que algunos de sus cultivos se perdieron.

### **CICLO AGRÍCOLA 2002 19 DE FEBRERO DEL 2002.**

Se les comentó a los productores que el clima para ese ciclo agrícola sería muy similar al de 1997, con características de un año seco, se esperaba la presencia de el evento climatológico de EL NIÑO y como consecuencia la precipitación sería por abajo de lo normal y un periodo corto de precipitación.

**Don Benjamín** comento: “a inicio de año vi como se formaba una nubosidad muy densa y oscura que provenía del sur del Estado y otra nube de la zona de Tlaxco al norte del Estado, pero nunca se presentó la lluvia; por lo que esperaba un año seco, con lo que me están comentando las evidencias que tengo, no voy a sembrar las diez hectáreas de maíz que tenía programadas para este ciclo agrícola por lo que solo sembraré dos o cuatro para no hacer un gasto infructuoso y tener pérdidas mayores ante esta situación”.

El segundo productor visitado fue el Sr. **Ernesto Lozada Pérez**. De la población de El Rosario, (municipio de Tlaxco, situado al Norte del Estado), mencionó que de acuerdo a las cabañuelas esperaba poca precipitación en Marzo y fines de abril y, que las lluvias se establecerían después del 20 de Mayo

El tercer productor visitado fue el Sr. **Salvador Pérez** comentó, que el notó que los árboles frutales de su huerto están muy tristes (como dormidos) y mencionó que esto es un indicador para él de que las lluvias serían escasas por lo que no esperaba un ciclo agrícola bueno. Comentó que las cabañuelas ya no son efectivas, mejor se guía por sus árboles, si ve que están floreciendo en los primeros meses del año espera las lluvias pronto

**Ernesto Lozada 03/jul/02**

Sembró el 15 de junio maíz, amaranto y girasol, comentó que una lluvia torrencial ocurrida el lunes 01 de julio arrasó con todo lo que había sembrado, por lo no pensaba resembrar, y lo que esta sembraría, sería trigo.

**Don Benjamín Escobar Montiel:** Sembró la segunda semana de junio, pero para esas fechas las lluvias no se establecían y el brote de las semillas hasta ese momento había sido casi nulo, por lo que no esperaba tener un buen año agrícola.

**Don Salvador Pérez:** sembró el 23 de mayo con la presencia de las primeras lluvias, por lo que esperaba que fuese un ciclo normal. Comentó que a principios de mayo se presentaron buenas lluvias, por lo que se animó a sembrar, solo que al momento de la visita no había llovido, por lo que comentó que algunos cultivos y en especial la cebada se encontraba apajada (muy amarillenta), señal de la falta de agua, el maíz, se encontraba amarillento, por lo que comentó que si en quince días no llovía las cosechas ya no se lograrían.

### **CICLO AGRÍCOLA 2003**

Para darle continuidad al proyecto, se estableció que para complementar el estudio se realizarían análisis fisicoquímicos de los suelos de las diferentes parcelas, para corroborar la influencia o no del clima en la producción final de cada ciclo de cultivo.

Primer visita: **Don Benjamín Escobar Montiel:** Jueves 06 de febrero 2003.

Nos comentó con alegría que el año pasado no sembró las 10 hectáreas de maíz que tenía planeado, debido a que le informamos con anticipación que sería un año irregular no apto para la siembra del maíz, por lo que solo sembró una hectárea, pero en octubre del 2002 se presentó una helada que acabó con los cultivos.

También comentó que el 02 de enero del 2003 cayó una helada muy fuerte, que el martes 05 fue muy lluvioso y que si no descargaban bien las heladas a su tiempo, estas se podrían presentar a medio año y dañar los cultivos.

**SEGUNDA VISITA A PRODUCTORES. Febrero 14 2003**

Don Salvador Pérez. Comentó que el año pasado (2002) fue seco y a finales del mismo se presentaron muchas lluvias, por lo que fue un ciclo agrícola en el que se perdió toda la cosecha.

**TERCER VISITA 14 marzo 2003. Don. Benjamín Escobar (Atotonilco).**

El 12 de marzo de 2003, se presentó una lluvia que abarcaba gran parte del estado y en Apizaco Tlaxcala, duró aproximadamente de 3 a 4 horas, esta misma lluvia se presentó en la población de Tlaxco como a 7 Km. De distancia de Atotonilco y en Atotonilco no llovió.

La última visita que se realizó de forma oficial fue el 06 de octubre para verificar el estado de sus cultivos, pero al momento de la visita se encontró que todos los cultivos se habían perdido debido al mal tiempo, primero por la falta de lluvia, después una sequía prolongada y por último lluvia en exceso.

Universidad Nacional Autónoma de México	(UNAM)
Instituto Nacional de Ecología	(INE)
Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas	(C.I.C.B.)
Universidad Autónoma de Tlaxcala	(UAT),
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias	(INIFAP)
Clorofluorocarbonos	(CFC)
Food and Agriculture Organization (Organización para la alimentación y la Agricultura)	(FAO)
Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático	(IPCC)
Organización Mundial de la salud	(WHO)
<b>EL NIÑO</b> Oscilación del Sur	(ENSO o ENOS)
Coordinadora Nacional Obrera Campesina Independiente y Revolucionaria	(CNOCIR),
Centro de Ciencias de la Atmósfera	(CCA),