



24/18 /

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

# LAS HELADAS Y SUS CONSECUENCIAS EN ALGUNOS CULTIVOS EN EL ESTADO DE TLAXCALA

TESIS

PARA SUSTENTAR EXAMEN PROFESIONAL  
DE LA CARRERA DE:

LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA ASOCIADA A LA  
INGENIERÍA AGROPECUARIA

PRESENTA:

CARLOS MORALES MENDEZ

MEXICO, D. F.

MAYO DE 1988



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

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

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

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

## I N D I C E

	Pág.
Prólogo -----	7
Introducción -----	9
Capítulo I Introducción al fenómeno de la helada -----	15
1.1 Concepto de helada -----	15
1.2 Clasificación de las heladas por su origen -----	17
1.2.1 Heladas de advección -----	17
1.2.2 Heladas de radiación -----	19
1.2.3 Heladas de evaporación -----	21
1.2.4 Heladas mixtas -----	22
1.3 Tipos de helada -----	22
1.3.1 Helada blanca -----	22
1.3.2 Helada negra -----	24
1.4 Elementos y factores que pueden o no propiciar heladas --	24
1.4.1 Viento -----	25
1.4.2 Nubosidad -----	25
1.4.3 Humedad -----	26
1.4.4 Evapotranspiración -----	27
1.4.5 Radiación solar -----	28
1.4.6 Topografía -----	29
1.4.7 Inversión de temperatura y el "cinturón térmico" en la topografía -----	30
1.4.8 Orientación del terreno -----	32
1.4.9 Constitución del suelo -----	33
1.5 Daños a las plantas por helada -----	33
1.5.1 Daños mecánicos -----	33
1.5.2 Daños fisiológicos -----	35

1.5.3 Otros factores que intervienen en los daños por helada -	Pág. 37
Capítulo II Condiciones que determinan la formación de heladas en el estado de Tlaxcala -----	41
2.1 Situación geográfica -----	41
2.2 La topografía y las heladas -----	44
2.3 El clima y las heladas -----	47
2.3.1 Insolación -----	47
2.3.2 Temperatura -----	48
2.3.3 Vientos -----	51
2.3.4 Precipitación -----	52
2.3.5 Nubosidad -----	53
2.3.6 Evaporación -----	55
2.3.7 Tipos de clima -----	56
2.4 Estados del tiempo -----	59
2.5 Sequía intraestival -----	61
2.6 La deforestación y las heladas -----	62
2.7 La erosión y las heladas -----	65
Capítulo III Comportamiento de las heladas en el estado de Tlaxcala -----	68
3.1 Características de las heladas en el estado de Tlaxcala --	68
3.2 Areas de mayor incidencia de heladas -----	71
3.3 Comportamiento de las heladas en los cultivos -----	73
3.4 Influencia de las heladas en los frutales -----	81
3.5 Efectos gélidos en la vegetación natural y el suelo -----	86
3.6 La helada como fenómeno positivo en la agricultura -----	89
3.7 Pérdidas agrícolas y económicas -----	92
Capítulo IV Métodos de defensa a cultivos contra heladas en el estado de Tlaxcala -----	102

	Pág.
4.1 Lucha directa -----	102
4.1.1 Recubrimiento de plantas -----	103
4.1.2 Riego superficial -----	104
4.1.3 Riego por aspersión -----	105
4.1.4 Calentamiento del aire -----	107
4.1.5 Mielas artificiales -----	109
4.1.6 Ventilación artificial -----	111
4.1.7 Rayos infrarojos -----	112
4.2 Lucha indirecta -----	112
4.2.1 Ubicación adecuada de la zona de cultivo -----	113
4.2.2 Selección de especies y variedades resistentes al frío --	114
4.2.3 Especies y variedades que pueden cultivarse en el estado de Tlaxcala -----	117
4.2.4 Período libre de heladas, "desviación media" y "desvia- ción estándar" -----	123
4.2.5 Calendarios agrícolas -----	123
4.2.6 Probabilidad de heladas -----	137
4.2.7 Pronóstico de heladas -----	141
4.2.8 Acciones posteriores a una helada -----	146
Conclusiones -----	148
Bibliografía -----	152
Índice de mapas -----	155

**A los campesinos de Tlaxcala**

## PROLOGO

Las heladas constituyen uno de los principales problemas que confronta la agricultura mexicana. Cuando se presenta este fenómeno devastan grandes zonas agrícolas del país, especialmente las del norte, noroeste y centro.

El estado de Tlaxcala, por su ubicación geográfica y otros fenómenos más, es una de las entidades más perjudicadas anualmente por bajas temperaturas: así lo revela la información de las estaciones meteorológicas en el estado.

Los cultivos agrícolas son los que sufren mayor impacto por el frío, debido a su mayor disposición sobre el espacio geográfico y también porque es la actividad más importante en la entidad.

La razón anterior me condujo a emprender el estudio de: "Las heladas y sus consecuencias en algunos cultivos agrícolas en el estado de Tlaxcala".

El estudio de las heladas y sus efectos sobre la agricultura es de vital importancia en la entidad; por su gran magnitud, intensidad y frecuencia en esta zona. Al respecto se han realizado relativamente pocas investigaciones, no solamente en este estado, sino en el país en general, probablemente porque no se ha deseado afrontar esta situación o porque falta personal preparado en la materia.

Por esas circunstancias es necesario discernir el problema y tratar de dar soluciones al asunto, ya que se trata de un fenómeno relacionado con la agricultura: actividad que proporciona la mayor parte de alimentos a la sociedad.

Por otra parte, el estudio fue realizado mediante visitas al

campo, entrevistas y encuestas a campesinos e ingenieros (SARH principalmente), datos estadísticos meteorológicos de la entidad, información bibliográfica, hemerográfica y cartográfica.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue conducido por el maestro en geografía Juan Carlos Gómez Rojas, a quién agradezco sinceramente sus sugerencias y revisión prestada al mismo.

Deseo patentizar también mi agradecimiento a los licenciados en geografía; Teresa López Castro y Francisco Hernández Hernández, así como a los maestros en geografía; Ramón Sierra Morales y Jaime Huitzil Márquez por la revisión e interés puestos en esta investigación.

Mi reconocimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la preparación de este estudio, como es el caso de los ingenieros de CONAZA, quienes cedieron parte del material estadístico sobre pérdidas agrícolas por heladas; a los ingenieros de la SARH que laboran en el estado de Tlaxcala, quienes proporcionaron información sobre la ocurrencia de heladas en la entidad; al ingeniero José Luis Valladares Ramírez por su ayuda en la elaboración de mapas, y por supuesto, mi gratitud a los campesinos del estado de Tlaxcala, quienes aportaron información muy valiosa para la realización de esta investigación.

Con la contribución de muchas otras personas (son demasiadas para mencionar sus nombres), logre llevar a cabo este estudio, el cual es un intento de mostrar el comportamiento de las heladas y su relación con los cultivos agrícolas en el estado de Tlaxcala.

## INTRODUCCION

La helada es un fenómeno meteorológico que afecta durante su período de ocurrencia alrededor del 70% del territorio mexicano, ocasionando graves daños a la agricultura.

Las heladas se producen cuando la temperatura del medio aéreo es igual o inferior a 0°C. En nuestro país se presentan principalmente debido a las invaciones de aire polar continental proveniente de Norteamérica (de Estados Unidos y Canadá). Estas masas de aire frío suelen trasladarse por toda la Altiplanicie Mexicana, dando origen a las heladas de advección.

Ese tipo de helada aunado a otros más, son los causantes de los destrozos agrícolas en el estado de Tlaxcala, sobre todo cuando el fenómeno se manifiesta en otoño o en primavera; estaciones en que las plantas están en etapas de brotación o de maduración primordialmente.

La posición geográfica del estado de Tlaxcala, sus condiciones climáticas y topográficas favorecen la gran ocurrencia de heladas durante el año en esta zona. Estas características influyen notablemente para que la helada sea considerada en la entidad como el segundo siniestro climático para la agricultura (después de la sequía), ya que ocasiona grandes pérdidas agrícolas y económicas a la mayoría de los trabajadores del campo rural.

Los daños agrícolas por las bajas temperaturas en la entidad son considerados como los más cuantiosos del centro del país; así lo demuestra la información estadística meteorológica obtenida por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

La ocurrencia de heladas no solo daña a los cultivos agrícolas,

sino también a la vegetación natural, al hombre y a los animales, en magnitudes distintas, según su resistencia al frío.

Ante esta situación se plantea en el presente estudio, las causas que originan el fenómeno de la helada, los elementos y factores que influyen en su formación, sus efectos sobre los cultivos agrícolas, su distribución y comportamiento en el espacio tlaxcalteca, así como los medios de defensa que pueden adoptarse para su prevención.

El estudio de las heladas y sus efectos sobre la agricultura es muy importante, ya que el problema afecta a todo el estado de Tlaxcala y a la mayor parte del país. Su conocimiento preciso conduciría a tratar con atinencia esa adversidad climática, que año tras año merma considerablemente la producción agrícola estatal.

Por las razones anteriores es interesante el estudio de: "Las heladas y sus consecuencias en algunos cultivos en el estado de Tlaxcala", considerando para el mismo los objetivos siguientes:

#### OBJETIVOS

- a) Determinar las condiciones o fenómenos que facilitan la presencia de heladas en el estado de Tlaxcala.
- b) Evaluar los daños agrícolas causados por las heladas en las diversas áreas de la entidad.
- c) Recomendar algunas especies agrícolas resistentes al frío, las cuales pueden cultivarse con éxito en el estado.
- d) Elaborar los mapas correspondientes al inicio, la finalización, la probabilidad y el período libre de heladas, para adoptar la estrategia más adecuada.
- e) Inferir acertadamente los métodos de lucha contra las heladas.

das para proteger satisfactoriamente a los cultivos agrícolas.

Las hipótesis para la realización del presente estudio son las que se mencionan a continuación.

#### HIPOTESIS

a) Las masas de aire frío continental polar invaden la entidad principalmente durante el invierno, aunque pueden presentarse también en las otras estaciones del año, por tanto, son las causantes principales en la ocurrencia de heladas.

b) La situación geográfica del estado de Tlaxcala, sus condiciones climáticas y topográficas, favorecen la incidencia de heladas durante el año.

c) La presencia de heladas reduce notablemente los rendimientos agrícolas, tanto en cantidad como en calidad.

d) Suponiendo la gran frecuencia e intensidad de las heladas en el estado de Tlaxcala, deben utilizarse métodos indirectos para contrarrestarlas, ya que de esta manera, se puede proteger con mayor efectividad a los cultivos agrícolas.

El estudio sobre: "las heladas y sus consecuencias en algunos cultivos en el estado de Tlaxcala", está dividido en cuatro capítulos, los cuales están estructurados de la manera siguiente:

En el primer capítulo "Introducción al fenómeno de la helada", comprende básicamente los conceptos teóricos sobre las heladas y la terminología utilizada por varios especialistas que han tratado lo referente a este fenómeno.

Este capítulo fue elaborado como un antecedente al fenómeno de la helada, para una mayor comprensión del mismo en los capítulos posteriores.

Con los aspectos que trata este capítulo se pretende también colaborar al enriquecimiento de la ciencia agrometeorológica en nuestro país.

El segundo capítulo "Condiciones que determinan la formación de heladas en el estado de Tlaxcala", contempla los principales fenómenos que dan motivo a la ocurrencia de heladas en la entidad.

En primer lugar se considera a la situación geográfica del estado, porque la ubicación de éste influye notablemente en el registro de bajas temperaturas.

Posteriormente se contempla a la topografía, tanto local como regional, ya que su disposición propicia la incidencia de heladas en el territorio tlaxcalteca.

Para comprender el comportamiento de las heladas, se consideraron los elementos climáticos más importantes (insolación, temperatura, viento, precipitación, nubosidad y evaporación). El conocimiento de estos fenómenos en la entidad, contribuye ampliamente a deducir el desarrollo de las heladas en el estado.

Con los datos de temperatura y precipitación media anual de las estaciones climatológicas de la entidad se clasificaron los tipos de clima, en base al sistema climático realizado por Koeppen. Se adoptó este método por considerarlo de fácil manejo y comprensión en la realización de este estudio.

También en este capítulo se mencionan los sistemas del tiempo (ondas del este, ciclones tropicales y masas de aire polar), los cuales fueron analizados en la región tlaxcalteca por Jáuragui (1968).

La aparición de estos fenómenos en la entidad conducen a deter-

minar los tipos de heladas y los momentos en que pueden acontecer éstas sobre el espacio geográfico.

Finalmente se toman en cuenta otros fenómenos que pueden dar motivo a la presencia de heladas, como son: la erosión del suelo y la deforestación. Estos fenómenos se hallan marcadamente distribuidos en el territorio tlaxcalteca, y según declaraciones de especialistas en la materia, han contribuido en los últimos años al descenso rápido de la temperatura (por la noche) y aumentando por supuesto, el registro de heladas en la entidad.

El tercer capítulo "Comportamiento de las heladas en el estado de Tlaxcala". En este capítulo se analiza brevemente la manera en que las bajas temperaturas afectan a los cultivos anuales, perennes y a la vegetación natural.

Se pone de manifiesto el daño que causan las heladas a los cultivos agrícolas y a la flora silvestre, pero no se descartan algunos beneficios que pueden traer a la agricultura.

A lo largo de este capítulo se hace mayor énfasis a las pérdidas agrícolas y económicas que sufren los campesinos anualmente. Desafortunadamente no dispuso con la información sobre pérdidas agrícolas de una mayor cantidad de años. Empero, con el número de años y con las aportaciones informativas de los campesinos pudo llegar a resultados satisfactorios.

También en el transcurso de este capítulo se muestran algunos cuadros que reflejan los tipos de cultivos dañados por la helada y los montos económicos por estas pérdidas, y de estos aspectos se hace un corto análisis.

El cuarto capítulo "Métodos de defensa a cultivos contra heladas en el estado de Tlaxcala". Este capítulo abarca los métodos tanto directos como indirectos de lucha contra las heladas que pudieran ponerse en práctica en el estado de Tlaxcala, cuando la temperatura baja lo suficiente para causar daño a los cultivos agrícolas.

En el capítulo se mencionan los diversos métodos de defensa contra las heladas que se han utilizado en algunas regiones del mundo y de la República Mexicana, los cuales pueden emplearse en el estado de Tlaxcala, mediante un previo análisis concienzudo sobre la situación agrometeorológica que impera en la entidad.

Es por ello que la lucha contra las heladas no debe ser proyectada mediante la selección de un solo método, con el cual se esperen resultados satisfactorios. Se requiere de toda una serie de conocimientos que aporten los elementos necesarios para contrarrestar los efectos dañinos de ellas.

Algunos de esos conocimientos se mencionan en el presente estudio, con los cuales se pretende solucionar parte del problema que ocasionan las heladas sobre los cultivos agrícolas en casi todo el territorio del estado de Tlaxcala.

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION AL FENOMENO DE HELADA

#### 1.1 Concepto de helada.

El término de fenómeno de helada es muy complejo, debido a que no existen criterios unánimes de las disciplinas que lo tratan.

La mayoría de los estudios climáticos o meteorológicos realizados sobre la helada, consideran que ésta se produce cuando la temperatura registrada en el termómetro es igual o inferior a 0°C, estando colocado el instrumento a pocos centímetros sobre el nivel del suelo y protegido de los rayos solares.

La agroclimatología, ciencia que relaciona la influencia del clima sobre las plantas, define a la helada de otra manera.

El fenómeno de la helada como contingencia agrícola ocurre cuando la temperatura del aire desciende a temperaturas tan bajas que producen la muerte de las plantas, es decir, cuando se produce la muerte de los tejidos vegetales por efecto del frío.<sup>1</sup>

Esta definición resulta satisfactoria desde el punto de vista agrícola, puesto que las diversas especies y variedades de cultivos y vegetales poseen diferente sensibilidad a las bajas temperaturas.

Así, la capacidad de las plantas para resistir las temperaturas congelantes, dependerá de varios factores; como son sus áreas geográficas, etapas fenológicas, estado sanitario, edad, etc.

Determinadas plantas de afinidad tropical, como las

1. Burgos, J. Juan. Las heladas en la Argentina. p. 1.

coleos, arroz, algodón, zacate de Sudán, etc., se dañan por la exposición a temperaturas que no llegan al punto de congelación. Algunas plantas originarias de climas fríos pueden resistir períodos de congelamiento de sus tejidos a una temperatura de  $-62^{\circ}\text{C}$ . Por lo general en las etapas de brotación y floración el frío es dañino, mientras en la maduración son más resistentes. Los cultivos con enfermedades son perjudicados con facilidad por fríos intensos. Comúnmente las ramas jóvenes de los árboles son más sensibles al frío que las ramas de mayor edad.<sup>2</sup>

Estas características heterogéneas entre las plantas, han motivado a que en agrometeorología no se tomen muy en cuenta las temperaturas de  $0^{\circ}\text{C}$ , para determinar una helada, debido a que la temperatura gálica puede o no dañar a los cultivos vegetales, y por tanto en ocasiones con este criterio no pueda reconocerse una helada.

Por otra parte, un muestreo realizado en algunas localidades del estado de Tlaxcala sobre el tema, reveló que la mayoría de los campesinos entrevistados coincidieron en señalar que la helada es identificada cuando se observan en sus cultivos o en la flora silvestre manchas caféas o negras causadas por el frío, es decir, en el área rural al fenómeno de la helada es percibido por el siniestro que se observa en las plantas.

Sin embargo, esta forma de apreciarla se reduce a espacios locales, donde se hallan áreas de frío intenso y cultivos sensibles a éste.

La información de las bajas temperaturas y a 1.5 metros sobre el

suelo puede ser más eficiente en cultivos de dimensiones cercanas a la altura de la garita, como pueden ser algunos frutales, cuya temperatura normalmente es diferente a la que se encuentra a nivel del suelo. Mientras las observaciones de las heladas en los cultivos de talla pequeña, como la papa, arroz, frijol, trigo, etc., deberían hacerse con termómetros colocados casi a ras del suelo para que reflejaran realmente su comportamiento térmico.

Para fines prácticos los datos de 0°C y menores a éste, son muy útiles en la elaboración de tablas estadísticas que señalen los períodos con helada. Además los termómetros a 1,5 metros de altura sobre el suelo revelan las condiciones imperantes de un medio aéreo más amplio.

## 1.2 Clasificación de las heladas por su origen.

Existen diferentes designaciones para clasificar a las heladas, en este caso se trata de una clasificación que se refiere al proceso físico de la génesis del fenómeno.

### 1.2.1 Heladas de advección.

La llegada de enormes masas de aire frío procedentes de regiones muy lejanas, generalmente cercanas al polo, causan grandes perturbaciones atmosféricas al descender latitudinalmente a lo largo del continente en forma de ríos, y se deslizan por los diversos accidentes topográficos.

Recibe el nombre de advección el transporte en sentido horizontal del frío o del calor por medio de los vientos y de las masas de aire.<sup>3</sup>

3. Fuentes, Yague J. Luis. Apuntes de meteorología agrícola, p. 155.

El desplazamiento de las masas de aire frío van creando desolación por el camino que recorren, principalmente en cuencas, valles, barrancos, etc., y normalmente por abajo de los 1500 metros de altitud por ser vientos de superficie, arraza con los cultivos que generalmente se hallan dentro de estas altitudes en muchas regiones.

Por su carácter macroclimático y por la continua renovación de aire frío, se considera a este fenómeno de gran importancia cuando se relaciona con las actividades agrícolas.

A las bajas temperaturas se une el efecto del viento que roba calor a los vegetales y a los cultivos.

Burgos (1963) distingue dos subtipos de heladas de advección, según su intensidad y alcance de las mismas.

a) Heladas de advección en sentido clásico. Estas heladas tienen grandes alcances, afectando al macroclima de extensas regiones por donde pasan. El efecto del frío se propaga a distancias mayores de 10 kilómetros y el volumen de esos vientos fríos supera los 10 kilómetros cúbicos.

Los vientos de este tipo de helada son iguales o superiores al grado 3 de Beaufort,<sup>4</sup> es decir, son mayores a 12 kilómetros por hora según esta escala.

b) Helada de advección de tipo restringido. El fenómeno advectivo tiene menor extensión que el descrito anteriormente, las bajas temperaturas quedan confinadas en ciertas áreas, como puede ser un valle, una cuenca, etc., o sea se trata de una perturbación local en la capa inferior de la tropósfera. Su dinamismo tiene su centro

4. Beaufort; marino británico, creó la escala que lleva su nombre, usado en meteorología para medir la velocidad del viento.

principalmente en el mesoclima.

La velocidad del viento frío puede estimarse de 1 a 10 kilómetros por hora y sus volúmenes pueden ser menores de 10 kilómetros cúbicos. La intensidad del viento puede ser de 0 a 3 Beaufort (de 1 a 10 kilómetros por hora).

Las heladas de advección se producen principalmente en invierno, aunque pueden ocurrir en las otras tres estaciones del año, causando los mayores daños a los cultivos.

#### 2.2.2 Heladas de radiación.

Este tipo de helada es de carácter microclimático, son las más frecuentes y se originan por la pérdida de calor que sufren las plantas y el suelo.

La superficie terrestre se calienta durante el día por la acción de los rayos solares. Por la noche la tierra irradia el calor recibido durante el día, y así la superficie terrestre se enfría junto con la capa de aire que está en contacto con el suelo. Como consecuencia del enfriamiento producido por la irradiación terrestre, el vapor de agua se condensa sobre la superficie de la tierra y se forman gotas de rocío. Si el enfriamiento es muy intenso, el vapor de agua pasa directamente al estado de hielo formándose la escarcha, que se deposita en forma de escamas sobre el suelo.<sup>5</sup>

Durante el día las radiaciones del sol y de la atmósfera son

5. Fuentes, Yague J. Luis. op. cit., p. 155.

considerables y contribuyen a elevar la temperatura de los vegetales y también la del suelo. Durante la noche la radiación del sol no existe, quedando solo aquellas radiaciones que la atmósfera refleja debilmente.

Mientras las plantas y el suelo continúan irradiando, motivan que el calor recibido de la atmósfera sea menor que el que desprenden ellos, lo que determina el enfriamiento de ambos.

Si el intenso frío se prolonga, su temperatura puede llegar a 0°C o menos y consecuentemente se produce una helada, dañando a los cultivos más vulnerables a la baja temperatura.

García y García (1978), señalan las condiciones ambientales ideales para la ocurrencia óptima de este tipo de heladas.

- a) Inversión de temperatura próxima al suelo (de 0 a 15 metros aproximadamente), donde el aire es más frío que las capas superiores.
- b) Aire seco y transparente (con muy buena visibilidad).
- c) Viento en calma.
- d) Poca humedad en el ambiente (diferencias del orden de 3° a 8°C, entre las temperaturas del termómetro seco y húmedo).

Los mayores daños por la helada de radiación se registran en el fondo de los valles, cuencas, estrechos, cañadas, etc., y también en las cumbres de las montañas, mientras que en las partes medias de las elevaciones montañosas, la temperatura es más templada y por tanto el efecto negativo congelante es menor.

Las heladas de radiación se pueden producir en cualquier época del año, pero sus efectos perniciosos tienen relevante importancia para los cultivos de primavera y otoño.

### 1.2.3 Heladas por evaporación.

Las heladas por evaporación se dan en condiciones de baja humedad relativa y presencia de corrientes de aire seco, que provocan evaporaciones intensas del agua que se halla sobre las plantas, con lo cual las mismas sufren un enfriamiento.

Este enfriamiento es ocasionado por la propia agua al evaporarse, ya que en ella el cambio del estado líquido al gaseoso exige el consumo de 600 calorías gramo<sup>6</sup> por centímetro cúbico. Al estar el agua sobre el vegetal, el calor de evaporación es proporcionado por él, con lo cual su temperatura puede disminuir hasta llegar a 0°C.<sup>7</sup>

Este tipo de heladas se originan principalmente después de una precipitación originada por el paso de un frente frío, porque el aire frío al llegar a una zona cálida se calienta y por tanto disminuye la humedad relativa del aire y comienza a evaporarse con mayor rapidez el agua que se encuentra sobre las plantas y el suelo.

Las gotas de agua presentes sobre el suelo y las plantas al pasar de líquido a gas provocan el enfriamiento con el calor desprendido por la evaporación, ya que sabemos que un centímetro cúbico de agua necesita para ese cambio de estado 600 calorías que roba a la planta o al suelo.

Si se presentan corrientes de aire aumenta la evaporación y por consiguiente el peligro de formación de una helada.

6. Caloría gramo. Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14.5° a 15.5°C.

7. Calderón, Alcaraz Esteban. Fruticultura general. p. 314.

Por la mañana, a la salida del sol, la evaporación puede ser más rápida ocasionando la helada de este tipo.

Las heladas por evaporación son poco común, y no presentan grandes problemas a los frutales, pero sí son de peligro para las hortalizas y flores, cuyos tejidos son más delicados y sensibles al frío.

#### 1.2.4 Heladas mixtas.

Burgos (1963), presenta tres casos principales para la formación de heladas mixtas, las cuales se mencionan a continuación.

a) En primer lugar; en forma simultánea ocurre el fenómeno de advección y de radiación.

b) En segundo lugar; la helada de advección está seguida inmediatamente de la de radiación.

c) En tercer lugar; se refiere a que una helada de radiación típica es precedida por fenómenos de advección, que no alcanzan a ser heladas de advección típicas, pero contribuyen a enfriar el aire del lugar, produciéndose inmediatamente las heladas de radiación cuando el viento se ha calmado y el cielo se ha despejado.

#### 1.3 Tipos de helada.

La designación a este tipo de helada, no obedece como en los casos anteriores a su génesis, sino simplemente a la observación de los efectos visuales en que tienen lugar esos fenómenos.

##### 1.3.1 Helada blanca.

Durante el fenómeno de radiación se produce un enfriamiento en

las plantas, el suelo y las partes bajas de la atmósfera, y si existe suficiente humedad en el aire puede formarse rocío, es decir, se produce una condensación de vapor de agua sobre las partes frías en forma de pequeñas gotitas. Al continuar el descenso de la temperatura, las gotas de agua se pueden congelar, formando pequeños cristales de hielo que dan un color blanco a los vegetales y al suelo. Es por esta razón, por la que adquieren tal denominación.

Para que se lleve a cabo una helada blanca o de escarcha, es necesario que las superficies afectadas adquieran una temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  o menos, y además que se alcance la temperatura del punto de rocío del aire, para que haya condensación y hielo, como consecuencia.

Un ejemplo típico de una helada blanca es el siguiente.

Caída del sol a las 18 horas, temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ , su punto de rocío:  $T_s - 3^{\circ}\text{C}$ . El sol sale a las 6 horas, hay calma y cielo despejado. El aire a partir de la puesta del sol, se enfría rápidamente y alcanza su punto de rocío a las 4:35 de la mañana, condensándose y formándose hielo debido a que la temperatura es inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ . Hay un desprendimiento de calor latente muy considerable, esto se debe a que no solamente tiene que pasar el vapor a líquido, sino también a sólido, y por eso se duplica la pérdida de calor.<sup>9</sup>

Las heladas blancas se producen por irradiación y son peculiares en regiones donde las invasiones de masas de aire húmedo es frecuente.

8. Punto de rocío. Temperatura a la que debe enfriarse el aire, para que se sature y comience la condensación.

9. Torres, Ruiz Edmundo. Agrometeorología. p. 97.

### 1.3.2 Helada negra.

Estas heladas se presentan cuando la temperatura desciende por debajo de los 0°C, y no se lleva a cabo el punto de rocío, debido a que la humedad absoluta de la atmósfera es muy reducida.

Si la temperatura del aire desciende a niveles inferiores a 0°C, sin que alcance el punto de rocío, no se efectúa la condensación, y por tanto, no se forman los cristales de hielo sobre las plantas, pero éstas sufren el efecto de la baja temperatura, presentando quemaduras o necrosis en sus tejidos, en tal caso se dice que ocurrió una helada negra o seca.<sup>10</sup>

Cuando el aire es muy seco y la temperatura del punto de rocío no se alcanza por abajo de 0°C, por consiguiente no se produce una helada blanca, sino negra.

En este tipo de heladas no se congela el vapor del aire, puesto que no hay humedad atmosférica suficiente, pero si se congela la savia de las plantas y el agua contenida en los tejidos, entonces el volumen de éstos aumenta y se rompe, produciéndose al salir el sol una rápida evaporación que ocasiona las manchas negras características de las plantas afectadas.

### 1.4 Elementos y factores que pueden o no propiciar heladas.

El conocimiento de las causas y características de los elementos y factores de una región determinada, son de suma importancia para adoptar las medidas convenientes en cierto momento para afrontar

10. Romo, González J.R. y Arteaga, Ramírez R. Meteorología agrícola. p. 320.

tar las adversidades climáticas.

Los principales elementos y factores que pueden provocar o no temperaturas congelantes son los siguientes.

#### 1.4.1 Viento.

Como se apreció anteriormente, el viento en calma permite la irradiación de la energía calorífica hacia la atmósfera, propiciando que se forme una inversión térmica, es decir, las capas de aire en contacto con el suelo y los vegetales se enfrían más rápido que las zonas más elevadas, y así se propicia el registro de una helada.

No sucede lo mismo cuando el viento relativamente cálido está agitado, pues la probabilidad de helada es menor.

El viento en cambio, al introducir movimientos turbulentos en la capa de aire cercana al suelo, determina la mezcla de aire entre sus diferentes estratos, con el consiguiente efecto sobre sus propiedades térmicas.<sup>11</sup>

Con turbulencia la inversión térmica es de menor intensidad, por lo que la probabilidad de presentación de heladas disminuye.

Por otra parte, los vientos fríos advectivos pueden hacer bajar las temperaturas y provocar una helada, mientras las masas de aire cálido pueden evitarla.

#### 1.4.2 Nubosidad.

Por el medio día, si no hay presencia de nubes, la radiación solar pasa casi libremente hasta la superficie terrestre calentándola,

11. Burgos, J. Juan. op. cit. p. 111.

entonces la tierra comienza a absorber calor casi sin cederlo a la atmósfera. Después del medio día la superficie terrestre se satura y es entonces cuando empieza a irradiar las ondas infrarojas hacia las capas altas de la atmósfera.

Si en ese momento comienzan a formarse nubes y cubren parcial o totalmente esa parte de la troposfera, las ondas caloríficas se reflejan en esa capa de nubes, la cual se comporta como una pantalla, impidiendo la pérdida de calor hacia zonas más elevadas de la atmósfera.

Este fenómeno si se prolonga hasta parte de la noche, estando el viento en calma, no habrá posibilidades de riesgo por helada. Por el contrario, si durante la noche no se ha formado nubosidad, la temperatura se escapa hacia el cielo, creándose las condiciones propicias para la ocurrencia de una helada.

Si durante este proceso, la formación de las nubes se lleva a cabo en alturas relativamente bajas, el efecto protector contra el aire frío será más eficiente.

#### 1.4.3 Humedad.

La alta humedad atmosférica impide la pérdida de la temperatura hacia la atmósfera, que proviene de la superficie terrestre. Pero cuando la humedad del aire es bastante elevada se producen condensaciones de vapor de agua a cristales de hielo y gotas de agua. Esto produce una liberación de calor que permite aumentar la temperatura del medio ambiente, y ya no se forman heladas, sólo nieblas.

Las nieblas al igual que las nubes impiden la irradiación caló

rífica excesiva, disminuyendo los riesgos de helada.

Pero no solamente la humedad atmosférica obstaculiza el registro de heladas, sino también la humedad edáfica.

La alta humedad edáfica posee también características favorables en contra de las heladas. Su acción se basa en el poder calorífico del agua, que es muy alto en comparación con el de cualquier otra substancia, y por tanto, que del suelo y del aire. Es lógico que un terreno húmedo conserve más tiempo la radiación solar recibida durante el día que uno seco, pues los espacios entre las partículas están ocupados por aire en lugar de agua.<sup>12</sup>

En las zonas de riego se recomienda regar cuando se presentan condiciones propicias para la creación de una helada. El riego protege al suelo y a las plantas, manteniendo por más tiempo el calor.

#### 1.4.4 Evapotranspiración.

La evapotranspiración es un proceso físico mediante el cual, pierden humedad el suelo y los vegetales que están transpirando. Esto puede suceder cuando llega una corriente de aire seco y se lleva la humedad por medio de dicho proceso, de esta manera se pierde calor en las plantas y el suelo, propiciándose las condiciones de una posible helada.

Este enfriamiento es ocasionado por la propia agua al evaporarse, ya que en ella el cambio del es

12. Mendoza, Garza Jorge. Prácticas para evitar fenómenos nocivos... en la agricultura. p. 13.

tado líquido al gaseoso exige el consumo de 600 calorías gramo por centímetro cúbico. Al estar el agua sobre el vegetal, el calor de evaporación es proporcionado por él, con lo cual su temperatura puede disminuir hasta llegar a 0°C. 13

Estas heladas muy raramente se presentan, y sólo son vulnerables a ellas, las hortalizas y las flores, pues los frutales y las gramíneas resisten generalmente ese frío, aunque el daño dependerá de otros factores, tanto intrínsecos como extrínsecos de cada especie o variedad vegetal.

#### 1.4.5 Radiación solar.

La conservación de la energía solar en las capas bajas de la atmósfera, dependerá de la presencia o no de nubes, de la existencia o ausencia de viento y del fotoperíodo.<sup>14</sup>

Como ya se mencionó anteriormente, los días nublados impiden un adecuado almacenamiento de energía solar en el suelo y en la atmósfera, por lo que en estas circunstancias se recomienda proteger a los cultivos de una posible helada.

Los vientos fríos roban energía solar a las plantas y al suelo, en ocasiones congelando a las áreas por donde pasan, mientras la llegada de vientos cálidos conservan esta energía, e incluso la aumentan, impidiendo la formación de heladas.

Es conveniente observar las marcas que inscribe el heliógrafo

13. Calderón, Alcaraz Esteban. op. cit. p. 314.

14. Fotoperíodo. Duración de la luminosidad del día, sin tomar en cuenta la intensidad de la radiación solar.

en el papel, para saber el número de horas que alumbra el sol el día anterior a la noche de la probable helada, y así determinar si puede o no acusar una temperatura de algunos grados centígrados por debajo del cero.

Cuando los días son más largos y las noches más cortas, existe menos probabilidad de ocurrencia de heladas, ya que el fotoperíodo es mayor, y por tanto, habrá mayor acumulación de calor en la superficie terrestre y el tiempo en cederlo a la atmósfera será menor.

#### 1.4.6 Topografía.

Durante la noche los terrenos elevados se enfrían más rápido que las áreas de los valles, originando movimientos convectivos, lo que motiva a que el aire frío baje a través de las pendientes, acumulándose en las hondonadas, aumentando así el riesgo de heladas en esos lugares.

Ello se debe a que siendo el aire frío más pesado que el caliente, tiende a descender a las partes más bajas, escurriéndose por la noche entre los diversos accidentes orográficos, buscando cauces o canales deprimidos, hasta llegar a los valles donde se deposita.<sup>15</sup>

El efecto del frío puede dañar a cultivos y a la vegetación, pues los escurrimientos de este aire devastan lo que encuentran a su paso.

15. Romo, González José y Artsaga, R. Ramón. op. cit. p. 328.

Las depresiones en la topografía y los estrechamientos en un valle, se les denomina "bolsas de helada" (en áreas de ocurrencia de bajas temperaturas), porque el aire frío que desciende por las laderas de las montañas se acumula en esos lugares. Por esta razón, en estas áreas se deben contemplar para la siembra, sólo aquellos cultivos que puedan adaptarse o que resistan bien esas temperaturas frías.

Por ello se dice que una buena elección de terrenos destinados a los cultivos, será el punto clave para superar a las heladas de la manera más económica, ya que existen métodos que pueden prevenirlas o combatirlas, pero en ocasiones resultan muy costosos.

#### 1.4.7 Inversión de temperatura y el "cinturón térmico" en la topografía.

Debido al calentamiento que la superficie terrestre sufre durante el día por efecto de la radiación solar, la tierra a su vez emite radiaciones a la atmósfera, la que de esta forma se calienta, siendo las capas más bajas (de la atmósfera) las de más elevadas temperaturas, las cuales van descendiendo aproximadamente  $0.5^{\circ}\text{C}$  por cada 100 metros, de tal manera que las capas inferiores son más cálidas que las que se hallan más arriba.

Debido a este gradiente, las laderas de las montañas que se elevan en forma diagonal van atravesando los estratos de aire cada vez más fríos, definiendo así ciertos tipos de vegetación.

El gradiente de temperatura descrito anteriormente es el que normalmente se manifiesta sobre la superficie terrestre. Pero cuando debido a una gran pérdida de calor del suelo por su intensa y prolongada radiación hacia las capas superiores de la atmósfera, el suelo llega

ga a enfriarse mucho, el aire que está en contacto con él también se enfría, produciéndose el fenómeno conocido como inversión de temperatura.

Daubenmire (1979), afirma que la inversión térmica se produce cuando se presentan las condiciones siguientes.

a) Noches largas. Las noches más largas permiten una pérdida más completa de calor por la radiación.

b) Cielos despejados. La ausencia de nubosidad permite la rápida irradiación de temperatura, mientras la niebla y la neblina la devuelven a la superficie terrestre.

c) Aire frío y seco. El aire frío y seco absorbe muy poca energía, lo que motiva que ésta se escape muy rápido hacia las capas altas de la atmósfera.

d) Aire tranquilo. El aire en calma favorece a que la energía calorífica se esfume con rapidez, porque el aire turbulento destruye la capa fría de aire al mezclarla con aire más caliente.

Todas las características anteriores favorecen la inversión térmica, y por tanto, facilitan la formación de heladas.

Se ha comprobado que al presentarse la inversión de temperatura, el aumento vertical térmico del aire no continúa indefinidamente hacia arriba; cuando se alcanza un nivel determinado (menos de 200 metros), la temperatura ya no aumenta sino comienza a descender. De esta manera, la capa de aire en la zona invertida es más caliente que las capas que se encuentran hacia abajo y hacia arriba.

Al presentarse este fenómeno en las zonas montañosas, el área donde el estrato más caliente se cruza con las laderas a ambos la-

dos del valle se la denomina "cinturón térmico".

Es importante determinar la zona y la altura del "cinturón térmico" en el momento que se desee elegir un área para llevar a cabo actividades agrícolas, y de esta manera, evitar las prácticas (de cultivos sensibles al frío) en los lugares inferiores y superiores del "cinturón térmico" y recomendar los cultivos, que de acuerdo a sus exigencias climáticas puedan sembrarse en los diferentes niveles de la montaña, siguiendo el gradiente de temperatura.

#### 1.4.8 Orientación del terreno.

Los terrenos presentan características diversas en sus diferentes áreas, algunos les llega mayor luminosidad, otros son húmedos, otros más cálidos, etc. Estas peculiaridades se manifiestan en base a la orientación de cada lugar, la cual esta ligada a la radiación solar.

Las áreas orientadas hacia el sur percibirán durante el día mayor cantidad de radiación solar, y de esta manera, tendrán mayor reserva por la noche, esfumandose las posibilidades de helada.

Los terrenos orientados a la umbría conservan más la humedad, esto les permite retener parte del calor que recibieron durante el día, y así evitan que por la noche las temperaturas bajen lo suficiente para producir heladas.

Los terrenos orientados hacia la solana, si son capaces de retener la energía calorífica por algún medio (como la humedad) es difícil que por la noche las temperaturas bajen lo suficiente para que puedan formarse heladas.

#### 1.4.9 Constitución del suelo.

Las experiencias revelan que los suelos compactos, húmedos y libres de rocas son capaces de absorber una gran cantidad de radiación solar en días soleados, parte que desprenden por la noche, evitando que la temperatura baje a 0°C.

Los suelos recién labrados captan poco calor durante el día e irradiarán también muy poco por la noche, provocando la disminución de temperaturas. También se dice que los suelos sueltos y pedregosos resultan malos conductores del calor, por lo que propician la creación de heladas.

#### 1.5 Daños a las plantas por helada.

Las heladas pueden dañar muy seriamente a las plantas, cuando se encuentran éstas en etapa de crecimiento y desarrollo. Los perjuicios pueden ser de magnitudes mayores si la temperatura desciende repentinamente por abajo de los 0°C.

Los daños que presentan las plantas por bajas temperaturas pueden ser de tipo mecánico o por perturbaciones fisiológicas.

##### 1.5.1 Daños mecánicos.

De Fina y Ravelo (1975), establecen cuatro grados de daños que pueden contemplarse en los vegetales averiados por la helada, los cuales se mencionan a continuación.

a) Primer grado. Muerte de algunos órganos vegetativos, tales como hojas y tallos tiernos, así como perturbaciones de las funciones de los órganos restantes.

b) Segundo grado. Destrucción de un gran porcentaje de flores.  
c) Tercer grado. Destrucción de frutos pequeños en formación y deformación de los sobrevivientes.

d) Cuarto grado. Muerte total de la planta.

Vozmediano (1982), menciona los daños que sufren las plantas (principalmente los árboles frutales) durante su estado de congelación, los cuales se describen en seguida.

a) Raíces. Las raíces son muy susceptibles a la helada, y cuanto más alejadas están del eje central, mayor es el daño. Pero el perjuicio es menos frecuente en la raíz que en la parte aérea.

b) Cuello. Es la porción más sensible de la parte aérea de la planta. Los daños por congelación están ligados a la inmadurez de los tejidos vegetales.

c) Troncos y ramas. Algunas veces aparecen hendiduras longitudinales sobre el tronco y las ramas, estando la corteza separada de la madera a ambos lados de la fisura. Con estos daños las plantas no mueren, pero las heridas ocasionan sitios propicios para la entrada de afecciones parasitarias.

d) Yemas de la flor. Los daños pueden presentarse a principios de invierno cuando las plantas se han cubierto de flores y la temperatura desciende repentinamente.

Los daños más graves se traducen en un ennegrecimiento total de las yemas ocasionando su muerte y caída.

Se dice que los pistilos son los órganos más afectados, pudiendo quedar el resto de los órganos de la yema sin daño. Estas yemas pueden llegar a abrirse pero nunca darán fruto.

### 1.5.2 Daños fisiológicos en las plantas.

Son varios los fenómenos que intervienen en los daños que experimentan los vegetales afectados por las heladas, los más comunes se mencionan a continuación.

Se produce un desequilibrio entre los procesos de transpiración y de absorción, que se explicaría de la siguiente manera: el suelo se enfría con mayor rapidez que la planta, y ésta, a su vez, se enfría más rápidamente que el aire exterior. El agua que sale de la planta por transpiración no se repone debidamente porque la absorción del agua del suelo se ve dificultada, causando la muerte de la planta o de alguna de sus partes. Se producen cristales de hielo en los jugos celulares e intercelulares, y estos cristales perforan las membranas celulares ocasionando la muerte de las células.<sup>16</sup>

Las células de las plantas generalmente mueren por abajo de los 0°C, como consecuencia de la congelación de los líquidos internos, la deshidratación y daños mecánicos, de la manera que se menciona en los incisos siguientes.

a) Daños por congelamiento. Al descender la temperatura por abajo de los 0°C, es común la formación de hielo en el interior de los órganos de las plantas, los cuales aumentan su volumen al solidificarse su contenido de agua, esto se debe a diferencia de otras sustancias, que el agua al pasar del estado líquido al sólido no se contrae sino que experimenta una dilatación.

16. Fuentes, Yague J. Luis. op. cit. p. 169.

En el congelamiento intracelular los cristales de hielo producen la desorganización de la estructura protoplasmática, por consiguiente muere la célula.

b) Daños por deshidratación. Estos daños se producen cuando la velocidad de absorción de agua se ve disminuida por las bajas temperaturas, sufriendo la planta una marchitez temporal al no tener agua suficiente para cubrir la tasa de transpiración.

c) Daños mecánicos. Cuando el hielo se forma en los espacios intercelulares, la muerte puede producirse por deformaciones mecánicas del protoplasma, ya sea por presión directa o por la salida de agua de la célula.

En las plantas vulnerables a la helada se observa a la mañana siguiente en que ocurre ésta, manchas negras en los tallos y hojas, así como una marchitez parcial o total.

Un daño muy común es la marchitez: a menos de  $4^{\circ}\text{C}$ , las plantas no absorben el agua, pero la transpiración prosigue, determinándose un déficit hídrico en el vegetal. Los daños se deben a disturbios en el metabolismo causados por la suspensión de la actividad enzimática.<sup>17</sup>

Para evitar la irradiación del calor de la tierra, la alta transpiración de las plantas y por consiguiente la marchitez de las mismas, es necesario cubrirlas con materiales apropiados para cada caso.

Empero, la marchitez por frío en algunas plantas silvestres, como el acahual, el quelite, etc., es un indicio de alerta, para que los campesinos prevengan a sus cultivos.

17. Rojas, Cercidúeñas Manuel. Principios de fisiología vegetal. p.191.

### 1.5.3 Otros factores que intervienen en los daños por helada.

La magnitud de los daños por helada sobre las plantas depende de varios factores, los cuales son mencionados por Calderón (1983), y éstos son los siguientes.

a) Especie frutal. La mayor o menor sensibilidad o susceptibilidad a las heladas de las distintas especies frutales depende de los aspectos: uno se debe a su resistencia intrínseca, que determina daños menores. El otro aspecto se deriva de las distintas épocas de floración de las diversas especies, que determina menor riesgo en aquellas más tardías, es decir, cuando han acontecido varias heladas la probabilidad de daño es reducida, porque las plantas se van adaptando gradualmente al frío.

Las especies de floración tardía suelen sufrir daños menores durante la ocurrencia de heladas.

El cuadro que se muestra a continuación, señala las temperaturas que pueden soportar durante media hora las yemas florales de algunas especies, en distintos estados de desarrollo.

ESTADO DE DESARROLLO DE LAS YEMAS FLORALES			
Especie	Empezando a abrir	Plena floración	Inicio del crecimiento del fruto
Manzano	-3.4°C	-2.0°C	-1.7°C
Peral	-2.2°C	-1.9°C	-1.5°C
Cerezo	-4.1°C	-2.0°C	-0.2°C
Durazno	-3.3°C	-2.4°C	-1.7°C
Ciruelo	-3.2°C	-1.7°C	-1.0°C

Cuadro 1 Fuente: Calderón (1983)

Los datos que contiene el cuadro anterior muestran las temperaturas a las cuales las yemas de distintas especies frutales sufren daños considerables, aun estando con bajas temperaturas en un tiempo muy corto.

Como puede apreciarse en el cuadro, las distintas especies experimentan daños diferentes en diferentes estados de desarrollo.

De manera general, el comportamiento de las especies vegetales varía de acuerdo al tipo de clima y de todos los factores del medio ecológico de cada región del planeta.

b) Variedad. Las variedades están formadas por un grupo de individuos de idéntica constitución genética, es decir, corresponden a determinada especie, pero se distinguen unas de otras por ciertos caracteres secundarios.

Cada variedad representa un individuo muy diferente al que corresponde a otra, de esta manera, su comportamiento frente a diversos fenómenos climáticos es distinto (de una variedad a otra, y no es la excepción su relación con las bajas temperaturas.

Existen variedades muy exigentes al frío (de manzano: Mc Intosh, Winter Banana, Jonathan, etc.), en cambio otras lo requieren poco (de manzano: Gravenstein, Winesap, Red June, etc.), hay algunas que se muestran muy precoces (de manzano: Richard, Beverly Hills, etc.), pero también las hay muy tardías (de manzano: Hibernial, Grimes Golden, Rome Beauty, Reineta de Mans, etc.).

No obstante, los individuos de una misma variedad poseen una resistencia intrínseca propia, pues se ha comprobado que en igualdad en su estado fisiológico y bajo las mismas circunstancias de ba

Las temperaturas, algunos ejemplares sufren menos que otros. Esta cualidad probablemente se deba a las condiciones edáficas en que se encuentra cada variedad.

c) Tipo de órgano expuesto. Algunos órganos vegetativos son resistentes al frío durante el invierno, en esta época algunas especies o variedades se hallan en estado de reposo,<sup>18</sup> mientras en primavera pueden ser muy sensibles al frío, sobre todo cuando se presentan las heladas tardías, propias de estas fechas. En esta época las plantas comienzan a crecer y a desarrollar sus órganos, por tanto, una temperatura muy fría atrofia su actividad.

d) Estado fisiológico. El estado fisiológico en que se encuentra la planta o del órgano de ésta, en el momento de producirse la helada, determina en gran parte el daño que puede sufrir.

La helada es muy perjudicial cuando las plantas se hallan en sus diversos estados de actividad fisiológica: en el momento en que comienzan a aparecer las hojas, las flores, los frutos, etc. Mientras que durante el período de reposo, las plantas pueden resistir bien el frío, e incluso requieren de él para su posterior crecimiento y desarrollo, como es el caso de algunas variedades de manzano, peral, durazno, chabacano, ciruelo, etc., así como ciertas variedades de cereales de invierno: de trigo, de cebada, de avena, de sorgo, etc.

e) Intensidad y duración de la helada. Se debe tomar muy en cuenta el tiempo de exposición de las partes vegetativas al frío, ya que suele suceder que es más perjudicial un largo tiempo de va

18. Estado de reposo. Período invernal de algunos vegetales, donde cesa toda su actividad fisiológica.

rias horas con temperaturas relativamente altas ( $-2^{\circ}$  a  $3^{\circ}\text{C}$ ), que lapsos muy cortos, de menos de media hora, a temperaturas mucho más bajas ( $-10^{\circ}\text{C}$ ).

El frío intenso, aun momentáneo, daña considerablemente las capas externas de cualquier órgano, pero los estratos internos pueden no ser averiados y salvarse de las temperaturas congelantes, en situaciones de reducido tiempo de exposición.

Los daños a las especies vegetales por helada son muy relativos; dependerán de su intensidad, su duración, del tipo de órgano que se trate y de algunos otros factores.

f) Ritmo de descenso de la temperatura. Las plantas son más resistentes al frío, cuanto más lento sea el ritmo de presentación del mismo. Los cambios bruscos son los más dañinos.

Si la helada se lleva a cabo en un descenso muy lento y paulatino de temperatura, causa menos daño, pero si la ocurrencia es repentina, con descensos muy rápidos de temperatura, motiva graves estragos a ciertas especies y variedades vegetales.

Hasta aquí concluyen algunos de los aspectos teóricos más importantes que tratan de explicar el comportamiento del fenómeno de las heladas, las cuales se fundamentan en argumentos muy complejos, pero para el propósito del presente capítulo, sólo se muestran los más sobresalientes y sin profundizar en alguno de ellos.

## CAPITULO 11

### CONDICIONES QUE DETERMINAN LA FORMACION DE HELADAS EN EL ESTADO DE TLAXCALA

#### 2.1 Situación geográfica.

El estado de Tlaxcala se localiza en la parte centro-oriental de la República Mexicana, entre los meridianos  $97^{\circ}37'07''$  y  $98^{\circ}42'51''$  de longitud oeste, y los paralelos  $19^{\circ}05'43''$  y  $19^{\circ}14'07''$  de latitud norte.

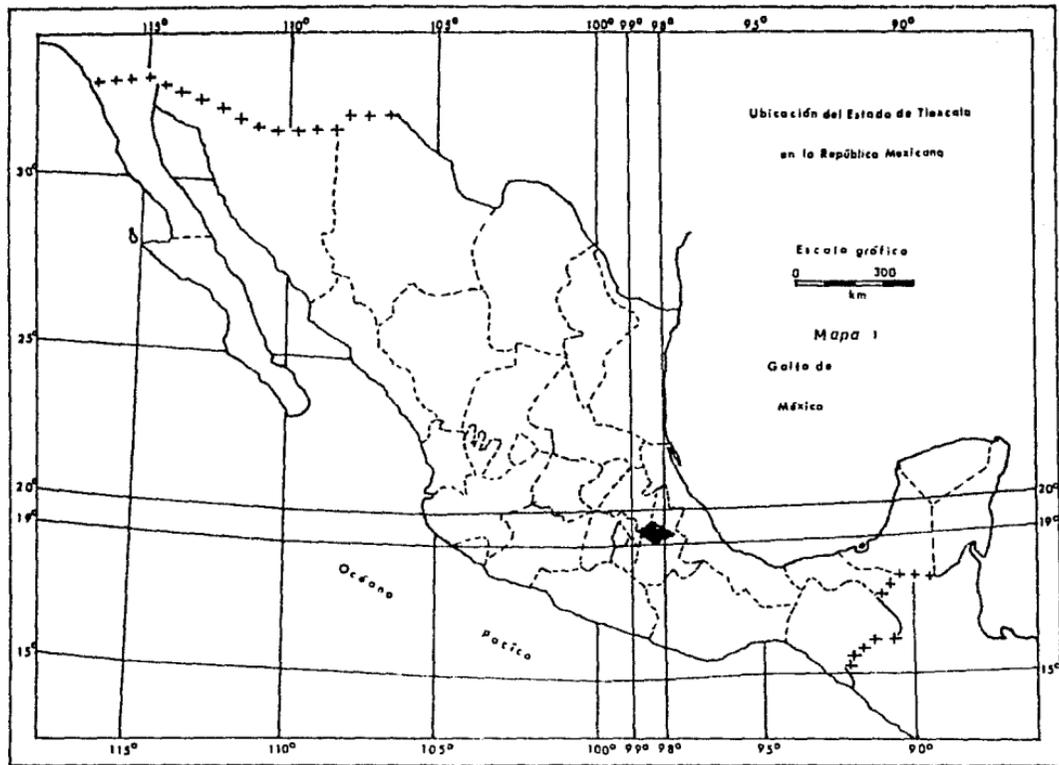
El territorio tlaxcalteca limita al norte, con el estado de Hidalgo y Puebla, al sur y este con el estado de Puebla, al oeste con el estado de Puebla y Estado de México.

La entidad se halla en las partes altas de la Sierra Volcánica Transversal y sobre la zona sur de la Altiplanicie Mexicana, encontrándose a considerables altitudes medias de 2300 a 3000 metros.

Algunas elevaciones montañosas del estado tienen cimas de más de 3000 metros de altitud, localizándose al norte la Sierra de Tlaxco y Cerro Peñón de Rosario (3418 metros), en el noreste la Sierra de la Caldera (3100 metros), por el noroeste penetra parte de la Sierra Nevada (3200 metros), al sur en los límites con el estado de Puebla se ubica el volcán de la Malinche (4461 metros) y al centro-este se localiza el valle de Tlaxcala (2400 metros), que drena hacia el sur y se conecta con el valle de Puebla.

La situación geográfica del estado de Tlaxcala posee las condiciones favorables para el libre desarrollo de las heladas.

Un hecho digno de mencionar, es que el territorio tlaxcalteca se encuentra casi donde termina la Altiplanicie Mexicana y se levanta



ta la Sierra Volcánica Transversal.

Este factor es muy importante para la ocurrencia de heladas, ya que durante el invierno las masas de aire frío penetran estas zonas altas por el norte, llegando su influencia principalmente hasta los estados del centro del país.

De las zonas árticas y la atmósfera que yace sobre la superficie continental norteamericana se desprenden masas de aire frío y en ocasiones cargado de humedad, que estructuran los llamados "nortes" y provocan muy bajas temperaturas invernales sobre las altiplanicies y los terrenos superiores de las Sierras Madres, donde ocasionalmente tienen lugar nevadas y heladas.<sup>19</sup>

La Altiplanicie Mexicana se presenta como un corredor para el paso del viento frío invernal, teniendo como flancos la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental.

Este viento frío llega hasta el estado de Tlaxcala, dando origen a las heladas de advección, cuando las temperaturas bajan a 0°C. Este fenómeno es muy importante, debido a que propicia el mayor daño a la agricultura en la entidad, devastando grandes áreas en los períodos que se presenta.

La ubicación del estado tlaxcalteca en la Sierra Volcánica Transversal, es otro factor que facilita la ocurrencia de heladas. La posición casi perpendicular de la Sierra Volcánica a la Altiplanicie Mexicana (zona por donde fluyen los vientos fríos) motiva a que aquella se comporte como una barrera, donde se estancan parte de los vientos

19. Bassols, Batalla Angel. Recursos naturales de México. p. 106.

procedentes del norte del continente, y por tanto, ocasionando graves daños a los cultivos en esas áreas.

Las altitudes en el estado de Tlaxcala tienen un promedio de 2500 metros, con lo que según algunos meteorólogos es un hecho muy importante porque propicia la presencia de heladas en las zonas templadas e incluso en las áreas tropicales con grandes alturas.

Gontran y Labrija (1957), mencionan que en los lugares altos de más de 1500 m.s.n.m., como son las sierras de Jalisco, Michoacán, Norelos, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas, son muy propensas a las heladas durante la época invernal.

La influencia de las masas de aire polar invaden el territorio mexicano generalmente en invierno, afectando como ya se dijo anteriormente a las sierras y a las altiplanicies, pues Gontran y Labrija afirman que "el fenómeno de las heladas en México, está estrictamente relacionado con la altura", mientras las zonas tropicales y las de altitudes menores a 1500 metros generalmente están libres de heladas durante el año.

En el estado de Tlaxcala, también la mayor ocurrencia de heladas anualmente coincide con las grandes altitudes de su territorio.

En las estribaciones del volcán de la Malinche, ocurren un promedio de 100 heladas al año (ver mapa 10), incrementándose el número conforme se asciende a la cima, donde pueden presentarse hasta 140 heladas anualmente.

Otra área relativamente alta es la Sierra Nevada, donde las heladas pueden registrarse hasta en 120 días al año.

Hacia la zona norte del estado se localiza la Sierra de Tlaxco

y por el noreste la Sierra de la Caldera, ahí el número de heladas es de 70 por año.

El valle de Tlaxcala con una altitud promedio relativamente más baja (2400 metros) que las sierras, tiene una ocurrencia media de heladas de solo 50 a 60 anualmente.

Como se puede observar, el fenómeno de las heladas está estrechamente relacionado con las mayores altitudes del estado de Tlaxcala, pero sin menospreciar las bajas temperaturas que acontecen en sus valles, ya que allí es donde causa mayores estragos a la agricultura, puesto que los lugares altos están ocupados por algún tipo de vegetación o al relieve ahí es muy accidentado para llevar a cabo actividades agrícolas.

### 2.2 La topografía y las heladas.

La topografía más importante para la formación de heladas en el estado de Tlaxcala, es la que se localiza en las entidades de Veracruz y Puebla, esas estructuras orográficas tienen mayor influencia climática que las que se hallan en territorio tlaxcalteca.

El estado de Tlaxcala limita hacia el noreste con la Sierra de Puebla, más alejados hacia el este se ubican el volcán Coñre de Perote y el Pico de Orizaba.

Estas elevaciones actúan como una barrera orográfica que impide el paso de los vientos alisios del noreste, dejando o llevándose la humedad a otras zonas.

Los vientos alisios del noreste que soplan en el Golfo de México en superficie, al llegar a las laderas orientales

tales del altiplano de México, no son capaces de elevarse sobre ellas y recurvan hacia el sur, a través del Istmo de Tehuantepec.<sup>20</sup>

Debido a este fenómeno, la humedad en el estado de Tlaxcala es muy baja en gran parte del año, aunque el tipo de clima predominante es templado, según la clasificación de Köppen.

La deficiente humedad atmosférica da como resultado la ocurrencia de heladas de evapotranspiración.

En la entidad la evaporación es muy excesiva, superando en gran medida a la precipitación, por lo que se han formado algunas áreas desérticas, como el valle de Vicencio. Este fenómeno se debe entre otras causas, a las elevaciones orográficas del oriente que impiden el libre paso de los vientos húmedos provenientes del Golfo de México.

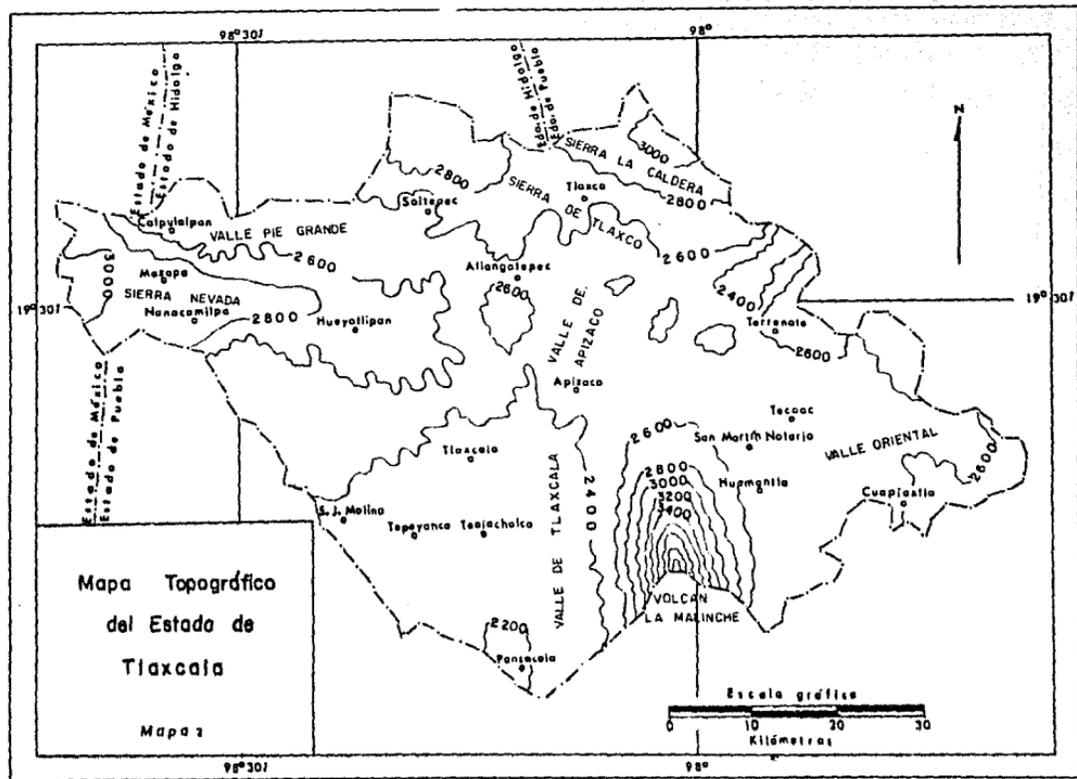
La poca humedad atmosférica del territorio tlaxcalteca da como resultado días muy cálidos y noches demasiado frías que hacen bajar la temperatura a 0°C, y por tanto, se dañan muchos cultivos y ciertos tipos de vegetación.

La topografía local de la entidad tiene también gran relevancia en la existencia de temperaturas congelantes.

Las numerosas colinas que se disponen en la entidad favorecen u obstaculizan el libre desarrollo de las bajas temperaturas, de acuerdo a las características que presenten los vientos en esta zona.

Los datos de las estaciones meteorológicas muestran que los vientos en la entidad tienen una dirección casi siempre de norte a sur o de noreste a suroeste. Este comportamiento determina que la topogra-

20. Mosiño, Alemán Pedro. Factores determinantes del clima en la República Mexicana. p. 7.



rfa expuesta a barlovento sufra los mayores daños por heladas, mientras en el lado de sotavento queda mejor protegido.

Algunas veces la superficie del suelo y otros objetos llegan a cubrirse con una capa de hielo...principalmente por la parte de barlovento.<sup>21</sup>

Esta observación se pudo llevar a cabo en las localidades de Terrenate, Cárdenas, La Palma y Tlaxco, donde se apreció que los mayores daños a la agricultura por helada se da por los lados expuestos al viento frío proveniente del noreste.

La disposición de la orografía actúa en este caso como barrera rompedora, pero su influencia es de carácter muy local.

Ya se mencionó en el capítulo 1, que las hondonadas de los valles son muy peligrosas para los cultivos, puesto que ahí se estanca el aire frío y denso.

Los campesinos afirmaron que las cañadas son áreas donde la helada perjudica más a sus cultivos, porque el aire frío se queda estancado por varias horas y de esta manera se aceleran los daños.

El valle de Tlaxcala tiene una orientación de noreste a suroeste, siguiendo la dirección del río Zahuapan (afluente del río Balsas), penetra en el estado de Puebla donde adquiere el nombre de valle Puebla-Tlaxcala.

Los sitios por donde se dispone este valle no ocurre el mayor número de heladas al año, probablemente porque el relieve no está muy accidentado y por consiguiente el aire frío no se queda estancado en las hondonadas. Anteriormente ya se dijo que la mayor fre-

21. V. I. Vitkevich. Agrometeorología. p. 222.

cuencia de heladas correspondien a mayores alturas.

Además a lo largo del valle se registran las temperaturas medias mensuales más elevadas de la entidad; hecho que reduce el número de días con heladas anualmente.

### 2.3 El clima y las heladas.

El comportamiento de los elementos climáticos en el espacio tlaxcalteca crean las condiciones propicias para que puedan manifestarse las bajas temperaturas, tan severas en ocasiones que causan graves daños a la agricultura.

#### 2.3.1 Insolación.

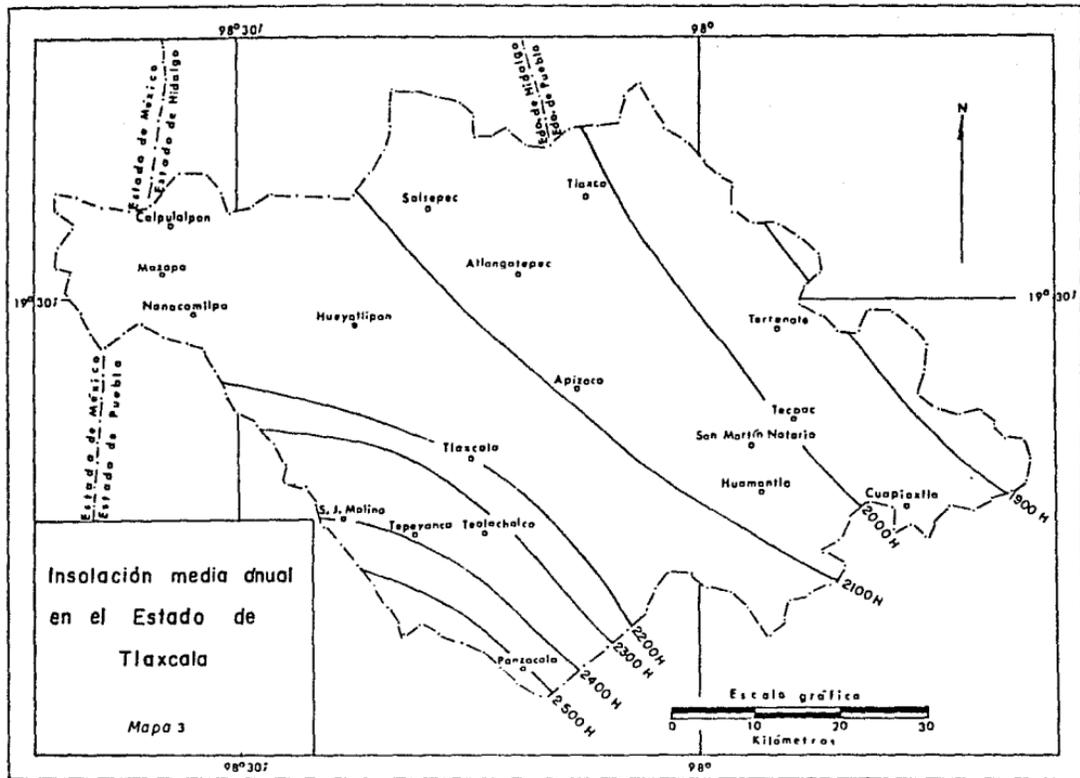
La insolación es el número de horas que alumbra el sol durante el día en un lugar determinado de la superficie terrestre.

La insolación es elevada en casi todo el territorio tlaxcalteca, pues su promedio diario es aproximadamente de 8 horas.

Al contemplar el Atlas del Agua de la República Mexicana, se observa en la sección correspondiente a la insolación, que el estado de Tlaxcala es cubierto por gran cantidad de isohelias con valores de 2400, 2300, 2200, 2100 y 2000 horas durante el año (ver mapa 3).

La insolación de las más intensas que se registran en el país, corresponden a este espacio geográfico, solamente superadas por las que se producen en el norte y noroeste, cuyas zonas por latitud son muy secas en gran parte del año.

En la región Puebla-Tlaxcala, se presenta una ausencia de nubes, fuerte insolación, que elevan las tempera-



turas durante el día, mientras que por la noche la sequedad del aire permite una intensa pérdida de calor por la radiación, abatiéndose considerablemente la temperatura.<sup>22</sup>

La fuerte insolación durante el día y la casi nula nubosidad por la noche (durante la temporada de secas y a veces en la lluviosa), permite una pérdida de calor hacia la atmósfera, enfriándose rápidamente la baja troposfera, el suelo, las plantas y los objetos presentes en esos lugares.

Si la temperatura baja lo suficiente para causar daño a los cultivos se produce una helada de irradiación, que en ocasiones es fatal para los mismos.

### 2.3.2 Temperatura.

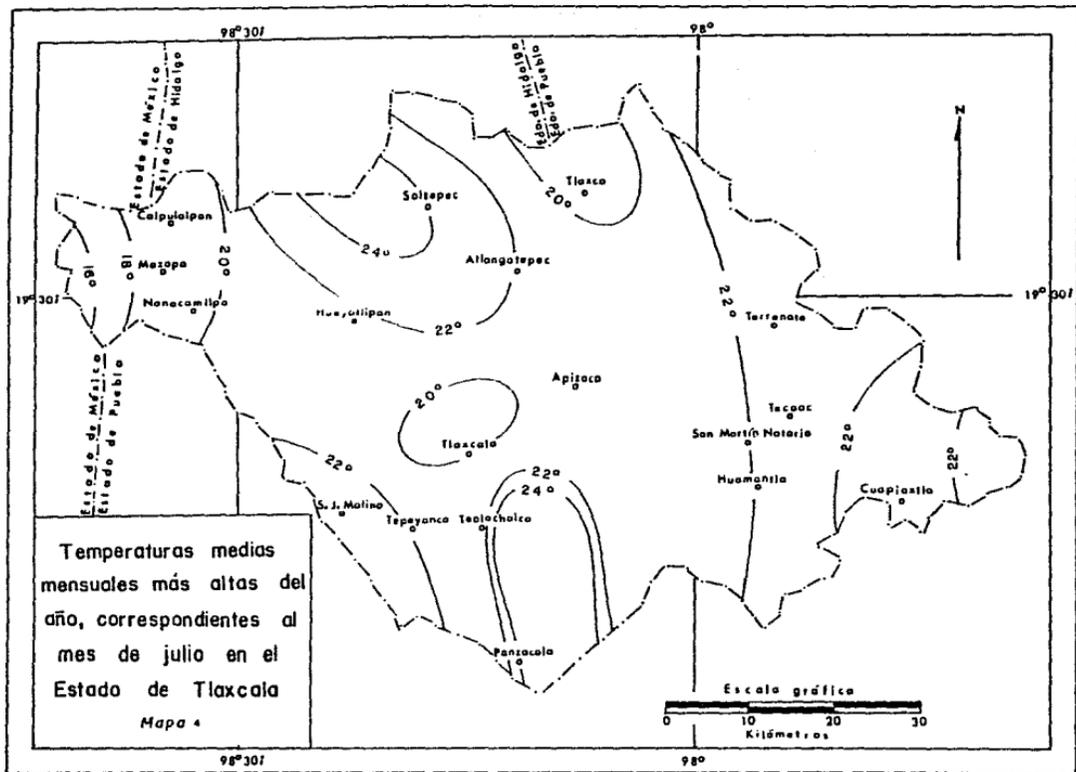
La temperatura es el elemento climático más importante porque a diferencia de otros, éste se halla en todas partes afectando de manera positiva o negativa a la superficie terrestre.

a) Temperaturas medias mensuales más altas del año. Estas temperaturas se registran en los meses de abril, mayo o junio, y sus valores van de 20°, 22° y 23°.

Estas manifestaciones térmicas se presentan principalmente en el valle Oriental, valle de Huamantla, valle de Tlaxcala, así como casi toda la parte centro-oriental de la entidad.

Las temperaturas altas en esos meses (abril, mayo o junio), no son de peligro para la agricultura, porque pocas veces rebasan los límites críticos, es decir, cuando la temperatura es letal a las plan

22. Jáuregui, Cstos Ernesto. Mesoclima de la región Puebla-Tlaxcala. p. 19.



tas. Pues en general la vida activa de las plantas está comprendida entre los 0° y 50°C, aunque estos límites varían de una especie a otra.

En el estado de Tlaxcala, las altas temperaturas comienzan a decrecer cuando se inicia la temporada lluviosa, debido a la humedad y a la nubosidad.

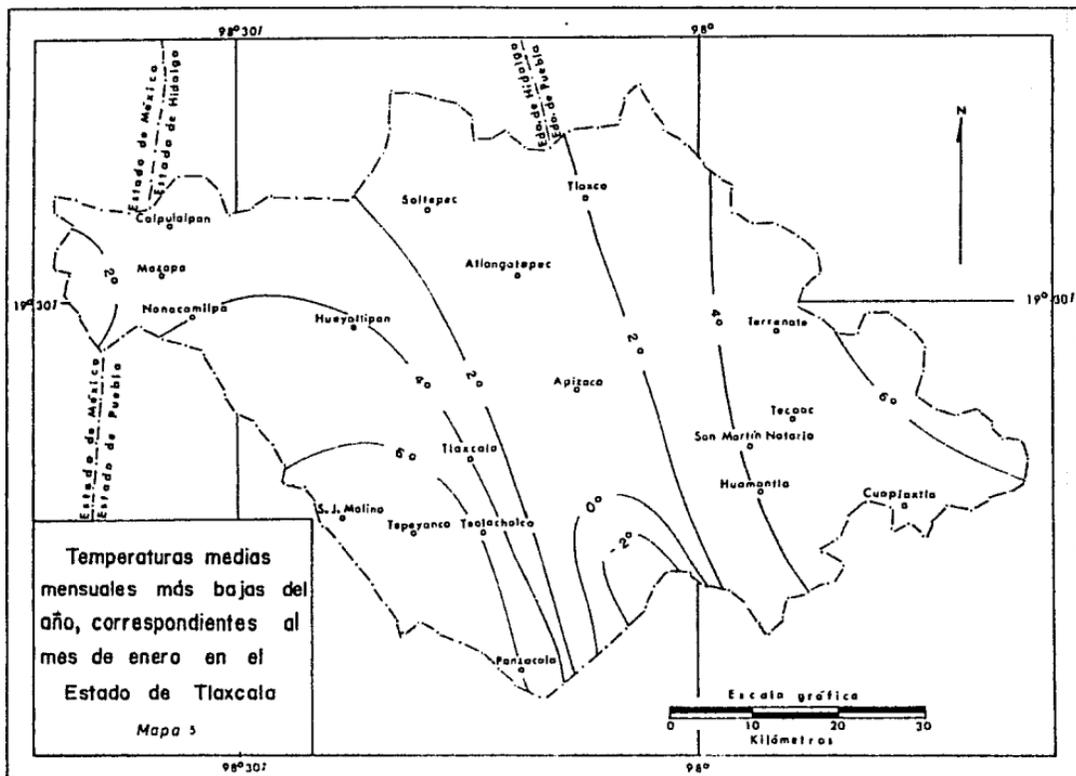
De manera general en las zonas de los valles es donde se presenta el menor número de heladas anualmente. Esto se debe a que son planicies relativamente bajas con respecto a las montañas adyacentes y ahí se concentran las mayores insolaciones durante el día, evitando una frecuencia mayor de heladas en la temporada de ocurrencia.

En el mapa 10, se puede apreciar que en el valle de Tlaxcala se registra anualmente el menor número de heladas. En esta zona por sus aspectos climáticos, topográficos y edáficos se practica más ampliamente la agricultura.

b) Temperaturas medias mensuales más bajas. Estas temperaturas hacen su aparición a fines de diciembre y se prolongan hasta mediados de enero, con promedios de -2° a 6°C, y sus incidencias se llevan a cabo en las áreas montañosas.

Las bajas temperaturas en la entidad coinciden con la invasión de masas de aire frío procedentes del norte del continente, lo que da origen a las heladas de tipo advectivo en esas fechas.

En las elevaciones montañosas más altas (volcán de la Malinche, Sierra Nevada, Cerro Peñón de Rosario, etc.) se produce el mayor número de heladas durante el año, con un promedio de más de 100 días, aumentando en algunos años hasta 140.



La agricultura que se practica en las estribaciones de esos macizos montañosos tiene un alto riesgo de peligrosidad, debido a las bajas temperaturas. Por fortuna en esos lugares no se concentra la actividad agrícola más importante de la entidad.

c) Temperaturas mínimas extremas. Estas temperaturas se registran primordialmente en las cimas de las montañas: en el volcán de la Malinche pueden ser de hasta  $-15^{\circ}\text{C}$ , en la Sierra Nevada de  $-12^{\circ}\text{C}$ , mientras en los valles de Tlaxcala, Apizaco, Soltepec y Oriental oscilan entre  $-3^{\circ}$  y  $-10^{\circ}\text{C}$ . Estas temperaturas acontecen durante los meses de diciembre y enero.

Las bajísimas temperaturas invernales además de ocurrir en lo alto de las montañas, inciden también en las áreas de menor precipitación pluvial anual, como es en casi todo el oriente del estado.

d) Temperaturas máximas extremas. Estas temperaturas varían entre los  $28^{\circ}$  y  $30^{\circ}\text{C}$ , y se manifiestan sobre todo en la parte suroeste de los valles de Tlaxcala, Huamantla y Vicencio. Estas temperaturas se registran en los meses de abril o mayo.

Las oscilaciones térmicas anuales pueden ser de  $25^{\circ}$  a  $30^{\circ}\text{C}$ . Estas temperaturas relativamente elevadas, generalmente no causan el mayor daño a los cultivos agrícolas y a la vegetación natural, ya que para muchas especies y variedades vegetales, la temperatura óptima para su crecimiento y desarrollo varía de  $15^{\circ}$  a  $35^{\circ}\text{C}$ .

Durante el muestreo llevado a cabo en la entidad, varios campesinos afirmaron: que durante la temporada en que más se eleva la temperatura atmosférica, ésta no provoca grandes perjuicios a sus cultivos, excepto si se producen sequías prolongadas.

### 2.3.3 Vientos.

Durante el mes de enero se forma en el norte del país una alta presión de aproximadamente 1021 mb y en el Golfo de México otra alta presión de 1023 mb.

La presencia de las altas presiones origina movimientos del viento de norte a sur, y por el movimiento de rotación de la Tierra se dirigen hacia al suroeste.

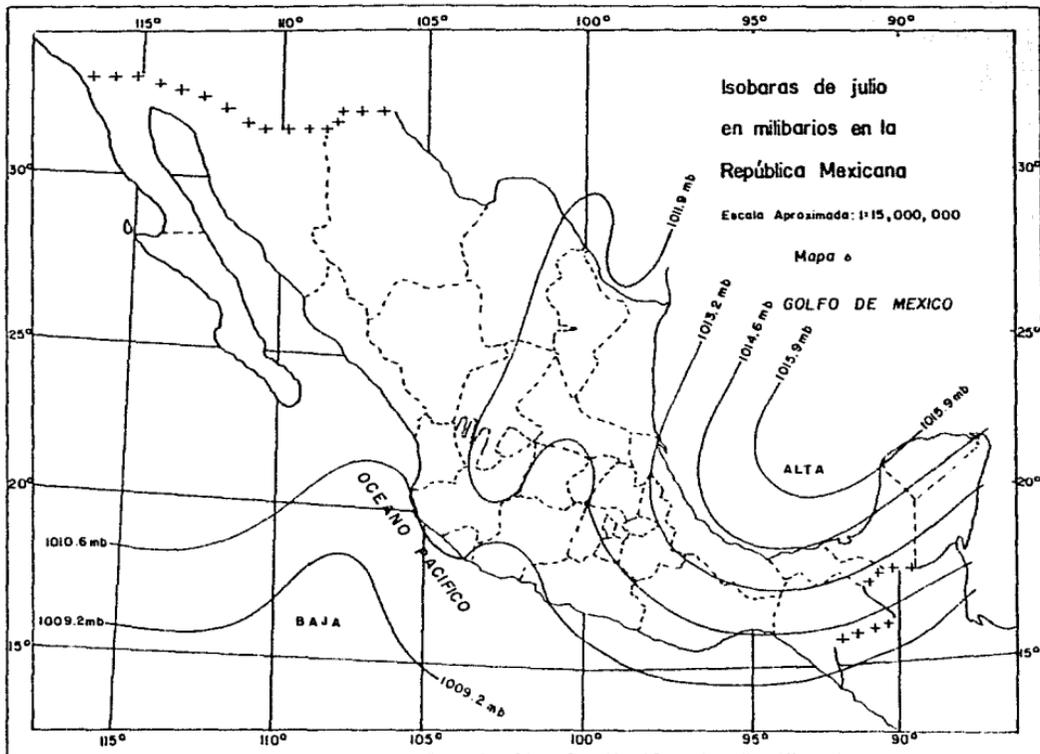
Durante el invierno del Hemisferio Norte, la zona intertropical de convergencia (encuentro de los vientos alisios en superficie), se desplaza hacia el sur y con ella todo el sistema de vientos, de tal manera que los centros de alta presión (Bermudas-Azores y Norteamérica), se unen y llegan en ocasiones hasta la latitud de 20° norte.<sup>23</sup>

De esta manera, los vientos llegan al estado de Tlaxcala por el norte, noreste y noroeste. Estas masas de aire en ocasiones, dan lugar a la formación de pequeñas lluvias y a la presencia de heladas de tipo advectivo básicamente.

En la época lluviosa (verano) se forman en el Golfo de México una alta presión de 1016 mb y una baja presión en la mayor parte del país de 1012 mb (ver mapa 6), de esta manera los vientos se dirigen de la alta presión hacia el gradiente isobárico menor, en este caso del Golfo al Altiplano.

En julio el centro de máximas está situado cerca de las Azores, en el océano Atlántico, produciéndose

23. Maderey, Rascón Laura Elena. Geografía de la atmósfera. p. 32.



vientos que recorren toda la superficie líquida y generalmente vienen a chocar con el continente americano.<sup>24</sup>

Pero la corriente húmeda de los alisios llega desde el mes de mayo, determinando la época de lluvias que termina hasta octubre. En este período el estado de Tlaxcala recibe vientos húmedos casi siempre del norte y noreste. En estas fechas se presentan pocas heladas.

Los vientos fríos que llegan del norte durante la temporada invernal, pueden ser muy perjudiciales para la agricultura, la vegetación natural y la población.

Debido a las corrientes de viento frío, los habitantes tlaxcaltecas suelen enfermarse generalmente de las vías respiratorias por esas fechas.

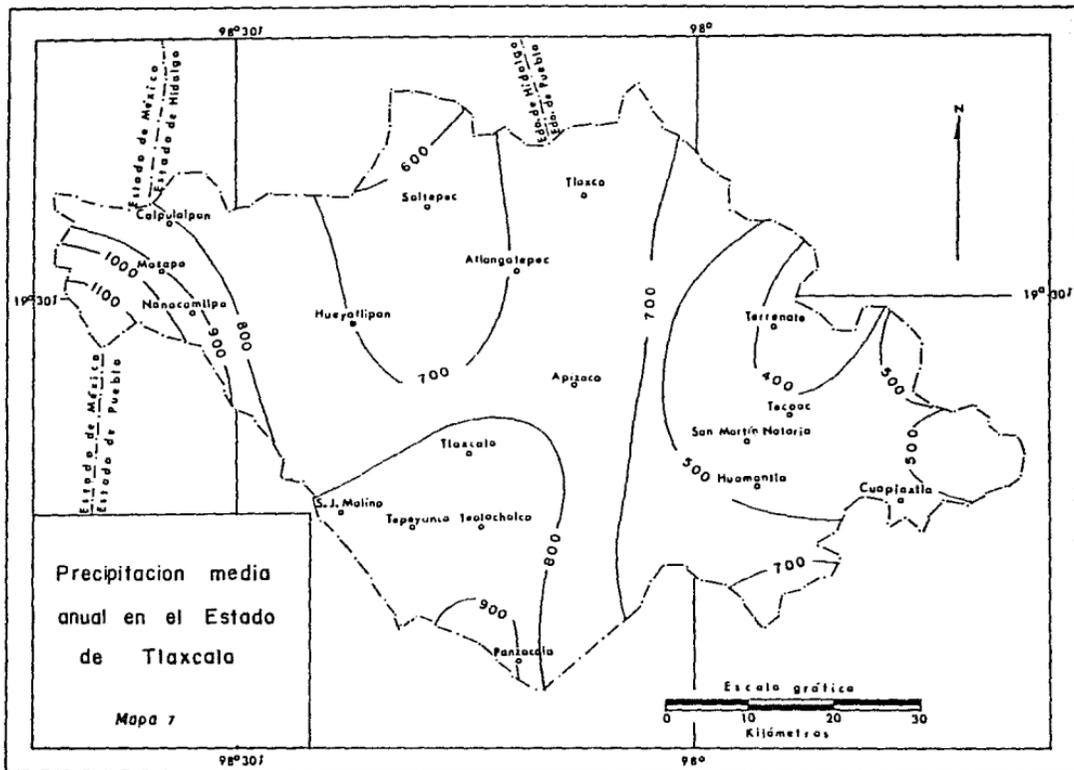
#### 2.3.4 Precipitación.

La precipitación en el estado de Tlaxcala varía de manera general de 600 milímetros anuales en las áreas orientales a 1000 milímetros anuales en las estribaciones de la Sierra Nevada y cercanías del volcán la Malinche. En gran parte del centro y occidente del estado (valle de Tlaxcala), la precipitación media anual es de 700 milímetros a 900 milímetros (ver mapa 7).

En casi todo el valle de Tlaxcala la lluvia es homogénea, es decir, su variación es mínima de un lugar a otro.

Durante el ciclo agrícola de primavera-verano, si las lluvias no escasean difícilmente se producen heladas. Pero durante los años secos o con sequía intrasestival, pueden ocurrir heladas hasta el mes de julio, como aconteció en el año de 1982, en que se devastaron grandes

24. Tamayo, L. Jorge. Geografía moderna de México. p. 92.



áreas de cultivos por este fenómeno.

La variación de la distribución de la lluvia es más apreciable en las zonas más áridas, como en la región oriental de la entidad. En esta zona las lluvias varían de 600 a 700 milímetros anualmente, y las heladas se intensifican en los años de escasa precipitación pluvial, debido a la deficiente humedad atmosférica.

En el estado de Tlaxcala las lluvias comienzan en abril o mayo y terminan en octubre.

Si las lluvias tienen una frecuencia regular en la temporada agrícola, difícilmente se producen heladas.

El mes de julio es el más lluvioso en la entidad, y en ocasiones es septiembre, mientras en el mes de agosto puede ocurrir sequía de medio verano o canícula.

El valle de Tlaxcala tiene un promedio de 110 días con lluvia al año. Por otro lado, en el valle de Vicencio y Pie Grande sólo llueve un promedio de 28 días anualmente. En estos dos últimos valles las heladas son muy frecuentes e intensas.

### 2.3.5 Nubosidad.

La nubosidad en el estado de Tlaxcala es muy escasa a lo largo del año. La ausencia de nubes es más apreciable en el invierno, en esas fechas se observa en el cielo sólo algunos cirrus y estratos.

La nubosidad se incrementa como es obvio al comenzar la temporada lluviosa, es entonces cuando se desarrollan cúmulos-nimbus por fenómenos convectivos y más tarde por la llegada de ciclones tropicales que cubren gran parte del cielo con nubes estratiformes y de

desarrollo vertical.

Las nubes que predominan en la región Puebla-Tlaxcala, son de tipo convectivo producidas por la insolación principalmente; aunque en otros casos estas nubes de desarrollo vertical son el resultado de la inestabilidad convectiva característica de la proximidad de una perturbación de los alisios.<sup>25</sup>

Como se dijo anteriormente, la insolación es muy elevada en la entidad, que aunada a la humedad que llega en el verano (y algunas veces en el invierno con los "nortes"), dan como resultado la formación de las nubes.

El promedio de días nublados anualmente en la Sierra de Tlaxco, Sierra Nevada, Sierra la Caldera y volcán de la Malinche es de aproximadamente de 180. Estos valores son los más altos en la entidad.

La nubosidad promedio anual en el valle de Tlaxcala es de 150 días. Con este promedio se cubre casi una cuarta parte del estado.

En el valle de Apizaco desciende la media anual a 125 días nublados.

En las zonas áridas cercanas a Tecoaac, Soltepec, valle de Vicencio y valle Pie Grande, los días nublados anualmente apenas son de 120.

En el estado de Tlaxcala, la máxima nubosidad se concentra en la época lluviosa, con 140 días al año, mientras en la temporada seca el promedio anual de nublados es de 10 a 15 días.

Debido a la escasa humedad y nubosidad se producen grandes oscilaciones térmicas, tanto de una estación a otra, como entre el día y

25. Jáuregui, Cstos Ernesto. op. cit., p. 19.

y la noche.

En las áreas de menor nubosidad (valle de Vicencio, valle Pie Grande, valle de Huamantla, valle de Teccac, etc.), se producen con frecuencia las heladas negras, las cuales abaten a los cultivos y a la vegetación anual, dando un aspecto negruzco a su follaje.

### 2.3.6 Evaporación.

La evaporación en el estado de Tlaxcala es muy intensa, debido a la falta de humedad atmosférica y por la fuerte insolación que se registra en casi todo el año.

La evaporación media anual más elevada (2100 mm) se produce en el oriente de la entidad, donde los promedios de lluvia anuales apenas alcanzan los 600 mm.

En los valles de Apizaco y de Tlaxcala la evaporación media anual es de 1750 mm, mientras en los valles de Vicencio, Oriental, Pie Grande y Teacoac es de 1940 mm.

La evaporación comienza a declinar cerca de las áreas más lluviosas, como en las estribaciones de la Sierra Nevada, Sierra de la Caldera y volcán de la Malinche, donde la evaporación media anual es de 1300 a 1400 mm.

En los valles de elevada evaporación ( Vicencio, Pie Grande, Oriental, Cuapixtla, Teacoac, Huamantla, etc.), se presentan heladas de este tipo.

Según declaraciones de los campesinos; cuando las lluvias cesan, el agua en los arroyos y en las plantas se esfuman rápidamente, éstas entonces empiezan a morir por sequía y por frío.

### 2.3.7 Tipos de clima.

De acuerdo con las características de los elementos climáticos descritos anteriormente, se obtuvieron los tipos de clima que afectan al estado de Tlaxcala.

Los tipos de clima fueron deducidos en base a la clasificación climática realizada por Köppen.

a) Cw'big. Clima templado con lluvias en verano y seco en invierno, durante el mes más lluvioso, las lluvias son 10 veces o más, de mayor altura que el mes más seco, la temperatura de 4 meses o más es superior a 10°C, mientras que la temperatura del mes más cálido debe ser inferior a 22°C, es isotermal porque la diferencia de la temperatura media mensual entre el mes más cálido y el mes más frío es inferior a 5°C, y su temperatura media mensual más alta se presenta antes del solsticio de verano. En este caso se dice que la marcha media anual de la temperatura es tipo ganges.

El tipo de clima anterior se encuentra distribuido en la mayor parte de la entidad; desde el norte, centro, suroeste y oeste, abarcando gran parte de las montañas y los valles principales.

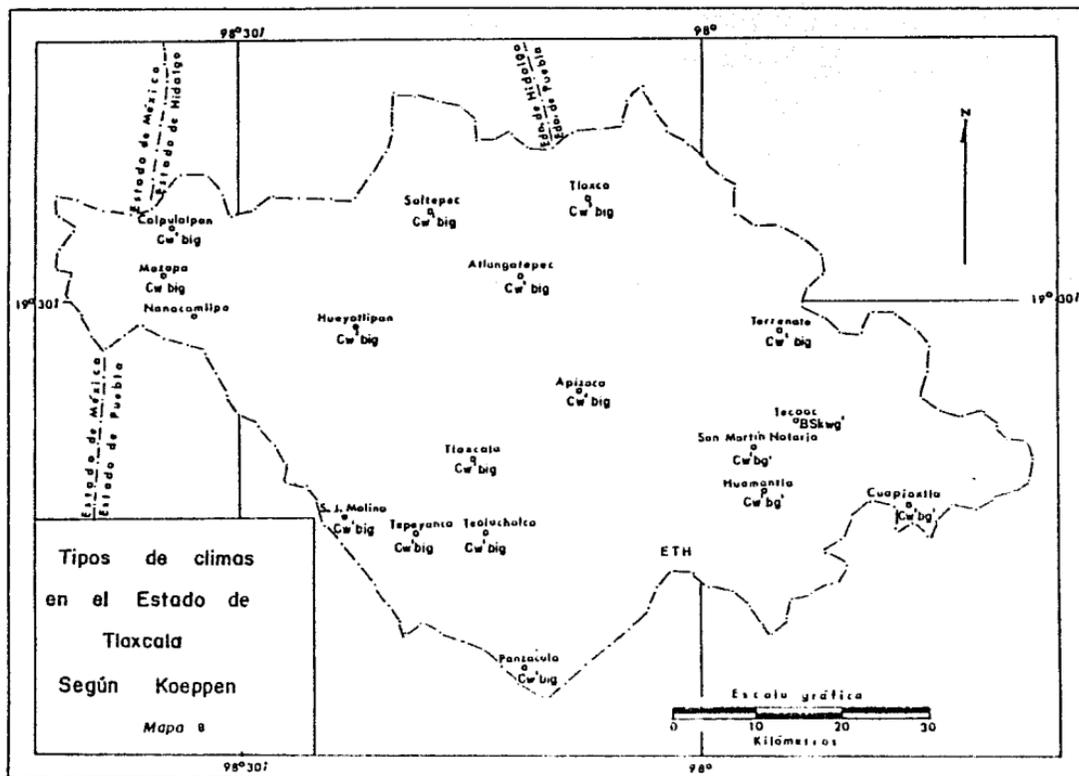
Este mismo tipo de clima también se encuentra en el centro-oriental de la entidad, solo que ahí la temperatura media mensual más alta se presenta después del solsticio de verano, coincidiendo con la ocurrencia de la sequía intraestival, dando lugar en ocasiones a la creación de heladas por esas fechas.

El clima templado también se halla en el oeste de la entidad, solo que en esta área no se presenta sequía de medio verano.

b) BSkwg'. Clima seco estepario; es el menos seco de los secos,

es frío porque su temperatura media anual es menor a  $18^{\circ}\text{C}$ , y su temperatura media mensual del mes más cálido es mayor de  $10^{\circ}\text{C}$ , su régimen de lluvias se manifiesta en el verano y su temperatura media mensual del mes más caliente es posterior al solsticio de verano. Este tipo de clima solo se encuentra en una estación del estado de Tlaxcala; que es la de Tecuac. Esta localidad se ubica al oriente de la entidad, es precisamente por esos sitios donde el clima comienza a ser un tanto más templado hacia el centro y oeste del estado, mientras hacia el este (abarcando territorio poblano) se va definiendo como clima seco estepario, hasta llegar mas o menos cerca de las estribaciones de la Sierra Madre Oriental. Esta afirmación es muy evidente, al observar que de las cercanías de Tecuac hacia el occidente la vegetación natural comienza a tomar características de clima templado, esto se verifica al observar entre la poca flora que todavía existe, que quedan algunos pinos, enebros, pirules, mezquites, etc. Mientras por el este de Tecuac se comienza apreciar vegetación de tipo xerófilo; sobre todo muchos arbustos y matorrales de baja talla. Pero este tipo de clima comprende una pequeña zona de la entidad tlaxcalteca, su mayor disposición se encuentra hacia territorio del estado de Puebla. En esta zona durante el invierno acaecen heladas muy intensas.

c) ETHw. Clima polar, es donde la temperatura media mensual del mes más cálido es menor de  $10^{\circ}\text{C}$ , y la temperatura media mensual del mes más frío es menor de  $-5^{\circ}\text{C}$ , su régimen de lluvias es de verano. Este tipo de clima se halla en el volcán de la Malinche y la vegetación allí es poco evolucionada y de estructuras simples (cerca de la cima). Esta área es la más afectada por las heladas en el estado de Tlaxcala.



Estación	Coord.	Años con- siderados															Tipo de clima
			E.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Prom.		
1. Apizaco	19°25' 98°08'	T 15 P 20	10.8 12.0	11.5 5.3	14.0 11.5	14.9 42.0	15.2 111.0	15.5 155.5	14.7 118.4	15.1 139.4	14.5 145.3	14.0 68.7	12.9 28.9	11.6 8.6	13.7 857.3	Cw'big	
2. Atlangatepec	19°33' 98°13'	T 12 P 12	11.9 14.2	12.1 7.5	13.8 11.0	15.0 49.3	14.8 100.0	14.9 170.1	14.8 135.3	14.9 154.8	14.3 68.5	13.8 40.8	11.5 19.8	13.6 9.9	13.5 780.1	Cw'big	
3. Cuapiaxtla	19°18' 97°45'	T 8 P 8	11.6 5.5	14.1 7.8	15.9 15.0	17.1 40.1	18.2 66.8	18.9 98.8	18.9 88.5	18.2 120.8	17.3 131.5	15.8 40.8	13.1 18.5	11.2 8.7	15.7 668.6	Cw'bg'	
4. Huamantla	19°19' 97°55'	T 19 P 11	11.4 3.0	11.4 20.0	16.5 14.8	18.2 34.5	18.2 78.0	16.0 66.8	15.3 133.0	16.2 77.5	15.3 97.0	13.4 38.8	13.1 26.5	11.1 10.4	15.1 602.3	Cw'bg'	
5. Hueyotlipan	19°29' 98°20'	T 7 P 7	11.3 10.2	11.2 15.2	13.6 48.7	14.2 120.9	15.1 150.1	16.6 184.4	16.0 184.4	14.2 168.2	14.8 175.8	13.5 68.1	12.0 40.2	11.2 11.5	13.4 1000.1	Cw'big	
6. Mazapa	19°32' 98°34'	T 22 P 22	11.9 11.9	13.0 4.1	14.5 4.2	15.8 5.6	16.0 140.2	15.5 157.1	14.6 149.0	15.1 140.2	14.2 127.7	14.0 68.1	11.9 24.1	12.2 14.4	14.0 851.8	Cwbig	
7. Panzacola	19°09' 98°12'	T 9 P 9	11.5 11.2	13.1 4.1	16.3 4.2	16.0 5.6	18.0 140.2	17.9 157.1	15.4 185.3	16.1 135.8	17.2 186.2	15.8 75.5	14.1 23.0	12.0 15.7	15.2 933.8	Cw'bg	
8. San Juan Molino	19°14' 98°22'	T 10 P 9	11.5 7.7	11.5 4.1	14.8 8.8	16.2 31.1	17.5 84.4	17.9 143.4	17.0 138.1	16.9 155.1	16.8 158.8	15.3 57.5	13.6 21.2	11.8 8.1	15.1 774.1	Cw'bg	
9. San Martín Notario	19°20' 97°56'	T 10 P 11	11.0 7.7	12.6 8.1	14.2 18.9	16.0 55.0	16.1 79.5	16.4 117.8	15.2 58.2	15.3 102.4	15.0 95.0	14.2 65.1	12.1 20.5	11.3 8.9	14.1 633.3	Cw'bg	
10. Soltepec	19°36' 98°17'	T 8 P 8	14.5 16.5	15.2 9.0	15.0 4.3	14.8 14.5	15.2 64.8	15.7 125.9	15.6 89.1	15.1 92.0	15.4 120.0	15.0 35.4	14.5 11.7	14.9 6.9	15.1 619.3	Cw'big	
11. Tecuac	19°22' 97°55'	T 21 P 21	12.5 7.5	15.8 7.2	16.4 13.2	17.6 35.1	18.1 95.4	18.6 117.1	19.2 80.7	17.4 99.2	17.1 86.1	18.0 40.7	14.2 17.5	12.0 7.0	16.6 586.6	BShw'g'	
12. Tepeyanco	19°13' 98°14'	T 11 P 11	15.0 13.2	16.5 8.1	18.4 9.5	18.2 48.9	18.3 93.8	19.0 148.5	18.7 138.6	18.2 140.3	18.1 160.7	18.2 28.4	16.9 26.1	16.3 4.0	17.5 820.0	Cw'big	
13. Tlaxcala	19°19' 98°14'	T 30 P 30	13.8 8.5	14.8 5.1	15.8 8.3	17.0 24.8	18.4 83.0	19.2 159.2	19.0 150.7	18.4 160.0	18.3 135.1	17.6 55.8	16.9 23.2	16.0 6.1	17.0 807.8	Cw'big	
14. Tlaxco	19°37' 98°06'	T 21 P 21	11.1 9.9	12.2 6.0	12.5 13.4	14.7 36.7	15.9 82.9	14.5 125.0	14.5 110.2	14.4 130.5	14.5 118.8	13.4 111.8	11.9 14.8	11.3 7.5	13.5 773.4	Cw'big	

Cuadro 2 Fuente: Oficina de Climatología del Servicio Meteorológico Nacional. Elaboró: Carlos Morales Méndez.

#### 2.4 Sistemas de tiempo.

Las condiciones atmosféricas que tienen lugar en un momento dado, determinan las horas, los días o las semanas en que puede desarrollarse el fenómeno de la helada en un lugar determinado.

Jáuregui (1968) considera tres perturbaciones atmosféricas primordiales que determinan las características de los sistemas del tiempo en la entidad tlaxcalteca.

a) Las ondas del Este. Son corrientes de aire húmedo que proceden del Océano Atlántico; zona donde nacen los vientos alisios y se trasladan al continente cargados de humedad, dando lugar a la época más lluviosa de la entidad.

La temporada lluviosa es muy importante porque cesan las heladas y se comienza a practicar la agricultura, ya que casi durante dos tercios del año amenazan las heladas.

Cuando disminuyen las corrientes húmedas del Este, llegan a producirse heladas por radiación y evapotranspiración en algunos lugares, como en Xicoténcatl, Delicias, Cuexcontzi, Soltepec y otras localidades del oriente.

b) Los ciclones tropicales. Se forman en el Océano Atlántico, siguen una trayectoria casi siempre por donde se dispone la corriente de los vientos alisios. Cuando tocan costas mexicanas se disipan dejando fuertes aguaceros.

Es imprescindible tomar muy en cuenta el nacimiento y trayectoria de los ciclones tropicales, pues según Contran y Lecrija (1957) nos conducen a prevenir heladas tempranas en nuestro país, con suficiente anticipación para atender a los cultivos agrícolas.

Por lo que se refiere a las heladas tempranas fue el meteorólogo Rafael Lucio quien se percató que este fenómeno coincidía siempre con la presencia de un ciclón que recorría el mar Caribe, cercano a las Pequeñas Antillas; y este hecho fue al que en realidad nos dió la clave para la previsión de las heladas tempranas con una anticipación de seis o más días, ya que en la vertiente Central se observaba la súbita suspensión de las lluvias con un cielo totalmente limpio de nubosidad y un colorido intenso al que denominamos "azul ciclónico"... al alejamiento de nuestras costas de las trayectorias ciclónicas, indica la presencia en el continente de masas de aire frío y seco con altas presiones, lo que proporciona las condiciones favorables para la realización de las primeras heladas en varias regiones del país.<sup>26</sup>

Con lo descrito anteriormente puede deducirse que al formarse ciclones durante el otoño; alejados de las costas mexicanas, éstos concentran su dinámica en el océano y permiten el paso al país de las masas de aire frío y seco provenientes del norte, propiciando así la formación de heladas por advección.

Si la observación por estos científicos es acertada, se podría tomar en cuenta para la previsión de heladas en las zonas elevadas de la República Mexicana.

c) Las invasiones de aire polar. Durante la temporada de secas

26. Noble, Gontran y Lebrija, Manuel. op. cit., p. 265.

(mediados de otoño y principios de primavera) invaden el territorio mexicano masas de aire frío procedentes de Estados Unidos y Canadá.

En esta época se forman anticiclones en el noroeste de la península de Baja California, al norte de México y sur de Estados Unidos, otro más se forma en el Golfo de México. Por otro lado, en el Océano Pacífico, frente a las costas de Guerrero y Oaxaca se origina una de presión considerable (ver mapa 3). La diferencia entre los gradientes isobáricos motiva a que se produzcan los llamados vientos del norte y del oeste, trayendo consigo masas de aire muy frío.

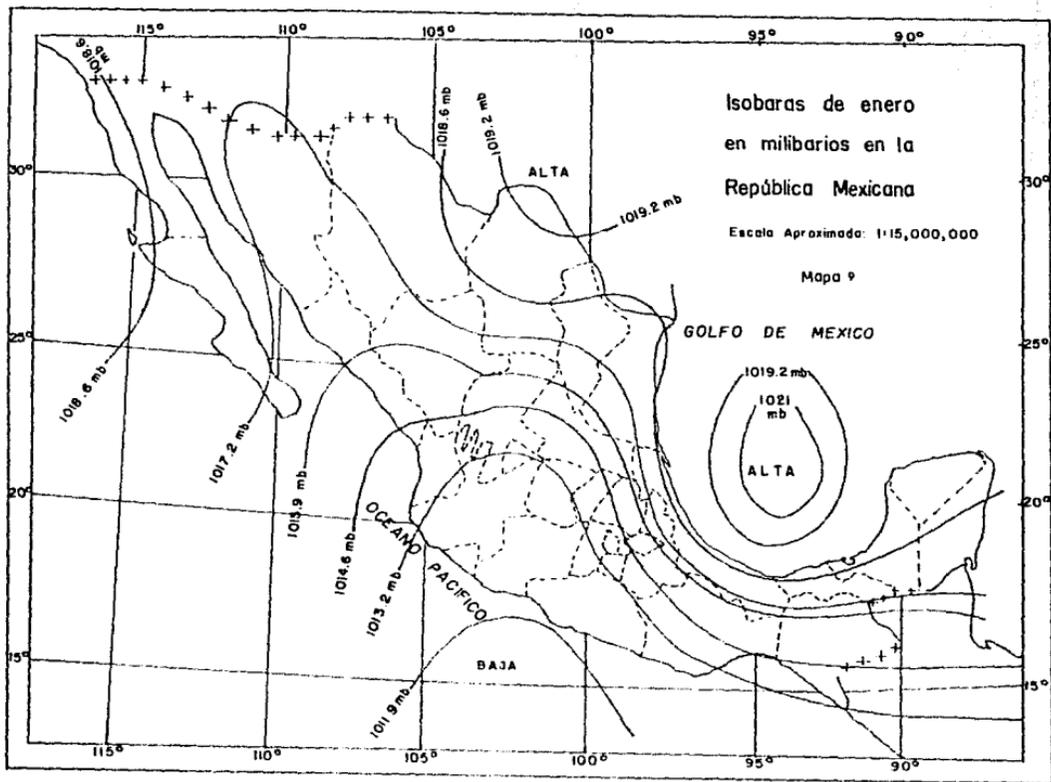
En la temporada que tiene vigencia este fenómeno meteorológico, la temperatura en muchas ocasiones baja bruscamente, provocando heladas y debatiendo algunos cultivos de invierno (trigo, maíz, cebada, avena, haba, alfalfa, hortalizas, etc.).

Las temperaturas congelantes dan origen en el estado de Tlaxcala a las heladas mixtas, es decir, las heladas por advección preceden a las de radiación, cuando por la noche el viento frío se calma y al no haber nubosidad, el calor escapa a la atmósfera, dando lugar a heladas de este tipo.

## 2.5 Sequía intraestival.

La sequía intraestival se manifiesta a mediados de la estación lluviosa (verano), afectando a casi todo el estado de Tlaxcala.

La sequía intraestival o canícula, como la llaman los campesinos, puede dar origen a la formación de heladas. Así lo manifestaron algunas personas, durante el muestreo de encuestas en la entidad. Dijeron que cuando escasea la lluvia en pleno verano, la tem-



peratura algunas veces puede bajar tanto (por la noche), que los cultivos son dañados muy seriamente.

Los campesinos desconocen el fenómeno que propicia la ocurrencia de heladas en estas fechas, pero están concientes del siniestro que causa a los cultivos, sobre todo en aquellos años con deficiencia de lluvias.

La sequía intraestival ocurre, según Mosiño y García (1968), debido a la presencia de una vaguada polar que bloquea la entrada de los vientos alisios y de los ciclones tropicales en el lado del Golfo de México, lo que se manifiesta por una merma en la precipitación.<sup>27</sup>

La disminución de la lluvia en el estado de Tlaxcala acontece frecuentemente en el mes de julio o agosto. En estos meses se produce un aumento en la temperatura a lo largo del día, mientras que por la noche disminuye muy rápido debido a la falta de humedad y nubosidad.

Este fenómeno aunado a los vientos fríos que recorren la entidad, dan como resultado heladas de origen mixto, las cuales aumentan su poder destructivo entre la agricultura. Sin embargo, esta manifestación gélida sólo es importante en los años muy secos.

## 2.6 La deforestación y las heladas.

La deforestación en el territorio tlaxcalteca ha sido muy intensa desde épocas prehispánicas, pues se dice que desde entonces, el hombre utilizaba el fuego para quemar la vegetación y así dispo

27. Vidal, Zepeda Rosalía. Algunas relaciones clima-cultivos en el estado de Morelos. p. 30.

ner de ciertas áreas para su agricultura, de esta manera también preparaban el suelo para la misma.

Los tlaxcaltecas, pueblos que ocupaban la mayor parte de las áreas de suelos fértiles de esta región, hasta la llegada de los españoles a México, eran agricultores y ya utilizaban el fuego como una manera de preparar los suelos para sus siembras, especialmente para el cultivo del maíz.<sup>28</sup>

La deforestación se incrementó con la llegada de los españoles, ya que éstos ampliaron y desarrollaron la agricultura y el pastoreo, contribuyendo con la progresiva tala de bosques, pues existen indicios en la región de antiguas zonas boscosas alrededor de pequeños lagos, los cuales se fueron acabando y secando paulatinamente con las actividades humanas.

En la actualidad esas áreas comprenden la laguna de Atoyac, la de Vicencio, el valle de Huamantla, etc.

La deforestación en el estado de Tlaxcala a través de los siglos fue ganando terreno, con el uso de nuevas áreas al cultivo, el sobrepastoreo y el empleo de la vegetación natural para las diversas actividades del hombre.

El problema de la deforestación en los últimos años ha sido propiciada primordialmente por la necesidad de la población tlaxcalteca de abrir nuevas áreas al cultivo, generalmente para satisfacer sus necesidades alimenticias.

Los informes de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

28. Leal, Antunes Dos Santos Gilberto. Suelo y agua del estado de Tlaxcala. p. 141.

licos (SARH), hasta 1986, se tenían cultivados en el estado de Tlaxcala, en áreas de temporal y de riego 305,000 hectáreas. Esta cantidad equivale al 77% de la superficie total de la entidad.

El dato anterior revela un gran porcentaje de tierras dedicadas al cultivo; hecho que ha incrementado notablemente la deforestación.

Se ha comprobado que la deforestación modifica las condiciones climáticas a través del tiempo en una región determinada. La falta de vegetación facilita la rápida evaporación del suelo durante el día y acelera la pérdida de energía calórica por la noche, así las áreas afectadas por este fenómeno, poseen temperaturas altas en el día y muy bajas por la noche, lo mismo acontece en el verano y el invierno.

El proceso descrito anteriormente, incluye notablemente para que las temperaturas bajen lo suficiente en la capa superficial del suelo y esto propicia la formación de heladas.

Quando en el valle la corriente de aire frío se filtra a través de un bosque que tiene cierta capacidad para almacenar calor, el riesgo de una helada en el piso del valle puede ser mayor por la deforestación.<sup>29</sup>

Las áreas más deforestadas en el estado de Tlaxcala coinciden con los sitios de mayor incidencia de heladas: como son los valles de Vicencio, Pie Grande, Huamantla y áreas cercanas al volcán de la Malinche.

La deforestación es uno de los mayores problemas ecológicos en el estado de Tlaxcala, pues cada día se talan más áreas de bosque,

29. Daubenmire, R. F. op. cit., p. 206.

principalmente en las sierras de Tlaxco, Nevada y la Caldera.

La SARH, desde hace varios años ha emprendido algunos programas de reforestación en aquellas áreas donde se acentúa más el problema. Sin embargo, los esfuerzos realizados hasta ahora han sido insuficientes, ya que por declaración del gobierno estatal, se ha decidido incrementar y ampliar las actividades agrícolas e industriales en varios lugares de la entidad, con lo que la incidencia, la duración y la intensidad de las heladas irá en aumento, a medida que transcurra el tiempo.

## 2.7 La erosión y las heladas.

La erosión es la acción de desgastar la superficie terrestre ocasionando la pérdida de sus capas superficiales, por la sucesión de procesos físico-químicos, por medio del agua, el viento y los agentes biológicos.

Existen dos tipos principales de erosión del suelo que son: la erosión hídrica producida por la acción del agua y la erosión eólica originada por el viento. Estos dos tipos de erosión son los que afectan más intensamente a todo el estado de Tlaxcala.

En el estado de Tlaxcala, la erosión hídrica depende básicamente del tipo de clima (muy extremo), la topografía (muy escarpada), la naturaleza del suelo (de estructura arenosa y arcillosa, lo que permite la fácil lixiviación, y por tanto, el desgaste del suelo) y la deforestación.

La erosión hídrica puede observarse en las estribaciones y cimas de los principales sistemas montañosos como son: el volcán la Malin-

che, las sierras de la Caldera, Nevada y Tlaxco.

Estudios realizados en algunas áreas de las anteriores estructuras orográficas, sobre la erosión hídrica, muestran que el escurrimiento medio anual es de 66,184,000 m<sup>3</sup>, lo que equivale a una lámina de 8.3 cm por año, lo que permite inferir que este tipo de erosión es muy grave en la entidad.

Por otra parte, la erosión eólica actúa con menor intensidad que la erosión hídrica en la entidad tlaxcalteca, ya que ésta crea las condiciones propicias para que la erosión eólica transporte los materiales del suelo con mayor facilidad.

La erosión eólica se manifiesta de dos maneras principales que son: el acarreo del suelo a través de las pendientes y el transporte de las partículas edáficas en forma de tolvaneras. Esta última forma es muy común durante los meses sin lluvia.

La erosión eólica en el estado de Tlaxcala es favorecida por la topografía (con pendientes muy pronunciadas), la estructura de los suelos (arenosos y arcillosos), la intensa evaporación (formadora de surcos en el suelo) y la deforestación.

La erosión hídrica, eólica y antrópica (causada por el hombre), han desgastado fuertemente los suelos en el estado de Tlaxcala, los cuales se han vuelto suelos peligrosos (en las faldas de algunas sierras se observa fácilmente la roca madre, y el transporte de nutrientes los ha empobrecido, con lo que los rendimientos agrícolas en algunas áreas son muy bajos).

La erosión es otro de los fenómenos que puede inducir o acelerar la ocurrencia de heladas, así lo han revelado algunos investigadores

que se han dedicado a este estudio.

La constitución del terreno tiene cierta influencia para la formación de heladas: los suelos sueltos y pedregosos resultan más fáciles conductores de calor y tienen, por tanto, variaciones de temperatura mayores, enfriándose más rápidamente y favoreciendo a la helada.<sup>30</sup>

El fenómeno de la erosión está íntimamente relacionado con el de la deforestación, y muchos otros más, los cuales propician o influyen para que las temperaturas bajen lo suficiente y se produzcan heladas en el estado de Tlaxcala.

La erosión; además que induce a bajar las temperaturas en las cercanías del suelo, se presenta también como el fenómeno contrario a la edafización (formación de los suelos). Razón por la que aumenta su poder destructivo en aquellas zonas destinadas a las labores agrícolas del estado de Tlaxcala.

30. García, Pedraza Lorenzo y García, Sanjuan Julio. Diez temas sobre el clima. p. 99.

## CAPITULO 111

### COMPORTAMIENTO DE LAS HELADAS EN EL ESTADO DE TLAXCALA

#### 3.1 Características de las heladas en la entidad.

Las diferentes cualidades de las heladas son muy acentuadas en el estado de Tlaxcala, por sus condiciones específicas que ya se mencionaron.

Romo y Arteaga (1983), declaran que las heladas pueden caracterizarse en una región determinada, por su intensidad, duración, tipo de helada, frecuencia y época de ocurrencia. Estos rubros se manifiestan en la entidad de la manera siguiente.

a) Intensidad. Las heladas se registran en todo el territorio tlaxcalteca, pero en algunas áreas con mayor vehemencia que en otras, y ninguna de ellas escapa al frío congelante en alguna estación del año.

Como ya se mencionó, los valores mínimos extremos de temperatura acusan primordialmente en los sitios más altos: el volcán de la Malinche, Sierra Nevada, etc., pero también en las áreas con deficiencia pluvial: el oriente del estado, en las hondonadas, en las cañadas, etc., es decir, en todas aquellas zonas donde puede acumularse el aire frío y denso.

b) Duración. Las heladas tienen una duración variable en las diversas áreas en que se presentan. La duración dependerá del estado del tiempo y de las características locales de dichos lugares.

Desafortunadamente las estaciones meteorológicas no consideran los datos de la duración de una helada, pues para determinar ésta, se

recurrió a los ingenieros y técnicos de la SARH, quienes afirmaron que algunas heladas pueden durar desde unos cuantos minutos hasta varias horas, propiciando gran impacto en la agricultura. Esta apreciación puede llevarse a cabo por la sensación al frío y por los diferentes grados de daño a los cultivos y a la vegetación en general.

c) Tipo de helada. El clima y la topografía en el estado de Tlaxcala facilitan a que se desarrollen todos los tipos de helada que se manejan en los aspectos teóricos.

Las heladas de advección tienen mayor incidencia principalmente por las invasiones de aire frío. Le siguen en importancia las mixtas: el subtipo de una advección seguida de una fuerte radiación es muy frecuente en invierno y primavera. Después continúan las heladas de evaporación y evapotranspiración, típicas en la época de sequía.

De acuerdo a los dos tipos de heladas (blanca y negra), las negras dejan más amplia huella, su aspecto negruzco en los tallos y hojas de las plantas, después de la helada lo confirman. Este tipo de helada es muy frecuente debido a la escasa humedad en la entidad.

d) Frecuencia. La frecuencia con que ocurren las heladas en el estado de Tlaxcala varía de acuerdo a la época del año. Las mayores frecuencias se llevan a cabo en los meses de diciembre y enero.

No se tienen datos de cuantas veces puede bajar la temperatura a 0°C, en una noche o en un día porque el termómetro sólo muestra una temperatura mínima, pero sí puede afirmarse que en el período de diciembre a enero suceden las máximas frecuencias de heladas (según los datos de las estaciones meteorológicas de la entidad).

Las bajas temperaturas que acontecen desde el mes de octubre al

mes de marzo están íntimamente relacionadas con la invasión de masas de aire polar en la región Puebla-Tlaxcala.

Según Jáuregui (1968), la frecuencia de las masas de aire polar en la región tlaxcalteca es de una por semana aproximadamente, con lo que se deduce que las bajas temperaturas también tienen una alta frecuencia en esta época. La frecuencia media mensual comienza a disminuir en febrero y casi termina en marzo, aunque las heladas suelen ocurrir hasta en los meses de junio, julio y agosto.

e) Época de ocurrencia. Las heladas comienzan en el estado de Tlaxcala (según las fechas medias anuales), de principios a mediados de octubre y terminan a principios de marzo (ver mapas 11 y 12).

Las fechas extremas en que ocurran las primeras heladas pueden producirse desde a mediados de septiembre y las últimas fechas extremas pueden presentarse en abril o mayo.

A continuación se muestran las fechas medias anuales de las primeras y últimas heladas en el estado de Tlaxcala.

Estación	Primera helada	Última helada
Apizaco	10 de octubre	7 de marzo
Atlangantepec	20 de octubre	10 de abril
Calpulalpan	28 de octubre	5 de marzo
Cuapiaxtla	25 de octubre	9 de marzo
Huamantla	30 de octubre	3 de marzo
Hueyotlipan	26 de octubre	1 de marzo
Mazapa	11 de noviembre	12 de febrero
Nanacamilpa	20 de octubre	25 de febrero
Panzacola	15 de noviembre	16 de marzo
San Juan Molino	27 de octubre	4 de marzo
San Martín N.	18 de octubre	10 de marzo
Soltepec	15 de octubre	25 de marzo
Tecoac	14 de octubre	18 de marzo
Teolocholco	8 de noviembre	7 de marzo
Tapeyanco	7 de noviembre	3 de marzo
Tlaxcala	9 de noviembre	19 de marzo
Tlaxco	4 de noviembre	5 de marzo

Cuadro 1 Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

### 3.2 Areas de mayor incidencia de heladas.

Todo el territorio tlaxcalteca es invadido por las heladas anualmente en diferentes grados de desarrollo, de acuerdo a las características físicas de las áreas que lo conforman.

En el mapa C, se observan las zonas en las que con mayor frecuencia inciden las temperaturas congelantes.

Las áreas de mayor altitud presentan mayor frecuencia de heladas durante el año.

El volcán de la Malinche tiene una altitud de 4461 metros, siendo esta estructura orográfica donde se concentra la mayor cantidad de heladas de toda la entidad. En sus estribaciones el promedio de heladas al año es de 70, mientras en sus cimas suelen ocurrir hasta 140 en ese mismo tiempo.

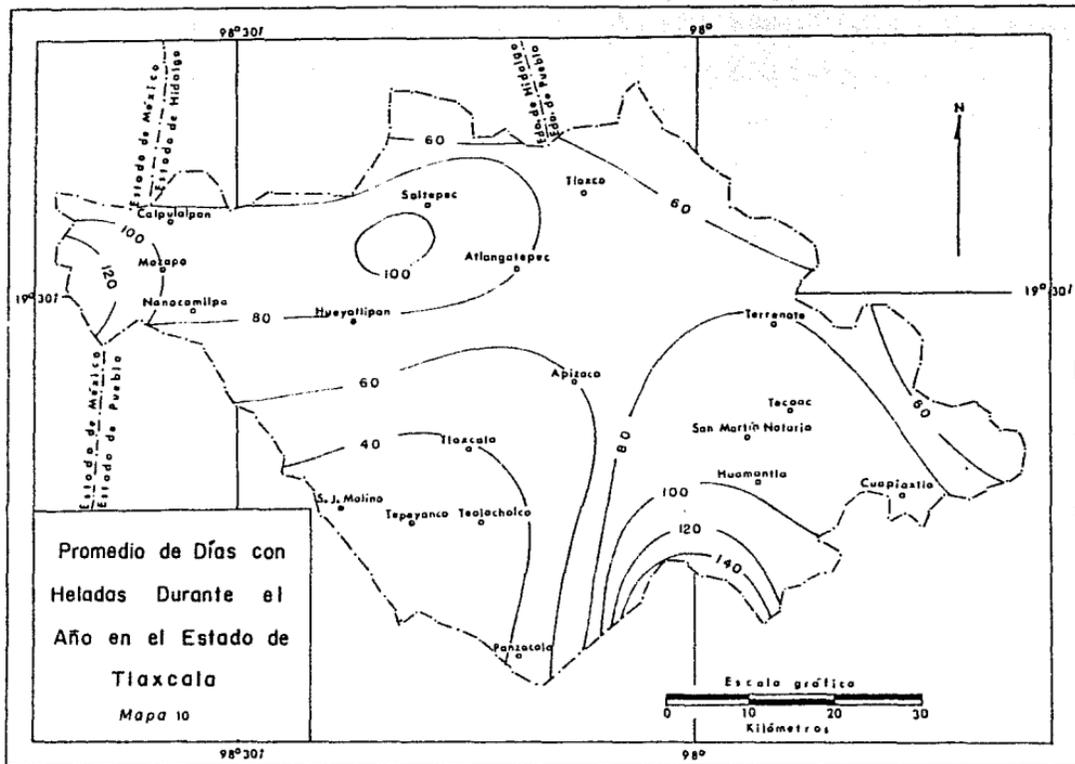
La Malinche posee una superficie de 430 kilómetros cuadrados, cubriendo el 15% de la superficie total del estado.

La Sierra Nevada comprende altitudes de hasta 3100 metros, puesto que es una prolongación del volcán Iztacítuatl (5386 m.s.n.m.), lugares que por su gran altura son invadidos por corrientes de aire demasiado frío, dando lugar a heladas muy frecuentes.

El promedio de heladas anualmente en la Sierra Nevada es de 120, abarcando un área de 280 kilómetros cuadrados y representa el 7% de la superficie total del estado.

Las sierras de Tlaxco y la Caldera poseen altitudes mayores a los 2800 metros. Sus principales elevaciones son el Peñón de Rosario, el Cerro de la Luz y el Cerro Tlacoxolo.

En esos sistemas montañosos se registran alrededor de 60 heladas



anualmente, afectando a 1400 kilómetros cuadrados, los cuales representan casi el 33% del área total de la entidad.

Las elevaciones montañosas abarcan el 53% de la totalidad del terreno estatal, con lo que se presume que la altitud tiene un papel destacado en la ocurrencia de heladas. No deja de ser interesante este aspecto, ya que representa un poco más de la mitad de la superficie total de la entidad.

A continuación se muestra una tabla mencionada por Leal Antunes para el estado de Tlaxcala, donde se toma como base a las diferentes áreas del relieve para relacionar a la temperatura (con esos diversos pisos altitudinales), estableciendo una descripción climática, así como el número de heladas que pudieran ocurrir anualmente a esas altitudes.

PISOS ALTITUDINALES TERMICOS			
Piso térmico en °C	Altura aproximada en metros	Descripción	Número de días con heladas
1	4800	Nevado	360
5	4000	Subnevado	315-360
9	3300	Helado	195-320
13	2700	Frío	115-200
15	2400	Semifrío	65-120
17	2100	Fresco	20-70
19	1800	Templado	0-50
21	1500	Semicálido	Aislada

Cuadro 4 Fuente: Leal Antunes (1978)

La tabla mostrada anteriormente refleja casi con una realidad total, la relación que existe entre la temperatura, la altitud, el tipo de clima y la cantidad de días con heladas en la entidad.

Si se observa en el cuadro anterior; el piso térmico de 15°C, con la altitud de 2400 metros, el tipo de clima semifrío y el número de días con heladas de 65-120, nos percatamos que estas condiciones imperan de manera general en algunas áreas de la entidad.

Por lo que se refiere a los valles, estos también son testigos de un gran número de días con temperaturas congelantes, ya que se localizan a altitudes superiores a los 2200 metros.

El valle de Pie Grande, presenta un corredor casi plano, orientado de norte a sur, por donde fluyen en ocasiones vientos muy fríos que vienen del norte pasando por los llanos de Apan.

En ese valle el número de días con heladas anualmente es de 30, aunque muy cerca de ahí, en Mazapa, pueden aumentar hasta 120.

El valle de Huamantla y el Oriental tienen un promedio de 80 heladas al año. Estos cubren casi el 9% de superficie total.

Los valles de Tlaxcala, Tlaxco, Capula, Apizaco, Contla y Panotla poseen los promedios anuales de heladas más bajos con 60. No obstante, esta cantidad es relativamente alta, comparada con otras zonas del país, donde las heladas son menos frecuentes.

### 3.3 Comportamiento de las heladas en los cultivos.

Las heladas tienen efectos negativos sobre los cultivos principalmente cuando éstos se encuentran en período activo, importando mucho su estado fisiológico para su susceptibilidad al frío. Durante la

brotación, el crecimiento y la floración, los cultivos son más sensibles a las bajas temperaturas.

En el estado de Tlaxcala los cultivos anuales son dañados generalmente por las heladas de otoño y primavera, puesto que en este período se hallan en actividad fisiológica. Algunos cultivos anuales y determinados árboles frutales resisten bien las bajas temperaturas hasta de los inviernos más crudos, ya que muchos de ellos son estimulados por esas temperaturas.

El comportamiento de algunos cultivos frente a las heladas se mencionan a continuación.

a) Maíz. El maíz se siembra en casi toda la entidad ocupando el 55% del área total cultivada, por lo que es el producto más expuesto a las inclemencias del frío.

En los primeros 60 días de vida del maíz es muy perjudicial la ocurrencia de heladas, ya que en ese tiempo se lleva a cabo la brotación, la foliación y la floración. El daño causado por la helada puede ser del orden de segundo o tercer grado (destrucción de flores y frutos pequeños), adquiriendo la planta un color café o amarillento. Este fenómeno se puede observar en gran parte del estado, cuando las heladas hacen su aparición en el mes de abril, es decir, cuando el maíz está en pleno macollamiento.

Cuando el maíz ha desarrollado su follaje, y ocurre una helada no muy intensa, ésta sólo daña las hojas más expuestas al frío y el tallo puede salvarse retoñando posteriormente, aunque los rendimientos de la cosecha disminuyen notablemente, en ocasiones hasta el 50%, según declaraciones de algunos agricultores entrevistados en el área

de estudio. Estas deficiencias se observan en el reducido tamaño de la mazorca, al igual que el de sus granos, los cuales no solo pierden su tamaño normal, sino también su calidad nutritiva.

Esta situación puede contemplarse en los terrenos de temporal, los cuales se encuentran en casi todas las partes más altas de la entidad. En estos lugares el riesgo de helada es grande, debido a que soplan fuertes vientos que desecan el maíz y además, se carece de agua suficiente para el riego que podría atenuar el daño por frío.

Los rendimientos promedio del maíz en el estado de Tlaxcala es de 1000 Kg/ha., mientras que en otras regiones del país (noroeste y norte), puede ser de hasta 3000 Kg/ha.

El bajo rendimiento del maíz en la entidad, se debe entre otros factores a la frecuencia de heladas, que como ya se mencionó, están muy relacionadas con las grandes altitudes.

En México el maíz se cultiva con buenos resultados desde el nivel del mar, hasta alrededor de los 2500 metros, sin embargo, con altitudes mayores a los 3000 metros sobre el nivel del mar, los rendimientos disminuyen sobre todo por las bajas temperaturas propias de la altitud excesiva.<sup>31</sup>

El cultivo del maíz en el estado de Tlaxcala es obstaculizado por las bajas temperaturas imperantes, sobre todo de otoño y primavera. Estos problemas pueden ser resueltos mediante métodos de defensa, los cuales serán tratados en el capítulo IV, donde se contemplan no solo las prevenciones para el maíz, sino también para

31. Robles, Sánchez Raúl. Producción de granos y forrajes. p. 32.

otros cultivos anuales y perennes.

b) Trigo. En el estado de Tlaxcala se siembran varias variedades de trigo; algunas son adecuadas a las temperaturas de verano y otras toleran los fríos de invierno.

Las variedades de trigo adaptadas a las bajas temperaturas, la helada no les causa daños graves, excepto cuando se hallan en estado de foliación y floración, en estas etapas el frío puede causarles lesiones de primero y segundo grado.

Robles Sánchez, afirma: "que no obstante, las mejores temperaturas para una buena producción de trigo oscilan entre 10° y 25°C, en las regiones trigueras de México". Hay que advertir que estas temperaturas se registran en el verano.

En casi todo el estado de Tlaxcala se presentan temperaturas medias mensuales durante el verano de 10° a 23°C, las cuales son muy favorables para el trigo.

Para los trigos de verano generalmente no hay problemas por las bajas temperaturas, sólo los años con sequía intraestival son peligrosos por falta de agua y porque pueden producirse heladas repentinas, fatales para este cultivo.

c) Cebada. La cebada es un cereal bien adaptado a los climas de la entidad tlaxcalteca. Por este aspecto ocupa el segundo lugar en el estado, por su superficie sembrada y por su volumen de producción.

La cebada resiste bien las temperaturas cercanas a 0°C, pero para su crecimiento y desarrollo la temperatura óptima debe ser alrededor de 18°C.

La cebada tolera las heladas no muy intensas y prolongadas, so-

bre todo en las zonas de riego. Cuando las temperaturas se mantienen bajo cero por mucho tiempo pueden ser fatales para este cultivo.

La cebada es una especie que se adapta muy bien a las elevadas altitudes de hasta 3500 metros, donde el frío es intenso. Es por esta razón, que la mayor producción nacional se realiza en las áreas altas de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla.

Las heladas pueden perjudicar a la cebada en sus primeras fases fisiológicas, pero después de la maduración tolera las bajas temperaturas. Si éstas se prolongan demasiado propician bajos rendimientos (1500 Kg/ha), en cambio si no se registran heladas los rendimientos suelen ser mucho más altos (2500-3500 Kg/ha).

El cultivo de la cebada se ha hecho intensivo en el estado de Tlaxcala, debido a su uso en la alimentación de ganado y por su demanda en la industria cervecera, localizada en el estado de Puebla.

d) Frijol. El frijol presenta dos formas: una arbustiva, que puede alcanzar una longitud de 30-70 centímetros, otra es la trepadora, la cual alcanza hasta 7 metros de distancia.

La planta que se cultiva en el estado de Tlaxcala es la de forma trepadora, porque se siembra con el maíz y éste la protege contra las heladas, ya que se enreda entre su tallo y hojas.

El frijol se siembra en el período primavera-verano para aprovechar las temperaturas relativamente más altas del año. Las temperaturas menores de 20°C pueden deteriorar a la planta, dándole un color amarillento a sus hojas que posteriormente mueren.

e) Papa. La papa es un cultivo de gran importancia en la entidad, pues se produce tanto en zonas de riego como de temporal, como

es obvio, se obtienen cosechas en verano y en invierno, destinadas al consumo regional básicamente.

La papa es uno de los productos vegetales que mejor soportan las bajas temperaturas, probablemente se deba entre otros factores a la altitud en que se cultiva.

La papa cultivada a una altitud de 3800 metros, puede soportar temperaturas tan bajas como de 7° u 8° C bajo cero, pero en las planicies muere a 2° C bajo cero.<sup>32</sup>

Los campesinos que habitan en el norte de la entidad (Tlaxco, Cárdenas, Terrenate, etc.), declararon que la papa generalmente resiste las heladas después de que ha formado el tubérculo, pero que las plantitas con tres semanas de vida pueden morir.

f) Avena. La avena es una planta que se adapta muy bien a los climas fríos, lograndose buenos resultados hasta los 3500 metros de altitud. Esta especie se siembra con frecuencia en regiones con clima frío y seco, como es el caso del estado de Tlaxcala, donde prevalece el frío y la sequía en gran parte del año.

En cuanto a temperatura, la avena a 10° o 12° C, permite un crecimiento continuo de la planta, el cual cesa a la temperatura de 4.4° C, cuando la temperatura asciende a 7.2° C, se presenta un pequeño crecimiento de la avena.<sup>33</sup>

Robles Sánchez, también afirma que "la muerte de las plantas de

32. V. I. Vitkevich. op. cit., p. 69.

33. Robles, Sánchez Raúl. op. cit., p. 271.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

avena de invierno, está asociada con la temperatura del suelo en los primeros 2.5 centímetros de profundidad. Cuando el suelo tiene una temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  ocurre muerte parcial por invierno".

g) Garbanzo. Esta leguminosa se siembra en áreas de temporal en los valles de Tlaxcala, Tlaxco, Apizaco, Huamantla, etc., con un rendimiento de 700 Kg/ha, éste sobrepasa al rendimiento medio nacional que es de 650 Kg/ha.

El garbanzo se siembra con éxito en el estado de Tlaxcala, por que su territorio posee las condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el progreso de este cultivo.

El garbanzo es una planta típica de los subtrópicos áridos. Se cultiva en la época con pocas precipitaciones, en primavera y en verano.

El garbanzo soporta bien, no solamente las altas temperaturas del aire, sino también las bajas. Sus semillas comienzan a germinar a una temperatura de  $2^{\circ}\text{C}$ , los brotes soportan bajas temperaturas hasta  $-8^{\circ}\text{C}$  de baja duración. Con  $18^{\circ}\text{C}$  de temperatura diurna y  $14^{\circ}\text{C}$  nocturna se estimula la ramificación y con la subida de la temperatura hasta  $26^{\circ}\text{C}$  se inhibe. La mayoría de especies del garbanzo se encuentran de 1000 a 2000 metros de altitud.<sup>34</sup>

Se dice que el garbanzo es una de las pocas leguminosas que soportan sin flaqueza las heladas y las sequías. Esta peculiaridad se debe a que es oriunda del Asia Occidental, donde prevalecen las con-

34. G. V. Ustimenko-Bakumovski. El cultivo de las plantas tropicales y subtropicales. pp. 136-137.

diciones climáticas descritas anteriormente.

El garbanzo se cultiva en la entidad tlaxcalteca principalmente en verano, aprovechando la humedad del suelo, pero cuando se presentan años secos resiste a la sequía y las heladas no muy prolongadas, por lo que las bajas temperaturas no le causan gran daño.

h) Magüey. El magüey se siembra entre los terrenos destinados a los cultivos. Se colocan en filas de 20, 40, 100, o hasta 200 unidades, formando terrazas en varios lugares que sirven para evitar la erosión del suelo, pues en estas zonas la acción del agua de las lluvias y la de los vientos es muy fuerte sobre la superficie.

En la entidad se siembran dos tipos de agaves: el "cimarrón" y el "manco", ambos tienen un período de vida de 10 a 20 años. Durante sus últimos años de vida llevan a cabo su período de producción de aguamiel, el cual tiene una duración de 5 a 10 meses y en este lapso se pueden extraer hasta 250 litros de ese líquido. Al terminarse la producción la planta empieza a secarse y finalmente muere.

El magüey soporta muy bien las heladas y las sequías, debido a que es una planta que almacena agua suficiente en sus tallos fibrosos y así puede enfrentar las adversidades climáticas.

i) Nopales. Estos vegetales son muy resistentes a la helada; sus tallos tienen una constitución fibrosa y una epidermis gruesa que les permite protegerse contra el frío. Sin embargo, con las bajas temperaturas sus tallos se ensanchan y se endurecen, lo que los hace poco comestibles.

Los nopales sufren daños por heladas cuando se encuentran en época de floración o cuando sus tallos son muy jóvenes.

### 3.4 Influencia de las heladas en los frutales.

En el estado de Tlaxcala los frutales que se cultivan son los característicos de los climas templados y fríos. Por su importancia productiva sobresalen: el manzano, durazno, chabacano, pera, perón, tejocote, membrillo y capulín.

Estos frutales son las especies que resisten mejor las temperaturas congelantes (ver cuadro 5 ), siempre y cuando no se produzcan éstas de manera repentina o en primavera, puesto que estos árboles adquieren esa resistencia natural por disminución gradual de la temperatura.

El frío invernal en estos frutales actúa como un agente estimulador, pero este efecto no se revela durante la aplicación del frío, sino posteriormente, al colocarse de nuevo ante temperaturas más suaves (al comenzar la primavera).

Los principales efectos de las heladas (hasta una intensidad de  $-3^{\circ}$  a  $-5^{\circ}\text{C}$ ), son la inducción de resistencia a bajas temperaturas y la adquisición de aptitud para la floración.

La resistencia al frío se manifiesta en la maduración y en el endurecimiento de los tejidos de los frutales.

La maduración en madera y yemas, consiste en una acumulación de hidratos de carbono en los tejidos del vegetal, al aumento de la presión osmótica, un engrosamiento de las paredes en células y una mayor rigidez en los brotes.

El endurecimiento en los tejidos se lleva a cabo por medio de un aumento de la permeabilidad celular que

NIVELES TERMICOS DE DAÑO EN DIFERENTES ESPECIES FRUTALES

Temperaturas letales ( °C )

Especie	Reposo	Floración	Fructificación	Maduración
Limonero	-3.3 -5.6	-1.1	-1.1	-
Toronja	-4.4 -7.8	-	-	-2.3
Naranja	-7.6	-	-2.5	-2.2
Mandarina	-6.0	-	-	-
Higuera	-9.4	-	-	-
Higuera Kali	-10.0	-	-	-
Alcornoque	-10.1	-	-	-
Datilero	-11.0	-	-	-
Vid	-17.0	-	-6.0	-
Durazno	-26.1	-2.8	-1.1	-
Chabacano	-26.1	-2.2	-0.6	-
Cerezo	-28.9	-2.2	-1.1	-
Peral	-28.9	-2.2	-1.1	-
Ciruelo	-34.4	-2.2	-1.1	-
Guindo	-34.4	-	-	-
Manzano	-34.4	-2.2	-1.7	-

Cuadro 5 Fuente: Burgos (1963)

permite a la célula luchar contra la formación de hielo en su interior. Durante el endurecimiento también se incrementa la presión osmótica, debido a la transformación del almidón insoluble en sacarosa soluble, así como el cambio de las proteínas en formas solubles.

El endurecimiento de las yemas florales y la madera se efectúa rápidamente al disminuir las temperaturas en otoño, de esta manera se hacen más resistentes a las bajas temperaturas.<sup>35</sup>

Se dice que la resistencia al frío adquirida por exposición a temperaturas bajas se pierde parcialmente durante períodos templados invernales recuperándose de nuevo cuando vuelve a descender la temperatura.

La acumulación de una cantidad de bajas temperaturas durante el invierno, permite a los frutales poder continuar su desarrollo posterior (primavera-verano) sin anomalías fenológicas.

En el cuadro 6, se exponen algunas especies y variedades con sus respectivos requerimientos de horas-frío.<sup>36</sup>

Las consecuencias agronómicas más notables motivadas por la ausencia de bajas temperaturas son:

- 1.- Prolongación del período de reposo.
- 2.- Irregularidad en el rompimiento del reposo.
- 3.- Floración raquílica e irregular.

35. Vozmediano, Jesús. op. cit., pp. 152-153.

36. Hora-frío. Se considera hora-frío, a toda hora en la cual la temperatura del aire es igual o inferior a 7°C y en la cual los frutales dejan de crecer.

REQUERIMIENTOS DE HORAS FRIO DE ALGUNAS VARIETADES DE FRUTALES			
Especie	Varietaad	Requerimientos Horas-Frío	Clasificación
Manzano	Rome Beauty	1000-1300	Muy alto
	Glden Delicius	800-1000	Alto
	Red Delicius	700-800	Medio
	Rayada	600-700	Bajo
	Winter Banana	500-600	Muy bajo
Durazno	May Flower	1000-1300	Muy alto
	Fortuna	800-850	Alto
	Witshale	700-800	Medio
	May Gold	650-750	Bajo
	Floradahome	400-500	Muy bajo
Chabacano	Nancy	1000-1050	Muy alto
	Royal	700-850	Alto
	Real Fino	650-750	Medio
	Klabi	600-700	Bajo
	Valencianos	500-600	Muy bajo
Peral	Williams	1000-1300	Muy alto
	Beurré Hardy	950-1050	Alto
	Winter Nelis	650-750	Medio
	Orient	500-600	Bajo
	Paraiso	400-500	Muy bajo
Ciruelo	Red Heart	850-950	Alto
	Ozak Premier	800-900	Alto
	Purple King	700-800	Medio
	Mariposa	650-750	Bajo
	Gota de oro	600-700	Muy bajo
Cerezo	Lambert	900-1100	Muy alto
	Chaman	850-950	Alto
	Tixerain	750-850	Medio
	Precoz de Bále	750-850	Medio
	Cristobalina	600-700	Bajo

- 4.- Foliación exclusiva de yemas terminales.
- 5.- Inhibición de yemas florales y foliales.
- 6.- Falta de ramificación y presencia de espacios vacíos.
- 7.- Crecimiento raquíptico anual de los brotes.
- 8.- Enanismo y raquitismo de todo el árbol.
- 9.- Cosecha reducida, extemporánea y de mala calidad.
- 10.- Susceptibilidad de ataque de patógenos.
- 11.- Muerte prematura del árbol.

Las bajas temperaturas durante el invierno suelen ser benéficas a los frutales, pero su presencia en primavera pueden perjudicarlos gravemente.

Los agricultores tlaxcaltecas declararon que las heladas en primavera dañan las flores, los frutos y las ramitas en crecimiento; del peral, el chabacano y el membrillo. Estos miembros se ennegresen después que ha ocurrido la helada y posteriormente caen. Algunos frutos quedan agrietados y manchados, motivo por el cual su precio disminuye notablemente en el mercado.

Los manzanos y duraznos son especies que resisten mejor las heladas invernales, sólo cuando se presenta la primavera y el verano pueden dañar la epidermis de los frutos, produciendo fisuras, las cuales los desecan y después mueren.

Los árboles afectados por las heladas primaverales pueden recuperarse y proporcionar una producción satisfactoria en cantidad, pero en calidad los frutos suelen presentar manchas y deformaciones.

Las anomalías que presentan los frutos por heladas y otros factores, y por el reducido número de hectáreas sembradas, sólo tienen

acceso a los mercados locales de la entidad, ya que casi no se utilizan métodos de defensa apropiados contra el frío, ni hay evidencia por los agricultores de ampliar la superficie para cultivar estas especies frutales.

### 3.5 Efectos gélidos en la vegetación natural y el suelo.

La vegetación natural en el estado de Tlaxcala es muy reducida, pues en la actualidad solo quedan restos de antiguos bosques en La Sierra Nevada, Sierra de Tlaxco, Peñón del Rosario, Sierra la Caldeira y volcán de la Malinche.

Muchos lomeríos entre los valles de Tlaxcala, Huamantla, Apizaco, Chiuantepan, Oriental, etc., estuvieron en los siglos pasados cubiertos de vegetación, pero como ya se dijo, debido a la tala inmoderada ésta desapareció.

La vegetación es característica de los bosques de clima templado y frío, como son: el pino, oyamel, cedro, enebro, encino, abeto, abedul, pirul, álamo, ahuehuete, mezquite, madroño, sauce y otros arbustos de menor importancia, así como nopales y magueyes.

Todas estas especies vegetales generalmente son resistentes a las heladas, ya que se han adaptado al clima templado y frío de las zonas montañosas más altas del país.

Muchos cultivos diferentes se desarrollan en las regiones de helada permanente, incluyendo plantas de granos, vegetales y hierbas. El abedul, el pino, el alerce y el cedro crecen en la región de la helada permanente.<sup>37</sup>

37. V. I. Vitkevich. op. cit., p. 181.

Como se puede apreciar, algunas especies vegetales halladas en los bosques del estado de Tlaxcala son propias de climas fríos. Sin embargo, al visitar los bosques durante el invierno, se pueden observar en los pinos, enebros, encinos y otros, algunas cicatrices en sus tallos y lesiones epidérmicas, las cuales se deben, según dijeron algunos campesinos, a las fuertes heladas que suelen acontecer repentinamente en esos lugares.

Entre el bosque mixto de la Sierra Nevada y la Sierra de Tlaxco, pueden observarse de otoño a primavera, en las áreas menos densas de vegetación, gran cantidad de árboles y arbustos con las hojas amarillentas o con manchas cafés. Esta pigmentación se atribuye a las temperaturas congelantes.

En la misma época algunos árboles como el encino; pueden encontrarse entre la vegetación parcialmente secos, sin que los dañe plaga alguna aparentemente. Estas especies se hallan un poco aisladas del conjunto boscoso y desprotegidas de la demás vegetación.

En los espacios desprovistos de plantas la erosión hídrica es muy evidente, pues el agua de las lluvias traslada las capas de suelo hacia las corrientes fluviales, quedando las raíces de esa vegetación al descubierto, las cuales son seriamente dañadas cuando comienzan a acusar las bajas temperaturas.

Cuando las raíces mueren por efecto de heladas, pueden aparentemente rebrotar las variedades en primavera, pero lo hacen con hojas muy pequeñas que poco después se marchitan y la planta muere lentamente. Por fortuna, los daños en la parte radicular son mucho menos frecuentes

que los localizados en la parte aérea. La propia capa de nieve o una cubierta vegetal en el suelo, resguarda a las raíces del riesgo de congelación. Los riesgos son tanto mayores cuanto más desnudo y ligero sea el suelo.<sup>38</sup>

Como ya se dijo, la deforestación se acrecienta vertiginosamente en la entidad, debido entre a otras causas, a la necesidad de los campesinos de abrir nuevas áreas al cultivo. Este fenómeno ha ocasionado gran erosión en el suelo.

Los suelos tlaxcaltecas están constituidos generalmente por materiales volcánicos, los cuales son de constitución terrosa bastante endeble. Esta particularidad propicia a que los fenómenos meteorológicos afecten directamente su estructura.

En los lomeríos y en las laderas de las montañas se disponen enormes cantidades de cárcavas y grietas en la superficie del suelo, con hierbas semiarrancadas dispuestas hacia los lados. Esta situación es más pronunciada en los meses con temperaturas muy frías, por lo que puede relacionarse con la presencia de heladas.

Cuando la temperatura baja lentamente a menos del punto de congelación, la delgada capa de la superficie del suelo se congela, y entonces el agua es atraída hasta el fondo de la misma, donde forma una capa de cristales orientados verticalmente que continúa creciendo longitudinalmente. En este proceso los tallos de las plantas tienden a levantarse, y pueden quedar expues-

38. Vozmediano, Jesús. op. cit., p. 149.

tos en la superficie del suelo.<sup>39</sup>

En el estado de Tlaxcala, las heladas tienen gran influencia en la vegetación, así como en las capas superiores del suelo. Estos aspectos hay que tenerlos muy presentes para el momento de decidir prácticas con actividades agrícolas en esos terrenos.

### 3.6 La helada como fenómeno positivo en la agricultura.

Los efectos de las bajas temperaturas no siempre son negativos para algunos cultivos, como ya se vió anteriormente, pues ciertas especies como los frutales de hoja caduca y los cereales de invierno, siempre requieren de acumular una cantidad de bajas temperaturas en su período de reposo, y de esta manera poder continuar su desarrollo posterior sin ninguna anomalía fisiológica y sin disminución en su crecimiento y rendimiento.

La onda fría que afecta al país es catalogada por los agricultores, como un arma de dos filos porque en algunos casos como en el cultivo del trigo, estas heladas son provechosas, porque exterminan las plagas, sin embargo para las hortalizas son mortales. Pero es preferible perder las siembras de hortalizas que las de trigo, porque el beneficio que les aporta el frío es inmejorable.<sup>40</sup>

También se dice que la invasión de masas de aire frío que lle-

39. Daubenmire, R. F. op. cit., p. 232.

40. En Excelsior de 15 de enero de 1986.

gan a nuestro país, aparte de producir heladas, en ocasiones aportan una cantidad considerable de humedad a los suelos y a las plantas.

En algunas localidades del estado de Tlaxcala es utilizada la humedad de los llamados "nortes" para emprender así las primeras labores antes que comience la temporada lluviosa.

El intenso frío extermina larvas e insectos, mientras el nitrógeno recibido por la tierra mediante la humedad (masa de frío húmedo), es mejor que la utilización de fertilizantes artificiales.<sup>41</sup>

Las heladas pues, también aportan beneficios importantes a la agricultura, lleva consigo en algunas ocasiones, consecuencias positivas, no solamente son daños y desgracias.

Varios campesinos entrevistados en el valle de Tlaxcala argumentaron "en ocasiones durante el verano suelen prolongarse plagas como el 'chautle' (gusanos), principalmente entre los plantíos de maíz y de frijol, pero si la temperatura baja lo suficiente, puede arrazar con todos."

El barrenador del maíz (*Pyrausta nubilalis*) da lugar a dos generaciones cuando la temperatura es favorable, pero cuando el verano es frío mueren las larvas de la primera generación y disminuye el daño producido a la cosecha.<sup>42</sup>

41. En Excelsior de 10 de enero de 1986.

42. Fuentes, Yague J. Luis. op. cit., p. 180.

En el estado de Tlaxcala las plagas no son un peligro considerable para la agricultura, probablemente por la incidencia de bajas temperaturas que se registran en casi todo el territorio.

Por otra parte, la helada puede también exterminar las malas hierbas que crecen en los alrededores de los árboles frutales. Estas plantas pequeñas compiten con los cultivos por la obtención de nutrientes en el suelo y por el nitrógeno presente en la atmósfera.

Se dice que durante la noche la temperatura es más baja a ras del suelo (donde se encuentran muchas hierbas), mientras a los 2 o 3 metros de altura (donde se hallan los árboles frutales), la temperatura es más elevada en 1° o hasta 3°C.

De este principio se puede inferir que los vegetales cercanos al nivel del suelo pueden sufrir daños más fácilmente, mientras los que se hallan a 3 metros de altura poseen temperaturas más elevadas, por tanto, los perjuicios por la helada son menores o nulos en caso de que los árboles frutales se encuentren en período de reposo.

Las heladas arrazan desde el otoño hasta la primavera con gran cantidad de hierbas, pastos, larvas, insectos, aves, roedores, anfibios, reptiles, etc. Este suceso no es completamente dañino, tomando en consideración que los organismos al morir, se descomponen después por la acción bacteriana, y cuando se inicia la temporada de siembras los suelos ya están enriquecidos de materia orgánica: elemento muy importante para la prosperidad de los cultivos.

En la época invernal es común observar en el territorio tlaxcalteca toda esa diversidad de especies de flora y de fauna, muertas por todos lados, debido a las inclemencias gélidas del tiempo.

### 3.7 Pérdidas agrícolas y económicas.

Para realizar una evaluación exhaustiva sobre los daños agrícolas y económicos producidos por la helada, es necesario contar con datos anuales que indiquen: la temperatura, el lugar, tipo de cultivo, práctica agrícola, etc., en que tuvo lugar el fenómeno. Como no se dispone con esta información, sólo se mostrarán los datos obtenidos por la SARRH, que ha llevado a cabo en los últimos años en el estado de Tlaxcala.

Durante el período de finales de los setentas a principios de los ochentas se produjeron fuertes heladas en gran parte de la República Mexicana, trayendo consigo graves daños a la agricultura. Este acontecimiento preocupó a los dirigentes de la SARRH, quienes se dedicaron a evaluar las pérdidas agrícolas y económicas de las áreas de riego primordialmente.

El cuadro que se muestra a continuación aporta información de algunas entidades que sufrieron el perjuicio por las heladas en 1982.

ESTADOS CON HELADAS EN 1982		
Estado	No. Has. (Riego)	Importe ( \$ )
Tlaxcala	10,809	197,155,234.00
Puebla	8,123	110,715,000.00
México	8,354	20,049,600.00
Chiapas	58	8,456,175.00
Guanajuato	108	5,532,500.00
Queretaro	36	955,400.00

Cuadro 7 Fuente: S. A. R. H.

En el cuadro anterior se observa que el estado de Tlaxcala es el más perjudicado por las heladas, tanto por el número de hectáreas como por el monto económico perdido.

Las pérdidas en la entidad son bastante significativas, puesto que se trata de la superficie estatal más pequeña del territorio nacional (3914 km<sup>2</sup>).

Las pérdidas agrícolas y económicas en ese año fueron mucho mayores, pues no se reportaron los daños por helada de las zonas de temporal. Estas áreas en la entidad representan alrededor del 90% con respecto a las de riego, con lo que se infiere que las pérdidas agrícolas en ese año fueron desastrosas, no solo para Tlaxcala, sino para la nación en general.

El ingeniero Gabriel Alejo Gutierrez, jefe de planeación y estudios en la Comisión Nacional de Zonas Áridas (C.O.N.A.Z.A.) del estado de Tlaxcala declaró: que durante el lapso de 1978 a 1982, las pérdidas por heladas y sequías sumaron casi el 70% con respecto a otro tipo de siniestro.

Las estadísticas obtenidas de los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas revelan en promedio que uno de cada cuatro años presenta deficiencia de lluvias, con lo que se agrava también el problema de ocurrencia de heladas, aunque pueden presentarse períodos de tres o cuatro años con lluvias abundantes y períodos de dos o tres años con relativa sequía. Es precisamente en estos períodos con merma de precipitaciones, cuando por excelencia las heladas realizan sus máximos estragos a la agricultura, representando porcentajes muy elevados en relación a otros factores dañinos.

Las evaluaciones en pérdidas agrícolas y económicas por heladas y sequías llevadas a cabo por la SARH, abarcan de 1979 a 1984. No obstante, en el año de 1973 dicha Secretaría reportó pérdidas agrícolas por causas diversas en la entidad tlaxcalteca, las cuales se pueden apreciar en el cuadro siguientes.

PERDIDAS AGRICOLAS		
Causa	No. Has.	%
Heladas	48,366.8	57.5
Sequías	33,308.4	39.7
Plagas y enfermedades	751.0	0.8
Inundaciones	494.3	0.5
Otras causas	720.1	0.8

Cuadro : Fuente: S.A.R.H.

En el cuadro se advierte que en ese año las heladas tuvieron prioridad sobre las demás causas, representando el 57.5%, seguidas por las sequías con el 39.7% y con porcentajes menores de 1% se encuentran las demás.

Sólo las heladas representaron casi el 60% por pérdidas agrícolas en la entidad, con lo que se deduce que pueden existir algunos años en que las heladas predominan sobre las demás causas de siniestridad. Esta afirmación es apoyada por las declaraciones de campesinos e ingenieros entrevistados al respecto.

Con la información mencionada es evidente tomar muy en cuenta las manifestaciones del frío para emprender labores agrícolas.

En el año de 1979 la SARE reportó las pérdidas económicas por heladas y sequías que afectaron totalmente a los cultivos en las áreas de riego y de temporal. No se hace distinción de los lugares más castigados por esos fenómenos, pero se presume que fueron las áreas de temporal, debido a que representan más del 90% de las tierras destinadas a los cultivos en la entidad tlaxcalteca.

A continuación se muestran las pérdidas agrícolas y económicas ocurridas en el año de 1979.

PERDIDAS POR HELADAS Y SEQUIAS			
Cultivo	Práctica	No. Has.	Importe ( \$ )
Maíz	(R.T.)	20,399	43,438,758.00
Frijol	(R.T.)	1,777	8,409,087.00
Cebada	( T. )	4,540	13,945,064.00
Trigo	( T. )	234	683,654.00
Maíz forrajero	(R.T.)	339	3,553,567.00
Avena forrajera	( T. )	61	210,294.00
Haba	( T. )	2,047	5,897,612.00
Papa	( T. )	79	3,148,308.00
Tomate	(R. )	8	224,000.00
Avena grano	( T. )	23	41,924.00
Chile	(R. )	5	56,250.00
Alfalfa	(R. )	211	1,194,433.00
Arvejón	( T. )	14	43,680.00
		Total 29,774	Total 81,222,804.00

R. Riego T. Temporal

Cuadro 9 Fuente: S.A.R.H.

En el año de 1979 los cultivos más perjudicados por las heladas y sequías fueron: el maíz, la cebada, el frijol, la haba y la alfalfa. Los daños se produjeron no porque sean estas plantas muy susceptibles al frío y a la sequedad, sino porque ocupan mayor extensión territorial con respecto a las demás.

Las pérdidas de los cinco cultivos anteriores suman más de 29000 hectáreas, lo que representa casi el 80% en relación a la superficie de los otros cultivos.

En cuanto al importe económico, las pérdidas por estos cultivos rebasaron los \$ 75,000,000.00, lo que equivale al 92% de las cifras del monto total.

El maíz y la cebada representan casi el 60% del importe total por pérdidas. Este porcentaje refleja el liderazgo de estos cultivos en la entidad, porque además de sembrarse en todo el territorio son especies que resisten las bajas temperaturas no muy intensas.

Según la SARH, en 1979 se perdieron 29,774 hectáreas de cultivos, lo que traducido al importe económico sumó \$ 81,222,804.00. Estas cantidades solo muestran lo que aconteció en una parte del territorio tlaxcalteca, ya que según declaraciones de varios campesinos, a muchos de ellos no se les evalúa sus pérdidas agrícolas por heladas o por otros fenómenos.

En el año de 1980 la SARH evalúa las pérdidas agrícolas por heladas y sequías de los cultivos más importantes. Los datos muestran solo el número de hectáreas y el importe económico de las especies que se perdieron totalmente.

En seguida se muestra el cuadro sobre pérdidas agrícolas en 1980.

PERDIDAS POR HELADAS Y SEQUIAS			
Cultivo	Práctica	No. Has.	Importe ( \$ )
Maíz	(R.)	65	654,613.00
Maíz	(T.)	5347	37,287,529.00
Frijol	(T.)	14	75,096.00
Trigo	(T.)	54	361,354.00
Ajo	(R.)	2	210,000.00
Otros cultivos		6	48,000.00
	Total	5488	38,636,592.00

Cuadro 10 Fuente: S.A.R.H.

Al observar el cuadro anterior se contempla que el maíz de temporal fue el más perjudicado por heladas y sequías con 5347 hectáreas, lo que condujo a una pérdida de \$ 37,287,529.00. Estas dos cifras equivalen al 96 y 97% con respecto a las pérdidas de los otros cultivos en la lista.

El maíz es la planta que muestra las mayores adversidades climáticas, debido a su mayor exposición en todo el territorio de la entidad. Este cereal abarca cerca del 56% de la superficie sembrada, sobresaliendo tanto en áreas de temporal como en las de riego, puesto que es la base de la alimentación de la población.

Pareciera que en 1980 las heladas no tuvieron gran incidencia, pero la verdad es que no se dispone con datos suficientes que puedan revelar los alcances del fenómeno en ese año. A pesar de esto, las pérdidas agrícolas reportadas suman \$ 38,636,592.00, cantidad muy importante que podría destinarse a insumos contra heladas.

El cultivo del maíz es la práctica agrícola más importante, no solamente en el estado de Tlaxcala, sino en casi todo el país. Es por ello que la SARH en 1982 reportó únicamente las pérdidas agrícolas de este cereal.

PERDIDAS DEL MAIZ POR HELADAS		
Descripción	Nc. Has.	Importe ( \$ )
Se perdieron totalmente	2,000	56,640,000.00
Afectadas en un 22%	3,112	50,541,004.00
Afectadas en un 57%	469	9,356,550.00
Otros tipos de cultivo afectados en un 30%	228	80,617,680.00
Total	10,809	197,155,234.00

Cuadro 11 Fuente: S.A.R.H.

En el año de 1982 la SARH cuantifica las pérdidas por heladas e paradamente de las de sequías, lo que conduce a contemplar con mayor objetividad las mermas agrícolas y económicas de los cultivos.

En el cuadro anterior se aprecia que dentro de la jerarquización de porcentajes, el que corresponde a las plantas del maíz afectadas en un 22% ocupa la mayor cantidad de hectáreas, mientras las afectadas en un 57% solo sumaron 469.

Los datos muestran que el maíz es afectado en grados diferentes, pero por fortuna pueden salvarse del frío dañino la mayoría de hectáreas sembradas.

El importe económico del cultivo del maíz y el de los cultivos afectados en un 30% rebasaron los \$ 197,000,000.00, cantidad que se

brepasó en mucho a las pérdidas de años anteriores. Esto se debe a que fue un año con temperaturas relativamente más bajas en comparación a otros años. Además también los costos por insumos agrícolas han aumentado considerablemente.

En el año de 1983 los efectos de las heladas sobre los cultivos fueron mínimos; la SARH estimó los daños en solo un 10% sobre las superficies sembradas.

El porcentaje reducido de los efectos adversos sobre los cultivos, indican que las heladas tuvieron poca intensidad en ese año. Hay que recordar que después de varios años con deficiencia de lluvias, no solamente en el estado de Tlaxcala, sino en casi todo el país, en 1983 las precipitaciones vuelven a aumentar considerablemente y los daños por heladas disminuyen notablemente, como puede observarse en el cuadro que se halla a continuación.

PERDIDAS POR HELADAS EN UN 10% EN EL ESTADO DE TLAXCALA		
Cultivo	No. Has.	Importe ( \$ )
Maíz	5,197	5,351,022.00
Cebada	241	727,550.00
Trigo	4,196	3,409,530.00
Haba	543	1,989,209.00
Frijol	42	57,456.00
Arvejón	9	6,596.00
Alfalfa	4	24,500.00
Otros cultivos	2	3,763.00
<b>Total</b>	<b>10,234</b>	<b>17,569,656.00</b>

Cuadro 12 Fuente: S.A.R.H.

En el cuadro anterior se observa que las pérdidas económicas por las bajas temperaturas fueron reducidas, pues según la SARH en el año de 1983 se perdieron \$ 17,569,656.00 por afectaciones a los cultivos por esas temperaturas frías, las cuales perjudicaron a un 10% de los sembradíos. Sin embargo, la cifra anterior no refleja la realidad, ya que según opiniones de campesinos, en ese año muchas localidades perdieron parcial o totalmente sus cultivos debido a las heladas, por lo que se debe considerar que las pérdidas por ese concepto alcanzaron índices más elevados.

En el año de 1984 la SARH da a conocer las pérdidas agrícolas por heladas, haciendo énfasis en el cultivo del maíz e identificando los departamentos agropecuarios en que tuvo lugar el siniestro.

Los departamentos agropecuarios de Tlaxcala, Huamantla y Calpulalpan abarcan los valles centrales de la entidad, comprendiendo a todas las poblaciones que ahí se ubican, por lo que los datos obtenidos sobre el maíz y otros cultivos cubren la mayor parte del estado de Tlaxcala. Dicha información se muestra en el cuadro siguiente.

PERDIDAS DEL MAIZ POR HELADAS		
Departamentos agropecuarios: Tlaxcala, Huamantla y Calpulalpan		
Descripción	No. Has.	Importe ( \$ )
Afectadas totalmente	5,676	379,729,400.00
Afectadas en un 10%	6,840	130,896,540.00
Otros cultivos	1,276	15,552,466.00
Total	13,792	526,178,406.00

Cuadro 13 Fuente: S.A.R.H.

El cuadro anterior señala el número de hectáreas con cultivo de maíz que se afectaron totalmente y las perjudicadas en un 10%.

La SARH, no hace referencia a otros porcentajes por daños agrícolas de otras especies. Si se dispusiera de mayor información al respecto, las evaluaciones por heladas serían más categóricas.

En el cuadro 13, tampoco se hace mención del departamento agropecuario en el que el siniestro fue más fuerte, no obstante, se presupone que fue el de Huamantla, esto se deduce por las características físicas que conforman el área en que se encuentra, las cuales ya se mencionaron en páginas anteriores.

Las heladas se presentan de manera general en todo el espacio tlaxcalteca, casi siempre en forma negativa, aunque en ocasiones son benéficas a la agricultura.

La cantidad de hectáreas cultivadas que se pierden por heladas anualmente son bastante considerables, de la misma manera lo es su importe económico.

Las pérdidas agrícolas y económicas que se exponen en este capítulo solamente representan una muestra del daño que causan las heladas en la entidad, ya que según declaraciones de campesinos; no a todos se les evalúa sus pérdidas agrícolas y económicas. Quizás en el futuro las autoridades correspondientes atiendan mejor ese aspecto por lo importante que es, y así se podrán llevar a cabo mejores evaluaciones y análisis en el comportamiento de las heladas sobre la agricultura, no solamente del estado de Tlaxcala, sino en todas aquellas áreas del país perjudicadas por el frío.

## CAPITULO IV

### MÉTODOS DE DEFENSA A CULTIVOS CONTRA HELADAS EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Después de haber puesto en evidencia la problemática que causan las heladas a los cultivos en el estado de Tlaxcala, es conveniente saber que se puede hacer para tratar de menguar, o si es posible evitar la acción devastadora de este fenómeno meteorológico.

En el estado de Tlaxcala prácticamente no se utilizan métodos de lucha contra las heladas; excepto en algunas áreas del valle tlaxcalteca donde se aprovecha el riego o el zacate para proteger a los cultivos contra el frío en lugares generalmente reducidos.

Los métodos que se manejan principalmente en Europa, Estados Unidos de Norteamérica y en algunas áreas del noroeste de México se describen en seguida, los cuales pueden emplearse en el estado de Tlaxcala.

Existen dos procedimientos para evitar o, al menos, reducir las consecuencias negativas producidas por las heladas: la lucha directa y la lucha indirecta.

En la lucha directa se actúa directamente contra los factores desfavorables que producen la helada. Mientras que en la lucha indirecta se toman las precauciones naturales para evitar o reducir al mínimo la influencia de los factores perjudiciales.

#### 4.1 Lucha directa.

En la lucha directa se pretende mantener la temperatura del espacio que ocupa el cultivo por encima del nivel crítico, es decir, por

arriba de la temperatura que pueda causar daño a determinado vegetal.

Desafortunadamente los métodos de lucha directa suelen estar restringidos a fruticultores o a agricultores con grandes posibilidades económicas, ya que parte del equipo es muy caro.

Romo y Arteaga (1983), declaran que en general se logra una buena defensa si se logra un aumento de 2°C sobre la temperatura letal congelante correspondiente al cultivo y etapa fenológica que se trate.

Los métodos de lucha directa más empleados y conocidos son los que se describen a continuación.

#### 4.1.1 Recubrimiento de plantas.

Cubriendo las plantas con materiales de escaso poder radiante se consigue disminuir la radiación del suelo y atenuar la pérdida excesiva de calor.

Para este propósito se pueden emplear en el estado de flaxcala, cubiertas de papel, cartón, paja, tela, ramas, pasto, plástico, etc. Se recomienda que en ningún caso el material de cubrición debe tocar las plantas, ya que podría producir helada por contacto, en cuyo caso el daño podría ser mayor que sin protección. Este es el método más sencillo y común para la protección contra heladas, pero no se presta para cultivos de porte alto, como son los frutales.

El plástico da buenos resultados cuando se usa para cubrir el suelo, pero el procedimiento es impracticable en grandes áreas. Es recomendable quitar las cubiertas durante el día para facilitar la penetración de calor y evitar la incidencia de plagas o enfermedades debido al incremento de la humedad.

También con el cubrimiento con paja o pastos se obtiene una buena protección debido al aislamiento térmico que suministran los espacios llenos de aire que se forman entre este material.

#### 4.1.2 Riesgo superficial.

Este método brinda buenos resultados para cultivos de porte muy bajo, como la alfalfa y las hortalizas. En el valle de Tlaxcala se cultivan estas plantas, pero su uso está limitado a áreas pequeñas debido a las deficiencias de agua para el riego.

El riego superficial funciona como una fuente de calor y como un medio para disminuir la pérdida de calor al actuar como una cubierta al inundar el terreno. La protección segura contra temperaturas no menores de  $-3^{\circ}\text{C}$  por este método, sólo se logra con la inundación total del terreno.<sup>43</sup>

Es preferible que el riego se realice por la noche, que es cuando suelen ocurrir las heladas. El terreno debe estar preferentemente horizontal y contar con buen sistema de drenaje para evitar empantanamientos.

Este método se practica en el distrito de riego de Atoyac, Laguna de Jalnane, Presa Lázaro Cárdenas y en algunos otros sitios de los principales valles del estado de Tlaxcala.

El riego superficial se recomienda que se practique con preferencia en aquellas áreas de sotavento, donde los vientos no soplan muy fuerte, para evitar la transpiración excesiva.

43. Romo, González José y Arteaga, Ramírez Ramón. op. cit., p. 540

Díaz (1971), comenta que en una helada típica se pierden de 1.5 a 4.0 millones de kilocalorías<sup>44</sup> por hectárea y por hora, con este dato y con la temperatura del agua de riego, se puede calcular la lámina necesaria para contrarrestar dicha pérdida.

Estudios previos demuestran que un gramo de agua aporta una caloría al disminuir su temperatura un grado centígrado y al pasar al estado sólido aporta ochenta calorías.

Por ejemplo; si se dispone de agua de riego a 5°C, cada kilogramo de agua aportará 5000 calorías hasta que se enfría a 0°C, luego el agua que se necesitará por hectárea y por hora para luchar contra una helada será:

$$\frac{1,500,000 \text{ Kcal/ha/hr}}{5 \text{ Kcal/Kg}} \quad 300,000 \text{ Kg/ha/hr}$$

$$\frac{4,000,000 \text{ Kcal/ha/hr}}{5 \text{ Kcal/Kg}} \quad 800,000 \text{ Kg/ha/hr}$$

Es decir, una lámina de 3 a 8 centímetros cada hora, que bien puede reducirse debido al calor que aporta el agua que pasa al estado sólido.

Con la información antes mencionada se puede calcular la cantidad de agua necesaria para regar los plantíos horas antes que ocurra una helada.

#### 4.1.3 Riego por aspersión.

Este método de lucha se basa en el aprovechamiento del calor de congelación del agua, la cual al pasar del estado líquido al sólido desprende 80 calorías por cada gramo de hielo que se forma.

44. Kilocaloría. Unidad de calor, equivalente a mil calorías.

Se sabe que el agua pura se congela a 0°C, y conforme en ella, hay mayor cantidad de sustancias disueltas su punto de congelación va bajando a temperaturas inferiores a 0°C.

Si en la superficie de un órgano vegetal hay agua (riego por aspersión), y la temperatura desciende abajo de 0°C, esa agua se congelará antes que la que esté en los tejidos vegetales, que no es pura, sino que en realidad es un líquido a base de agua en el que existen muy diversas sustancias en solución.

Al congelarse el agua externa, desprende el calor de congelación, mismo que es aprovechado para disminuir la pérdida de temperatura de los tejidos de la planta, que pueden continuar a 0°C, o un poco más abajo sin llegar a sufrir la congelación.

Para que tenga efectividad este procedimiento, es necesario que a todo momento exista desprendimiento de calor, por la formación del hielo, de lo contrario se congelarían los líquidos internos de los vegetales.

Si se desea evitar que la temperatura de una planta descienda por abajo de 0°C (formación de helada), se le debe proporcionar continuamente una película de agua que la cubra y que al solidificarse le aporte el calor suficiente para que no sufra daños.

Si las pérdidas de energía calorífica en una helada van de 1.5 a 4.0 millones de kilocalorías por hectárea y por hora, la cantidad de agua que será necesario asperjar es:

$$\frac{1,500,000 \text{ Kcal/ha/hr}}{80 \text{ Kcal/Kg}} \quad 18,750 \text{ Kg/ha/hr}$$
$$18.75 \text{ m}^3/\text{ha/hr}$$

$$\frac{4,000,000 \text{ Kcal/ha/hr}}{50 \text{ Kca/Kg}} \quad 50,000 \text{ Kg/ha/hr}$$

$$50 \text{ m}^3/\text{ha/hr}$$

La cantidad de agua que se debe aplicar por hectárea y por hora es del orden de 19 a 50 metros cúbicos, lo que equivale a una pluviosidad de 3 a 5 mm por hora.

La puesta en marcha del equipo de riego se hará cuando la temperatura del aire en continuo descenso llegue a 20°C.

Los aspersores colocados en alto deben tener una distribución tal en la huerta o en los terrenos sembrados con otras plantas, que al funcionar simultáneamente mojen totalmente todas las partes del conjunto vegetal.

Las distancias entre los aspersores varían de acuerdo a la presión a que se suelta el agua y a la apertura de la boquilla, siendo usuales separaciones de 15 a 30 metros.

#### 4.1.4 Calentamiento del aire.

Cuando debido a una gran pérdida de calor del suelo por su intensa y prolongada radiación hacia la atmósfera, el suelo llega a enfriarse mucho, el aire que está en contacto con él también se enfría, produciéndose el fenómeno de inversión térmica.

Cuando este fenómeno se presenta, las capas bajas de la atmósfera (de 5 a 15 metros aproximadamente), son las más frías y las más elevadas son las más calientes, es decir, hay un orden inverso respecto a temperaturas en los estratos atmosféricos.

La defensa por medio de calor se funda en calentar, mediante diferentes sistemas de calentadores, el aire frío de las capas más ba-

jas. El calentamiento del aire alrededor de los calentadores da lugar a un movimiento ascendente del aire calentado, que continúa la ascensión hasta que llega a una capa de aire que tenga la misma temperatura. De esta manera el aire frío se desplaza y viene a ocupar el hueco que dejó el aire caliente al elevarse, calentándose a su vez. Así, el aire frío de las capas bajas se calienta por convección.

El calor se puede aportar utilizando hogueras, con materiales combustibles como: paja, ramas, llantas viejas, madera, carbón mineral o de leña, aceites, gas butano o propano y diesel.

Para el estado de Tlaxcala se debe tener presente, para el buen funcionamiento de los calefactores, los tipos de cultivo, las características del terreno y del clima. Se debe tener cuidado sobre todo en la frecuencia, duración e intensidad de las heladas, viento, humedad, nieblas, etc.

Para que la lucha contra las heladas por calefacción sea económica, no se deben tener costos promedios de protección mayores al 10 o 20% del valor de la cosecha.

El número de calefactores que deben establecerse por hectárea está relacionado con el rendimiento calorífico de los mismos, aunque también se admite que dependiendo del tipo de cultivo, la intensidad de las heladas y el tipo de inversión de temperatura que se presente.

Si las pérdidas de calor en una helada fluctúan entre 1.5 y 4.0 millones de kilocalorías por hectárea y por hora y se usan calefactores con un rendimiento unitario de 10,000 Kcal/hr se necesitarían:

$$\frac{1,500,000 \text{ Kcal/ha/hr}}{10,000 \text{ Kcal/ha/hr}} = 150 \text{ calefactores/ha}$$

$$\frac{1,000,000 \text{ Kcal/ha/hr}}{10,000 \text{ Kcal/ha/hr}} \quad 400 \text{ calefactores/ha}$$

Se dice que los calefactores con ese rendimiento, bastan de 150 a 400 de ellos por hectárea para conseguir una protección entre 3 y 6°C, entre las plantas.

Se recomienda que el encendido se lleve a cabo cuando la temperatura haya bajado a 1 o 2°C.

Si la temperatura del medio ambiente sigue descendiendo aún después del encendido de todos los calefactores, habrá que aumentar la producción de calor. Cuando la temperatura se eleve unos 2 o 3°C, sobre el punto crítico se procederá al apagado de los calefactores.

#### 4.1.5 Nieblas artificiales.

Durante el día, la superficie terrestre se calienta porque el aporte de calor (radiación solar) es mayor que la pérdida (radiación terrestre). Durante la noche, la superficie terrestre se enfría, porque la radiación terrestre continúa y no hay aporte alguno de calor.<sup>45</sup>

Cuando el cielo está cubierto, una parte de los rayos caloríficos emitidos por radiación terrestre se reflejan en las nubes y vuelven a la superficie terrestre, calentándola de nuevo. El mismo proceso se realiza cuando existe niebla, puesto que la niebla no es más que una nube a nivel del suelo. Por consiguiente, con cielo cubierto o con niebla no existe mucho riesgo de heladas. Esta tesis la reafirmé con los campesinos tlaxcaltecas; quienes declararon que cuando se forman nieblas matutinas, generalmente la helada no causa graves

45. Fuentes, Yague J. Luis. op. cit., p. 160

daños a la agricultura.

Con base al criterio antes descrito, se ha intentado producir humos y nieblas artificiales con el fin de defender a los cultivos contra las heladas.

Para producir humo se quema estiércol, ramas, paja, madera, hojas, petróleo, etc. Sobre las diminutas partículas de humo (nucleos de condensación) se condensa una parte del vapor de agua atmosférico, resultando un conjunto muy denso de humo y gotitas de agua, que reflejan los rayos caloríficos de una forma parecida a como ocurre en las nubes o nieblas naturales.

Este método es ineficaz cuando existen considerables corrientes de aire, pues las partículas pueden ser llevadas a otros terrenos.

Este método no es muy recomendable en el estado de Tlaxcala, sobre todo durante el invierno y principios de primavera, que es cuando soplan fuertes vientos en toda la entidad.

Para producir nieblas artificiales, se debe hacer en terrenos generalmente planos, ya que en lugares con pendientes acusadas, los humos tienden a situarse en las hondonadas.

Cuando se use este método, se recomienda que abarque superficies no menores de 30 o 50 hectáreas, dada la gran movilidad que presentan las cubiertas protectoras.

Con las nieblas artificiales se pueda elevar la temperatura en 1 a 2°C, por tanto, este método es útil únicamente en casos de heladas ligeras.

El método de nieblas artificiales no es muy recomendable, ya que sólo eleva la temperatura muy poco, es muy susceptible al vien-

to, produce efectos contaminantes y restringe las áreas de aplicación para obtener buenos resultados.

Para que resulte eficiente este método, se recomienda acompañarlo con el método de calefacción.

A pesar de varios inconvenientes este método es quizás el más barato, porque se pueden emplear varios materiales como combustible, y de esta manera muchos campesinos tlaxcaltecas de escasos recursos económicos pueden emplearlo.

#### 4.1.6 Ventilación artificial.

Con este método se busca agitar el aire y así producir un viento artificial para menguar los daños por helada.

La turbulencia producida por los ventiladores determina el rompimiento del nivel de inversión formando al presentarse bajas temperaturas y destruye la estratificación del aire en capas, más frías hacia abajo, hasta dicho nivel, mezclando y consiguiendo, por lo tanto, una elevación de la temperatura en el aire que está en contacto con los vegetales.<sup>46</sup>

El movimiento artificial del aire se produce mediante la acción de grandes hélices, de avión, montadas en altas torres. La altura hasta la cual debe moverse el aire es un aspecto que debe tomarse muy en cuenta, ya que ésta nunca debe sobrepasar el nivel de inversión (techo de la helada), puesto que a partir de él hacia arriba se van encontrando capas de aire cada vez más frío que no conviene mezclar con

46. Calderón, Alcaraz Esteban. op. cit., p. 337

las de abajo. La turbulencia debe efectuarse sólo bajo el techo de la inversión térmica.

El aumento de la temperatura que se consigue en las capas bajas es de 1 a 2°C, lo que demuestra que este método, por sí solo no es suficiente. Da mejores resultados combinándolo con calentadores para lograr una buena protección.

#### 4.1.7 Rayos infrarrojos.

Este método consiste en disponer sobre los árboles principalmente, aparatos que puedan emitir radiaciones infrarrojas.

Los aparatos deben colocarse en postes por encima de los árboles. Los postes deben situarse entre las filas de los vegetales. Es preciso que las radiaciones queden bien distribuidas en todo el follaje de la planta para tener éxito en su empleo.

Este método se utiliza sólo en algunas partes de Estados Unidos y Europa, debido a que su costo es muy elevado, por lo que no es muy recomendable en el estado de Tlaxcala.

#### 4.2 Lucha indirecta.

Estos métodos son de carácter preventivo, no tratan de contrarrestar el frío, sino de evitar sus daños.

Se dice que son los métodos más eficientes y representan menores costos a los agricultores, pero se debe recurrir a ellos con mucha anticipación para prevenir correctamente los daños que puedan producirse por la helada.

Los métodos más importantes son los siguientes:

#### 4.2.1 Ubicación adecuada de la zona de cultivo.

La afluencia de heladas dependerá en alto grado de la situación que tenga lugar al terreno, de su topografía y de ciertas características relacionadas con la orografía cercana.

Las formas cóncavas del terreno son propensas al frío y a las heladas, por lo que debe evitarse plantar en el fondo de los valles, en repliegues del terreno, en hondonadas y desfiladeros, pues constituyen cauces naturales de las masas de aire frío.<sup>47</sup>

Es por ello que se dice que el mejor momento de proteger una plantación contra la helada, es precisamente ese momento de decidir su establecimiento en determinado lugar.

Los campesinos tlaxcaltecas comentaron: las heladas causan enormes daños a los cultivos, principalmente cuando se hallan en barrancos o en cañadas, pero en esos lugares no puede dejarse de sembrar porque para muchos campesinos son los únicos sitios donde pueden llevar a cabo sus actividades agrícolas.

Las formas convexas del terreno son áreas adecuadas para dispersar el aire frío, también las partes medias de las colinas (donde se presenta el fenómeno del "cinturón térmico") son recomendables, ya que el fondo es peligroso, de la misma manera que sus partes altas.

Al norte del estado de Tlaxcala se hallan dispuestos muchos lomeríos, donde se siembran maíz y frijol básicamente, ahí la helada no tiene gran incidencia, por tanto, los daños por frío no son muy grandes, aunque cuando llegan los vientos fríos del norte y noreste suelen

47. Romo, González José y Arteaga, Ramírez Ramón. op. cit., p. 326

perjudicar seriamente a esas plantas.

Los terrenos con ligera pendiente y con filas de árboles al fondo, provocan acumulación de aire frío, por lo que se recomienda que no se planten árboles en las hondonadas.

#### 4.2.2 Selección de especies y variedades resistentes al frío.

En las regiones donde imperan siempre bajas temperaturas, es conveniente elegir las especies y variedades más resistentes, como son plantas de floración tardía, de floración temprana, de ciclo corto y las de resistencia intrínseca.

En algunas plantas la resistencia a las heladas es propia y particular de cada una de ellas, pero en otras puede ser inducida por algunos métodos.

Las plantas siempre verdes resisten muy bien las heladas invernales, pero si se producen éstas repentinamente o en verano la planta puede sufrir graves daños.

Por lo general, las plantas perennes de los climas fríos y templados, desarrollan la resistencia en el otoño, principalmente en respuesta a los días tan breves que producen una hormona en las yemas de las hojas, la cual se transmite a continuación a los otros órganos.

La resistencia se debe al poco contenido de agua, que disminuye el crecimiento de los cristales destructores. En ese período de resistencia, aumentan las proteínas, los lípidos y los azúcares en los órganos aéreos de la planta, disminuyendo así el punto de conge-

lación de la savia.<sup>48</sup>

Es conocido que varias plantas resisten muy bien las bajas temperaturas debido a su gran contenido de azúcar en el jugo celular.

La papa cultivada a una altitud de 3800 metros, puede soportar temperaturas tan bajas como de 7 u 8°C bajo cero, pero en las planicies muere a 2°C bajo cero. Esto se debe a que las plantas que están bajo la influencia de radiación solar intensa, que ocurre en las zonas de gran altitud, elaboran mayor cantidad de azúcar.<sup>49</sup>

Aparte de la resistencia intrínseca de algunas plantas, el hombre ha tratado de obtener resistencia al frío en sus cultivos, para ello ha seguido los métodos siguientes:

a) Método de cruce o selección. La resistencia al frío es un carácter heredable, por tanto, en algunos casos es posible usar variedades silvestres resistentes al frío a variedades cultivadas, seleccionando luego a los individuos con características deseables.

b) Variedades tardías o precoces. Hay que utilizar estas variedades de tal manera que la floración (época en que el vegetal es muy sensible al frío) no coincida con la época de heladas, ya que en general las especies vegetales son resistentes a las bajas temperaturas en las primeras etapas del desarrollo.

c) Método de fortalecimiento. Este método se basa en inducir a la planta a que soporte el frío, haciendo que sufra períodos de baja

48. Daubermire, R. F. op. cit., p. 228

49. V.I. Vitkevich. op. cit., p. 69

temperatura en las primeras etapas del desarrollo. En general se alternan períodos de temperatura relativamente alta, de manera que el promedio sea de baja temperatura. Las temperaturas óptimas para inducir resistencia al frío dependen de la especie vegetal en cuestión.

d) Vernalización de semillas. La vernalización<sup>50</sup> consiste en humedecer las semillas con una cantidad de agua necesaria (55 litros por cada 100 kilogramos de semillas) para la iniciación de la germinación.

Posteriormente se somete la semilla a un proceso artificial a bajas temperaturas durante varios días, con el propósito de satisfacer anticipadamente los requerimientos de bajas temperaturas que algunas especies suelen presentar en su estado juvenil.

Con este procedimiento los cereales invernales pueden ser sembrados sin gran dificultad en la época que corresponde a los cereales primaverales.

El efecto de vernalización puede destruirse por la acción de altas temperaturas, de 20°C o más, durante varios días posteriormente al tratamiento.

Otra gran ventaja de la vernalización es la utilización de áreas geográficas inapropiadas para cultivos que requieren la acumulación de bajas temperaturas. Se ha demostrado que durante este proceso los rendimientos aumentan considerablemente entre los cultivos.

En los árboles frutales se dice que la vernalización es necesaria para poder romper el reposo y se inicie así la brotación de yemas florales y foliales.

50. Vernalización. Palabra que se utiliza para designar al proceso de acumulación de bajas temperaturas por una planta.

#### 4.2.3 Especies y variedades que pueden cultivarse en el estado de Tlaxcala.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ha establecido en el estado de Tlaxcala un proyecto de investigación de mejoramiento genético de ciertas variedades de algunos cultivos, con lo cual han tratado de que se adapten a las condiciones de riego, de temporal, a regiones con altitud de 2600 metros, a siembras tempranas de marzo y abril, a siembras de invierno y sobre todo a conseguir que las plantas resistan la sequía y la helada.

Las aportaciones y avances del INIA, han sido muy satisfactorios en la entidad, y los resultados a los que han llegado en su investigación en las diversas especies agrícolas son las siguientes:

a) Maíz. Se han obtenido híbridos de maíz, denominados H-28 y H-29, los cuales se han adaptado muy bien a las condiciones de humedad, tanto de riego como de temporal, en las regiones de casi todo el estado tlaxcalteca.

También han logrado los híbridos H-30 y H-31, que responden muy bien a altitudes que van de los 2400 a los 2800 metros. Con estas variedades se han logrado rendimientos próximos a las siete toneladas por hectárea, con un promedio de producción de 50% superior al maíz criollo que tradicionalmente se ha sembrado en la mayor parte de las localidades de la entidad.

Se ha logrado el mejoramiento genético de maíces criollos, que resisten bien las bajas temperaturas, como resultado se obtuvieron cuatro variedades de polinización que satisfacen el rango de precocidad requerida para la entidad, y éstas son: variedad Huamantla (V-23), cuyo ciclo vegetativo es similar al de los maíces blancos

regionales de 155 a 165 días, con grano de color blanco, presenta rendimiento de 1500 a 1700 kilogramos por hectárea en ambientes con heladas no muy intensas.

La variedad Tlaxcala (V-25), es una variedad de ciclo intermedio de 140 a 150 días a su madurez, con grano de color blanco, puede rendir de 1500 a 6500 kilogramos por hectárea.

La variedad Cuapiaxtla (V-26 A), es una variedad precoz de 135 a 140 días a su madurez, con grano de color amarillo, apropiado para condiciones de temporal deficiente o siembras retrasadas (mayo-junio), que representan rendimientos de 1500 a 5000 kilogramos por hectárea.

La variedad (VS-22), su ciclo de producción es de 164 a 175 días, resulta intermedio entre los ciclos de maíces criollos y de los híbridos y se adapta mejor que estos últimos, rinde de 2400 a 7500 kilogramos por hectárea.

Todas estas nuevas variedades mejoradas pueden sembrarse en todo el estado de Tlaxcala, ya que resisten bien las bajas temperaturas y otras adversidades climáticas.

b) Avena. Es un cultivo de temporal y de riego, adaptable a las condiciones de clima y suelo que caracterizan al estado de Tlaxcala. Producen 20% o más proteínas que el maíz y la cebada, por tanto, es muy bueno para combatir la desnutrición entre la población que habita en la entidad.

La variedad Diamante (R-31), es la más recomendable debido a su resistencia a las heladas y a las enfermedades.

c) Cebada. La cebada es uno de los cultivos que más se siembran

en la entidad. Los rendimientos de la cebada varían de 300 a 800 kilogramos por hectárea. Estos rendimientos son relativamente bajos comparados con la media nacional, la cual es de aproximadamente 1300 kilogramos por hectárea.

Los bajos rendimientos se deben a las heladas y sequías, por lo que es recomendable sembrar las variedades Centinela y Puebla, que son de gran precocidad, también se sugieren las de precocidad intermedia como Cerro Prieto y Apizaco, y como forrajera a Celaya.

d) Frijol. Para el valle de Tlaxcala se recomiendan las variedades Negro Puebla, Negro 150, Amarillo 154 y Amarillo 153.

Las siembras pueden hacerse entre el 15 de abril al 31 de mayo, período en que se inician las lluvias y cesan las heladas.

Las heladas tempranas en ocasiones es un gran problema, ya que el cultivo se puede encontrar en plena formación de vainas.

En casi todos los valles de la entidad, donde se dispone de riego, se siembran variedades precoces y pueden obtenerse dos cosechas al año, sembrando de preferencia en la primera quincena de abril y en la segunda de julio, evitando las inclemencias del frío.

e) Trigo. Por las condiciones climáticas y edáficas de la entidad, se recomiendan las variedades Tesopaco (S-76), Pavón (F-76) y Anáhuac (F-75), las cuales rinden hasta cuatro toneladas por hectárea y pueden sembrarse en primavera y otoño. Se dice que estas variedades resisten muy bien las heladas.

f) Sorgo. Este cereal es muy consumido por el ganado bovino, porcino y aves en la entidad, con un consumo diario mínimo de un kilogramo para bovinos y porcinos, 0.075 kilogramos para aves de

corral. Con respecto a lo anterior, se recomienda este cereal ampliamente en todo el estado.

Las variedades que pueden sembrarse son: Valles Altos 110, Valles Altos 120 y Valles Altos 130, las cuales pueden rendir 8,700 kilogramos por hectárea en temporal y se adaptan hasta los 2300 metros de altitud. Se dice que estas variedades son muy tolerantes a las heladas.

g) Papa. Se cultiva principalmente en la zona norte del estado de Tlaxcala: en las serranías de Tlaxco y la Caldera.

El INIA, ha obtenido una nueva variedad de papa llamada "Tollucan", con resistencia a las plagas y buena adaptación a las condiciones climáticas de la región.

h) Girasol. Por su contenido de aceite (42%) de buena calidad, con elevado contenido de proteína (37%), el girasol representa un alto potencial para disminuir el déficit de aceites en el país.

La planta se caracteriza por su tolerancia a períodos largos de sequía, o bien por tener un ahorro en riegos, ya que uno de los problemas en la entidad es la escasez de agua, por lo que su cultivo se recomienda en toda la entidad.

El girasol presenta cierta tolerancia a las heladas, ya que en estado de plántula y cerca de la madurez de su semilla, se ha observado que resiste temperaturas de 4°C bajo cero.

Por las características anteriores, esta especie vegetal representa buena alternativa para aquellas regiones del estado de Tlaxcala, donde las condiciones climáticas adversas limitan la producción de otras especies.

Las variedades recomendables de girasol son: Record, Vniimk, Peredovik y Taliman, además algunos híbridos como INRA-6501 y INRA/4701, con un rendimiento de 1000 kilogramos por hectárea.

i) Colza. Se utiliza como alimento para pájaros. El contenido de aceite de su semilla varía de 38 a 45% y puede ser comestible si el porcentaje de ácido erúsico es bajo. El aceite de colza se utiliza cada vez más en usos industriales.

Por sus características de precocidad, tolerancia a la sequía y resistencia a las heladas, es una planta muy adaptable a las condiciones de clima y suelo de la región de los valles del estado de Tlaxcala.

El INIA, en pruebas de adaptación ha obtenido buenos resultados con materiales canadienses como las variedades Turret, Sephyt, Target, Oro y Norin 16. Así mismo se obtuvieron por selección de plantas silvestres la variedad Pachuca y de variedades introducidas a la entidad, la ST-71 y ST-71-2.

Todas estas variedades alcanzaron un rendimiento potencial que varía de 2000 a 2500 kilogramos por hectárea.

j) Triticale. Es un nuevo género producido artificialmente por el hombre mediante el cruzamiento entre el trigo y el centeno. Bajo condiciones de riego produce igual que las mejores variedades (5000 a 6500 kilogramos por hectárea) y bajo condiciones de temporal generalmente se obtienen buenos rendimientos.

El INIA, ha obtenido dos nuevas variedades de triticale en la entidad, se trata de las líneas PM-174 y PM-175, que superan en 10 y 15% el rendimiento de las variedades existentes (Caborca Tcl-29 y

Cananea Tc1-79), con mejor llenado de grano, resistencia a las enfermedades, tolerancia a la sequía y a la helada, cualidad que las hace aptas para cultivarse en áreas de temporal de los valles altos, como es el valle de Tlaxcala.

k) Mijo. La demanda de cereales es insuficiente para el consumo humano, animal e industrial, tanto en el estado de Tlaxcala como en casi todo el país.

Una alternativa posible para disminuir el déficit de cereales es la introducción de nuevas especies como el mijo, cuya composición química es: proteína 12%, grasa 3.4%, fibra 8.3%, carbohidratos 6.2% y minerales 3.7%, lo que indica que tiene un alto valor nutritivo, superior al arroz, cebada, avena y centeno.

El mijo posee un ciclo vegetativo de 70 a 95 días, es tolerante a la sequía y a la helada, y puede plantarse en áreas con altitudes mayores a 2500 metros.

l) Amaranto o alegría. Es una planta originaria de los valles altos de la Mesa Central, perfectamente adaptada a las condiciones climáticas de esta región. Se cultiva principalmente en Morelos, Estado de México, Puebla y Tlaxcala.

Por su gran contenido proteico es utilizado en el consumo humano e industrial, pero hasta ahora de manera insuficiente.

El INIA, durante sus primeras investigaciones en el estado de Tlaxcala, ha obtenido en condiciones de temporal (en el distrito de Ixtacuixtla) rendimientos de hasta 1540 kilogramos por hectárea, con lo que se pretende incrementar la producción estatal, incorporando nuevos distritos como los de Tlaxcala y Huamantla.

#### 4.2.4 Período libre de heladas, "desviación media" y "desviación estándar".

El período libre de heladas se determina por el número de días que transcurren entre la primera y la última helada durante un año.

Para establecer el período libre de heladas de un lugar determinado, se toman en consideración varios años que indiquen el comienzo y el fin de las bajas temperaturas. De cada uno de esos años se obtiene su período libre de heladas, posteriormente se promedian esos valores y así resulta el promedio libre de heladas.

Para el estado de Tlaxcala se estimó toda la cantidad de años posible; en algunas estaciones meteorológicas existen datos registrados con más de 20 años, pero en otras sólo se dispone con 7 años de información estadística.

Para obtener el período libre de heladas, previamente se establece la fecha media de la primera y de la última helada, también para ello se toman en cuenta los datos de varios años con observación climatológica, se promedian esos valores, resultando de esta manera la fecha media que se desea.

Cuando se planifica sobre actividades agroclimatológicas, no solamente es importante considerar el período libre de heladas y las fechas medias de la primera y última helada, sino también la "desviación media"<sup>51</sup>, para determinar la variabilidad media de las fechas en que se presentan las heladas.

Ejemplo del ejercicio. Primeramente se convierte la fecha (de la primera y última helada) en el día del año, es decir, el día 1 de enero es el día 1, el día 1 de marzo es el día 60, y así sucesivamente.

51. Desviación media. Es el promedio de las desviaciones de cada dato con respecto a una medida de tendencia central.

Se suman las fechas de todos los años considerados y se determina la fecha media.

Para determinar la "desviación media" se introducen las diferencias positivas y negativas a partir de la fecha media, se suman ignorando el signo y se obtiene la "desviación media".

Estación Huamantla									
Primeras heladas					Últimas heladas				
Año	Fecha	Día del año	Desv. - o -	D <sup>2</sup>	Fecha	Día del año	Desv. - o -	D <sup>2</sup>	
1973	5 Nov.	304	6	36	7 Mar.	66	2	4	
1974	10 Oct.	279	19	361	15 Mar.	73	11	121	
1975	29 Oct.	298	0	0	21 Feb.	51	13	169	
1976	4 Nov.	303	4	16	2 Mar.	61	3	9	
1977	7 Oct.	276	23	529	10 Abr.	99	25	675	
1978	5 Dic.	334	35	1225	10 Mar.	69	5	25	
1979	27 Sep.	266	33	1089	6 Mar.	65	1	1	
1980	13 Nov.	312	13	169	9 Feb.	39	25	675	
1981	12 Nov.	311	12	144	24 Mar.	83	19	361	
1982	27 Oct.	296	3	9	6 Feb.	36	28	784	
	Suma:	2979	148	3578		642	132	2824	
	Media:	298	15			64	13		

Cuadro 14 Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

La fecha media de la primera helada es 298, se refiere al 29 de octubre y la fecha media de la última helada es 64, e indica que ocu

re el día 3 de marzo.

La "desviación media" de la primera helada es 15, es decir, 15 días antes o después en que puede acontecer una helada con respecto a la fecha media (29 de octubre).

La interpretación para la "desviación media" (13), es la última helada, es la misma que la anterior.

Para obtener la "desviación estándar" se elevan al cuadrado cada una de las desviaciones, posteriormente se suman y se halla la media, a este resultado se le extrae raíz cuadrada y esa es la "desviación estándar".

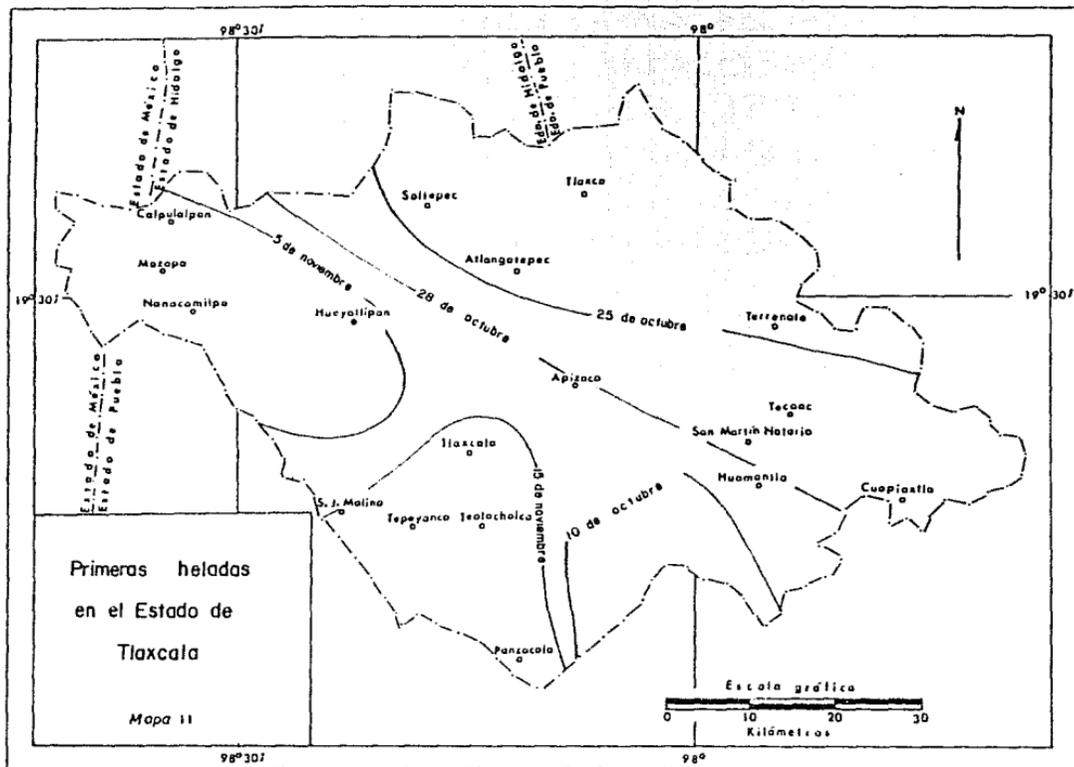
$$\text{Desviación estándar, } \sqrt{\frac{D^2}{n}}$$

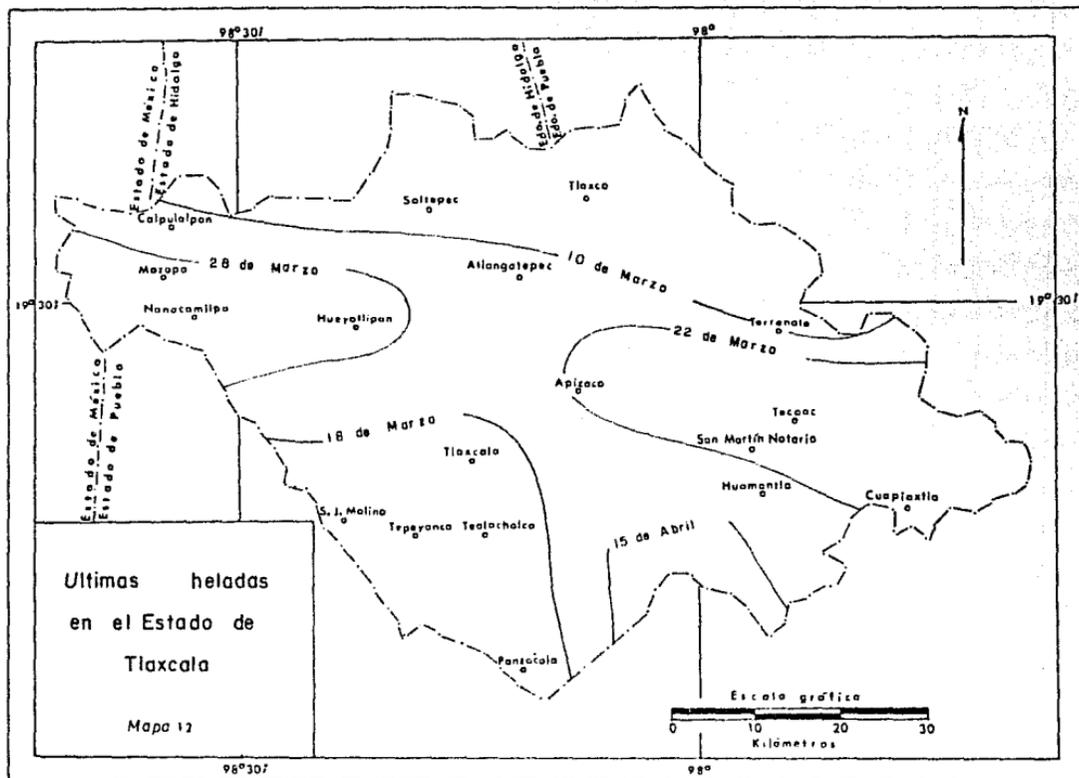
$$\text{Desviación estándar, } \sqrt{\frac{3578}{10}} = 19$$

La "desviación estándar" de la primera helada es 19, o sea 19 días antes o después en que puede ocurrir una helada con respecto a la fecha media (29 de octubre), en la estación de Huamantla.

Como se puede apreciar el valor de la "desviación media" es 15, mientras el de la "desviación estándar" es 19, este último presenta un margen de días más amplio, por lo que se puede considerar más adecuado para la planeación de una actividad agrícola.

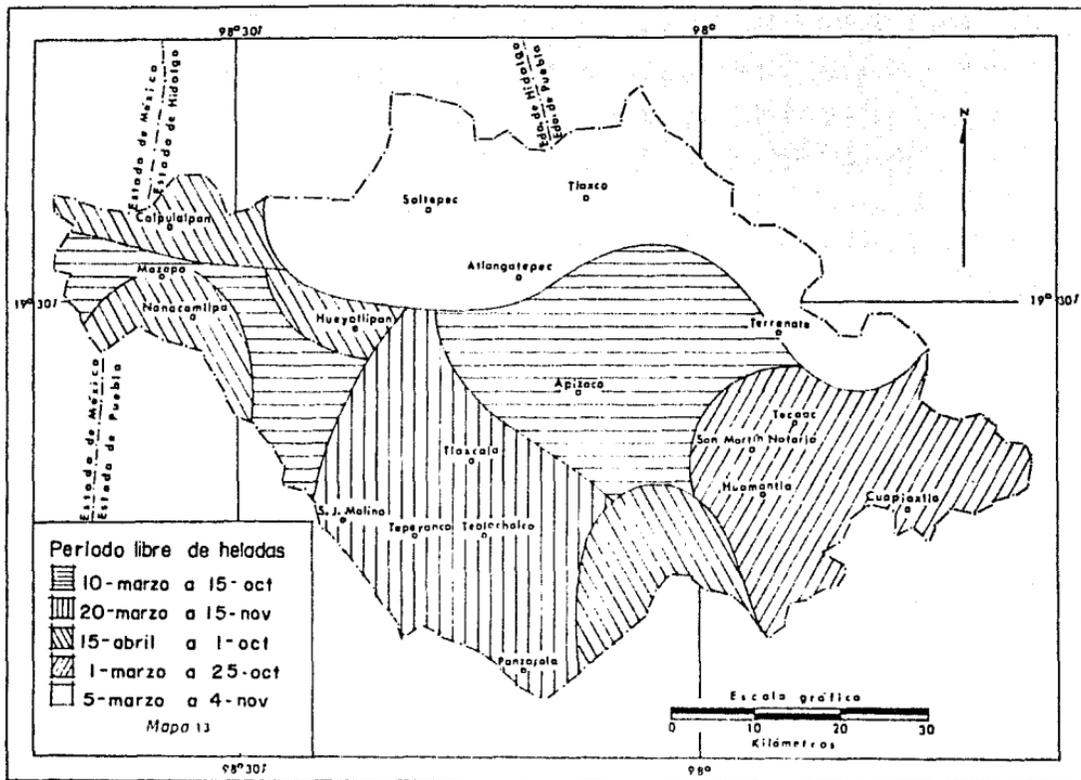
El ejercicio del cuadro 14, se realizó para 17 estaciones climatológicas del estado de Tlaxcala y con los datos obtenidos se elaboró el cuadro 15 y los mapas 12 y 13, que muestran las fechas medias de la primera y última helada, así como el período libre de heladas.





Ultimas heladas  
 en el Estado de  
 Tlaxcala

Mapa 12



La determinación de la primera y última helada, con lo que resulta el período libre de heladas, la "desviación media" y la "desviación estándar", es información de vital importancia para llevar a cabo planeaciones agrometeorológicas.

Con los datos obtenidos de varias estaciones meteorológicas se pueden adecuar los ciclos de producción de ciertas especies vegetales a determinadas áreas o regiones agrícolas con condiciones climáticas y edáficas similares.

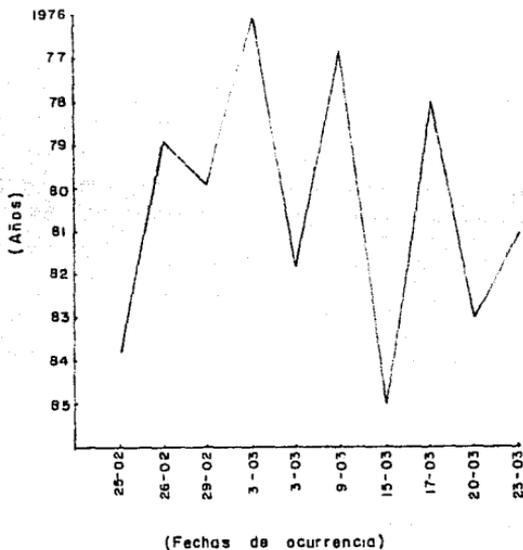
El ciclo vegetativo del cultivo que se trata, deberá ser siempre menor al período libre de heladas, para evitar los mínimos daños que puedan causar éstas, en caso que no se utilicen otros métodos que puedan enfrentar la adversidad climática.

PERIODO LIBRE DE HELADAS EN EL ESTADO DE TLAXCALA			
Estación	Ultima helada	Primera helada	No. Días
Apizaco	7 de marzo	10 de octubre	213
Atlangantepec	10 de marzo	20 de octubre	236
Calpulalpan	5 de marzo	28 de octubre	232
Cuapiaxtla	9 de marzo	25 de octubre	226
Huamantla	3 de marzo	30 de octubre	237
Hueyotlipan	1 de marzo	26 de octubre	235
Mazapa	12 de febrero	11 de noviembre	269
Nanacamilpa	25 de febrero	20 de octubre	235
Panzacola	16 de marzo	15 de noviembre	239
San Juan Molino	4 de marzo	14 de noviembre	250
San Martín Notario	10 de marzo	8 de noviembre	238
Soltepec	25 de marzo	7 de noviembre	222
Tecoac	18 de marzo	9 de noviembre	231
Teolocholco	7 de marzo	8 de noviembre	241
Tepeyanco	3 de marzo	7 de noviembre	244
Tlaxcala	19 de marzo	9 de noviembre	230
Tlaxco	5 de marzo	2 de noviembre	237

Cuadro 15 Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Con los datos del cuadro 15, se pueden construir gráficas (como la que se muestra en la parte de abajo) para cada estación o para cada zona de la entidad, con éstas se puede visualizar mejor el intervalo de tiempo en que pueden acontecer las primeras o últimas heladas, en determinado número de años considerados, y así también se puede determinar la fecha o fechas probables en que ocurre este fenómeno meteorológico.

### FECHAS DE LA ULTIMA HELADA EN HUAMANTLA TLAXCALA



Gráfica 1

#### 4.2.5 Calendarios agrícolas.

Los calendarios agrícolas para un área o región son muy indispensables para que las personas dedicadas al campo puedan desempeñar satisfactoriamente sus actividades agrícolas.

Con el conocimiento de las condiciones climáticas (en este caso el período libre de heladas), edáficas y los ciclos vegetativos de las plantas se pueden recomendar las fechas en que pueden comenzar a cultivarse éstas.

El calendario agrícola es importante también, porque permite establecer un sistema de rotación de cultivos. Esta se lleva a cabo con el objeto de evitar el agotamiento del suelo, el cual se presenta por un monocultivo excesivo, provocando una disminución en el rendimiento de los productos.

Es aconsejable que un cultivo de leguminosas como frijol, garbanzo, soya, etc., preceda siempre a un cultivo de cereales para enriquecer al suelo de nitrogenación.

El calendario agrícola para el estado de Tlaxcala se puede hacer en base a su período libre de heladas (por ser el fenómeno de las heladas de gran importancia en la entidad), el cual tiene un promedio en todo el estado de 225 días, que comienza generalmente a mediados de marzo y termina a finales de octubre.

Podría pensarse que durante el período que comprende marzo hasta octubre, se deberían practicar las actividades agrícolas, sin embargo, a pesar que en el mes de marzo cesan las heladas, de este mes hasta el mes de mayo, las lluvias todavía son muy escasas.

En el estado de Tlaxcala de manera general, en el mes de mayo

comienzan las lluvias, este es el momento propicio para emprender las siembras de temporal, con lo que se acorta aún más el período óptimo para que las plantas realicen adecuadamente sus diversos procesos fisiológicos.

También hay que considerar que durante el verano pueden invadir a la entidad masas de aire frío continental o se puede acentuar también la sequía, lo que provoca heladas en muchas ocasiones en los meses de junio, julio y agosto.

Pese a ciertos inconvenientes, el período adecuado para los ciclos agrícolas de temporal es del mes de mayo al mes de octubre, mientras en las áreas de riego prácticamente se puede cultivar todo el año.

Debido a la escasez de agua en el estado de Tlaxcala, las áreas de riego representan menos del 10% y las de temporal más del 90% de la superficie total sembrada.

Mientras prevalezca mayor porcentaje de cultivos de temporal, es obvio, que debe darse mayor prioridad a éstos en el momento de elaborar calendarios agrícolas para distintas zonas del estado.

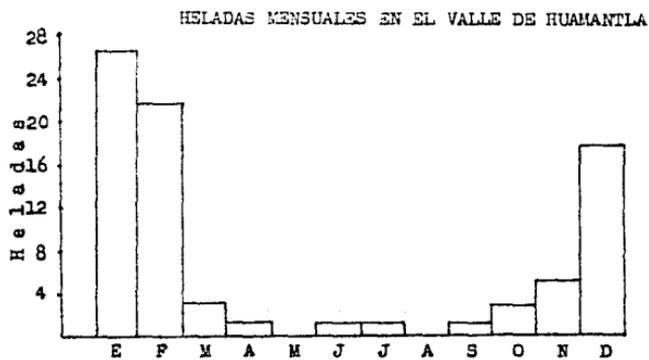
Aunque el período promedio libre de heladas comienza y termina por las mismas fechas en la mayor parte de la entidad, en las áreas del oriente se reduce por algunos días, como ya se apreció en capítulos anteriores, debido a la deficiencia de lluvias en ciertos días del verano u otoño.

Los calendarios agrícolas que se muestran a continuación fueron elaborados en base al período libre de heladas y a la información sobre ciclos agrícolas aportada por el INIA.

CALENDARIO AGRICOLA PARA EL VALLE DE HUAMANTLA

CULTIVOS	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
Avena Grano DR-31	X	X	X	X	X							
Cebada Fuebla	X	X	X	X	X							
Mijo	X	X	X	X	X							
Girasol Récord	X	X	X	X	X							
Garbanzo Calif.	X	X	X	X	X							
Frijol Negro 150							X	X	X	X	X	
Maíz Huamantla V-23							X	X	X	X	X	X
Frijol Amarillo							X	X	X	X	X	
Maíz Cuapiaxtla V-26							X	X	X	X	X	
Haba												
Triticale FM-175						X	X	X	X	X	X	
Trigo						X	X	X	X	X	X	

Cuadro 16 Fuente: I.N.I.A.  Ciclo Agrícola



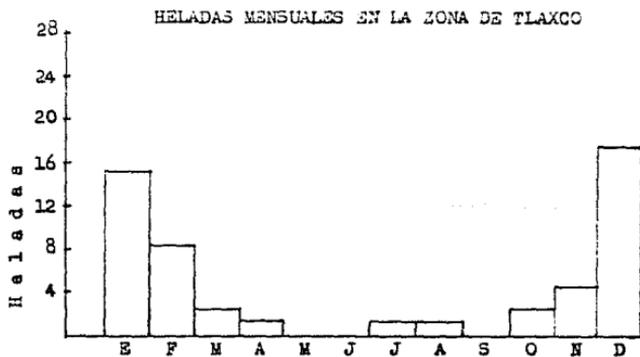
Gráfica 2

CALENDARIO AGRICOLA PARA LA ZONA DE TLAXCO

CULTIVOS	C	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
Sorgo Valles Altos 110	✕	✕	✕	✕	✕							
Avena Diamante R-31	✕	✕	✕	✕	✕							
Garbanzo	✕	✕	✕	✕	✕							
Frijol Amarillo 153	✕	✕	✕	✕	✕							
Maíz Híbrido 130												
Maíz VS-22												
Trigo Favón F-76												
Papa Tollocán												
Mijo												
Alegría												
Haba												
Cebada Cerro Prieto												

Cuadro 17 Fuente: I.N.I.A.

✕ Ciclo Agrícola

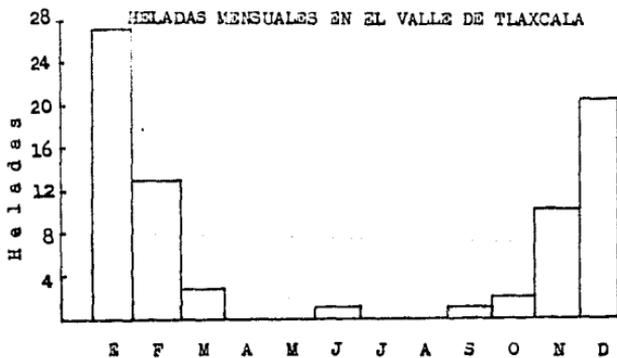


Gráfica 3

CALENDARIO AGRICOLA PARA EL VALLE DE TLAXCALA

CULTIVOS	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
Garbanzo Grande	X	X	X	X	X							
Maíz de Invierno	X	X	X	X	X							
Cebada Centinela	X	X	X	X	X							
Sorgo Valles Altos	X	X	X	X	X							
Girasol Peredovik	X	X	X	X	X							
Avena Diamante	X	X	X	X	X							
Colza Turret				X	X	X	X	X	X	X		
Maíz Tlaxcala V-25								X	X	X	X	X
Frijol Puebla Negro								X	X	X	X	X
Trigo Anáhuac F-75								X	X	X	X	X
Alfalfa								X	X	X	X	X
Triticale PK-174								X	X	X	X	X

Cuadro 18 Fuente: I.N.I.A.  Ciclo Agrícola.



Gráfica 4

Para realizar los calendarios agrícolas en el estado de Tlaxcala, se tomaron en cuenta solo los valles de Huamantla, Tlaxco y Tlaxcala, porque son los que ocupan mayores áreas agrícolas en la entidad y también porque disponen de mayor información sobre investigaciones diversas en algunos cultivos.

Los calendarios fueron elaborados tomando en consideración las especies agrícolas más o menos resistentes a la helada y también las que no lo son.

Las especies que no sufren grandes daños por el frío pueden cultivarse, según estudios del INIA, durante la temporada de mayor ocurrencia de heladas (octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero), como es el caso de la Avena Grano DR-31, Cebada Puebla, Mijo, Girasol Record y Garbanzo California, en el valle de Huamantla (ver cuadro 16); Sorgo Valles Altos 110, Avena Diamante R-31 y Garbanzo en la zona de Tlaxco (ver cuadro 17); y Garbanzo Grande, Maíz de invierno, Cebada Centinela, Sorgo Valles Altos, Girasol Peredovik y Avena Diamante en el valle de Tlaxcala (ver cuadro 18).

Las especies agrícolas antes mencionadas, además de resistir el frío, soportan la sequedad del aire, ya que las siembras y demás prácticas agrícolas se pueden llevar a cabo en la temporada fría y relativamente seca.

Por otro lado, las especies de ciclo agrícola primavera-verano, obviamente requieren de temperaturas un tanto más altas que las de invierno y además con humedad suficiente para su crecimiento y desarrollo. En los calendarios agrícolas solamente se mencionan algunas especies que pueden cultivarse en ese tiempo y en esas zonas, pero

prácticamente pueden prosperar muchas otras más; como: hortalizas, legumbres, flores, etc. Estas especies tienen importancia económica en la entidad, pero generalmente requieren de riego constante.

A los calendarios agrícolas de las zonas mencionadas, los acompaña una gráfica de "barra" en la parte inferior. En ellas se visualiza los meses en que acontecen con mayor frecuencia las heladas.

Al observar las gráficas (2, 3 y 4), se puede advertir que son tres meses los que presentan mayor índice de bajas temperaturas (diciembre, enero y febrero), mientras que en el resto del año bajan considerablemente esas frecuencias. Empero, suelen presentarse heladas en junio, julio y agosto.

De las tres gráficas que se exponen, la que corresponde al valle de Huamantla presenta las mayores frecuencias por heladas, por las razones expuestas en páginas anteriores. Mientras las gráficas de la zona de Tlaxco y Tlaxcala, reflejan valores durante los meses de bajas temperaturas un tanto más bajos.

La combinación de los calendarios agrícolas con las gráficas que muestran el comportamiento de las heladas a lo largo del año, se elaboraron con el objeto de relacionar ciclos de especies agrícolas resistentes y vulnerables al frío, con la temporada de mayor ocurrencia de heladas (otoño-invierno) y la que está relativamente fuera de ésta (primavera-verano), y de esta manera seleccionar el ciclo agrícola más adecuado para especies y variedades de áreas geográficas similares, de experimentación de cualquier índole de utilidad agrícola, exóticas y también para colonizar con ellas, áreas, zonas o regiones que ofrezcan buenas perspectivas para el éxito de las mismas.

ETAPAS FENOLOGICAS DE ALGUNAS ESPECIES FRUTALES  
EN EL NORTE Y NOROESTE DEL ESTADO DE TLAXCALA

Especies Frutales	Foliación	Floración	Fructificación	Maduración
Capulín	15 Mar.	22 Abr.	29 May.	20 jun.
Durazno	25 Abr.	28 May.	24 jun.	16 Agt.
Peral	20 Abr.	18 jun.	17 jul.	10 Oct.
Manzano	28 Abr.	10 jun.	24 jul.	15 Oct.
Ciruelo	18 Mar.	13 may.	9 jul.	8 Oct.
Chabacano	10 Abr.	14 May.	5 jun.	23 jul.

Cuadro 19 Fuente: Encuestas a diversos campesinos.

Para determinar las fechas promedio de las diferentes etapas fenológicas de las especies frutales, se visitaron diversas comunidades del norte y noroeste de la entidad para recabar información sobre las mismas, ya que la fruticultura es escasa y muy dispersa. Las fechas de las diferentes etapas fenológicas son aproximadas, debido a que el criterio que se tomó, se basó en las encuestas realizadas a varias personas de algunas localidades del estado tlaxcalteca.

Haciendo un breve análisis del cuadro anterior, este muestra entre las diversas especies frutales, al capulín como la especie más temprana, pues lleva a cabo sus funciones fisiológicas antes que las demás. Este frutal es resistente al frío si la temperatura no baja

más alla de -5°C. Cuando la temperatura se mantiene arriba de este nivel no sufre graves daños, y es entonces cuando puede asegurarse buena producción.

El manzano es el frutal que dispone de más tiempo para realizar sus funciones vitales, así lo demostraron las encuestas llevadas a cabo en la entidad.

El manzano es la especie que mayores daños sufre por la helada al tener mayor distribución y al tardarse más para desarrollar sus procesos fisiológicos. Es por ello que a pesar de ser el más castigado por el frío; si no hay mucha frecuencia de heladas, se puede obtener buena producción.

Otra especie de actividades tardías es el durazno, el cual al igual que el manzano tiene etapas fenológicas similares. Mientras el peral y el chatacano pueda considerarse entre las especies (de clima templado y frío) con etapas fisiológicas intermedias. Estos vegetales son de floración temprana y tardía.

Los frutales del cuadro anterior tienen actividad fenológica generalmente entre el mes de marzo al mes de octubre, es decir, tiempo en el cual las heladas no son muy frecuentes ni muy intensas. Después de este lapso comienza el frío, el cual es aprovechado por estos árboles para satisfacer sus necesidades de horas-frío.

La producción de estos frutales en el estado de Tlaxcala es relativamente reducida, pues solo tienen acceso a los mercados locales de la ciudad de Tlaxcala, Huamantla, Apizaco y Tlaxco. La distribución de estas especies puede ampliarse en todas aquellas áreas con clima templado y frío, muy frecuentes en la entidad tlaxcalteca.

#### 4.2.6 Probabilidad de heladas.

Es conveniente verificar las probabilidades de riesgo de una helada en un área o región determinada para tomar las providencias pertinentes para ciertos cultivos que pudieran ser afectados.

Se dice que para los cultivos perennes (manzano, durazno, chabacano, etc.), se puede considerar como riesgo aceptable, para que ocurra una helada, una probabilidad de sólo el 5%, pues este porcentaje asegura un buen desarrollo de esos vegetales.

Para los cultivos anuales (maíz, frijol, trigo, etc.), se puede estimar como riesgo máximo un 20% de probabilidad, por considerar de menores costos estas plantaciones, que los que se invierten para los cultivos perennes.

Los casos anteriores indican: en el primero se puede aceptar una helada cada veinte años y en el segundo cuatro años en ese mismo tiempo.

En el estado de Tlaxcala las probabilidades de ocurrencia de heladas en ciertos lugares y en determinados momentos suelen ser mayores a 5 y a 20%, debido a que se encuentra ubicado en una de las zonas del país más aisladas por las bajas temperaturas.

Por la razón anterior es pertinente realizar cálculos probabilísticos en la entidad, para determinar los métodos de lucha más adecuados que pudieran minimizar los daños gélidos en los cultivos.

Se han llevado a cabo excelentes estudios referentes al cálculo de probabilidad de heladas por varios investigadores, no obstante, uno de los más convincentes es el llevado a cabo por Da Motta (1977), quién proporciona una fórmula para calcular la probabilidad de cier-

ta fecha de las primeras o últimas heladas en un lugar dado.

P CI donde  $I = \frac{m-1-x}{m-1}$  ;  $C = \frac{m}{n}$

P Probabilidad de ocurrencia de una helada.

C Constante.

I Índice de cálculo.

n Número de años considerados.

m Número de años con heladas.

x Número de orden de la fecha de ocurrencia, ordenando las fechas de ocurrencia, en orden creciente.

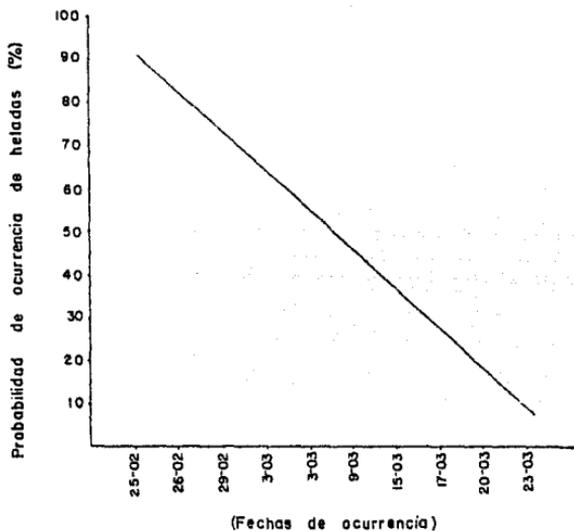
A continuación se muestra un ejemplo para obtener las probabilidades de las últimas heladas en Apizaco Tlaxcala.

Año	Fecha	Ordenada	X	I	P	%
1976	3 Mar.	25 Feb.	1	0.909	0.909	90.9
1977	9 Mar.	26 Feb.	2	0.818	0.818	81.8
1978	17 Mar.	29 Feb.	3	0.727	0.727	72.7
1979	26 Feb.	3 Mar.	4	0.636	0.636	63.6
1980	29 Feb.	3 Mar.	5	0.545	0.545	54.5
1981	23 Mar.	9 Mar.	6	0.454	0.454	45.4
1982	3 Mar.	15 Mar.	7	0.363	0.363	36.3
1983	20 Mar.	17 Mar.	8	0.272	0.272	27.2
1984	25 Feb.	20 Mar.	9	0.181	0.181	18.1
1985	15 Mar.	23 Mar.	10	0.090	0.090	9.0

Cuadro 20 Fuente: Romo y Arteaga (1983).

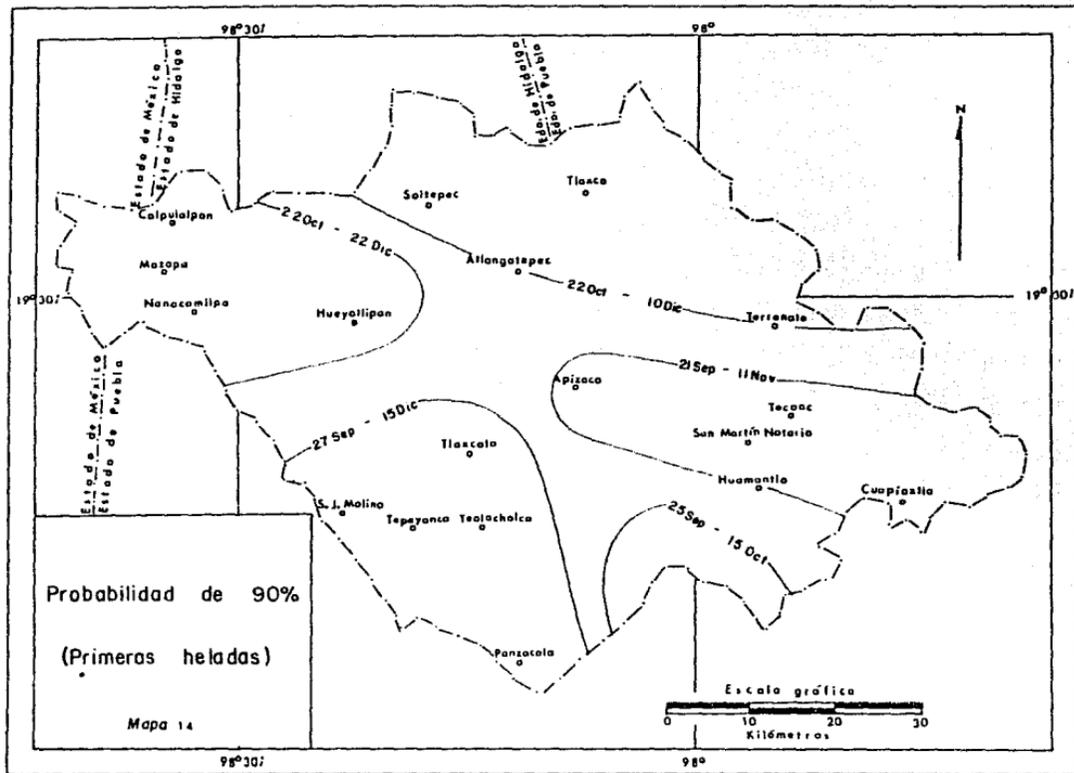
Con los valores del cuadro anterior se puede construir una gráfica de línea, con la que se determina la probabilidad de ocurrencia de una helada antes o después de una fecha dada.

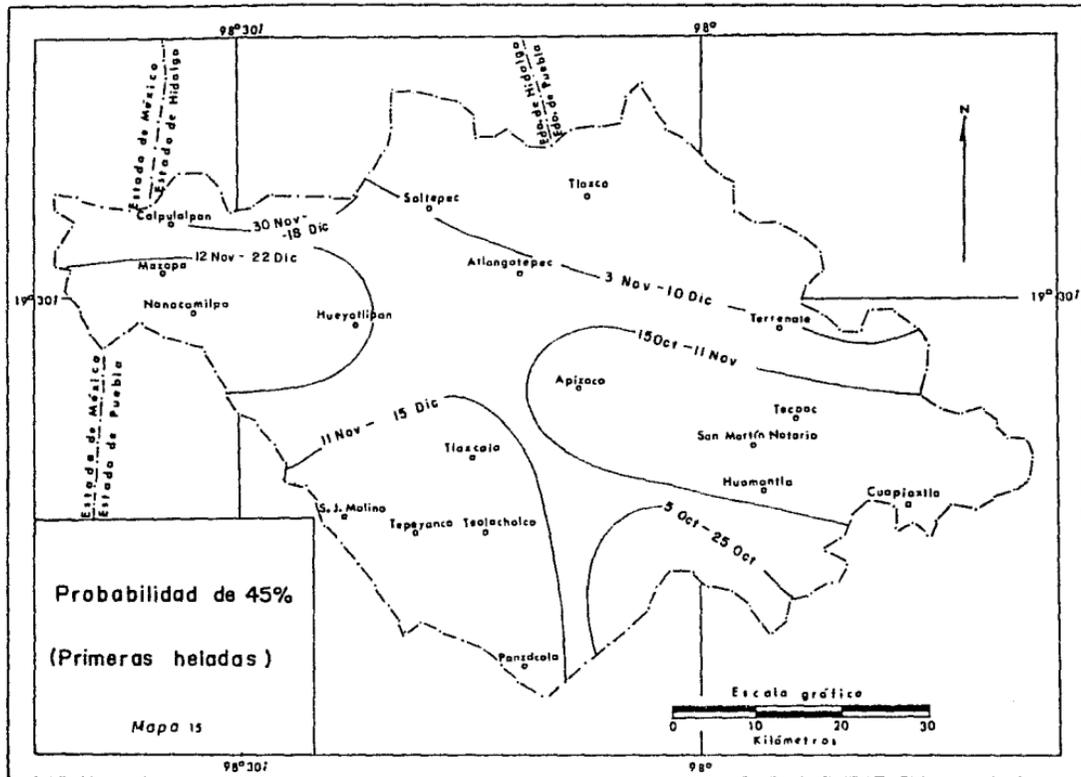
### PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UNA HELADA TARDIA EN APIZACO TLAXCALA

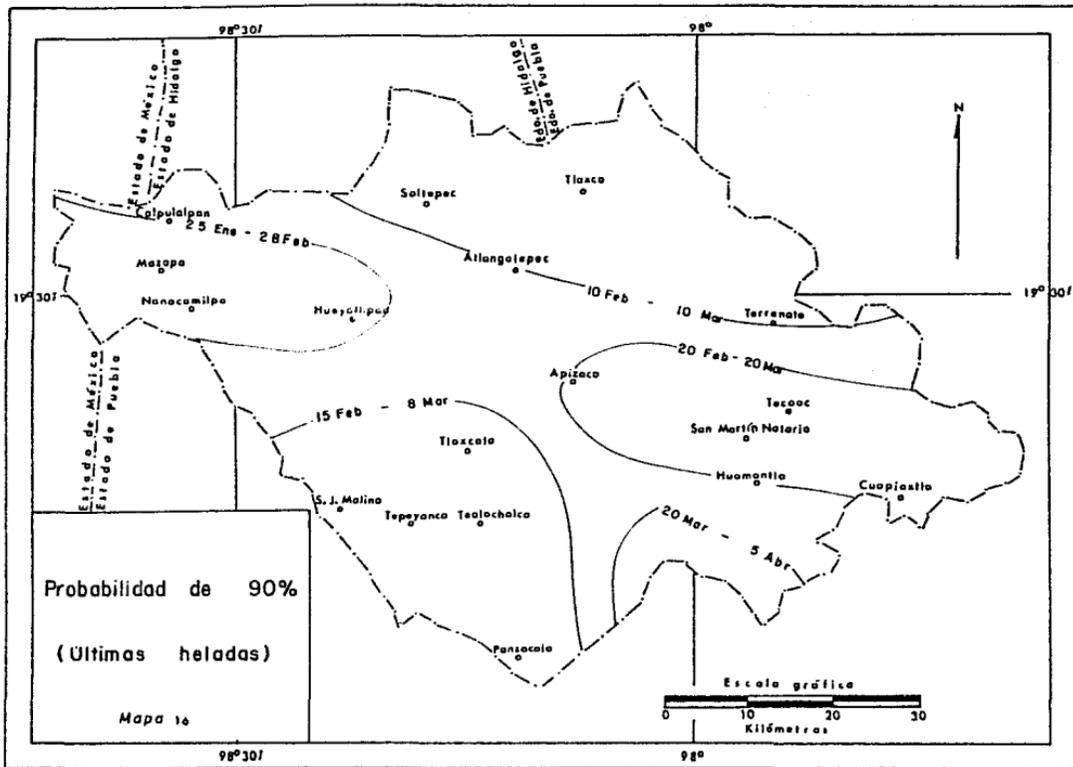


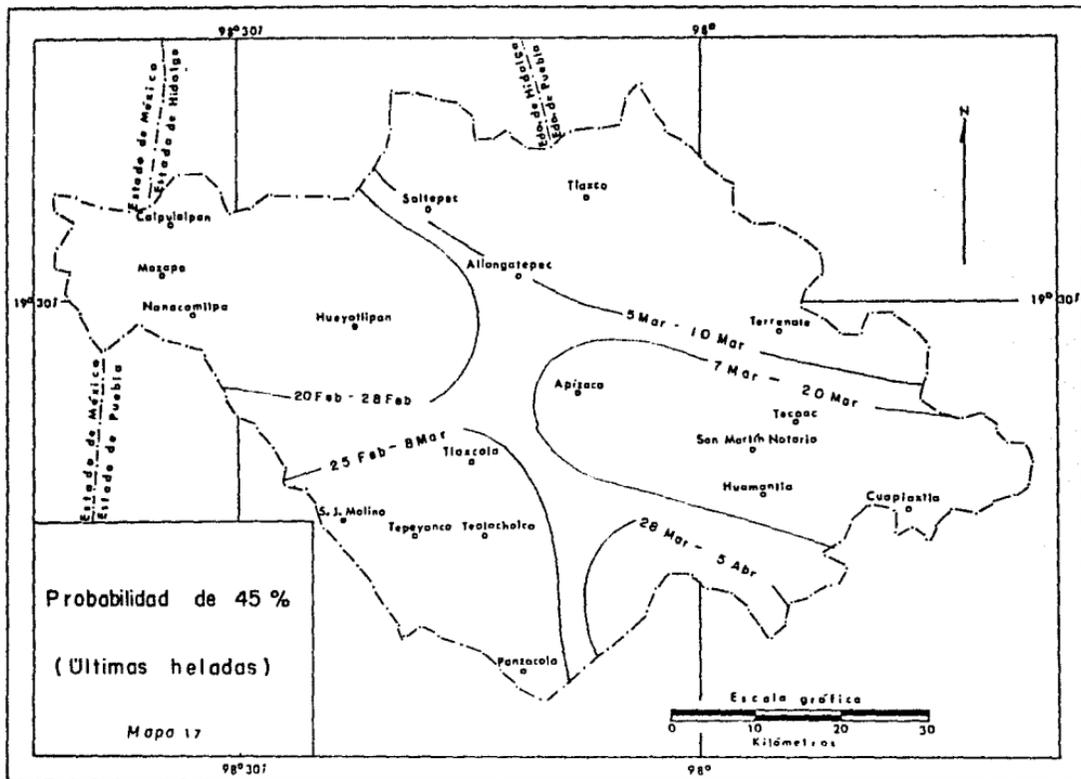
Gráfica :

En base a la información de este tipo de gráfica se elaboraron 22 más, con datos de estaciones meteorológicas del estado de Tlaxcala y Puebla, lográndose construir los mapas de probabilidades de registro de heladas que se muestran a continuación.









Las probabilidades de riesgo de heladas en el estado de Tlaxcala (para otoño, invierno y primavera) son generalmente mayores al 30%, debido a la gran incidencia de bajas temperaturas.

Ante la problemática que presentan las bajas temperaturas para el buen desarrollo de los cultivos, nunca debe pensarse en dejar de sembrar esas áreas, sino tratar siempre de buscar las mejores soluciones; en este caso introducir las especies resistentes al frío o aplicar los métodos de defensa más adecuados.

Debido al problema de las heladas en el estado de Tlaxcala, fue necesario obtener las probabilidades de las primeras y las últimas heladas, y así se construyeron los mapas de 45% y 90% de probabilidad. Se tomaron en consideración estos valores porque las probabilidades de ocurrencia de heladas siempre oscilan entre esos porcentajes.

El mapa 14, muestra una probabilidad de 90% (primeras heladas) para distintas fechas en toda la entidad. Por ejemplo para el valle de Tlaxcala, la probabilidad para que ocurra la primera helada es de 90% en las fechas medias del 27 de septiembre al 15 de diciembre, mientras que del 11 de noviembre al 15 de diciembre, la probabilidad para que se presente la helada es de 45% (ver mapa 15). De lo anterior se infiere que a finales de septiembre es casi seguro que se registren las primeras heladas en ese valle.

La probabilidad de 90% para las últimas heladas (mapa 16) en el valle de Tlaxcala, puede acontecer del 15 de febrero al 8 de marzo y la probabilidad de 45% (mapa 17) suele suceder del 25 de febrero al 8 de marzo. Las probabilidades de ocurrencia de heladas son de gran utilidad porque indican las fechas en que puede ocurrir el dañino frío.

#### 4.2.7 Pronóstico de heladas.

En la actualidad los pronósticos que pueden alcanzar un grado de acierto aceptable para algunas actividades agrícolas, son aquellos que se realizan con una anticipación de 24 horas, de acuerdo con los logros obtenidos en meteorología.

Los pronósticos a medio plazo; de 3 a 6 días de anticipación, son poco precisos, por lo que no se consideran útiles para las actividades agrícolas.

Los pronósticos de plazos más largos presentan mayores dificultades que los dos anteriores.

Los pronósticos de 24 horas o menos permiten mayor grado de acierto y precisión para los meteorólogos, siempre que dispongan de información suficiente y adecuada del fenómeno a tratar. No obstante, en ocasiones el campesino puede predecir lo que sucederá con el tiempo en las próximas horas, basándose en su experiencia, mediante la observación de los fenómenos meteorológicos, con los que ha estado en contacto a través de muchos años.

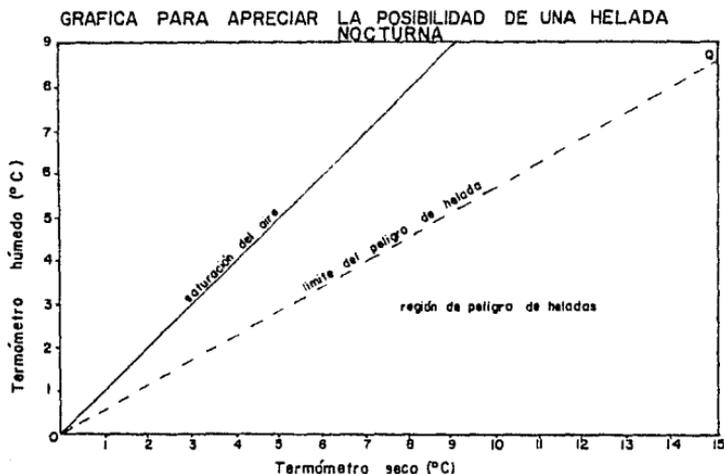
Los pronósticos a corto plazo son los que mejores resultados han aportado en las regiones afectadas por las bajas temperaturas, y son los que se mencionan a continuación.

a) Observación de las condiciones atmosféricas. La observación se basa en relacionar las condiciones de los factores locales del medio ambiente con la ocurrencia de las bajas temperaturas.

Se dice que una de las mejores maneras para pronosticar la presencia de bajas temperaturas es la observación de las condiciones atmosféricas por la tarde y noche del día probable de heladas.

El peligro de helada comienza cuando el aire contiene menos de 5 gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire. Esto se puede verificar cuando la temperatura desciende a 0°C y no forma niebla o rocío. Pero si el contenido de vapor de agua es mayor, antes de llegar a 0°C, se forma niebla o rocío. Este último proceso desprende calor, y así se protege al suelo y a las plantas contra el enfriamiento por irradiación.

Basándose en esta regla se construyó la gráfica siguiente: tomando dos ejes que representan la temperatura del termómetro seco y húmedo. Por debajo de la línea P Q es cuando se acentúa el peligro de helada.



Cuadro 21 Fuente: Calderón (1983)

El fenómeno de la helada tiene lugar generalmente cuando el viento está en calma, se percibe una sequía atmosférica, el cielo se halla despejado y las temperaturas al atardecer comienzan a descender. El inconveniente de la observación es que no se puede predecir la hora, la intensidad ni la duración de la helada.

b) El psicrómetro. Para un pronóstico local de helada, puede utilizarse una técnica sencilla, empleándose el psicrómetro, que consta de un juego de dos termómetros iguales; uno de ellos, el seco, sirve para obtener la temperatura del aire; el otro húmedo, cuyo depósito va recubierto por una muselina mojada, nos determina el grado de humedad en la atmósfera.

El termómetro mojado proporciona (salvo que la atmósfera esté saturada) una indicación más baja de temperatura que el termómetro seco.

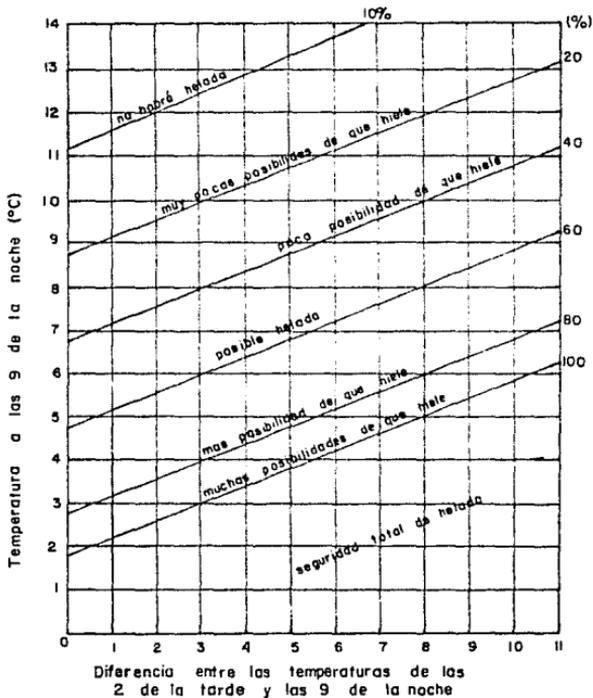
La diferencia de temperaturas entre el seco y el húmedo permite determinar el estado higrométrico (humedad del aire) y el valor de temperatura del punto de rocío.

El fundamento se basa que cuando el aire está seco, el agua que empapa a la muselina del termómetro húmedo se evapora y como para ello necesita calor, lo roba del mismo termómetro húmedo, y por tanto, hace bajar su temperatura, haciéndola más baja que la del termómetro seco.

Si la atmósfera está muy seca, la evaporación es grande y si está húmeda será poca.

Entre más seco esté el aire, la diferencia de temperaturas entre los dos termómetros será mayor.

Otra gráfica que se utiliza únicamente con los datos observados en un termómetro ordinario, es la que se muestra en la parte de abajo, y se construye en base a la medición de la temperatura en diferentes horas, como pueden ser a las 2 de la tarde y las 9 de la noche, y se grafica la diferencia entre ambas contra la temperatura de las 9 de la noche, dando márgenes de posibilidades diferentes en que puede ocurrir la helada.



Cuadro 22 Fuente: Calderón (1983)

c) Temperatura del punto de rocío por la tarde. García y García (1978) recomiendan una regla muy práctica para prevenir una posible helada por la noche, y dice: la temperatura mínima que se alcanzará por la noche es aproximadamente a la temperatura del punto de rocío a la caída de la tarde.

Así puede pronosticarse por la noche, que puede suceder o no una helada. Si el punto de rocío deducido de la lectura del psicrómetro al atardecer es superior a  $0^{\circ}\text{C}$ , no es de temer una helada, si es inferior, existen grandes posibilidades de que hiele.

Esta regla sería muy adecuada para prevenir posibles heladas en el estado de Tlaxcala, si todas sus estaciones meteorológicas estuvieran equipadas con un psicrómetro para realizar las mediciones respectivas y el aviso del personal encargado en este trabajo, llegara a través de la radio a todos los campesinos de la entidad, para que tomaran las precauciones necesarias en sus respectivas actividades agrícolas.

d) Termómetro de alarma. Se dice que el método más práctico y preciso para la previsión de heladas a corto plazo, es el empleo de un termómetro de alarma, el cual debe estar adaptado para que su funcionamiento de alerta se realice cuando la temperatura se encuentra todavía varios grados arriba del punto crítico de  $0^{\circ}\text{C}$ .

El termómetro de alarma es muy práctico, de bajo costo y ofrece gran seguridad, para que a partir de su aviso de alerta se lleven a cabo todos los preparativos necesarios para poner en marcha los diferentes sistemas de control.

Los termómetros de alarma están provistos de dispositivos eléc

tricos o mecánicos que accionan un timbre cuando desciende la temperatura por abajo de lo que se considera peligroso para los cultivos, y de esta manera se anuncia el advenimiento de una helada.

Los termómetros de alarma deberán colocarse en las partes más susceptibles o críticas del terreno, como depresiones, entradas de frío, cañadas, etc., con el propósito de dar mayor seguridad a los cultivos.

#### 4.2.8 Acciones posteriores a una helada.

Después que ha ocurrido una helada, si no se tomaron las medidas convenientes para combatirla, se pueden tomar en cuenta algunas normas con el propósito de recuperar parte de los cultivos, especialmente en los frutales, ya que en los cultivos anuales poco puede hacerse.

Se puede practicar la poda en los frutales, varios meses después de la helada, para que se inicia el crecimiento, evitando que la brotación empiece en el período de heladas. Se sabe que los árboles podados tardíamente se recuperan mejor que los que se podan temprano, es decir, inmediatamente después que se presentó la helada, por lo que se recomienda podar cuando comienza la temporada de lluvias, cuando ha pasado el peligro del frío.

Después que se han presentado las heladas, los frutales suelen mostrar un color amarillento o café entre sus hojas, esto se debe a la destrucción de la clorofila, lo que da como resultado una enfermedad llamada clorosis.

Cuando acontecen estas anomalías en los frutales es conveniente

introducir dosis de fertilizantes para fortalecerlos.

Para combatir la clorosis es necesario agregar al suelo los minerales que le hacen falta; el hierro y el magnesio juegan un papel importante en la formación de la clorofila, el primero como catalizador en las reacciones que conducen a su formación y el segundo como componente de la molécula de clorofila.

Al finalizar el desarrollo de una helada, es conveniente que el personal especializado en materia agrometeorológica practique los estudios y análisis que requieran los cultivos, para tratar de resolver sus problemas.

Los tratamientos a cultivos anuales son casi imposibles, en caso que las heladas sean muy intensas (segundo y tercer grado), puesto que no es redituable dar servicio a cada planta. Ante esta situación es preferible arrancar las plantas y dejarlas en el suelo como materia orgánica o proporcionarlas para la alimentación del ganado.

En el estado de Tlaxcala, algunos campesinos llevan a cabo esta práctica, introduciendo los animales domésticos a los cultivos, que no tienen posibilidades de recuperación.

Cuando los daños en los cultivos son de primer grado (muerte de algunas hojas y tallos tiernos), se pueden cortar los órganos dañados y esperar a que se desarrolle su follaje, aunque la experiencia revela que los rendimientos disminuyan en cantidad y en calidad.

También se recomienda para los cultivos de temporal, que una vez arrancadas las plantas, se pueda iniciar una nueva siembra con la misma especie o con otras especies y variedades, en caso de que las condiciones meteorológicas de la región lo permitan.

## CONCLUSIONES

-La elevada altitud del relieve y las masas de aire frío provenientes de Canadá y Estados Unidos durante el invierno, son los causantes primordiales para la formación de heladas en el estado de Tlaxcala.

-Otros fenómenos que propician la ocurrencia de heladas son: la situación geográfica, la topografía local y regional, los elementos climáticos, la deforestación, la erosión, etc. Todos ellos se combinan y dan como resultado la disminución de las temperaturas en determinados momentos de las diferentes estaciones del año en el estado de Tlaxcala.

-Debido a la gran frecuencia, intensidad y magnitud de las heladas, las pérdidas agrícolas y económicas en el estado de Tlaxcala son muy elevadas. En la entidad suelen perderse cada año, mínimo el 15% de las áreas con cultivos agrícolas, y se presentan años en que el 60% de éstas son devastadas por el frío.

-La superficie agrícola de la entidad está casi completamente desprotegida contra las adversidades climáticas. En alrededor del 90% de tierras cultivadas (274,000 has.) no se practican métodos de lucha contra heladas, el 8% (24,000 has.) son protegidas mediante el riego superficial y el 2% restante (6,000 has.) utilizan ramas, cácate o pastos para cubrir a los cultivos.

-Muchos campesinos ante el peligro de las heladas, han tratado de menguarlas mediante el almacenamiento de agua de las lluvias, el líquido lo conservan en pequeñas fosas que denominan "jaguellas", después que cesan las precipitaciones disponen de esa agua para re

gar sus cultivos. Esta práctica se ha hecho común en la entidad, sin embargo, las fosas se secan con relativa rapidez, debido a la porosidad del terreno y a la elevada evaporación. Los estanques podrían resultar operativos si se utilizaran materiales impermeables para evitar la infiltración del agua o si dispusieran de alguna película superficial para disminuir la evaporación.

-La escasez de agua superficial en la entidad es evidente, pues casi no hay ríos; las presas, los manantiales y arroyos existentes conservan insuficiente agua para utilizarla como riego y de esta manera proteger a los cultivos contra la sequía y la helada.

El problema del agua se podría solucionar con la perforación de pozos acuíferos, pues en la actualidad solo existen algunos en los valles de Huamantla y de Tlaxcala. Al respecto argumentan autoridades de la SARN, que esta empresa, llevarla a cabo resulta muy costosa. A pesar de algunos inconvenientes, se podría ampliar la sustracción de agua subterránea, mediante la buena voluntad de las autoridades correspondientes y también llevando a cabo cuidadosos estudios para no poner en peligro las reservas acuíferas del sub suelo de la entidad.

Otro grave problema de la entidad es la deforestación y la erosión; fenómenos que aceleran la ocurrencia de heladas. Es urgente emprender programas de reforestación, sembrando la flora más adecuada en los lugares más críticos para ayudar a conservar mayor humedad en la atmósfera y de esta forma reducir el registro de bajas temperaturas.

-Se puede concientizar a los campesinos y a la población en general

sobre el grave problema de la deforestación y la erosión. Esto se puede realizar mediante visitas al campo rural, de personal capacitado al respecto. La orientación sería en base a la conservación y buen uso de los recursos naturales. También se podría disponer de los periódicos locales, la radio o la televisión, donde se llevar a cabo informaciones constantes sobre el peligro de las heladas, del programa de la deforestación y la erosión principalmente.

También se podría proporcionar a la población otros combustibles para el uso en sus hogares, como el gas butano, para que utilicen menos madera y de esta manera se podría lograr la disminución de la tala de muchas especies arboóreas.

-Los estudios sobre programas de reforestación comienzan a llevarse a cabo por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEMUD) y la SANDI, las cuales se han encargado del Proyecto del Parque Ecológico de Tizatlán, con lo que se pretende estudiar y rescatar las áreas con especies vegetales en todo el estado. Si a este proyecto se le brinda seriedad y profesionalismo puede tener éxito en el futuro inmediato.

- Los cultivos anuales como el maíz, frijol, trigo, haba, avena, cebada, etc., son los más perjudicados por las heladas, principalmente por su gran disposición en el espacio agrícola. Empero, éstos deben seguirse cultivando, por ser la base de la alimentación del pueblo tlaxcalteca y además porque el INIA ha emprendido un programa de mejoramiento de esas especies, las cuales serán más resistentes a la helada y a la sequía. Si los nuevos híbridos llegaran de manera oportuna y suficiente a la mayoría de los campesinos, la lucha

contra las heladas sería alentadora.

-Los daños que causa la helada a los cultivos agrícolas en el estado de Tlaxcala son enormes. No obstante, el clima templado y frío es favorable para algunos cultivos perennes, como el manzano, durazno, peral, chabacano, capulín, tejocote, etc. A pesar de esto, se deben contemplar otros factores para que prospere su propagación, y de esta manera se deben fomentar más, ya que en la actualidad ocupan espacios muy reducidos en la entidad.

-Para el estado de Tlaxcala que sufre año tras año por la ocurrencia de las heladas, los métodos de lucha contra el frío no deben ser enfocados mediante la selección de uno solo, con el cual se espere un éxito satisfactorio. Se requiere para esta defensa, la combinación de todos los procedimientos y tácticas posibles para contrarrestar los efectos nocivos de las bajas temperaturas.

En cada lugar o región determinada de la entidad es indispensable el estudio por parte de personal especializado, de todos los factores que puedan propiciar las heladas. Es importante el estudio minucioso a pequeñas áreas agrícolas, debido a que las condiciones climáticas, edáficas, topográficas, hídricas, etc., varían considerablemente de un lugar a otro.

Con el conjunto de toda una serie de métodos de lucha contra el frío nocivo para algunos cultivos, se lograrán resultados satisfactorios, no importando que los efectos de cada uno de ellos sea de poca intensidad, ya que la unión de cada uno de los diversos elementos puestos en práctica, fortalecerá la defensa contra las heladas en el espacio agrícola del estado de Tlaxcala.

## BIBLIOGRAFIA

1. Atlas del agua de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos.
2. Azzi, Girolamo. Ecología agraria. Educación Revolucionaria. La Habana 1968.
3. Bassols, Batalla Angel. Recursos naturales de México. Nuestro Tiempo. México 1982.
4. Burgos, Juan Jacinto. Las heladas en la Argentina. Colección Científica del I.N.I.A. Buenos Aires 1963.
5. Calderón, Alcaraz Esteban. Fruticultura general. LIMUSA. Segunda Edición. México, D. F. 1983.
6. Compendio de Apuntes para la Formación de Personal Meteorológico de la Clase IV. Vol. 3. Meteorología. Organización Meteorológica Mundial, 1976.
7. Coutanceaul, M. Fruticultura. Oikos-Tau. Segunda Edición. Barcelona 1971.
8. Daubermire, R. F. Ecología vegetal. LIMUSA. Segunda Edición. Universidad Estatal de Washington. México 1979.
9. De Fina, Armando L. y Ravelo Andres C. Climatología y fenología agrícolas. CUDEBA. Buenos Aires 1979.
10. Fuentes, Yague José Luis. Apuntes de meteorología agrícola. Ministerio de Agricultura. Madrid 1970.
11. García, Martínez Juan. "El intenso frío extermina larvas e insectos". Excelsior. México, D.F. 6 de enero de 1986.
12. García, Pedraza Lorenzo y García Sanjuan Julio. Diez temas sobre el clima. Ministerio de Agricultura. Segunda Edición. Madrid 1978.
13. Geiger, Rudolf. The climate near the ground. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts 1975.
14. Gómez, Rojas Juan Carlos. Método climático De Fina en la aplicación de la agricultura en el estado de Aguascalientes. UTA. México 1981.
15. González, Muñoz Julio. "Agoniza la industria del pulque en el estado de Tlaxcala". Excelsior. México, D. F. 6 de enero de 1986.
16. G. V. Ustimenko-Bakumovski. El cultivo de las plantas tropicales y subtropicales. MIR. Moscú 1982.

17. I.N.I.A. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el estado de Tlaxcala, México 1962.
18. Jauregui, Ostos Ernesto. Distribución de la frecuencia de heladas, lluvias y tormentas eléctricas en México. Revista de Ingeniería Hidráulica. Vol. XXIV. Núm. 3, 1970.
19. Jauregui, Ostos Ernesto. Mesoclima de la región Puebla-Tlaxcala. México. UNAM. 1968.
20. Leal, Antunes Dos Santos Gilberto. Suelo y agua del estado de Tlaxcala. Tesis (doctorado). Colegio de Geografía. UNAM. México 1978.
21. Leal, Martina Marilea. Las heladas y sus consecuencias en la arri cultura en el estado de Aguascalientes. Inédito. 1979.
22. León, Herrera Jesús. "Pérdidas millonarias en el campo mexicano por el frío". Excelsior. México, D. F. 17 de enero de 1986.
23. López, Castro Antonio. Uso actual del suelo en el estado de Tlaxcala. Tesis (licenciatura). Colegio de Geografía. UNAM. México 1979.
24. Lozano, M. Jesús. "Tlaxcala sólo conserva el 18% de su riqueza forestal". Excelsior. México, D. F. 29 de mayo de 1987.
25. Maderey, Rascón Laura Elena. Geografía de la atmósfera. Instituto de Geografía 1980.
26. Mendoza, Garza Jorge A. Prácticas para evitar algunos efectos de fenómenos meteorológicos nocivos a la agricultura. U.A.CH. Departamento de Irrigación. Chapingo. México 1979.
27. Miller, A. Austin. La piel de la tierra. Editorial Alhambra. Madrid 1979.
28. Mosiño, Aleman Pedro. Factores determinantes del clima en la República Mexicana. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México 1966.
29. Nieto, Márquez Ernesto. El combate de las heladas en el estado de Aguascalientes. México 1974.
30. Noble, Gontran y Lebrija Manuel. La sequía en México y su previsión. Vol. 1. México, D. F. 1957.
31. Nuevo atlas Porrúa de la República Mexicana. Porrúa. Quinta Edición. México 1980.
32. Ortiz, Solorio Carlos A. Elementos de agrometeorología cuantitativa. Departamento de Suelos. UACH. Chapingo. México 1984.

33. Rayna, Teresa. Relaciones entre la sequía intraestival y algunos cultivos en México. Instituto de Geografía. UNAM. México 1976.
34. Robles, Sánchez Raúl. Producción de granos y forrajes. LIMUSA. Cuarta Edición. México, D. F. 1985.
35. Rojas, Garcidueñas Manuel. Principios de fisiología vegetal. Imprenta Universitaria. UNAM. México 1959.
36. Romo, González José E. y Arteaga, Ramírez Ramón. Meteorología agrícola. UACH. Chapingo. México 1983.
37. S.A.R.H. Evaluación de los daños causados por sequías, heladas y granizadas en la República Mexicana. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. 1982.
38. S.A.R.H. La agrometeorología en la determinación de áreas factibles de abrirse al cultivo. INIA. México, D. F. 1981.
39. S.A.R.H. Las distribuciones de las fechas de las primeras y últimas heladas, cuando existe la probabilidad de no helada. Servicio Meteorológico Nacional. México 1984.
40. S.A.R.H. Plan de desarrollo agropecuario y forestal 1982-1988 en Tlaxcala. México 1982.
41. S. P. P. Síntesis geográfica del estado de Tlaxcala. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística e Informática. México 1981.
42. Tamayo, L. Jorge. Geografía moderna de México. Trillas. Novena Edición. México 1981.
43. Torrez, Ruiz Edmundo. Agrometeorología. Diana. Primera Edición. México 1983.
44. V. I. Vitkevich. Agrometeorología. Ediciones Ciencia y Técnica. Instituto del Libro. La Habana 1971.
45. Vidal, Zepeda Rosalía. Algunas relaciones clima-cultivos en el estado de Morelos. Instituto de Geografía. UNAM. México 1980.
46. Vozmediano, Jesús. Fruticultura, fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada. Serie Técnica. Servicio de Publicaciones Agrarias. Madrid 1982.

#### INDICE DE MAPAS

- MAPA 1. Ubicación del estado de Tlaxcala en la República Mexicana.
- MAPA 2. Mapa topográfico del estado de Tlaxcala.
- MAPA 3. Insolación media anual en el estado de Tlaxcala.
- MAPA 4. Temperaturas medias mensuales más altas del año, en el estado de Tlaxcala.
- MAPA 5. Temperaturas medias mensuales más bajas del año, en el estado de Tlaxcala.
- MAPA 6. Isobaras de julio en milímetros y milibarios en la República Mexicana.
- MAPA 7. Precipitación media anual en el estado de Tlaxcala.
- MAPA 8. Tipos de climas en el estado de Tlaxcala; según Koeppen.
- MAPA 9. Isobaras de enero en milímetros y milibarios en la República Mexicana.
- MAPA 10. Promedio de días con heladas durante el año, en el estado de Tlaxcala.
- MAPA 11. Primeras heladas en el estado de Tlaxcala.
- MAPA 12. Últimas heladas en el estado de Tlaxcala.
- MAPA 13. Período libre de heladas en el estado de Tlaxcala.
- MAPA 14. Probabilidad de 90% (primeras heladas).
- MAPA 15. Probabilidad de 45% (primeras heladas).
- MAPA 16. Probabilidad de 90% (últimas heladas).
- MAPA 17. Probabilidad de 45% (últimas heladas).