

01086



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
COLEGIO DE GEOGRAFIA

REGIONALIZACION AGROCLIMATICA EN LA
MESA CENTRAL DE GUANAJUATO

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :

GUDALUPE REBECA GRANADOS RAMIREZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. TERESA REYNA TRUJILLO

CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F.

JUNIO DEL 2000





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

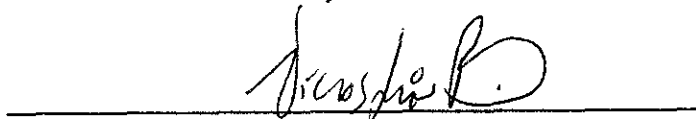
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

COMITÉ TUTORAL

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


Dra. Teresa Reyna Trujillo

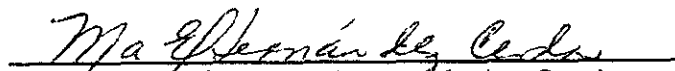

Dr. Juan Carlos Gómez Rojas


Dr. Victor L. Barradas Miranda

Sinodales


Dra. Martha Cervantes Ramírez


Dra. Laura E. Maderoy Rascon


Dra. María Engracia Hernández Cerda


Dr. Salvador Adame Martínez

DEDICATORIA

A mis padres Aurelio Granados y Petra Ramírez

A mi esposo Rubén, por su total apoyo para concluir esta tesis

A mis hijos Roxana y Williams

A mis hermanos Victoria, Saúl y Alfredo

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento sincero a las personas e instituciones que de una u otra manera participaron e hicieron posible llevar a buen término mis estudios de doctorado.

A la Dra. Teresa Reyna Trujillo quien dirigió esta tesis. Su dedicación, tenacidad y entrega a la investigación han sido un gran ejemplo a seguir y han contribuido a mi formación. Sus enseñanzas, consejos, apoyo y confianza, pero primordialmente su amistad.

Al Dr. Juan Carlos Gómez Rojas, por sus enseñanzas y significativa contribución en mi formación profesional.

Al Dr. Victor L. Barradas quien siguió muy de cerca el desarrollo de la tesis, por su valiosa revisión crítica al manuscrito, la cual contribuyó al enriquecimiento de la misma.

A la Dra. Martha Cervantes Ramírez, por sus enseñanzas y su amistad.

A la Dra. Laura Elena Maderey, por sus atinadas sugerencias al trabajo de tesis.

A la Dra. María Engracia Hernández Cerda, por su valiosa revisión al manuscrito.

Al Dr. Salvador Adame Martínez, por su valiosa revisión y atinadas sugerencias al trabajo de tesis.

Agradecimientos muy especiales a los Ingenieros Juan Diego De La Torre y Ramón Aguilar García, del Campo Experimental Norte de Guanajuato, por su amplia disposición para auxiliarme en las actividades de campo.

Muy especialmente a los agricultores de la Mesa Central de Guanajuato.

Mi agradecimiento a la M en C. Gabriela Gómez Rodríguez por su colaboración y auxilio en el manejo de los Sistemas de Información Geográfica y el procesamiento de las imágenes de satélite.

Al personal del Laboratorio de Observación de la Tierra del Instituto de Geografía, UNAM, por las facilidades prestadas.

A Grety por el apoyo brindado en la captura de información.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado durante el desarrollo de la investigación.

Al Instituto de Geografía de la UNAM, por haberme brindado su infraestructura y apoyo durante el desarrollo de la tesis.

Gracias

RESUMEN

Se realizó una regionalización agroclimática en la provincia Mesa Central de Guanajuato, México, en base al comportamiento y distribución de diversos indicadores derivados de la temperatura y precipitación de mayo a octubre, dado que en este periodo en ella se realiza predominantemente agricultura de temporal.

Para conocer el manejo y situación actual de la agricultura de temporal se hizo trabajo de campo durante los ciclos 1996-1997, en los cuales se observó una significativa disminución de la producción temporalera. Igualmente se efectuó monitoreo sistemático de la actividad, mediante sensores remotos en los mismos años, corroborándose que no fueron bondadosos para la agricultura.

Para conocer el comportamiento de los elementos del clima en los ciclos agrícolas 1996 y 1997, se capturó y cuantificó la información a nivel diario y decenal; se obtuvieron los indicadores agroclimáticos ya mencionados y además, se recopiló y analizó la información meteorológica prevaeciente en los niveles de la atmósfera (de 0 a 1 000 y de 1 000 a 6 000 msnm en el periodo de estudio.

Por otro lado, se recopiló información sobre los requerimientos termopluviométricos y la importancia nutricional de diversos cultivos alternativos.

Mediante la sobreposición cartográfica de los indicadores termopluviométricos y los requerimientos específicos de temperatura y precipitación de determinados cultivos, se obtuvieron zonas potenciales con diferentes niveles de aptitud. La conclusión principal es que la regionalización agroclimática realizada, sirvió de base para delimitar diferentes zonas de aptitud agrícola en esta provincia del país.

CONTENIDO

	Página
.....	
ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
ÍNDICE DE MAPAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
OBJETIVOS.....	6
HIPÓTESIS.....	7
METODOLOGÍA	8
1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
1.1 Situación agrícola general.....	15
1.1.1 Situación de la agricultura de temporal	30
1.1.2 La Agroclimatología y su importancia en la planeación agrícola	33
1.1.3 Investigaciones específicas para la zona en estudio.....	37
2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	40
2.1 Situación geográfica, límites y extensión.....	40
3. ACTIVIDADES PRIMARIAS DE LA REGIÓN.....	54
3.1 Agricultura.....	54
3.1.1 Agricultura de temporal.....	54
3.1.2 Agricultura de riego.....	63
3.2 Ganadería.....	64
3.3 Explotación forestal.....	65
4. COMPORTAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA.....	67
4.1 Importancia de la temperatura en los cultivos.....	67
4.1.1 Los indicadores agroclimáticos	69
4.2 Estaciones climáticas.....	70
4.2.1 Información climática.....	70
4.2.2 Análisis de la calidad de información.....	72

4.2.3 Historia de la estación climatológica.....	72
4.2.4 Longitud de los datos	73
4.2.5 Prueba de homogeneidad.....	73
4.3 Temperatura media anual.....	74
4.4 Temperatura media mensual de mayo a octubre.....	76
4.5 Temperatura máxima y mínima promedio.....	82
4.5.1 Temperatura máxima promedio de mayo a octubre.....	83
4.5.2 Temperatura mínima promedio de mayo a octubre.....	90
4.6 Temperatura máxima y mínima extrema.....	93
4.6.1 Temperatura máxima extrema de mayo a octubre.....	94
4.6.2 Temperatura mínima extrema de mayo a octubre.....	97
4.7 Temoperiodo, fototemperatura y nictotemperatura.....	99
4.7.1 Fototemperatura de mayo a octubre.....	100
4.7.2 Nictotemperatura de mayo a octubre.....	104
4.7.3 Fluctuaciones entre foto y nictotemperatura de mayo a octubre.....	107
4.7.4 Oscilación térmica mensual.....	113
4.8 Unidades calor.....	115
4.9 Siniestros climáticos.....	124
4.9.1 Viento.....	124
4.9.2 Granizo.....	125
4.9.3 Heladas.....	127
5. COMPORTAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN.....	129
5.1 Importancia del agua en los cultivos.....	129
5.2 Régimen de lluvia.....	130
5.3 Distribución de la precipitación media mensual.....	134
5.4 Probabilidad de la precipitación durante la época estival.....	140
5.5 Sequía intraestival, cuantificación, intensidad y duración.....	148
6. COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y LA PRECIPITACIÓN	152
6.1 Características meteorológicas en superficie (de 0 - 1000 msnm) y niveles medios (de 1 000 - 6 000 msnm).....	152

6.2 Comportamiento de la temperatura y la precipitación en 1996 y 1997.....	164
7. MANEJO ACTUAL DEL MAÍZ Y FRIJOL.....	188
7.1 Importancia del maíz y frijol.....	188
7.2 Requerimientos térmicos e hídricos del maíz y frijol.....	189
7.2.1 Maíz.....	189
7.2.2 Frijol.....	192
7.3 Manejo actual del maíz y frijol en 1996 y 1997.....	193
8. ÍNDICES DE VEGETACIÓN DE LOS CULTIVOS DE TEMPORAL	213
8.1 Características de las imágenes del satélite NOAA y sensor AVHRR.....	213
8.2 Índices de vegetación 1996.....	217
8.3 Índices de vegetación 1997.....	221
9. ANÁLISIS DE CULTIVOS POTENCIALES.....	224
9.1 Requerimientos termopluviométricos de algunos cultivos.....	224
10. REGIONALIZACIÓN AGROCLIMÁTICA.....	241
10.1 Relación temperatura y precipitación con la distribución y requerimientos del maíz y frijol.....	241
10.2 Relación temperatura y precipitación con requerimientos termopluviométricos de algunos cultivos.....	243
CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	250

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
I	Rendimientos actuales y necesarios para la autosuficiencia	20
II	Distribución de la pendiente en el país	30
III	Sistemas de uso de suelo	31
IV	Climas en la provincia Mesa Central	50
V	Distribución de la actividad agrícola	54
VI	Superficie agrícola de temporal	58
VII	Estadística agrícola del Distrito de Desarrollo Rural 002	60
VIII	Estaciones climáticas y municipios correspondientes	70
IX	Estaciones climáticas en la provincia Mesa Central	72
X	Temperatura media mensual (°C) en la Mesa Central	77
XI	Temperatura máxima promedio mensual (°C) en la Mesa Central	83
XII	Temperatura mínima promedio mensual (°C) en la Mesa Central	90
XIII	Temperatura máxima extrema (°C) en la Mesa Central	95
XIV	Temperatura mínima extrema (°C) en la Mesa Central	97
XV	Fototemperatura (°C) en la Mesa Central	100
XVI	Nictotemperatura (°C) en la Mesa Central	104
XVII	Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura	108
XVIII	Oscilación térmica mensual (°C) en la Mesa Central	114
XIX	Unidades calor en la Mesa Central	118
XX	Porcentaje de estaciones con diversos rangos de precipitación	130
XXI	Precipitación media mensual (mm) en la Mesa Central	131
XXII	Variables de precipitación	141
XXIII	Lluvia decenal probable	147
XXIV	Indicadores climáticos decenales en la Mesa Central en 1996	166
XXV	Indicadores climáticos decenales en la Mesa Central en 1997	167
XXVI	Indicadores climáticos en la Mesa Central en 1996	172
XXVII	Indicadores climáticos en la Mesa Central en 1997	177
XXVIII	Coefficiente de variación anual y de verano en 1996 y 1997	182
XXIX	Estadística agrícola en 1996	205
XXX	Estadística agrícola en 1997	211
XXXI	Valores de NDVI en la subprovincia Llanuras Centrales en 1996	218
XXXII	Valores de NDVI en la subprovincia Llanos de Ojuelos en 1996	218
XXXIII	Valores de NDVI en la subprovincia Llanuras Centrales en 1997	222
XXXIV	Valores de NDVI en la subprovincia Llanos de Ojuelos en 1997	222

ÍNDICE DE MAPAS

	Página
1 Localización del estado de Guanajuato y de la zona en estudio	41
2 Provincias fisiográficas del estado de Guanajuato	43
3 Topoformas en la provincia Mesa Central	43
4 Subprovincias de la Mesa Central	44
5 Cuencas y subcuencas en la provincia Mesa Central	45
6 Geología en la provincia Mesa Central	46
7 Suelos en la provincia Mesa Central	47
8 Climas en la provincia Mesa Central	53
9 Agricultura de temporal en la provincia Mesa Central	55
10 Estaciones climáticas en la provincia Mesa Central	71
11 Temperatura media anual	75
12 Temperatura media en mayo, junio y julio	79
13 Temperatura media en agosto	80
14 Temperatura media en septiembre	81
15 Temperatura media en octubre	82
16 Temperatura máxima promedio en mayo	85
17 Temperatura máxima promedio en junio	86
18 Temperatura máxima promedio en julio y agosto	87
19 Temperatura máxima promedio en septiembre	88
20 Temperatura máxima promedio en octubre	89
21 Temperatura mínima promedio en mayo	91
22 Temperatura mínima promedio en junio, julio, agosto y septiembre	93
23 Temperatura mínima promedio en octubre	94
24 Fototemperatura en mayo	102
25 Fototemperatura en junio, julio, agosto y septiembre	103
26 Fototemperatura en octubre	104
27 Nictotemperatura en mayo, junio, julio, agosto y septiembre	106
28 Nictotemperatura en octubre	107
29 Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura en mayo	109
30 Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura en junio	110

31	Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura en julio	111
32	Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura en agosto y septiembre	112
33	Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperaturas en octubre	113
34	Unidades calor en mayo	120
35	Unidades calor en junio	120
36	Unidades calor en julio	121
37	Unidades calor en agosto	122
38	Unidades calor en septiembre	123
39	Unidades calor en octubre	123
40	Probabilidad de obtener un día con granizo (junio-agosto)	126
41	Frecuencia de heladas	128
42	Precipitación media anual	133
43	Precipitación media mensual en mayo	134
44	Precipitación media mensual en junio	135
45	Precipitación media mensual en julio	136
46	Precipitación media mensual en agosto	137
47	Precipitación media mensual en septiembre	138
48	Precipitación media mensual en octubre	139
49	Intensidad de la sequía	149
50	Circulación atmosférica (0 - 6 000 msnm) del 28 de abril de 1996	154
51	Circulación atmosférica (0 - 6 000 msnm) del 13 de junio de 1996	156
52	Circulación atmosférica (0 - 6 000 msnm) del 30 de julio de 1996	157
53	Circulación atmosférica (0 - 6 000 msnm) del 8 de abril de 1997	161
54	Circulación atmosférica (0 - 6 000 msnm) del 8 de octubre de 1997	163
55	Zonas de aptitud agroclimática para el maíz y frijol de temporal	243
56	Zonas potencialmente útiles para el cultivo del sorgo	245
57	Zonas potencialmente útiles para el cultivo del amaranto	246
58	Zonas potencialmente útiles para el cultivo del girasol	247
59	Zonas potencialmente útiles para el cultivo del triticale	248

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
A Temperaturas máximas, mínimas promedio y oscilación decenal en 1996	168
B Temperatura media y precipitación decenal en 1996	168
C Temperaturas máximas, mínimas promedio y oscilación decenal en 1997	169
D Temperatura media y precipitación decenal en 1997	170
E Fases fenológicas del maíz de temporal	193
F Temperatura máxima, mínima promedio y oscilación térmica en el ciclo 1996	194
G Perfil de desarrollo fenológico del maíz	194
H Fases fenológicas del frijol de temporal	199
I Temperatura máxima, mínima promedio y oscilación térmica en el ciclo 1996	200
J Perfil de desarrollo fenológico del frijol	200
K Fases fenológicas del maíz de temporal	206
L Fases fenológicas del frijol de temporal	206
M Temperatura máxima, mínima promedio y oscilación térmica en el ciclo 1997	207
N Perfil de desarrollo fenológico del maíz	207
O Temperatura máxima, mínima promedio y oscilación térmica en el ciclo 1997	208
P Perfil de desarrollo fenológico del frijol	208
Q Superficies sembradas y cosechadas en 1997	212
R Índice de vegetación normalizada (regionalización)	217
S NDVI, fases fenológicas y precipitación en las Llanuras Centrales en 1996	220
T NDVI, fases fenológicas y precipitación en los Llanos de Ojuelos en 1996	220
U NDVI, fases fenológicas y precipitación en las Llanuras Centrales en 1997	223
V NDVI, fases fenológicas y precipitación en los Llanos de Ojuelos en 1997	223

INTRODUCCIÓN

Hoy la agricultura mexicana enfrenta retos cada vez más agudos. Por un lado se observa un marcado declive de participación del sector agropecuario en el Producto Interno Bruto del país, lo anterior se explica por la caída de la inversión en esta actividad, falta de apoyo crediticio, de asistencia técnica y problemas en la tenencia de la tierra. Por otro lado, se enfrenta a eventos climáticos extraordinarios, los cuales en los últimos años han presentado variaciones importantes (UNAM, 1999). Lo que ha dado lugar a que los agricultores busquen nuevas expectativas de trabajo, no del todo favorables; abandonan sus tierras para ir a engrosar las filas de indocumentados, y también realizar actividades terciarias poco remuneradas en las ciudades.

Debido al aumento considerable de la población, uno de los principales problemas a los que México se enfrenta, es la escasez de productos alimenticios, la presión para alimentar a la población ha aumentado. En otras palabras, la tasa de crecimiento de la producción de alimentos es más lenta que el consumo a pesar de las múltiples investigaciones y tecnologías desarrolladas para varios cultivos.

La vía escogida, basada en la intensificación del uso de los recursos naturales, ha llevado a un deterioro en la calidad del suelo y del agua, de tal manera que si antes se resolvió el problema de la producción, hoy se empieza a manifestar la tendencia regresiva, de tal forma que es necesario importar más alimentos básicos para equilibrar dicha problemática.

Existen varios factores que determinan la producción agrícola, entre los más importantes se consideran al suelo y al clima, los elementos de éste último: la temperatura y la precipitación actualmente están presentando variaciones importantes en el tiempo y en el espacio.

Las fluctuaciones climáticas que se han venido observando en diversas regiones de la Tierra, entre ellas en nuestro país en la Altiplanicie Mexicana, vertiente del Golfo y Pacífico, son objeto de estudio y preocupación, debido principalmente a su impacto en la producción de alimentos.

Las plantas no siempre se cultivan en las condiciones naturales del medio más adecuadas, más ahora que han presentado cambios paulatinos; son los aspectos sociales por una tradición legada a través de generaciones, políticos e históricos los que han ocasionado el establecimiento de cultivos donde su adaptación y rendimiento no son los mejores. Tal es el caso de las zonas agrícolas temporaleras de la Provincia Mesa Central de Guanajuato, en las cuales en los últimos años los rendimientos por hectárea son bajos.

Por lo anterior, se debe insistir en que las condiciones naturales del medio determinan las especies que se pueden desarrollar, sin invertir grandes sumas de dinero en insumos. Motivo por el cual se requieren estudios sobre las relaciones de los cultivos y su medio, los cuales implican el análisis de los factores climáticos y concluir con una regionalización de los mismos.

Es pues, importante realizar estudios agroclimáticos que permitan conocer las relaciones de los cultivos con el clima, que entre otras cosas ayuden a evitar pérdidas de cosechas, adecuar los cultivos, sus variedades a zonas con climas óptimos, o bien, a realizar labores agrícolas de tal manera que no se arriesgue el cultivo a factores climáticos adversos.

Cabe hacer mención que algunos proyectos destinados a la planeación agrícola no se consideran completos, de ahí su inoperabilidad, debido a que carecen de un marco de referencia climático. Los anteriores proyectos se fundamentan en una base macroeconómica, aspecto importante en la planeación agrícola, pero no genera resultados del todo satisfactorios como aquellos que incluyen aspectos físicos entre ellos a los climáticos. La conjugación de los dos fundamentos: climático y macroeconómico dan lugar al conocimiento del potencial productivo de áreas o regiones sobre los cuales va a recaer el planteamiento.

La presente investigación no pretende un manejo holístico de los aspectos físicos, sociales y económicos que influyen en el desarrollo de la actividad agrícola, pero sí el análisis de dos elementos climáticos que afectan noblemente la distribución y productividad de los cultivos: la temperatura y la precipitación.

La temperatura es un factor importante para los seres vivos, además de ser fácilmente medible es frecuentemente limitante, para el crecimiento y distribución de los cultivos

Por otro lado, la precipitación es otro factor fundamental en el desarrollo de los cultivos, por ello es necesario conocer su disponibilidad temporal y espacial mediante el análisis de este elemento climático, así como tener presente las necesidades que de ella tienen los cultivos en sus diferentes fases.

Se requiere entonces, de la definición de una metodología que permita desentrañar las relaciones clima-cultivos que imperan en una región, para posteriormente buscar cultivos alternativos que coadyuven o atenúen la problemática. Para ello no es necesario introducir cultivos exóticos o variedades manipuladas hasta nivel de ingeniería genética; sino más bien enfocar la atención en los recursos nativos que desde siempre se han utilizado, ofreciendo grandes perspectivas alimentarias.

Durán (1971) en su libro "La Pobreza Rural en una Zona Agraria Crítica", menciona la problemática existente en la zona agraria de la provincia fisiográfica Mesa Central, igualmente señala la falta de cultivos y variedades adecuadas a las condiciones ambientales de la región.

Actualmente esa zona crítica de la que Durán (1971) hablaba se ha vuelto más pobre. Entre otros aspectos los agricultores de maíz y frijol han obtenido en los últimos años los menores rendimientos por unidad de superficie y las principales causas son impugnable al ambiente. Por tal motivo surgió el interés por dicha zona y fue más tarde que se abordó a fondo la problemática. Se retomó lo que Durán (*op.cit.*) superficialmente mencionaba: falta de cultivos y variedades adecuadas para estas áreas.

Una medida para coadyuvar y atenuar los efectos consistió en estudiar dichos fenómenos para entender su comportamiento a través del tiempo y del espacio, conocer el manejo de los cultivos básicos y su relación con el medio e igualmente proponer otros cultivos estudiados y analizados en otras áreas donde tienen oportunidad de prosperar adecuadamente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

México se enfrenta día a día al problema alimentario. Presenta un crecimiento poblacional importante y un Producto Interno Bruto (PIB) agrícola bajo. Por tanto, se debe sobrestimar esta actividad, con objeto de satisfacer la necesidad primaria de la población.

Entre otras causas, el aumento de la población está poniendo en peligro la capacidad productiva de los ecosistemas, sobre todo en aquellas áreas donde dicho crecimiento es mayor que la velocidad de producción de alimentos. Por ejemplo en el período 1982-1987, la tasa de crecimiento de población fue de 2.8 % anual en promedio y el crecimiento en el mismo período del sector agropecuario en su conjunto fue de 1.5 % (Yúnez, 1988).

Knochenhauer (1990) destaca la caída en el maíz y el frijol, los más importantes productos en la dieta de la mayoría de la población, tanto rural como urbana. Paradójicamente, esta disminución confirma la relevancia de estos alimentos en la economía y el bienestar de la mayor parte de la población rural.

Continuando con el papel que significa la alimentación, existen algunas proyecciones que estiman que en los próximos 40 años el consumo de alimentos se incrementará al doble y será necesario incrementar la producción a una tasa de 1.6% anual. Si bien este último indicador es inferior al 2% logrado en los últimos años, la tarea será más difícil porque ya no se dispone de la base natural que permitió dicho aumento (Torres, *et al.*, 1997).

En México para el año 2000 habrá una población superior a los 100 millones de habitantes. Lo anterior obliga al país a aumentar la producción de alimentos. Tal reto deberá resolverse, en gran parte, acelerando la productividad de la tierra que actualmente se encuentra en cultivo e incorporar nuevas tierras a la agricultura (Lugo, 1990).

Por tal razón antes de tratar de intensificar el uso del suelo o reabrir nuevas áreas a actividades agrícolas, se deben tener presentes las condiciones naturales del medio, ya que éstas determinan las especies que pueden desarrollarse.

Se requiere entonces de estudios que tomen en cuenta en un primer plano las relaciones de los cultivos con el medio, lo que implica el análisis de los factores físicos, entre ellos los climáticos. Lo anterior permitirá conocer, el grado de incidencia del factor más importante causante de bajas agrícolas o en su caso adecuar dichos cultivos para evitar pérdidas y realizar labores agrícolas de tal manera que no se arriesgue la producción a factores climáticos adversos.

Igualmente el conocimiento del comportamiento espacial y temporal de estos factores permite sugerir la introducción de otros cultivos que tienen la oportunidad de prosperar y así coadyuvar y atenuar la problemática alimentaria de la región Mesa Central de Guanajuato, misma que en los últimos años ha presentado variaciones importantes en los temporales.

Para la región denominada provincia Mesa Central de Guanajuato se realizó el análisis del comportamiento y distribución de la temperatura y precipitación durante la época estival, monitoreo sistemático de la actividad agrícola de temporal en los ciclos 1996 y 1997, su respectivo trabajo en campo y estudio de los factores del clima en este mismo periodo.

El conocimiento anterior, dio lugar en primer plano a profundizar en la situación que guarda la agricultura de temporal en la región de estudio y el grado en que es afectada por los factores del clima. Por otro lado, se regionalizó la zona con base al comportamiento y distribución de los anteriores y a los requerimientos termopluviométricos de nuevos cultivos. La metodología aplicada permitió conocer el dinamismo de los factores del clima determinantes en la producción agrícola, e igualmente determinar el uso potencial de la zona en la medida que los factores temperatura y precipitación lo permitan.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar una regionalización agroclimática en la Mesa Central de Guanajuato (con base al comportamiento y distribución de la temperatura y la precipitación y los requerimientos termopluviométricos de algunos cultivos de temporal que permitan complementar la producción agrícola y coadyuvar el desarrollo de la zona.

OBJETIVOS PARTICULARES

Aplicar la metodología de regionalización agroclimática en la zona de estudio y establecer cartográficamente la distribución de dichos indicadores climáticos.

Analizar y evaluar las principales variables del clima, así como determinar su influencia sobre el desarrollo y producción de los cultivos.

Realizar un monitoreo sistemático de los cultivos temporaleros de maíz y frijol, mediante sensores remotos y trabajo de campo para entender la situación actual de la actividad.

Proponer diversos cultivos con base a sus requerimientos termopluviométricos.

Sugerir la introducción de nuevos cultivos de temporal que coadyuven al desarrollo agrícola de la zona.

Obtener cartografía con áreas aptas o no, para los cultivos en función de los indicadores manejados.

HIPÓTESIS:

Los cultivos básicos de maíz y frijol se siembran en toda la provincia sin considerar si se satisfacen las necesidades térmicas y de precipitación, propiciado con ello bajos rendimientos.

El comportamiento actual de la temperatura del aire y de la precipitación pluvial, son los factores que ocasionan bajos rendimientos en los cultivos.

Existen diversos cultivos que pueden adaptarse a las condiciones termopluviométricas de la Mesa Central de Guanajuato.

METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo principal de esta investigación fue necesario realizar la siguiente secuencia de actividades:

1. Revisión de literatura

Se realizó revisión de literatura, para conocer la situación actual de la agricultura de temporal, metodologías de regionalización agroclimática e importancia nutricional y requerimientos termopluviométricos de los cultivos básicos y alternativos: maíz, frijol, sorgo, triticale, amaranto, chía, girasol, okra y orégano.

2. Recopilación de información

Recopilación de datos climáticos del área en estudio, los cuales fueron proporcionados por: el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de Celaya, Departamento de Cálculo Hidrométrico y Climatológico dependiente de la Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia Estatal de Guanajuato y Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

3. Cartografía del área en estudio y elaboración de la carta base

El mapa base sobre el cual se trazaron las diferentes temáticas se elaboró tomando como fuente la cartografía existente escala 1: 250 000 editada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), digitalizadas y procesados mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) The Integrated Land and Water Management Information System (ILWIS) V.1.3. (Palacio y Luna, 1993), dentro del cual se digitalizaron los siguientes segmentos y puntos:

Provincias fisiográficas y topoformas en la provincia, de las cartas provincias fisiográficas y topoformas del estado de Guanajuato SPP, 1980 escala 1:250 000 y carta de relieve de la American Geographical Society.

Subprovincias, cuencas y subcuencas de la Mesa Central, de las cartas subprovincias y cuencas de Guanajuato SPP, 1980 escala 1:250 000.

Geología y suelos de las cartas geología y suelos de Guanajuato SPP, 1980 escala 1:250 000.

Agricultura de temporal de la carta uso del suelo de Guanajuato SPP, 1980 escala 1:250 000, puntos georeferenciados en campo y cartografía de los Distritos de Desarrollo Rural 001 y 002 en el norte de Guanajuato.

La ubicación de las estaciones climáticas se llevó a cabo mediante las coordenadas geográficas de cada una de ellas, y en los mapas resultantes se vació posteriormente la información mensual de los diversos indicadores agroclimáticos.

4. Procesamiento de imágenes AVHRR

Se realizó el monitoreo sistemático de las zonas agrícolas temporaleras, mediante la tecnología de sensores remotos, con objeto de conocer por un lado, la situación prevaleciente de esta actividad en los ciclos 1996 y 1997 y por otro, identificar los cambios paulatinos que fueron presentando las áreas sembradas en dichos ciclos.

Se capturó una secuencia de imágenes diarias del sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) del satélite National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) 14, recibidas en el Laboratorio de Observación de la Tierra (LOT) del Instituto de Geografía de la UNAM.

Se utilizó el hardware Terascan para procesar las imágenes, cuyos pasos principales fueron: Previa selección de imágenes diarias con base a: libre de nubes y reducida distorsión, se prosiguió con la conversión de los datos de onda radio a formato. Se georeferenciaron en forma visual con ayuda del límite costero de la República Mexicana, se prosiguió con el cálculo del índice de vegetación Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) y obtención de compuestos.

5. Análisis estadístico de los datos termopluviométricos de las estaciones climáticas de la Mesa Central de Guanajuato

Se analizaron 39 bases de datos climáticos, de las cuales 25.7% tuvieron más de 30 años de operación, el 48.7% contó con un periodo de 15 a 30 años y el restante 25.6 fueron estaciones con menos de 15 años en servicio. Se obtuvieron diversos indicadores agroclimáticos cuyos cálculos correspondieron al periodo de mayo a octubre, por ser esta la época del año donde se presenta casi el 90% de las lluvias y donde se desarrolla prácticamente la mayor parte de la agricultura de temporal. No obstante, se incluyen otros indicadores de importancia a nivel anual.

Se realizaron pruebas estadísticas por estación para validar la confiabilidad de las bases de datos, las cuales consistieron en realizar gráficas históricas sobre las cuales se sobrepusieron los valores de la media, mediana y desviación standard.

Los indicadores calculados se listaron en dos grupos: indicadores térmicos y derivados de la precipitación.

Indicadores térmicos

$$\text{Temperatura media} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) \left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right]$$

$$\text{Temperatura máxima} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) (T_{max})$$

$$\text{Temperatura mínima} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) (T_{min})$$

$$\text{Temperatura máxima extrema} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) (T_{maxex})$$

$$\text{Temperatura mínima extrema} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) (T_{minex})$$

$$\text{Fototemperatura} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) \left[T_{max} - \frac{1}{4} (T_{max} - T_{min}) \right]$$

Nictotemperatura $= \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) \left[T_{min} + \frac{1}{4}(T_{max} - T_{min}) \right]$

Fluctuación entre foto y nictotemperatura $= \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) [T_{foto} - T_{nicto}]$

Oscilación térmica $= \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) [T_{max} - T_{min}]$

Unidades calor $= \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base} \right]$

Indicadores derivados de la precipitación

Precipitación total anual $= \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) [pp.mesi]$
i = meses de enero a diciembre

Precipitación total mensual $= \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) [pp.mesi]$
i = mes seleccionado

Precipitación total de verano $= \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) [pp.mesi]$
i = meses de mayo a octubre

Porcentaje de precipitación de verano $= \frac{\text{Precipitación de verano} \times 100}{\text{Precipitación total anual}}$

Sequía relativa $= \frac{\text{Área del polígono} \times 100}{\sum \text{Precipitación mayo-octubre}}$

Fórmulas propuestas por Mosiño y García (1966)

Área del polígono

$$A_{1,2,3} = (1/2) Y_1 - Y_2 + (1/2) Y_3$$

$$A_{1,2,3,4} = Y_1 - Y_2 - Y_3 + Y_4$$

$$A_{1,2,3,4,5} = (3/2) Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + (3/2) Y_5$$

$$A_{1,2,3,4,5,6} = 2Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 + 2Y_6$$

$$\text{Promedio de sequía relativa} = \frac{\sum \text{Sequía relativa de cada año}}{\text{Número de años}}$$

Probabilidad de la lluvia (García, *et al.*, 1974)

El cálculo de los indicadores se hizo de acuerdo a las fórmulas que Villalpando (1985), Wilsie (1966) Mosiño y García (1966) y García, *et al.*, (1974) proponen para una investigación agroclimática.

El análisis de los mismos permitió establecer la relación que existe entre la variabilidad de la temperatura y la precipitación en los meses de mayo a octubre, época en que se realiza la agricultura de temporal.

Una vez procesada la información para 39 estaciones climáticas distribuidas en la provincia Mesa Central se cartografió cada uno de los indicadores termopluviométricos mes por mes, de mayo a octubre, resultando 59 mapas.

6. Imágenes de los satélites meteorológicos

Se resumieron las condiciones prevalecientes en la atmósfera (de 0 - 1 000 y de 1 000 - 6 000 msnm), mediante la interpretación de imágenes diarias del satélite Goes 8 contenidas en los Boletines Meteorológicos para la Agricultura del Servicio Meteorológico Nacional, durante los años 1996 y 1997. Lo anterior para conocer las condiciones prevalecientes en la atmósfera causantes de la precipitación. Se resaltan los grandes sistemas que dieron lugar a precipitaciones tempranas, lluvias torrenciales y heladas en el área en estudio, causantes de reducciones importantes en la producción agrícola.

7. Análisis estadístico de los datos termopluviométricos en 1996 y 1997

Con la finalidad de tener un mejor conocimiento de las fluctuaciones que presentaron los elementos del clima (temperatura y precipitación) en 1996 y 1997 se recopiló información diaria de éstos para su respectivo análisis y cálculo de los indicadores agroclimáticos.

8. Trabajo de campo

Se realizó trabajo de campo en las parcelas cultivadas con maíz y frijol de temporal (áreas administradas por los Distritos de Desarrollo Rural 001 y 002). Mediante entrevistas se recopiló información relacionada al manejo de los cultivos, variedad de semillas, control de plagas y fechas de las principales fases fenológicas de cada cultivo u otro evento que se relacionara con la actividad agrícola, como lo muestra la hoja de datos fenológicos siguiente. La frecuencia de las visitas varió de quince días hasta dos meses, según el periodo vegetativo en que se encontraba el cultivo.

9. Preparación de los mapas agroclimáticos

En los mapas base escala 1:250 000 se interpolaron las isolíneas entre los valores de los indicadores agroclimáticos, calculados a partir de los datos climatológicos. El trazo de isolíneas se hizo tomando en cuenta la topografía de la carta INEGI a la misma escala, dichos mapas se digitalizaron por medio del Sistema de Información Geográfica (SIG) The Integrated Land and Water Management Information System (ILWIS) V.1.3. (Palacio y Luna, 1993).

Los mapas de aptitud agroclimática y zonas potenciales útiles se trazaron mediante la sobreposición de información de los indicadores térmicos y pluviométricos analizados anteriormente mes por mes y los requerimientos de calor y de lluvia de determinados cultivos que actualmente han prosperado en zonas de escasa precipitación.

HOJA DE DATOS FENOLÓGICOS

Localidad _____ Municipio _____ Longitud _____ Altitud _____ Año _____
 Mes _____ Especie _____ Variedad _____

Día	Nombre de la fase fenológica	% de plantas en nueva fase fenológica	subperiodo	OBSERVACIONES
1				a) Características físicas de la localidad, microrelieve, suelo, tenencia de la tierra, créditos, etc.
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				b) Labores agrícolas (barbecho, siembra, cosecha, aplicación de fertilizantes, abonos y plaguicidas). Llegada o emigración de aves, aparición de mariposas o abejas, plagas o enfermedades, malezas, etc.
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				c) Fenómenos meteorológicos más destacados que se han producido en el cultivo y el terreno (heladas, sequías, granizada, chubasco, etc.).
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				d) Otras observaciones (fase lunares en época de siembra, rendimientos en la cosecha: calidad, cantidad, otros).
26				
27				
28				e) Forma de cosechar, medios de transporte, precios, mercados.
29				
30				

1.1 Situación agrícola general

En los últimos decenios, nuestro país ha presentado cambios verdaderamente importantes no del todo satisfactorios, tanto en el aprovechamiento de recursos naturales, como en el desarrollo de las fuerzas productivas y su acelerada expansión. Asimismo, la población ha aumentado más de cuatro veces su tamaño, incrementando por tanto la presión sobre los diversos recursos naturales.

En relación a la actividad agrícola, también ha presentado cambios. Son diversos los autores que coinciden en que ha sido desde mediados de los sesenta en que éste sector sufre gran inestabilidad o igualmente una profunda convulsión (Esteva, 1988; Olmedo, 1988 y Yúnez, 1988).

Las relaciones de intercambio en la agricultura pueden servir para estudiar los orígenes de la crisis y las causas de la reducción de las tasas de crecimiento agrícola. En 1941 se inició el mejoramiento agrícola en México, campaña que recibió el nombre de "revolución verde", el programa se desarrolló en las regiones más favorables para la agricultura, con buenos suelos, agua de riego, con facilidades de crédito, sobre todo en pequeñas propiedades y con fuerte amparo oficial en lo relativo a los apoyos técnicos y de divulgación. Los resultados fueron espectaculares; creció rápidamente la producción de trigo, maíz y frijol; se incrementaron las superficies de riego; aumentó la producción agrícola de exportación; se demostró que la tecnología moderna era capaz de resolver los problemas agrícolas nacionales. Pero veinte años después dichas tierras se habían degradado, generándose otros problemas. El aumento notable de las relaciones de intercambio desfavorables en 1960 y su persistencia en 1970 dio lugar a la reducción de la tasa de crecimiento agrícola específicamente a mediados de los años sesenta.

La estrategia del gobierno mexicano bajo las administraciones neoliberales motivó a los productores nacionales a la modernización microeconómica, sin orientación, sin apoyo ni financiamiento.

Sin embargo, esta estrategia aunada a una política macroeconómica desfavorable, altas tasas de interés, menores apoyos del Estado, sobrevaluación del peso, crecimiento de los precios de los insumos y de los costos, incremento de las importaciones en condiciones de competencia desleal, por subsidios, etcétera, ha empujado al campo hacia otra crisis.

Por otra parte la historia de la economía mexicana puede dividirse en tres grandes etapas: a) periodo de crecimiento con inflación y devaluación desde 1940, hasta mediados de los años cincuenta, el rápido crecimiento en la agricultura e industria, al parejo con altas tasas de inflación y devaluación del peso en tres ocasiones. b) periodo de crecimiento con estabilidad: comenzó a mediados del decenio de 1950 y se extendió por quince años; lo caracterizaron altas tasas de crecimiento, baja inflación y ninguna devaluación. c) periodo de inestabilidad: hubo reducción de las tasas históricas de crecimiento en la agricultura e industria, altas tasas de inflación y constantes devaluaciones.

En este último periodo se presentaron las crisis de 1976-1977, donde la tasa de ingreso per cápita fue casi nula, los precios aumentaron drásticamente y el peso se devaluó. La crisis 1981-1986 se presentó después del auge petrolero de 1978-1981. La tasa de crecimiento del producto interno fue negativa, igualmente el ingreso per cápita. La inflación no fue controlada, el peso se devaluó a un ritmo muy elevado y la deuda aumentó (Yúnez, 1988).

En el sexenio actual, la actividad agrícola de temporal sigue teniendo un gran deterioro, los problemas principales son los referentes a la tenencia de la tierra y la descapitalización. Es muy severa la falta de créditos en el campo. La banca reprivatizadora ha manifestado estar sólo interesada en la inversión de agroindustrias que produzcan montos substanciales de ganancias en un corto plazo, actividad que ha obstaculizado cualquier avance. El sector oficial, por su parte, parece decidido a dejar al campo a su suerte como consecuencia de la retirada del Estado de todas las actividades productivas. La Secretaría de la Reforma Agraria hizo una advertencia en el sentido de que por la falta de recursos no habrá una mayor inversión del gobierno en los próximos años, aunque reconoció la desesperación de los campesinos.

La política económica gubernamental ha favorecido principalmente a la agricultura empresarial, aumentando el ingreso real de los productores medianos y grandes. Esta política denominada antiagrícola ha polarizado el crecimiento del sector agropecuario acarreado con ella un trato discriminatorio contra el campo y la población rural de mas bajos ingresos.

El descenso de la inversión total en el campo se debe a la disminución de la inversión pública por la política de ajuste. Esto eliminó el efecto de arrastre sobre la inversión privada que se empleó para combatir la inflación y no para apoyar la producción, desestimulando al mismo tiempo, la inversión en el campo y por ello, representando un problema sumamente grave para los campesinos que subsisten de los productos que obtienen de la naturaleza (Patiño y Barradas,1997).

En 1991 fue reformado el artículo 27 de la Constitución que finiquita el reparto agrario, se crean las condiciones para la privatización de propiedad social y su incorporación a la dinámica del mercado, se permite la compactación de tierras, la conformación de las sociedades mercantiles y se brinda a la iniciativa privada todas las facilidades y garantías para invertir en el campo. Estas reformas se encuentran enmarcadas en el contexto neoliberal, donde la polarización de la agricultura campesina se podrá volver más patente.

Los problemas anteriores han dado lugar a la conformación de una estructura agraria heterogénea y por tanto a dos formas principales de posesión de la tierra: la social y la privada y a una economía agrícola en conflicto permanente y contradictorio. "...Así, se encuentra un México de irrigación y un México de temporal; un México rural moderno, de mecanización de cultivos capitalizados y un México rural de técnicas y prácticas casi ancestrales y tradicionales de cultivo, de aperos rústicos de labor; un México rural de producción mercantil y exportadora, y un México rural de autosubsistencia y producción para consumo interno " (Olmedo,1988).

Respecto a la importancia del sector agrícola, muestra la historia de países capitalistas, socialistas y en vías de desarrollo que la agricultura desempeña un papel de suma

importancia en su economía, dependiente de su estructura económica, política y social. En diversos casos el objeto de esta práctica ha sido conseguir excedentes.

Además de lo significativo que resulta este sector en la economía de un país en vías de desarrollo, es importante subrayar que la agricultura es la actividad que ocupa un número mayor de población económicamente activa.

La agricultura es una actividad que se basa en el uso de los recursos naturales con el fin de producir elementos que sirven al hombre para satisfacer las necesidades de alimento, vestido, abrigo, salud, etc. La interacción permanente del hombre con los recursos naturales, ha dado como resultado la obtención de tecnología "empírica" que le permite hacer uso de sus recursos naturales de acuerdo a los niveles que de ellos disponen: su condición económica, social y cultural. Esta acción puede ser intensificada a través de la investigación agrícola que permite definir en forma más rápida tecnologías para el uso regional de esos recursos naturales, conservándolos y aún mejorándolos.

La agricultura ha sido actividad esencial para la supervivencia y el bienestar de la humanidad. El rápido crecimiento de la población y la urbanización acelerada han creado una necesidad apremiante de incrementar la producción. En países en desarrollo vivirán para el año 2025 aproximadamente el 57% del total de la población, frente a un 34% actual. La aceleración de la demanda de productos agropecuarios ha ejercido presiones cada vez mayores sobre los recursos naturales, determinándose una deforestación excesiva, la pérdida de la diversidad biológica, la degradación de los suelos y varias formas de contaminación (López y Serrano, 1994).

Si se considera la relación agricultura-humanidad, no es difícil ignorar que pasará si la población mundial está aumentando a un ritmo de 1.9% anual. La Food and Agriculture Organization (FAO) estima que para el año 2010 la población mundial puede crecer hasta alcanzar 7 200 millones de habitantes, mismos que habrá que alimentar con una base de recursos limitada.

México al igual que otros países en vías de desarrollo, se enfrenta día a día al problema que significa la alimentación. Al tener un crecimiento poblacional importante y un

Producto Interno Bruto (PIB) agrícola bajo; se debe sobrestimar a la actividad agrícola, con objeto de bastarse a sí mismos y satisfacer la necesidad primaria de la población.

Entre otras causas, la creciente población está poniendo en peligro la capacidad productiva de los ecosistemas, sobre todo en aquellas áreas donde dicho crecimiento es mayor que la velocidad de producción de alimentos. Por ejemplo en el período 1982-1987, la tasa de crecimiento poblacional fue de 2.8 % anual en promedio y el crecimiento en el mismo período del sector agropecuario en su conjunto fue de 1.5 % (Yúnez, 1988).

Lo anterior, dio lugar a que el sector agropecuario tuviera un déficit en la balanza comercial de 500 millones de dólares, como resultado de importaciones de maíz, frijol, sorgo y leche. Más allá de la frialdad de las cifras, esto significa que el país está cada vez más lejos de la autosuficiencia alimentaria (Hernández, 1988).

Igualmente Knochenhauer (1990) mencionó que la situación de la producción y el consumo de alimentos es muy grave. Desde hace un lustro hay una declinación constante de la producción de diez cultivos principales, que representaron 77% de la agricultura total. Destaca la caída de los casos del maíz y el frijol, los más importantes en la dieta de la mayoría de la población, tanto rural como urbana. Paradójicamente, esta disminución confirma la relevancia de estos alimentos en la economía y el bienestar de la mayor parte de la población rural.

Continuando con el papel que significa la alimentación, existen algunas proyecciones que estiman que en los próximos 40 años la población mundial llegará a 9 mil millones; por lo tanto, el consumo de alimentos se incrementará al doble y será necesario incrementar la producción a una tasa de 1.6% anual. Si bien este último indicador es inferior a 2% logrado en los últimos años, la tarea será más difícil porque ya no se dispone de la base natural que permitió dicho aumento (Torres, *et al.*, 1997).

En México para el año 2000 habrá una población superior a los 100 millones de habitantes. Lo anterior obliga al país a aumentar la producción de alimentos. Tal reto deberá resolverse, en gran parte, acelerando la productividad de la tierra que

actualmente se encuentra en cultivo, ya que la apertura de nuevas tierras es limitada y por otro lado, implica un alto costo (Lugo, 1990).

La agricultura mexicana enfrenta hoy dos retos difíciles, por un lado se observa un marcado declive de participación de la actividad agrícola en el producto interno bruto del país. El otro reto se refiere al avance del Tratado de Libre Comercio con Canadá y Estados Unidos, que al intentar enfrentarnos con dos de los sistemas agrícolas más fuertes del mundo, evidencia nuestra falta de competitividad internacional, al menos en lo que se refiere a costos y precios de los productos básicos (Torres, *et al.*, 1997).

El principal problema del deterioro del medio ambiente ha sido el uso irracional que a la larga ha ocasionado un déficit en la autosuficiencia alimentaria del país. Hay que añadir que las tecnologías importadas en nuestro país no son las adecuadas a nuestra realidad, y por si fuera poco sólo existe un promedio anual de uso agrícola de 8.6%, debido a lo accidentado del territorio y a la desigual distribución del agua (Torres, *et al.*, 1997). A pesar de la riqueza natural de México, la producción agrícola es reducida y está basada sólo en algunos productos.

Lugo (1990) mencionó que si existiera una política económica que fomentara la inversión del medio rural y una tecnología adecuada a los sistemas de producción en México, podrían incrementarse la producción y la productividad en forma acelerada; aumentando los índices de rendimiento por unidad de superficie y posiblemente alcanzar la autosuficiencia en la producción de los principales alimentos básicos. La producción estimada de alimentos que requerirá la población mexicana en el año 2000 se muestra en el cuadro respectivo.

Cuadro I. Rendimientos actuales y necesarios para la autosuficiencia

	Maiz	Trigo	Frijol	Arroz	Sorgo	Soya
	ton/ ha					
Actual	1.81	4.04	0.48	3.10	3.19	1.75
Necesaria	2.47	9.64	0.64	7.10	19.28	10.56
*Necesaria	36.5 %	139.6 %	31.3 %	129.0 %	504.4 %	503.4 %
*Histórica	33.6 %	11.8 %	38.3 %	38.0 %	48.1 %	13.8 %
Rendimiento de EEUU.	7.10	5.0 **	1.50	6.0***	3.5	2.0

Tasa de Crecimiento
Fuente: Lugo, 1990.

** Francia

*** Japón

La producción del cultivo de arroz en 1998 fue de 17 814 toneladas, mientras que el frijol en el ciclo otoño invierno, 1998 a 1999, ascendió a 439 000 toneladas, en este mismo ciclo se cosecharon 2.24 millones de toneladas de grano de maíz, 2.75 millones de toneladas de trigo y 1.91 millones de toneladas en sorgo (UNAM, 1999). En general todos los cultivos propuestos por Lugo, (1990) tendrían que aumentar sus rendimientos por unidad de superficie para alcanzar la autosuficiencia, algunos de estos no los consideramos básicos para la alimentación humana, pero sí importantes para otros sectores económicos.

Otros investigadores preocupados por la crisis agrícola y la autosuficiencia alimentaria, mencionan que la solución está en duplicar la producción; y señalan que ésta se daría como resultado de la producción de semillas mejoradas, cuyas investigaciones al respecto se iniciaron en los años cuarenta, cuando se firmó un convenio entre la Fundación Rockefeller, el Gobierno Mexicano y la participación del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Los avances en la investigación brindaron sus aciertos con la obtención de semillas mejoradas, con lo que aumentó la producción y productividad de los cultivos, y elevó al mismo tiempo la disponibilidad de granos, además de incorporar más productos en varios estados. La idea inicial de producir semillas vinculadas al consumo nacional de granos básicos pronto fue rebasada para dar lugar a la lógica de la obtención rápida de la ganancia (Cervantes, 1990).

La ampliación de la investigación hacia otras semillas, como el sorgo y soya, cuya demanda estaba vinculada al crecimiento ganadero, fue la causa inicial por lo cual se desviaron los objetivos principales.

En términos generales la producción de semillas se ha diversificado hacia otros productos (arroz, trigo, semilla de algodón, ajonjolí, garbanzo, papa, soya, sorgo, tomate, cebolla, lechuga, chile, melón y sandía); algunos no tan básicos para las necesidades nacionales y por otro las investigaciones realizadas por dependencias de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) no son totalmente aprovechadas y puestas en práctica por los agricultores.

El mercado nacional en el período 1984-1988, planteó requerimientos de 1 555 684 toneladas de semillas certificadas para 10 cultivos prioritarios, mientras que la entonces Productora Nacional de Semillas (PRONASE) satisfacía la demanda aproximadamente en un 43% al producir 666 657 toneladas, cifra que disminuyó paulatinamente. En 1985 y 1986 se satisfacía el 48% de la demanda nacional, en 1987 el 41% y en 1988 el 35%.

Hasta los noventa PRONASE no logró promover plenamente la generación de semillas mejoradas, ni incorporar en forma integral a los productores de estos insumos (Gordillo de Anda, 1990). No sólo no se producían los requerimientos necesarios de semillas mejoradas, sino que su uso está vinculado al uso de tecnología (Olmedo, 1988).

De este modo, se modifican las formas productivas y en la mayoría de los casos la producción se desvía hacia aquellos cultivos que puedan proporcionar mayor productividad y producción en general, además de una ganancia mayor, dado su intercambio en el mercado; en este sentido el patrón de cultivos se ve afectado radicalmente, el objetivo no es ya la satisfacción de las necesidades alimenticias de la población del país, sino el cultivo de aquellos productos que sean más redituables y que puedan contener un mayor valor agregado, es decir, se produce para las clases más favorecidas y en términos generales para la industria agro-alimentaria.

El Centro de Investigaciones Económicas y Tecnológicas de la Agroindustria y Agricultura Mundial (CIESTAAM), recomendaría invertir o implementar una política de financiamiento condicionada a la aplicación de nuevas técnicas, pero recalca, que se requiere de otras concepciones completamente distintas a la oficial, que siempre se basa en una gran infraestructura de oficinas, vehículos y recursos financieros que se han quedado en el pasado en la burocracia y no inciden en la producción.

Lo que ha faltado es un plan serio, realista, integral y sobre todo bien intencionado para dinamizar el campo. Un plan que reoriente los recursos hacia la producción y que ésta sea prioridad sobre la rentabilidad. Así sucede en otros países, incluso en los industrializados. En ellos hay conciencia de que la producción del campo y la tranquilidad de sus habitantes es fundamental para la estabilidad nacional.

Actualmente, la situación no es nada alentadora, debido a que en la producción irregular del campo se obtuvieron las cifras siguientes: en el lapso de 1990-1997 las superficies cosechadas de temporal pasaron sólo de 130 311.9 a 135 629.5 hectáreas, viéndose cada vez más acentuadas las importaciones de productos alimenticios, incidiendo fuertemente en el crecimiento del déficit. En este mismo lapso prácticamente se triplicó el déficit de la balanza al pasar de 994 millones a 2 878 millones de dólares (SAGAR, 1997a).

La situación de crisis del campo mexicano es evidente, aunque para algunos (gobierno) alegan que los avances son claros. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en 1994 pronosticó que México lograría la autosuficiencia en la producción de frijol, por lo que se estimó improbable que ese país exportara al nuestro la cuota de 50 mil toneladas anuales estimadas en el Tratado de Libre Comercio. Por otro lado en el texto titulado "Producción y Comercio Exterior del Frijol en Estados Unidos durante 1992 y 1993" estimaron que la producción mexicana en este grano sería de 1.15 millones de toneladas, aproximadamente, mientras que el consumo es de 1.1 millones de toneladas. Por lo que respecta a la iniciativa privada responde que el retraso es sorprendente, la situación que se palpa indica que no es alentadora, si se observa que en el sexenio 1982-1988 el crecimiento del sector primario fue de 1.46% anual, por debajo del crecimiento de la población.

En el Consejo Nacional Agropecuario (CNA) se mencionó que los motivos para los empresarios son claros "descapitalización, control de precios y falta de incentivos", igualmente se manifestó que la situación del campo es gravísima, ya que es poco o nada rentable, como resultado de la creciente descapitalización que vive. Por lo mismo la producción se encuentra por debajo de las necesidades del país y provoca la importación de grandes cantidades de granos.

Por otro lado, en la Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX) se ha dicho "En los últimos seis años fue evidente el abandono y pobreza del sector agropecuario, provocado por los insuficientes precios de garantía y la inseguridad de la tenencia de la tierra" y se agregó que " ... es un hecho incuestionable el olvido del

desarrollo rural, ya que 40% de los mexicanos viven en el campo y sólo producen 10% del producto interno bruto ".

En términos generales, el sector agrícola ha presentado avances y retrocesos a lo largo de la historia económica de México. Sin embargo, esta actividad tiene importancia estratégica para el desarrollo económico del país, puesto que produce alimentos básicos para la población y materias primas para la industria (sin ser suficientes). Igualmente la agricultura destaca por su capacidad de transferir recursos a otros sectores por las vías fiscales, financieras y de comercio exterior.

Igualmente no existe duda de la importancia que tiene el sector agrícola en una nación. En países desarrollados se promueve el crecimiento de la productividad y por medio de diversos mecanismos, se protege la producción destinada al mercado interno y se apoya la orientada al externo. Además de lo significativo que resulta este sector en la economía de un país en vías de desarrollo, es importante subrayar que la agricultura es la actividad que por lo general ocupa a un número mayor de población económicamente activa con bajos salarios (Aspe,1993).

En resumen la situación general que prevalece en México, ha dado lugar, entre otras cosas, a que se agudice la desigualdad en el campo. Del conjunto de dificultades como se mencionó anteriormente se destacan:

- Escasa inversión privada en el sector.
- Lento crecimiento de la productividad agrícola, inferior al ritmo de crecimiento de la población.
- Reducción y anulación de precios de garantía en algunos productos agrícolas.
- Apoyo cada vez menor en: insumos, mecanización e infraestructura en las zonas temporaleras.
- Aceleración de la desigualdad en el campo, entre grandes productores y pequeños predios campesinos.
- Pérdida en la autosuficiencia de alimentos básicos.

Son diversos los problemas que acosan al sector primario mexicano e igualmente variadas las causas que se han señalado como responsables de la crisis agropecuaria de nuestro país.

Calva (1993) menciona que las políticas macroeconómicas adversas no han valorado con suficiente cuidado sus efectos en el desarrollo rural, ni tampoco el papel estratégico de las actividades agrícolas en el desarrollo del país. Por otro lado, puntualiza que existe un amplio consenso que señala que la situación del campo mexicano requiere de profundos cambios para recuperar la dinámica y crecimiento, y permita llevar bienestar a los productores y trabajadores rurales.

La mayoría de investigaciones están orientadas a la obtención de semillas mejoradas y reducción de ciclos agrícolas, lo cual beneficia exclusivamente a todos los agricultores que explotan zonas de riego y son los que disponen de todos los medios para desarrollar la actividad agrícola. Las zonas temporaleras, tradicionalmente marginadas en el área de créditos, insumos, tecnologías, y de más, también lo es en cuestiones de investigación.

La consecuencia de la falta de programas de investigación agrícola orientada hacia las zonas temporaleras, es que los campesinos de escasos recursos económicos carecen de opciones para diversificar sus cultivos y continúan trabajando las tierras con las tradicionales siembras de maíz y frijol.

La ex-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos consideraba que era urgente impulsar el crecimiento vertical de la producción, y que la investigación era una de las pocas opciones para que la agricultura nacional se desarrollara de manera sostenida, por medio del incremento de la productividad. Igualmente recalcó que la investigación agrícola era una herramienta primordial para mejorar la producción y productividad del agro.

Por lo dicho anteriormente, no es fácil importar tecnologías que se adapten a la realidad mexicana, México tiene que desarrollar su propia técnica. Los problemas locales son muy específicos y nadie podrá resolverlos más que la propia población afectada.

Es importante mencionar que existen investigadores que conocen y han evaluado las riquezas del territorio nacional y mencionan que existe una sin razón de la crisis.

Yúnez (1988) hace diversas reflexiones y concluye diciendo ..."países como México con recursos naturales abundantes y cierto grado de desarrollo industrial, no ha logrado eliminar la miseria".

Paz (1991) menciona... "que la crisis agrícola no tiene justificación, si se toma en cuenta, por una parte, la potencialidad de factores agroecológicos de México, así como los recursos humanos".

El país es rico en recursos naturales y cuenta con un enorme potencial ecológico. Sin embargo, estos han tenido un uso incontrolado e inadecuado (Patiño y Barradas, 1997).

Por otra parte, en diversos foros se ha concluido que México tiene regiones de buen temporal para obtener cosechas de maíz en un promedio de tres toneladas por hectárea, rendimientos que hace rentable el cultivo. En estas zonas sus requerimientos de calor fluctúan alrededor de 20 °C en promedio diario y sin heladas, y 800 mm de lluvia durante el ciclo vegetativo del maíz. Esta es la base para obtener una cosecha óptima. Es posible también, obtener buenas cosechas a partir de los 600 mm. de lluvia durante cuatro meses en cualquier época del año.

En diversas reuniones se puntualiza sobre las necesidades de cubrir prioritariamente, los requerimientos básicos en la alimentación popular. Igualmente que es necesario que sobre los mapas climatológicos del país se delimiten las regiones con temperaturas y precipitaciones como las que se indican en diversas investigaciones; sobre las superficies localizadas climatológicamente, seleccionar aquellas que por sus condiciones de suelo puedan ser sembradas de maíz.

A este respecto los agrónomos de la SARH, (1990) opinan que hace falta asistencia técnica para la agricultura de temporal, que debe de consistir en la aplicación de procedimientos específicamente agronómicos, entre otros aspectos enumeraron: óptimo manejo del suelo agrícola; conocimiento profundo de las especies vegetales y de sus

variedades, con sus hábitos de crecimiento, requerimientos de nutrientes, luz, calor, humedad, etc., conocimiento de las plagas y enfermedades que en una zona determinada atacan a cada especie y variedad de plantas y las épocas en que se presentan; conocimiento de fechas óptimas de siembra para cada variedad y región determinada (en la agricultura de temporal este aspecto es de primordial importancia) conocimiento de los distintos instrumentos agrícolas y su uso, especialmente de los más simples, como son la pala, el azadón, la hoz, la guadaña, el piscador; conocimiento de las épocas óptimas de cosechas, con respecto a la maduración del producto y el medio climático y finalmente conocimiento de las formas más eficientes de almacenamiento, de acuerdo con las condiciones imperantes en cada región.

Todas estas formas de asesoramiento para campesinos, ejidatarios, comuneros y pequeños propietario, están dirigidas no sólo a obtener buenas cosechas de temporal, sino básicamente, a formar al agricultor moderno, hombre que no sólo sea dueño de la tierra, que no sólo reciba crédito barato y oportuno, que no sólo haga uso del agua, sino que, dotado del mínimo de conocimientos científicos y técnicos, haga producir la tierra para satisfacer las necesidades alimentarias del pueblo (SARH,1990).

Ante tales situaciones y reflexiones la búsqueda de alternativas para el campo mexicano es, una tarea de interés general para los mexicanos.

Ahora bien, es ampliamente conocido en el medio agronómico, el impulso actual que viene cobrando el enfoque agroecológico en el estudio del proceso agrícola, esto debido a las innumerables deficiencias evidenciadas en los sistemas de producción agrícola prevalecientes, como producto de la corriente del pensamiento e ideología occidental, a los que se les reconoce como agricultura convencional.

El conocimiento agroecológico que cobra auge en los años setenta es nutrido por diferentes disciplinas, desembocando en una manera de entender y resolver el proceso productivo agrícola desde el punto integral e interdisciplinario.

Es hasta los noventa en que dicha corriente es valorizada por diferentes instituciones (nacionales e internacionales de investigación, enseñanza, producción, financiamiento,

gubernamental, etc.) retomando y adecuando dicho conocimiento en un contexto de política internacional agrupándolos dentro del concepto de desarrollo sustentable, en un concepto más sectorial denominado agricultura sostenible (Tivy, 1990).

Es a partir de ello que todas las propuestas agroecológicas que tratan sobre prácticas, tecnologías, sistemas agrícolas, alternativas, etc., se basan en principios ecológicos similares (Labrador y Guiberteau, 1990; López y Serrano, 1994).

Según Tolba (1992), citado por López y Serrano (1994) el desarrollo sustentable es considerado como aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer, la habilidad de las futuras, para satisfacer las suyas sobre la base de un manejo adecuado de las capacidades ambientales y de los recursos globales disponibles así como la rentabilidad del ambiente sujeto previamente a degradación y mal uso.

La FAO señala al Desarrollo Sostenible para el sector agrícola como “el manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras”. Este desarrollo viable en el sector agrícola, forestal y pesquero conserva la tierra, el agua, los recursos genéticos, vegetales y animales; no degrada el medio ambiente y es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

Patiño y Barradas, (1997), mencionan que ante esta problemática es evidente la urgencia de buscar alternativas de desarrollo enmarcadas en el contexto ecológico-social-económico, dentro de éste el desarrollo sustentable es “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras”, propuesta que surgió en 1987 en la Organización de las Naciones Unidas (ONU). A grandes rasgos el cumplimiento del desarrollo sustentable supone un crecimiento económico, protección y el uso racional y manejo sustentable de los recursos naturales.

Los sistemas agrícolas tradicionales y las actividades de subsistencia, pueden representar una estrategia de producción sustentable debido al conocimiento del ambiente y de los recursos naturales acumulado durante muchas generaciones (Hernández, 1988). Lo anterior, implica el reconocimiento de que los ecosistemas tienen una capacidad de carga y no pueden ser sobreexplotados más allá de ciertos límites, sin causar impacto irreversible en el medio ambiente. La política actual es utilizar tecnologías modernas con el fin de obtener mejores rendimientos en la agricultura. Por esta razón es importante rescatar la cultura y el conocimiento tradicional de las prácticas agrícolas productivas de las comunidades indígenas y campesinas, además de realizar investigaciones que den alternativas para llevar a cabo un manejo de los recursos que pueda ser sustentable.

Torres y Trápaga (1997) mencionan que es necesario buscar otras alternativas de sobrevivencia para que los campesinos pobres garanticen una productividad sostenida, la adaptación al modelo económico hegemónico y la protección de los recursos naturales. Dentro de estas alternativas ha surgido la ahora llamada Agricultura Orgánica, que pone por encima y restaura la parcela familiar como base de la organización social y técnica de la producción agrícola, orientada primordialmente hacia las necesidades alimentarias de la población y de la capacidad de generar un esquema productivo diversificado para el mercado interno, en primer término, y el internacional; asentada en la organización libre y democrática de los productores en cooperativas y asociaciones; encuadradas en un sistema descentralizado de comercialización y de transformación industrial que permita a los productores controlar precios y agregar valor a sus productos; que conduzca a patrones de desarrollo agrícola autocentrados, reproducibles y diversificados, que restaure las condiciones ecológicas y los procesos de policultivos, que aseguren la producción sustentable de la familia.

Otra propuesta dentro de este marco son el desarrollo de ecocultivos, que se propone como una solución moderada al problema de la productividad en ambientes desfavorables. Es un estilo de agricultura que pretende diseñar agricultura ecosistémica susceptible de generar rendimientos moderados de productos de alta canalización para el hombre, sin destruir el ecosistema, ni requerir inversiones energéticas externas en cantidades elevadas (López, 1997).

En síntesis, los diferentes modelos dentro del marco del desarrollo sustentable, consisten en la administración exitosa de los recursos, para que la agricultura satisfaga las cambiantes necesidades humanas sin dejar de mantener o mejorar la calidad del medio ambiente y de conservar los recursos naturales.

1.1.1 Situación de la agricultura de temporal

Existe una relación inadecuada entre el agua y la población, ya que el 12% del total de este recurso se encuentra en el centro del país, donde se localiza el 60% de la población y el 50% de la superficie agrícola. A escala general, más de dos terceras partes de México 71% son zonas áridas y semiáridas, donde la actividad humana depende de la variable precipitación pluvial, además son zonas vulnerables a los efectos de la sequía y a otras variables climáticas (Bassols, 1980).

Con respecto a su distribución: las zonas del centro norte y noroeste del país son áridas y la región del sureste es húmeda. Las áreas áridas y semiáridas ocupan el 71% del país, 22% corresponden a áreas semihúmedas y 7% a áreas húmedas y muy húmedas (Anaya, 1994).

Por otro lado, el uso de suelo agrícola está influenciado por la topografía y el clima (factores de localización físicos) además de otros factores sociales y económicos. En general el país posee un área considerable de zonas montañosas que limitan la actividad agrícola, como se muestra a continuación.

Cuadro II. Distribución de la pendiente en el país

Pendiente	% del total
0 a 10	36
10 a 25	36
más de 25	28

Fuente: Anaya, 1994

Según el autor antes mencionado, conjugando las condiciones topográficas y climáticas, se tienen como resultado los siguientes usos de suelo en el país.

Cuadro III. Sistemas de uso de suelo

	Millones Ha.	% del área total
AGRICULTURA DE RIEGO	5.8	3.0
AGRICULTURA DE TEMPORAL	21.0	10.7
PASTIZALES Y SABANAS	26.6	13.5
CHAPARRALES ARBUSTOS Y CACTUS	7.3	37.2
TIERRAS BAJAS Y MEANDROS	1.4	1.0
BOSQUES MONTAÑOSOS	29.7	15.1
BOSQUES HÚMEDOS	31.4	16.0
ÁREAS URBANAS	4.5	2.3
ALMACENAMIENTOS DE AGUA	2.4	1.2
TOTAL	195.8	100

Fuente: Anaya, 1994

En resumen, a pesar de los factores físicos que imperan en el territorio nacional, existe un importante porcentaje de agricultura de temporal, cuyos productores agrícolas trabajan con un bajo nivel tecnológico y en gran medida, no gozan de los beneficios del sistema económico.

Bassols (1980) considera que el promedio nacional de precipitación pluvial fue de 700-717 mm (en 1999 el promedio fue 754 mm) y por tanto, la agricultura de temporal recibiría la suficiente precipitación, para sustentar cultivos de verano, pero hablar de promedios para todo el territorio nacional no tiene utilidad alguna, ya que diferentes estados del sureste y centro-sur del país, registran precipitaciones superiores a 800 mm sustentando agricultura de temporal con altos rendimientos; por otro lado, el norte, noroeste, noreste y centro occidente se encuentran por debajo del promedio nacional, en estas regiones se sustenta agricultura de temporal y aún cuando se reciben precipitaciones erráticas, son o pueden ser afectadas por otros siniestros.

Aunado a lo anterior se debe considerar la proporción del territorio mexicano que se encuentra erosionado por ejemplo, el estado de Guanajuato posee 48 % de su territorio con diferentes grados de erosión (SARH,1979), Hidalgo 40 % (SARH,1983) y otros estados con erosión severa son Michoacán (36%), México (25%) y Aguascalientes (24%) (Anaya, 1994).

El sector agrícola de subsistencia, se caracteriza por pequeños productores que generan bajos rendimientos utilizando tecnologías tradicionales, se encuentran además sujetos a la extracción de sus excedentes a través de relaciones de intercambio desigual que no permiten rebasar su situación de pobreza.

En México sólo el 12% del territorio tiene uso de suelo agrícola y su distribución no es homogénea en el país. De estas áreas, solo el 28% tiene realmente vocación ya que poseen riego y buen temporal, mientras que el 72% restante es de regular temporal (Coll-Hurtado, 1982).

El país cuenta con 270 mil kilómetros cuadrados de suelo agrícola, que representa sólo el 14% del territorio nacional. De esta superficie, 210 574 kilómetros cuadrados son de temporal. El promedio anual de uso agrícola, sólo alcanza 168 mil kilómetros cuadrados 8.6% (Tores y Trápaga, 1997).

En las tierras de temporal las principales fuentes de energía son: la mano del hombre y los animales de tiro; lo cual en la mayoría de los casos no satisfacen las demandas de energía para la ejecución de ciertas actividades agrícolas, dando como resultado una merma en la producción.

A mediados de la década de los noventa, debido a las crecientes necesidades alimenticias que se han tenido que satisfacer con importaciones, así como a la crisis económica generalizada y agudizada a fines de 1994, se ha generado preocupación por parte del Estado para que el sector agrícola de subsistencia incremente la producción de alimentos básicos.

El bajo nivel de productividad de la agricultura en cuestión, se asocia con el uso de tecnologías tradicionales. Por tal razón el gobierno ha promovido la utilización de planes agrícolas macro y microregionales con el fin de incrementar la producción de alimentos para los trabajadores de este sector.

Dentro de las estrategias planeadas se tiene la canalización de programas y proyectos en apoyo al campo, tanto para parcelas de riego como de temporal, en estas últimas se tiene vigente los apoyos directos al campo (PROCAMPO) (SAGAR, 1997b).

Los resultados no han sido del todo satisfactorios y el problema de la baja productividad agrícola de subsistencia persiste. Numerosos estudios se han realizado para explicar la no adaptación de tecnologías modernas por los productores de subsistencia, se han señalado distintas causas y los resultados son poco alentadores (Volke, 1987).

Por lo que respecta a la sequía intraestival del ciclo primavera - verano 1995, salieron a flote lastres estructurales como la falta de liquidez, la inadecuada concepción gubernamental sobre precios que define niveles base, bajos de cotizaciones internacionales.

La Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR, 1997a) destacó que en las tierras de riego dejaron de sembrarse 250 mil hectáreas, que se sumaron a las 180 mil que no se sembraron en el ciclo otoño - invierno 1994/1995, y esto ocasionó una pérdida de 1.5 millones de toneladas; en tierras de temporal las pérdidas en otoño/invierno fueron de 219 mil hectáreas de un programa de 824 mil, y para el ciclo primavera - verano señaló que tan sólo en Sinaloa dejaron de sembrarse 120 mil hectáreas.

En ese año agrícola el ciclo otoño-invierno 94-95 y ciclo primavera-verano 95 la producción de granos básicos cayó por lo menos 14 % respecto a los 30 millones que se obtenían tradicionalmente al año. Cabe señalar que las entidades con problemas de sequía graves en el ciclo 1995 fueron: Baja California, Baja California Sur, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas.

1.1.2 La Agroclimatología y su importancia en la planeación agrícola

Como se sabe, los elementos del clima tal como la temperatura y la precipitación influyen en diversos procesos fisiológicos de las planta. Se requiere entonces de la definición de una metodología que permita desentrañar las relaciones clima - cultivos que imperen en cada región (Arteaga, 1985).

Ahora bien, ante la iniciativa por parte del Estado, para que el sector agrícola de subsistencia incremente la producción, deben encaminarse proyectos de planeación agrícola dirigidos específicamente a este sector desprotegido.

Cabe hacer mención que algunos proyectos destinados a la planeación agrícola no se consideran completos, de ahí su inoperabilidad, debido a que carecen de un marco de referencia climático. Los anteriores proyectos se fundamentan en una base macroeconómica, aspecto importante en la planeación agrícola, pero no genera resultados del todo satisfactorios como aquellos que incluyen aspectos climáticos. La conjugación de los dos fundamentos climático y macroeconómico dan lugar al conocimiento del potencial productivo de áreas o regiones sobre los cuales va a recaer el planteamiento (Granados, 1987).

Los estudios climático - agrícolas puntualizan la relación e importancia que existe entre los cultivos y el medio. Las plantas, pueden considerarse como indicadores ecológicos que tienen la ventaja de ser sensibles, a varios cambios de: temperatura, lluvia, viento, iluminación, etc.

El desarrollo, crecimiento y rendimientos de las plantas cultivadas está vinculado con numerosos elementos climáticos, pero son la temperatura y la precipitación, que por sus efectos directos y por reflejar la modalidad de los restantes elementos del clima: duración astronómica del día, intensidad de la radiación solar, humedad atmosférica, evaporación, nubosidad, etc. son los que acusan las más estrechas relaciones con los cultivos. Además estos elementos del clima se registran por tiempos razonables y se encuentran listos para cuantificarlos y analizarlos y de esta manera establecer la distribución geográfica del elemento (Ruiz, 1985).

Fuentes (1989) considera que un cultivo adaptado y remunerador es aquel que en su ciclo encuentra condiciones favorables o tolerables de humedad, temperatura, duración del día, insolación etc.

La ciencia que se encarga de esta relación es la Agroclimatología, la cual en México como tal, es relativamente reciente. No obstante, los pueblos y civilizaciones antiguas, conocían las fluctuaciones que la naturaleza en su conjunto presentaba, tenían presente

esta dinámica para asegurar el sustento alimenticio de la población. México tuvo en sus antiguas civilizaciones, un claro ejemplo del amplio conocimiento de la naturaleza. Estos se redujeron a raíz de la conquista, pues los Españoles tenían diferentes concepciones de las relaciones medio ambiente - agricultura.

Fue a principios del siglo XIX con el Barón de Humboldt, que se realizaron investigaciones sobre la influencia de la temperatura y el desarrollo de las plantas, igualmente Reamur en 1735, observó dichas relaciones. En este mismo siglo aparece la traducción de la Enciclopedia Agrícola, bajo la dirección de G. Wery, donde se dedica un volumen a la Meteorología y a la Física Agrícola. En los Estados Unidos se conformaba una red de estaciones meteorológicas a la par con los estudios de Meteorología y Climatología aplicada a la agricultura. Otras obras importantes fueron las de Köppen 1900, Emmanuel de Martonne 1926 y Thornthwaite 1936 (Gómez, 1987).

Los meteoros responsables de la destrucción de cosechas, ya sea por sequías, heladas, inundaciones, ahora son ampliamente cuantificables bajo los Sistemas de Información Geográfica. Por lo tanto, no es posible que se expongan cosechas a dichos siniestros, si se sugiere cambiar los periodos de siembra, variedades resistentes u otras políticas agrícolas, previo estudio del comportamiento de dichos elementos y factores.

Es a partir de la Revolución Mexicana cuando se inicia una difusión masiva en torno a la Meteorología y Climatología con relación a la agricultura. Aparecen obras importantes que puntualizan dicha relación (Gómez *op. cit.*).

Es tal la importancia de esta relación que varias instituciones, entre ellas: Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Escuela de Agricultura "Antonio Narro", Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), Colegio de Postgraduados (CP) y Centros Experimentales Agrícolas dependientes de la SAGAR realizan investigaciones de zonificación climática, estudios a gran escala (1:1000 000 y 1:500 000) así como zonificaciones regionales.

Se considera que el clima en términos generales es más importante que el suelo, ya que ejerce mayor influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Particularmente

importantes son los efectos de la luz, la temperatura y la precipitación en la fisiología, morfología y distribución geográfica de las plantas (De Fina y Ravelo 1973). Por otro lado, (Barradas 1994) señala que es principalmente el clima el que forma los patrones lógicos de la estructura y función de un ecosistema.

Es pues, importante realizar estudios agroclimáticos que permitan conocer las relaciones de los cultivos con el clima; que entre otras cosas ayuden a evitar pérdidas de cosechas, adecuar los cultivos y sus variedades a zonas con climas óptimos; o bien, a realizar labores agrícolas de tal manera que no se arriesgue el cultivo a factores climáticos adversos.

Aguilar (1995) menciona que el desconocimiento de los fenómenos climáticos que ocurren en el medio rural ocasionan frecuentemente errores en la planeación agrícola ya que en tierras de temporal es muy difícil tener una idea precisa de cuando va a llover, granizar o helar. Sin embargo es posible tener una idea aproximada de la ocurrencia de los fenómenos meteorológicos, con base a la estadística de datos climáticos.

En varias partes del mundo se ha buscado la interacción del clima con el aspecto agrícola; algunos ejemplos son la división de distritos agroclimáticos hecha por De Fina (1950) con la cual se trataron de definir las unidades climáticas utilizadas en la planeación agrícola. La metodología de zonas agroecológicas propuestas por la FAO en 1978, cuyo procedimiento se basa en la estimación de rendimientos máximos potenciales expresados como la capacidad genética de los cultivos para producir biomasa y su adaptabilidad a las características ambientales de la región, mismas que se relacionan con intervalos de duración de periodos de crecimiento. Posteriormente y con base al análisis cuantitativo del clima y cualitativo del suelo estos rendimientos son ajustados para obtener los rendimientos reales agronómicos por clase de aptitud: muy apta (MA), apta (A), marginalmente apta (MA) y no apta (NA). Metodología propuesta para el pronóstico de cosechas utilizando diversas variables del clima (Frère y Popov, 1980).

Algunas investigaciones en México han adoptado metodologías para ser aplicadas en áreas principalmente de riego y es la falta de éstas en las zonas de temporal, lo que ha ocasionado que no se obtengan mejores producciones.

Entre las investigaciones de zonificación agrícola realizados para México a escala nacional, regional y estatal están las de Gómez (1981) en el estudio de distritos agroclimáticos según De Fina aplicado al estado de Aguascalientes, define a éstos como áreas suficientemente pequeñas que permiten afirmar que dentro de los mismos, las condiciones de clima son tan homogéneas como para asegurar que en todas las localidades pueden prosperar los mismos cultivos con probabilidad de éxito. El sistema de distritos es de gran utilidad pues permite a las dependencias del ramo con mayor seguridad recomendar el área de difusión que le corresponde a una nueva variedad de un cultivo, tipificar productores o cosechas, dictar normas de política agrícola. En síntesis sirve para planear la agricultura sobre una base climática firme.

Romo (1985) efectuó una zonificación del potencial agroclimático para la producción de cinco oleaginosas bajo temporal en la República Mexicana. Flores (1987) realizó el estudio del comportamiento de los elementos del clima en tiempo y espacio en el estado de Michoacán y García *et al.*, (1996) concluyeron una zonificación agroecológica de los principales cultivos de riego en el estado de Guanajuato.

Igualmente se han realizado investigaciones aún más particulares donde se ha concluido que conociendo los requerimientos climáticos de los cultivos (variedades de frijol, maíz, café y amaranto por ejemplo) y correlacionándolos con las condiciones climáticas predominantes de una zona pueden ser alternativas para desarrollar áreas de temporal (Romo, 1985; Reyna y Granados, 1987; Hernández, 1989; Amador, 1989; Álvarez, 1990; Pérez, 1990; Reyna, 1993 y Reyna *et al.*, 1997).

Por otro lado, existen estudios específicos encaminados a la búsqueda de especies vegetales que pudieran ser alternativas de cultivo en las áreas temporales, dentro de éstas se propone el amaranto (Taboada, 2000)

1.1.3 Investigaciones específicas para la zona en estudio

Por lo que respecta a la provincia Mesa Central de Guanajuato se encuentra ubicada dentro de la faja semiárida del país y representa un ejemplo de una región agrícola sujeta a todas las deficiencias y condiciones aleatorias de un temporal sumamente

variable. Son doce los municipios que la conforman, con una superficie de 1 220 000 hectáreas (35% respecto al estado).

En el área existían 419 708 hectáreas de tierras dedicadas a la agricultura de riego y 580 292 hectáreas de temporal (Terrones, 1989a).

La precipitación pluvial es de 300 a 400 mm anuales, con una distribución aleatoria. La temperatura media anual es de 16 °C, con una mínima de -5 °C y una máxima de 34 °C.

Existen problemas de heladas extraordinarias, tempranas y tardías que se presentan en las primeras y últimas fases del ciclo vegetativo de los cultivos de maíz, frijol, linaza, ajo, cebolla, chile, trigo, cebada, avena y mijo (ciclo primavera - verano).

Los dos cultivos principales en la región son el maíz y el frijol, ambos muestran una producción fluctuante debido principalmente a las variaciones de la temperatura y la precipitación. En ocasiones se han dejado grandes extensiones de tierra preparada sin sembrar, debido a los cambios paulatinos de los elementos del clima. En general, las condiciones climáticas del norte de Guanajuato son adversas para la producción agrícola de maíz y frijol especialmente para la que se realiza bajo temporal.

La situación crítica que presenta la agricultura de temporal y en especial la del norte de Guanajuato, ha dado lugar a que en la última década se dé mayor importancia a los trabajos de investigación encaminados a resolver los problemas que limitan la producción agrícola en las zonas temporaleras de esta entidad.

El Campo Agrícola Experimental del Norte de Guanajuato (CAENGUA), forma parte del Centro de Investigaciones Agrícolas de El Bajío (CIAB) dependientes de la ahora Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), realiza investigaciones agrícolas dirigidas fundamentalmente al mejoramiento de cultivos y técnicas para los productores agrícolas temporaleros de la región (CAENGUA, 1983).

El Campo Agrícola Auxiliar de San Juan del Río, Gro., igualmente realiza investigaciones dirigidas a este sector. Otros tipos de estudios están enfocados al análisis de elementos

y factores meteorológicos seleccionados con base en la disponibilidad e importancia para la agricultura.

Según CAENGUA, en 1980 se hicieron presentes condiciones críticas de sequía para la producción de cosecha, con lluvias menores de 200 mm y pérdidas de más del 80% en maíz y frijol. Estas adversidades inducen a redoblar esfuerzos que permitan lograr una eficiente tecnología de producción.

Por varios años la agricultura de temporal resultó ser riesgosa por las bajas producciones obtenidas en varios años (Aguilar, 1987).

Diversos investigadores han retomado dicha problemática y realizado estudios a nivel estado de diversos elementos del clima que afectan a la agricultura Villalpando (1988) y García (1988) este último, realizó una zonificación agroecológica de cultivos bajo riego.

También se ha investigado respecto a los riesgos climáticos como las heladas y granizo que atañen a la agricultura en Guanajuato (Terrones, 1989a). Otro aspecto de vital importancia en la planeación agrícola en el estado de Guanajuato son las horas frío (Aguilar, 1996).

Por otro lado (Terrones, 1990) realizó estudios referentes a la importancia de la distribución de la lluvia en las actividades económicas del estado de Guanajuato.

Estudios recientes (García, *et al.*, 1996) proponen diversas zonas potenciales para la producción de especies vegetales en el estado de Guanajuato y a escala mas específica, (García, *et al.*, 1999) realizaron estudio del potencial agrícola del distrito de desarrollo rural 004, Celaya, Guanajuato.

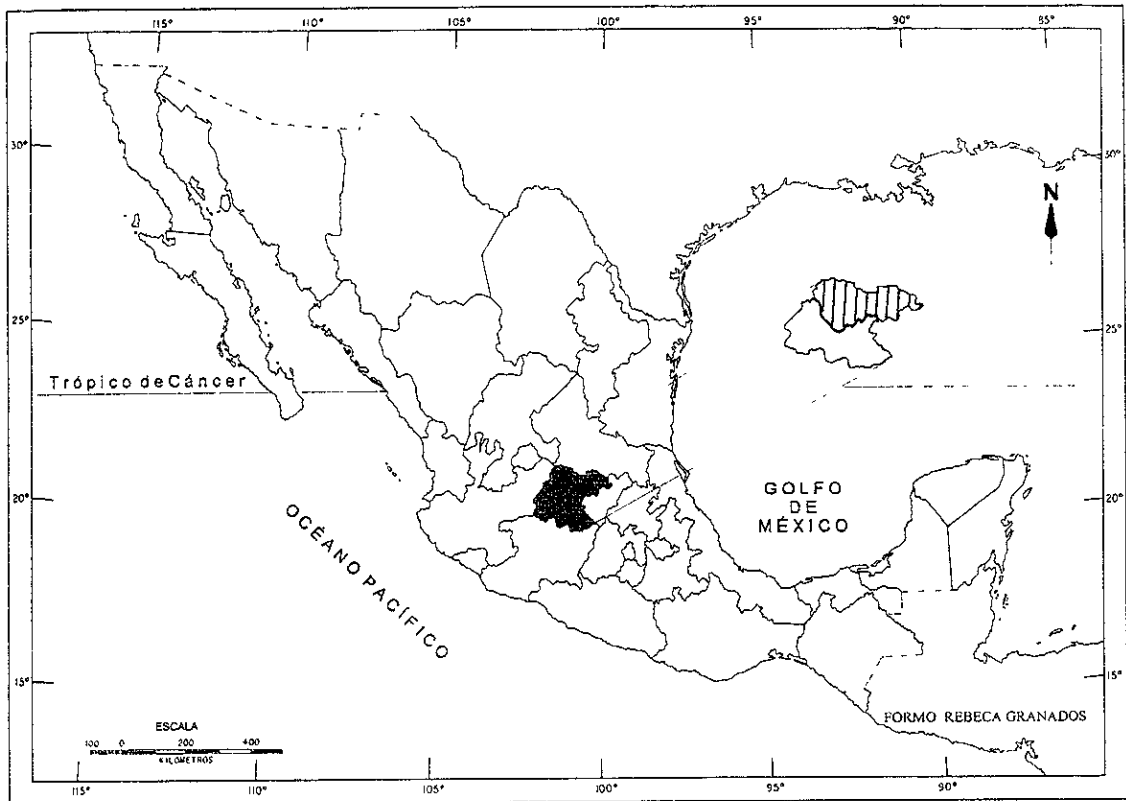
2.1 Situación geográfica, límites y extensión

El conocimiento de las características físicas, tales como: relieve, geología, suelo, clima y vegetación son de vital importancia, ya que en el espacio donde se conjugan, se imprime cierto potencial para desarrollar una serie de actividades económicas.

La agricultura es la actividad que se desarrolla de forma favorable o desfavorable según el conjunto de factores físicos presentes en un espacio. Por tal razón, es necesario conocer y analizar los elementos naturales presentes en la región fisiográfica Mesa Central de Guanajuato y en especial el clima, con el fin de conocer la influencia que guardan con la agricultura.

El estado de Guanajuato es una de las entidades localizadas en el centro de la República Mexicana, pero no es el centro geográfico de ésta, como en ocasiones se afirma. Sus coordenadas geográficas extremas son: $19^{\circ} 55' 08''$ y $21^{\circ} 52' 09''$ latitud norte, corresponde a los municipios de Ocampo y Acámbaro, el punto más septentrional y más meridional respectivamente. Las longitudes extremas dentro de la entidad se encuentran en los municipios de Atarjea y Pénjamo $99^{\circ} 39' 06''$ y $102^{\circ} 05' 07''$ de longitud oeste (Mapa 1).

Guanajuato colinda al norte con el estado de San Luis Potosí. Esta delimitación se extiende de poniente a oriente como sigue: partiendo del punto común con el estado de Jalisco hacia el oriente, mediante una línea convencional que atraviesa el parteaguas de la Sierra de San Pedro y desciende hacia el sureste para cambiar su rumbo hacia el norte, después hacia el sureste en donde sirve de límite natural el río Santa María o Bagres, con una longitud aproximada de cuatro kilómetros. La línea mencionada continúa con el mismo rumbo sobre la Sierra Gorda hasta el estado de Querétaro.



Mapa 1. Localización del estado de Guanajuato y de la zona en estudio

Al este, Guanajuato está limitado por el estado de Querétaro, en la siguiente forma: comienza con el río Blanco, continúa con el río Ayutla o Verde y con los dos afluentes del Bagres o Sta. María. El cauce de estos ríos se extiende entre las sinuosidades de la Sierra Gorda con rumbo suroeste, hasta llegar a Puerto de Carrozas. En el municipio de San José Iturbide, cambia de rumbo hacia el suroeste. En el municipio de Coroneo, sirven de límite con el estado de Michoacán los ríos de la Barranca, Hondo, El Tigre, Amealco y Coroneo.

Al sur, limita con Michoacán de oriente a poniente, como se describe a continuación: Empieza con una línea convencional que penetra en el Lago de Cuitzeo, luego en el municipio de Yuriria toma rumbo hacia el norte hasta hacer contacto con el río Lerma, en el municipio de Valle de Santiago y prosigue con rumbo hacia el poniente a lo largo de los municipios de Pueblo Nuevo, Huanímaro y Pénjamo y concluye frente a la ciudad de la Piedad de Cabañas en el estado de Michoacán.

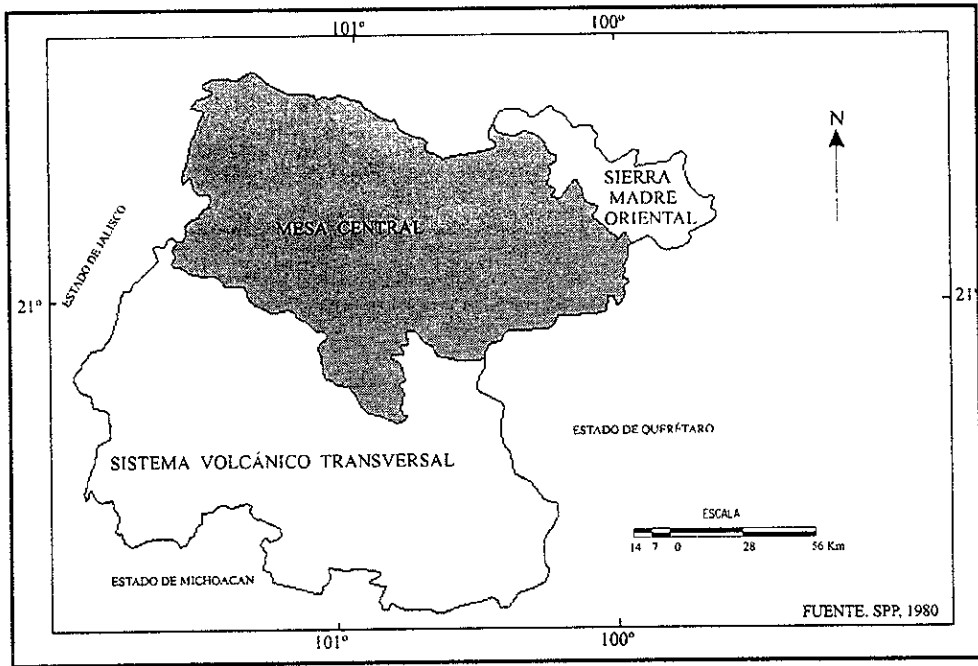
Al oeste colinda con el estado de Jalisco, de sur a norte, como sigue: Empieza con el río Ayo, El Grande o Huáscato, afluente del Lerma, continúa con una línea convencional por los municipios de Pénjamo y Manuel Doblado, en donde adopta una forma irregular. Hacia el ponente, la línea se prolonga por los municipios de San Francisco del Rincón y Purísima de Bustos, hasta internarse en León. Sigue adelante hacia el norte sirviendo de límite natural la Sierra de Ocampo, en el municipio de este nombre. Ahí sigue el cauce del río de Gachupines hasta llegar al punto de convergencia de los estados de Jalisco, San Luis Potosí y Guanajuato (Izaguirre, 1979).

La superficie estatal de Guanajuato es de 30 471 06 km², que corresponde a 3 047 106 ha. Ocupando el vigésimo segundo lugar entre las entidades del país. Se trata de un estado constituido por 46 municipios (SPP, 1980).

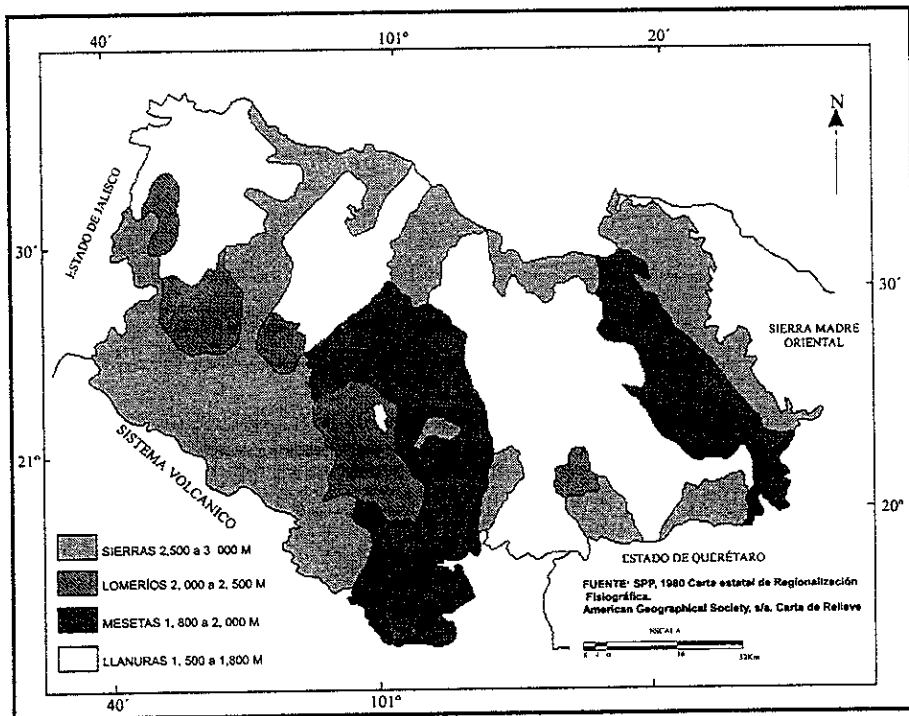
Por lo que respecta a las características geomorfológicas el estado de Guanajuato, se ubica entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental. Hacia el norte limita con la Mesa Central y el Sistema Volcánico Transversal se interna en la porción sur. Esta ubicación al interior del gran Altiplano Mexicano, determina las condiciones climáticas prevalecientes, aspecto analizado más adelante.

Por la situación antes mencionada, Guanajuato participa de tres provincias fisiográficas: al norte, la Mesa Central y una pequeña porción de la Sierra Madre Oriental y, aproximadamente en la zona media del estado y ocupando la porción sur se localiza el Sistema Volcánico Transversal (**Mapa 2**) (SPP, 1980).

Por tanto, el territorio guanajuatense posee diversos contrastes orográficos (sierras, mesetas y llanuras); se entremezclan cumbres de 2 650 m como el cerro El Milagro perteneciente a las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, la Sierra el Cubo y el cerro La Giganta localizados en la Sierra de Guanajuato con 2 850 y 2 960 m respectivamente. La Sierra los Agustinos (2 850 m) y el cerro las Siete Cruces (3 050 m), pertenecientes al Sistema Volcánico Transversal. Mesetas de 2 000 m como en Dolores Hidalgo y Victoria; llanuras planas de 1 800 m como el Llano de San Luis de la Paz y Ocampo, entre otros (**Mapa 3**) (SPP, 1980).

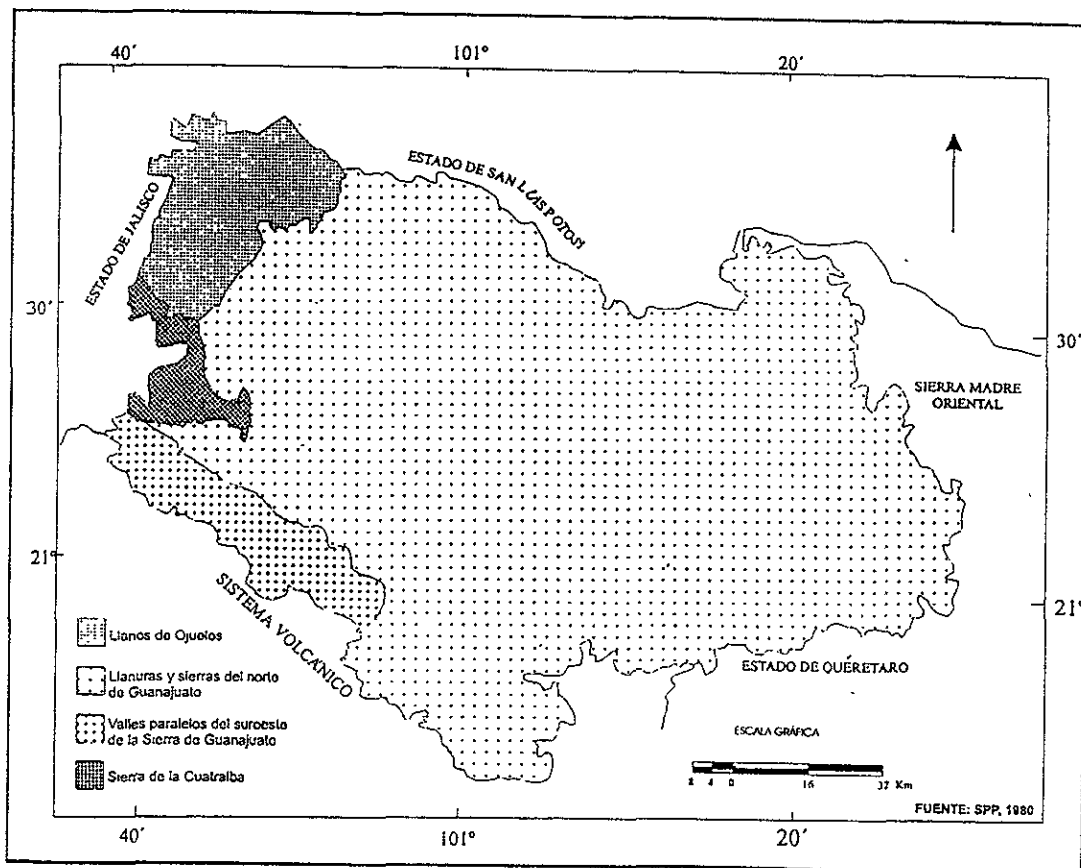


Mapa 2. Provincias fisiográficas del estado de Guanajuato



Mapa 3. Topoformas en la provincia Mesa Central

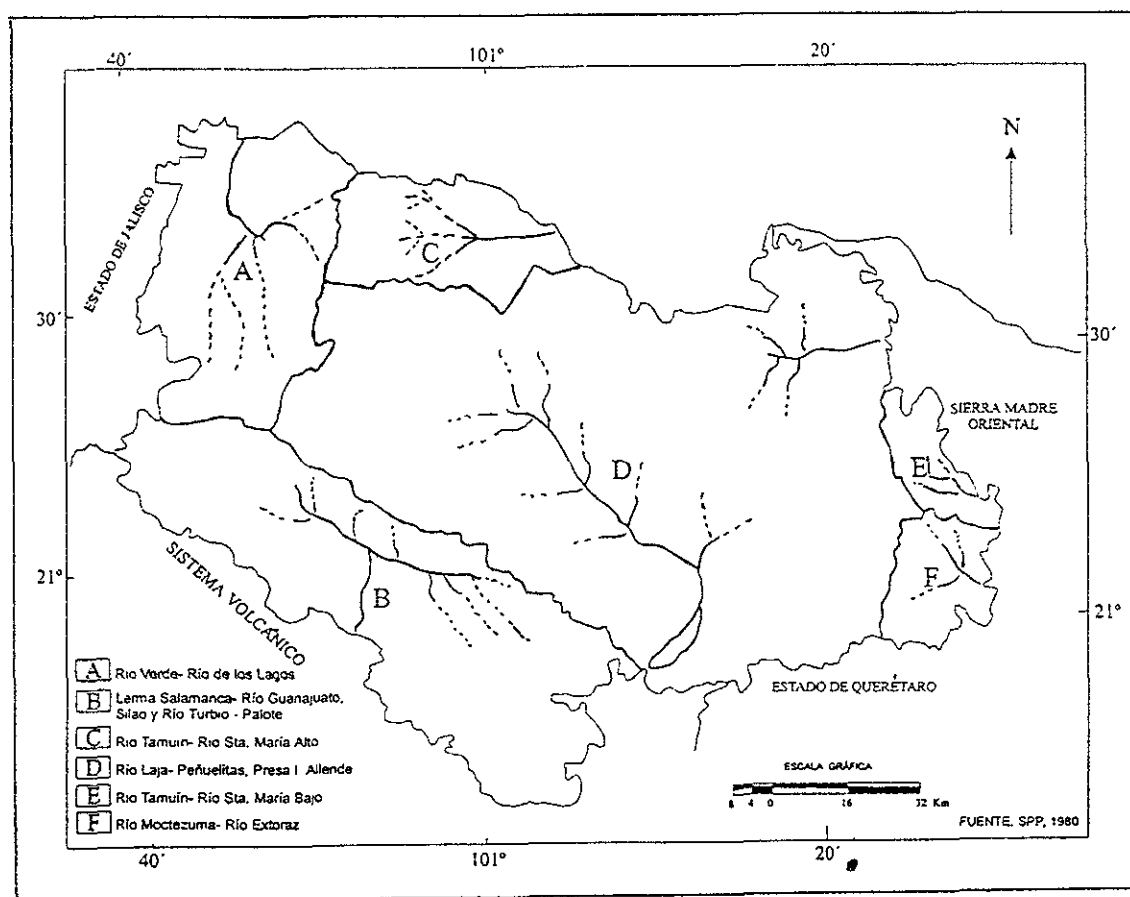
La provincia Mesa Central cubre parte de los estados de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Aguascalientes y la porción austral se extiende en el estado de Guanajuato. Esta porción en la entidad guanajuatense está situada entre los paralelos 20° 37' y 21° 50' latitud norte y los meridianos 99° 55' y 101° 43' longitud oeste, sus límites convencionales son al norte con los estados de Zacatecas y San Luis Potosí. El Sistema Volcánico Transversal, Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental se localizan al sur, oriente y poniente respectivamente. Se caracteriza por amplias llanuras interrumpidas por sierras dispersas en su mayoría de naturaleza volcánica. Cuenta con una superficie de 13 794.09 km², que incluyen los municipios de : Allende, Doctor Mora, Dolores Hidalgo, Guanajuato, Ocampo, San Diego de la Unión, San Felipe, San José Iturbide, San Luis de la Paz, Santa. Catarina, Tierra Blanca y Victoria (12 municipios). En esta misma región existen zonas que por características particulares forman diversas subprovincias: Llanos de Ojuelos, Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato y discontinuidades fisiográficas Sierra de la Cuatralba y los Valles Paralelos del Suroeste de la Sierra de Guanajuato (Mapa 4). Cada una presenta características topográficas, geológicas, edáficas y de vegetación muy particulares, como a continuación se hace referencia.



Mapa 4. Subprovincias de la Mesa Central

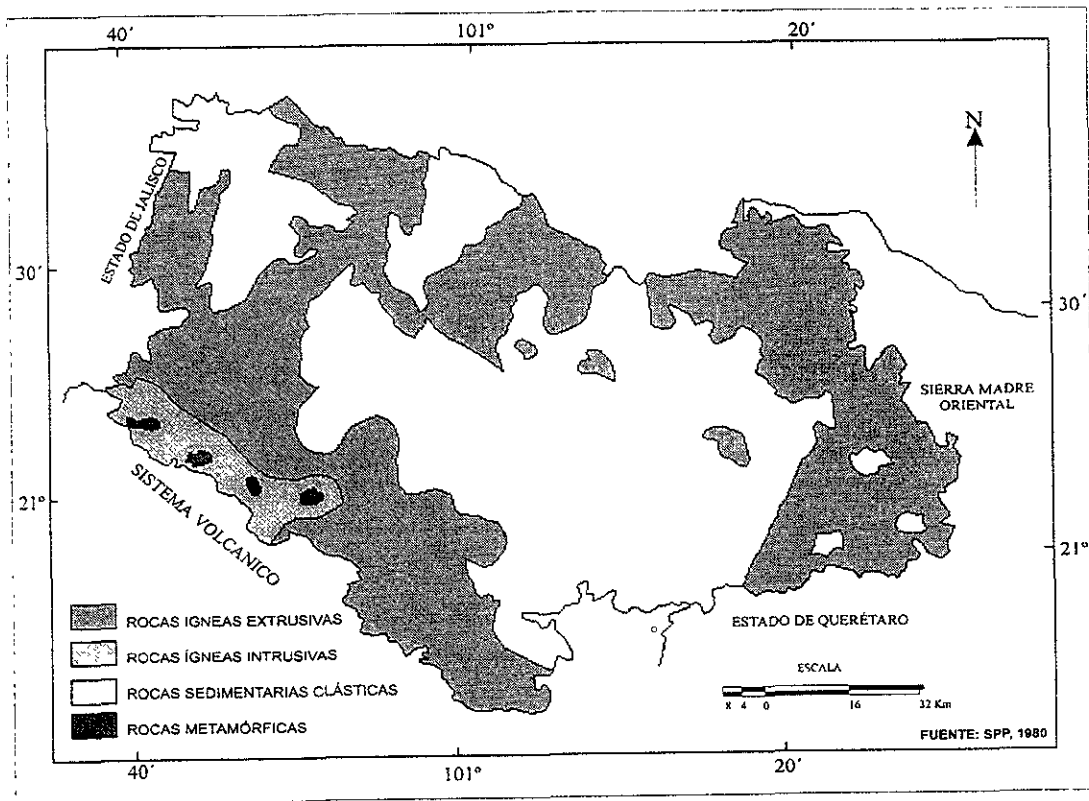
Estudios de regionalización han dividido a esta misma provincia en otras subprovincias dependiendo de las características físicas y agrícolas: Llanuras de Ocampo-San Felipe, Sierra y Meseta de Guanajuato, Meseta de Dolores Hidalgo, Mesetas y Llanuras de San José Iturbide-San Luis de la Paz y Sierra de Xichú-Atarjea (Aguilar, 1993).

Respecto a aguas superficiales, el estado de Guanajuato, queda comprendido en dos cuencas hidrológicas: Lerma Chapala-Santiago (Región No. 12), cubre la mayor parte del estado con 25 590 km² (83%) de la superficie estatal, cuya principal corriente es el río Lerma. La región alto río Pánuco (Región No. 26) ocupa un total de 4 872 km² (17%), al noroeste y noreste del estado (Mapa 5). La Mesa Central forma parte de las cuencas hidrológicas No. 12 río Lerma Chapala Santiago (cuencas: ríos Lajas, Verde y Lerma-Salamanca y subcuencas: Lajas Peñuelitas, Presa Ignacio Allende, ríos de Los Lagos, Verde, Guanajuato, Silao y Turbio-Palote); y cuenca hidrológica No. 26 Alto río Pánuco (cuenca: ríos Tamuin y Moctezuma. Subcuencas: ríos Santa María Alto, Santa María Bajo y Extoraz) (SPP, 1980).



Mapa 5. Cuencas y subcuencas en la provincia Mesa Central

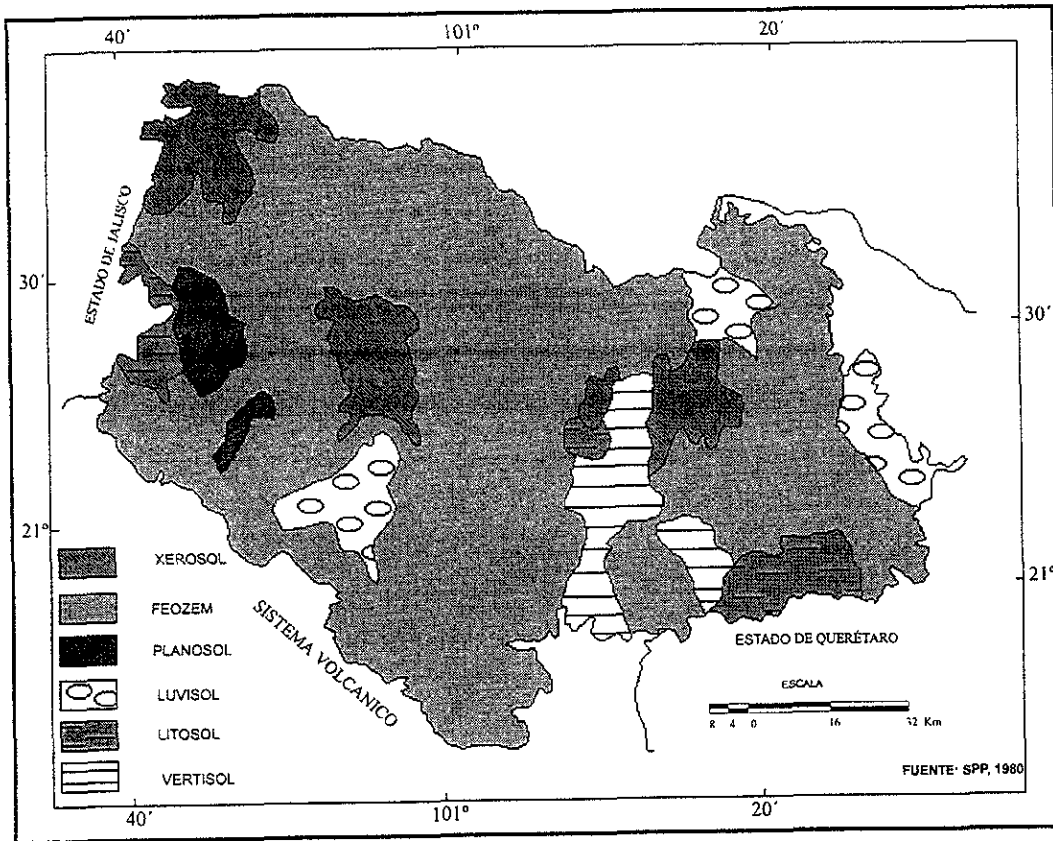
La subprovincia Llanos de Ojuelos se encuentra en el extremo noroeste de la provincia, correspondiendo a los municipios de Ocampo y San Felipe, con una extensión de 112 742.92 ha. Se caracteriza por poseer una amplia llanura de origen sedimentario la cual se ubica a una altitud promedio de 2 200 msnm, además de pequeños lomeríos y sierras en el extremo sur y occidente con una altitud de 2 870 y 2 580 m como la Sierra Santa Bárbara y Jacales. Las sierras y lomeríos se componen de rocas ígneas extrusivas del Terciario, las mesetas y llanuras presentan rocas sedimentarias clásticas y rocas cubiertas por suelo como se muestra a continuación.



Mapa 6. Geología en la provincia Mesa Central

Los suelos de los Llanos de Ojuelos son derivados de aluviones depositados por la acción del agua y el viento y se identifican como Xerosoles háplicos, que dominan en la parte noroeste de la llanura y Feozems háplicos, dominantes en la porción suroeste (**Mapa 7**). Ambos tipos de suelos, se encuentran limitados por una fase dúrica a menos de 50 cm de profundidad, son fértiles si se encuentran ubicados en terrenos planos, características que

propician su uso agrícola. En otras topoformas (lomeríos y sierras) dominan los Feozems háplicos asociados a Litosoles, estos son suelos poco profundos que se erosionan fácilmente (SPP,1980).



Mapa 7. Suelos en la provincia Mesa Central

En la superficie de la subprovincia se encuentra la cuenca del río Verde y la subcuenca del río Los Lagos que sirve de límite con el estado de Jalisco.

En los Llanos de Ojuelos se han identificado los siguientes tipos de vegetación: bosque de pino, bosque de encino, matorral crasicaule y pastizal natural. Estos dos últimos son los más frecuentes con algunos de los componentes siguientes: nopal hartón (*Opuntia sp*) nopal cardón (*Opuntia streptacantha*), cardenche (*Opuntia imbricata*), huizache y garbancillo ambos del género *Acacia*, entre otros. La vegetación de pastizal de condición natural, tiene una cobertura muy amplia en la región y está compuesta de pastos de los

géneros: *Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Aristida* (zacate tres barbas), *Lycurus* y *Buchloe*. La vegetación natural, presenta evidencias de pastoreo y sobrepastoreo de ganado ovino y bovino.

Por otro lado, la gran subprovincia Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato cubre los municipios de San Felipe, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo, Doctor Mora, Santa Catarina, San Miguel de Allende, San José Iturbide y Tierra Blanca, y partes importantes de Victoria, Guanajuato, Comonfort y Santa Cruz de Juventino Rosas, ocupa 11 549 km².

En esta subprovincia se presentan distintos sistemas fisiográficos como: sierras, mesetas, lomeríos, valles y llanuras en las que subyacen varios tipos de rocas volcánicas con altos contenidos de sílice, basaltos y rocas ígneas ácidas asociadas con aluviones antiguos.

Debido a los cambios sufridos en la litología a través del tiempo, en términos generales predominan las laderas, sierras que poseen cañadas radiales y distintos grados de disección, algunas otras sierras tienen núcleos escarpados y alargados. Cabe mencionar que en la porción central de la sierra de Guanajuato se encuentran las cumbres más elevadas del estado como es La Giganta con una altitud de 2 960 msnm. La altitud promedio de la sierra es de 2 870 msnm.

Esta porción del estado, pertenece a las cuencas hidrológicas: ríos Laja y Tamuín que ocupan 4 796.4 y 1 800 km² y drenan hacia el Pacífico y Golfo de México, respectivamente. En la cuenca del río Lajas se depositan aguas de las subcuencas río Lajas-Peñuelitas y aportaciones importantes de los ríos Lajas- Celaya, Apaseo y Presa Ignacio Allende. Respecto a la cuenca del río Tamuín, únicamente se depositan aguas de la subcuenca del río Santa María Alto.

La topografía de la subprovincia, la compleja litología que la constituye, además de las condiciones climáticas, determinan la presencia de varios suelos, entre los que dominan los Feozem que son de color pardo y textura media. Se presentan además otros, entre ellos: Litosoles caracterizados por tener menos de 10 cm de profundidad y Luvisoles,

Regosoles, Rendzinas, Planosoles, Vertisoles, Castanozems y Xerosoles. Los primeros localizados en todos los sistemas de topoformas excepto en las mesetas de erosión y en los valles. Los dos últimos se localizan en las llanuras de disección, todos los anteriores en poca extensión.

El amplio mosaico edáfico y las condiciones climáticas de la subprovincia redundan en un patrón diverso de tipos de vegetación como es el bosque de encino, matorral y pastizal. El bosque de encino se encuentra desde 1 850 hasta 2 870 msnm, representado por las especies: (*Quercus sp*), madroño (*Arbutus sp*), pino piñonero (*Pinus cembroides*), palma (*Yucca sp*) y aile (*Alnus sp*). En el estrato arbustivo se tiene: manzanita (*Arctostaphylos sp*), jara (*Dodonaea viscosa*), varilla (*Baccharis sp*) y madroño (*Arbutus sp*).

El matorral crasicale (nopalera) se encuentra mezclada con elementos arbustivos espinosos e inermes y el pastizal natural, cuyos elementos característicos fueron mencionados con anterioridad.

La subprovincia de la Sierra de la Cuatralba, es una pequeña zona que abarca parte de los municipios de Ocampo y San Felipe, y se caracteriza por ser una sierra boscosa que incluye algunas mesetas y ocupa el 0.85% de la superficie total de la entidad.

Este pequeño sistema de topoformas participa en una mínima proporción de las cuencas de los ríos Lerma-Salamanca, Lajas y Verde con las subcuencas de Los Lagos, Lajas, Peñuelitas y río Turbio-Presa Palote.

En el área se presentan rocas ígneas extrusivas del Terciario, en lo correspondiente a la sierra se presentan Litosoles y Planosoles mólicos y en las mesetas existe asociación de Xerosoles, Feozem háplicos y Litosoles.

Sobre este sustrato edáfico se desarrollan cuatro tipos de vegetación: bosque de pino, bosque de pino - encino, matorral crasicale y pastizal. La vegetación dominante en ese tipo de topoformas es el bosque de encino, el cual se localiza entre 2 450 y 2 860 msnm.

La última subprovincia dentro de la zona en estudio es la de Valles Paralelos del Suroeste de la Sierra de Guanajuato que se ubica sobre las laderas sur-occidentales de la Sierra de Guanajuato y abarca parte de los municipios de León y Guanajuato, caracterizada principalmente por la convexidad vertical de sus valles. La región cubre aproximadamente el 2.8% de la superficie del estado.

El suelo de esta pequeña región está formado por Feozems háplico y lúvico, así como por Litosoles y Regosoles.

Esta subdivisión participa en pequeña proporción de las siguientes cuencas: ríos Verde, Lerma-Salamanca y Laja con las subcuencas de los ríos: de Los Lagos, Turbio-Presa Palote, Guanajuato-Silao y Lajas-Peñuelitas.

Respecto al estrato de vegetación en la subprovincia se forma por matorral subtropical, bosque de encino, pastizal natural e inducido, chaparral y matorral crasicauale. La vegetación más extendida es el matorral subtropical localizado a altitudes de 2 000 a 2 700 msnm.

Respecto a las condiciones climáticas en la provincia Mesa Central son los climas semisecos los que ocupan la mayor extensión de las subprovincias Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato y Llanos de Ojuelos, dentro de éstos son los templados los que ocupan mayores áreas, continuando los semicálidos y por último los cálidos, debido a la orografía y condiciones muy locales hay variantes en cuanto a la oscilación, marcha de la temperatura y precipitación en invierno (**Cuadro IV y Mapa 8**)

Cuadro IV. Climas en la provincia Mesa Central

CLIMAS DEL GRUPO B

BS₁(h´)hw(e)gw´´

El menos seco de los semisecos, cálido, con temperatura anual superior a 22 °C, régimen de lluvia de verano, con canícula, oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C, marcha de temperatura tipo ganges.

LOCALIZACIÓN

Pequeña área localizada en la zona de transición de la Mesa y estribaciones de la Sierra Madre Oriental

BS₁hw(w)ig

El menos seco de los semisecos, semicálido con temperatura anual entre 18 y 22 °C, con régimen de lluvia de verano, la precipitación invernal es mínima, isotermal menos de 5° C, marcha de la temperatura tipo ganges

Pequeña porción al suroeste de la provincia, en áreas adyacentes a la estación Calderones.

BS₁hw(w)(i')g

El menos seco de los semisecos, semicálido con temperatura anual entre 18 y 22 °C, con régimen de lluvia de verano, con escasa lluvia invernal (menos del 5% de la anual), con poca oscilación, marcha de la temperatura tipo ganges

Pequeña porción en la parte central en las inmediaciones de la estación Dolores Hidalgo.

BS₁kw(e)gw"

El menos seco de los semisecos, templado, con verano cálido, temperatura anual entre 12 y 18 °C, con régimen de lluvia de verano, oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C, marcha de la temperatura tipo ganges, en la época lluviosa presencia de sequía intraestival

Amplia zona al oriente del área de estudio, abarca desde San Luis de la Paz hasta Villa Victoria y San Antonio de Martínez, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental. Hacia el oriente en las inmediaciones de la estación San Pedro de los Almoloya

BS₁kw(e)g

El menos seco de los semisecos, templado, con verano cálido, temperatura anual entre 12 y 18 °C con régimen de lluvia de verano, oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C, marcha de la temperatura tipo ganges

Pequeñas zonas en inmediaciones de las estaciones Villa Dr. Mora y Los Rodríguez y una amplia zona al occidente de la provincia desde la estación Ocampo hasta San Juan de los Llanos.

BS₁kw(w)(e)g

El menos seco de los semisecos, templado, con verano cálido, temperatura anual entre 12 y 18 °C con régimen de lluvia de verano, con escasa lluvia invernal (menos del 5% de la anual), oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C, marcha de la temperatura tipo ganges

Se extienden dos pequeñas áreas en la parte central de la provincia en las inmediaciones de las estaciones Río Laja, San José Iturbide y Peñuelitas

BS₁kw(w)(e)gw'

El menos seco de los semisecos, templado, con verano cálido, temperatura anual entre 12 y 18 °C con régimen de lluvia de verano, con escasa lluvia invernal (menos del 5% de la anual), oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C, marcha de la temperatura tipo ganges, en la época húmeda presencia de canícula

Pequeñas áreas en la zona central y sur en las cercanías de las estaciones Soledad Nueva y San Miguel de Allende

BS₁kw(e)w''

El menos seco de los semisecos, templado, con verano cálido, temperatura anual entre 12 y 18 °C con régimen de lluvia de verano, oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C, con sequía en verano

Pequeña zona ubicada al norte de la subprovincia en las inmediaciones de la comunidad Jaral de Berrio

CLIMAS DEL SUBGRUPO (A)C

(A)C(w₀)(w)(e)gw

El mas seco de los semicálidos, con temperatura media anual sobre 18 °C con lluvias en verano, presencia de canícula, oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C

Pequeña área localizada en las inmediaciones de la estación San Miguel de Allende

CLIMAS DEL GRUPO C

Cb(w₀)(w)(e)g

El mas seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C y marcha de la temperatura tipo ganges

Pequeña área localizada en las estribaciones de la Sierra de Guanajuato, en las inmediaciones de la estación San Felipe

Cb(w₀)(w)(e)gw''

El mas seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano, con canícula, oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C

Amplia zona que corresponde a la Sierra de Guanajuato

Cb(w₀)(e)g

El mas seco de los templados subhúmedos, oscilación de 7 y 14 °C y marcha de la temperatura tipo ganges.

Pequeña área localizada al sur en las inmediaciones de la estación Cinco Señores

Cb(w)(w)(e)gw''

El mas seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano, con canícula, oscilación de la temperatura entre 7 y 14 °C

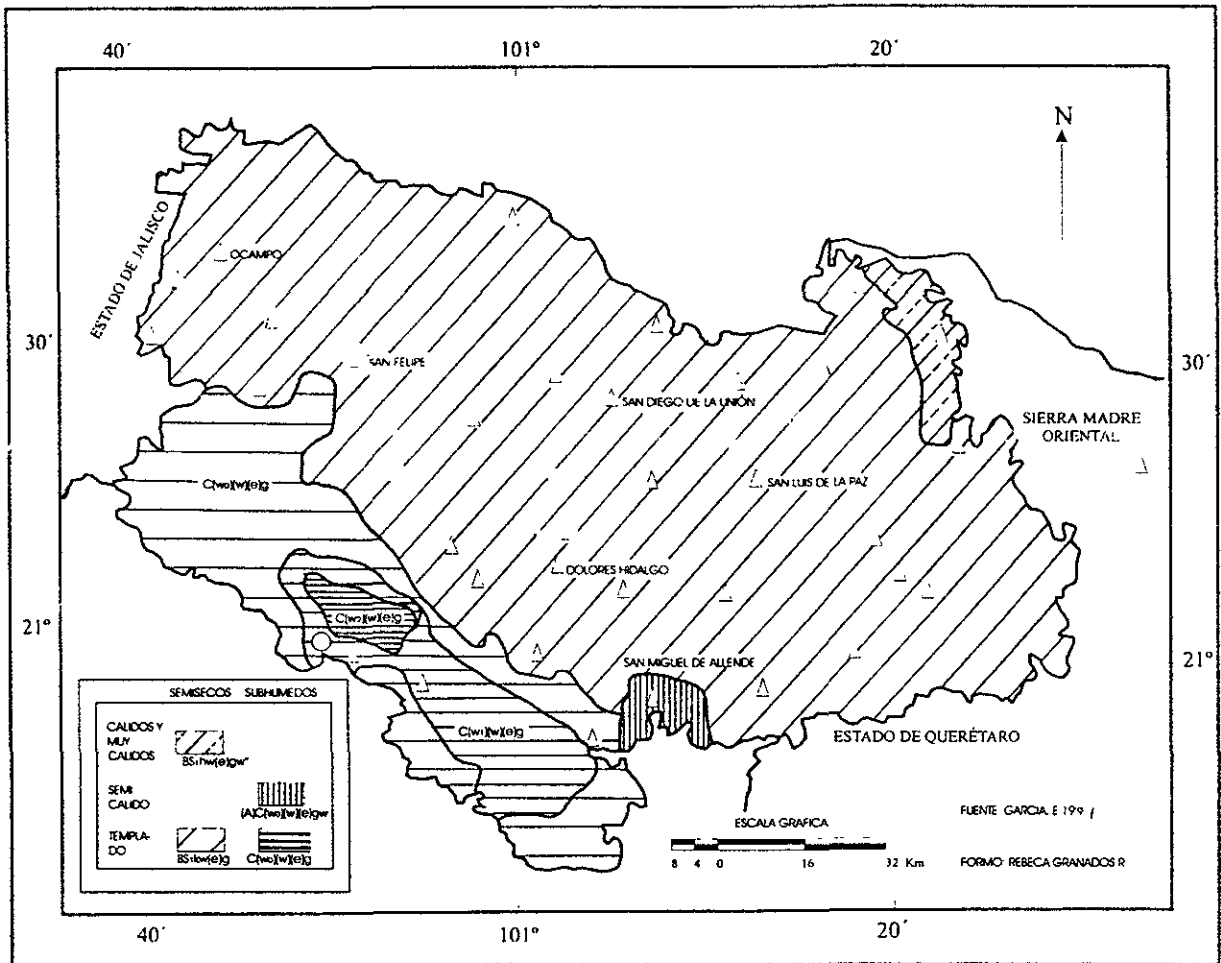
Amplia zona que corresponde a la Sierra de Guanajuato

Cb(w)(e)g

El mas seco de los templados subhúmedos, oscilación de 7 y 14 °C y marcha de la temperatura tipo ganges.

Pequeña área localizada al sur en las inmediaciones de la estación Cinco Señores

Fuente: García,1973; 1997



Mapa 8. Climas en la provincia Mesa Central

3.1 Agricultura

Las condiciones del terreno, la profundidad, naturaleza del suelo y disponibilidad de agua determinan el desarrollo de la actividad agrícola, existiendo por un lado áreas agrícolas uniformes y por otro, zonas con algunas limitaciones en la labranza por la presencia de topofomas con fuerte pendiente.

3.1.1 Agricultura de temporal

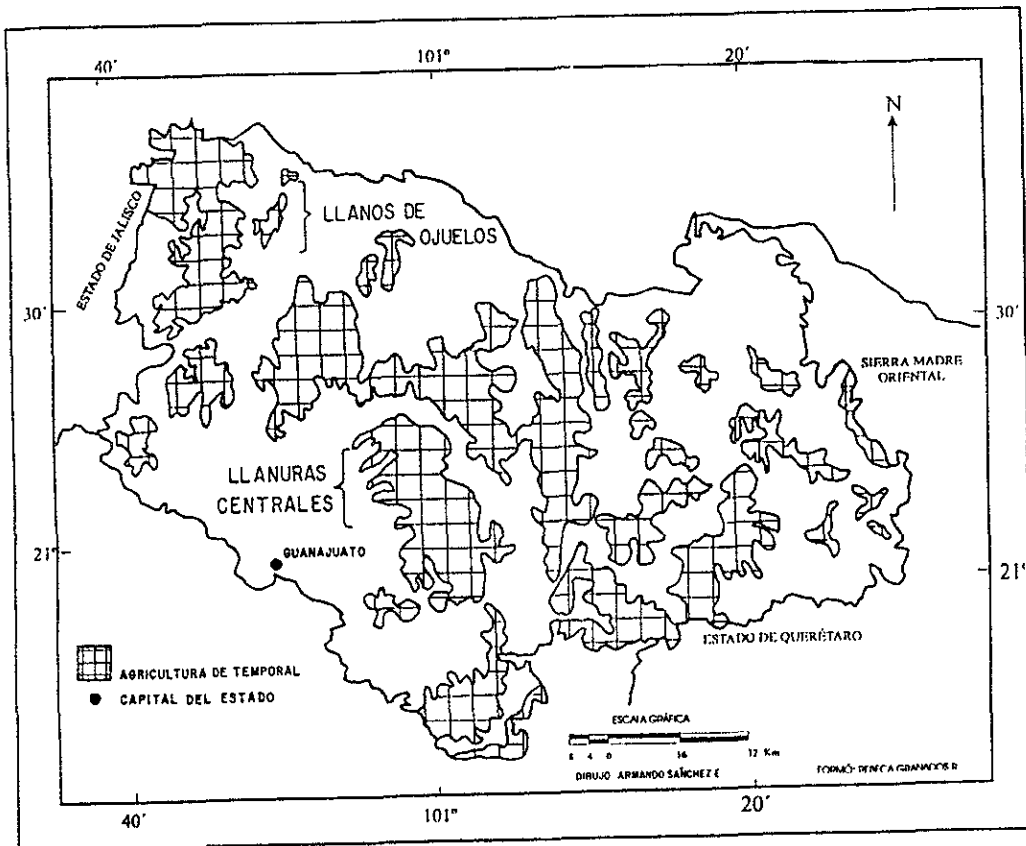
En la provincia fisiográfica Mesa Central de Guanajuato (subprovincia Llanos de Ojuelos, Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato, Valles Paralelos del Suroeste de la Sierra de Guanajuato y Sierra de la Cuatralba) las características topográficas permiten la realización de esta actividad en diferentes proporciones (**Mapa 8**).

Cuadro V. Distribución de la actividad agrícola

SUBPROVINCIA	DISTRIBUCIÓN	HECTÁREAS
	Agricultura de Riego	1 870.0
Llanos de Ojuelos	Agricultura de Temporal	70 712.0
	Vegetación Natural	39 811.0
Subtotal		112 395.0
Llanos y Sierras del	Agricultura de Riego	75 700.0
Norte	Agricultura de Temporal	326 170.0
de Guanajuato	Vegetación Natural	750 070.0
Subtotal		1 151 940.0
	Agricultura de Riego	-----
Sierra de la Cuatralba	Agricultura de Temporal	969.0

	Vegetación Natural	24 989.0
Subtotal		25 958.0
Valles Paralelos del	Agricultura de Riego	-----
Suroeste de la Sierra	Agricultura de Temporal	11 099.4
de Guanajuato	Vegetación Natural	75 016.7
Subtotal		86 116.1
TOTAL		1 376 409.1

Fuente: SPP. 1980



Mapa 9. Agricultura de temporal en la provincia Mesa Central

La agricultura de temporal ocupa una superficie mayor, respecto a la de riego, existe mayor extensión de la actividad temporalera en la subprovincia Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato, en general la actividad se ve restringida en el número de especies y rendimiento, dependiendo de lluvias eventuales y presencia de heladas tempranas. La tecnificación, empleo de maquinaria, semilla mejorada, fertilizantes y prácticas de sanidad vegetal es reducida (SPP,1980). En cultivos básicos, la tecnología usada es mínima, ya que tiene poca aceptación la generada por el Campo Agrícola Experimental del Norte de Guanajuato (CAENGUA). En cuanto a calidad y preparación del suelo, se suma a las experiencias empíricas, las técnicas propuestas en los paquetes tecnológicos. En cuanto a las semillas el CAENGUA recomienda germoplasmas híbridos y los productores la usan al igual que semillas criollas.

Las condiciones climáticas restringen la actividad a un ciclo anual, por tanto los cultivos que se siembran en el ciclo primavera-verano son: avena, cebada, chile, frijol, garbanzo, linaza, maíz y trigo, destacando el maíz y frijol, por ser los cultivos que ocupan la mayor superficie cultivada SAGAR (1997a).

Este tipo de agricultura se realiza en las llanuras, lomeríos y áreas muy pequeñas entre las montañas. Las condiciones del terreno en los lomeríos limitan tanto el desarrollo de los cultivos como la labranza, ya que son áreas con topografía irregular con pendientes de (8-20%) y suelos de profundidad menor de 35 cm que presentan pedregosidad. La agricultura de éstas áreas queda restringida al temporal y no es posible utilizar maquinaria debido a la pendiente, profundidad del suelo y a la obstrucción superficial (35-50%). Existen otras áreas que poseen la limitación de explotar sólo cultivos de raíces someras y capaces de proteger el escaso suelo de la erosión como maguey y nopal.

No existen posibilidades de uso agrícola en los sistemas de topoformas identificados genéricamente como sierra. Esto se debe a la pendiente, escasa profundidad del suelo y a la obstrucción superficial, provocada por la presencia de piedras y afloramientos rocosos.

Administrativamente, la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) divide a la provincia en dos Distritos de Desarrollo Rural: Distrito de Desarrollo Rural No 001 y 002 Dolores Hidalgo y San Luis de la Paz, respectivamente (Campo Agrícola Experimental, 1983). A nivel más particular y según conclusiones de investigaciones agrícolas regionales, existen las subprovincias: San Luis de la Paz y Dolores Hidalgo-Allende-Llanos de Ojuelos.

La región agrícola San Luis de la Paz ocupa la porción noreste de la provincia y comprende los municipios de Atarjea, Doctor Mora, San Luis de la Paz, Victoria, Santa Catarina, Tierra Blanca y Xichú; con una extensión de 5,626.95 km². Los dos últimos municipios físicamente pertenecen a la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental.

El centro rector de la economía regional y sede del Distrito de Desarrollo Rural No 002 es el municipio de San Luis de la Paz. En general el área más favorable para la producción agrícola de temporal se localiza en los municipios de San Luis de la Paz, San José Iturbide y Doctor Mora, donde existen suelos fértiles y relieve plano; sin embargo las limitantes de estos municipios y en general de toda la región son las bajas precipitaciones, altas evapotranspiraciones y mayor frecuencia de heladas.

Históricamente esta región en el Siglo XV fue habitada por Chichimecas con los pueblos Pames, Guamares y Gachichiles mismos que fueron perdiendo sus tierras ante la presencia de los Españoles. Más tarde el poblamiento de la región y particularmente del municipio de San Luis de la Paz fue rápido de 1540-1549, ya que era un punto importante en la ruta de las caravanas con destino a las minas de Zacatecas (Aguilar, 1993).

Al igual que en otras regiones del país, la ganadería, fue la principal actividad económica en el Siglo XVI y XVII. Sin embargo, ésta va sufriendo un retroceso y toma mayor importancia la agricultura. Dentro de esta actividad destaca la producción de maíz, tal cambio en el patrón de uso del suelo, se debió a la pacificación de la región y al aumento de población.

En general en los municipios correspondientes a esta región existe alta proporción de tierras de pequeña propiedad y bajo porcentaje en tierras ejidales. El sector ejidal cuenta con una superficie agrícola de temporal de 16 271 ha el 9% con respecto a la superficie total ejidal, que es de 181 707 ha distribuida en 60 ejidos: 12 en San Luis de la Paz, 3 en Doctor Mora, 3 en San José Iturbide, 2 en Tierra Blanca, 1 en Santa Catarina, 12 en Atarjea, 13 en Victoria y 14 en el municipio de Xichú.

La pequeña propiedad cuenta con una superficie agrícola de 35 471 ha que representa el 9.3 % respecto a la superficie total de pequeña propiedad que es de 380 989 ha, misma que representa el 67% de la superficie distrital y cuenta con un total de 20 524 predios.

Dentro de la producción agrícola la actividad de temporal es la de mayor extensión respecto a la de riego, ocupa el 67.5% con respecto a la total agrícola y destaca el cultivo de maíz.

El área de temporal en el distrito asciende a 51 742 hectáreas, que representan el 9.19% de la superficie total, distribuida como sigue:

Cuadro VI. Superficie agrícola de temporal

MUNICIPIO	SUPERFICIE HA	% CON RELACIÓN AL
		TOTAL
SAN LUIS DE LA PAZ	18 146	36.07
DOCTOR MORA	8 588	16.59
SAN JOSÉ ITIRBIDE	12 073	23.33
TIERRA BLANCA	1 378	23.33
SANTA CATARINA	915	1.76
ATARJEA	862	1.66
VICTORIA	5 142	9.93
XICHÚ	4 668	9.02
TOTAL	51 742	100.00

Fuente. DDR 002.

Las condiciones difíciles del medio físico, principalmente escasez de precipitación (400-600 mm anuales), da como resultado rendimientos bajos a excepción de las tierras de riego donde se produce maíz forrajero y ocasionalmente maíz para grano. A pesar de lo anterior las extensiones de tierras de labor dedicadas al maíz de temporal son importantes.

En 1960 los municipios: Victoria, Santa Catarina y Xichú, tenían más del 90% de su superficie cosechada de maíz respecto a la superficie cosechada total. En tanto San Luis de la Paz, Doctor Mora y Tierra Blanca le dedicaban del 70% - 90%. Así pues, en 1960 la región era netamente maicera, y el germoplasma era principalmente criollo.

En los setentas y principios de los ochentas las superficies sembradas con maíz se redujeron hasta un 50%, por un lado porque no todas las tierras de labor se sembraron, y por otro se substituyó el maíz por otros cultivos.

A pesar de la disminución de áreas sembradas el maíz, siguió siendo importante en la región y la mayoría del producto producido era para autoconsumo y la producción mínima para las harineras y alimentar el ganado de la región. Es a partir del ciclo agrícola primavera - verano de 1984 cuando el maíz alcanza porcentajes importantes respecto a la superficie total sembrada. De dicho ciclo hasta 1994 ocupó porcentajes mayores al 80%. En los ciclos 1996 y 1997 las superficies sembradas presentaron un descenso (Cuadro VII). Fueron el maíz y frijol los cultivos principales que ocuparon áreas importantes.

Respecto al destino de la producción el maíz en la región tiene tres fines: como grano para la alimentación humana, para las harineras y como forraje para establos lecheros. El maíz para autoconsumo se produce en toda la región, sus rendimientos son por debajo de 500 kg/ha, generalmente lo siembran asociado con frijol utilizando semillas criollas. El maíz para las harineras se produce utilizando mayor tecnología: uso de tractor, semilla criolla e híbridos, ocasionalmente se da un riego de auxilio, uso de fertilizantes e insecticidas para control de plagas. El grano forrajero se produce también con tecnología y la siembra, labores agrícolas y cosecha la realizan con tractor. La superficie de este tipo de maíz es reducida, ya que sólo es producido en los ranchos lecheros, para asegurar el alimento del ganado.

Cuadro VII. Estadística agrícola del Distrito de Desarrollo Rural 002

Ciclo: Primavera/Verano Año/Superficie ha.	Modalidad: Temporal															
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1996	1997			
Cultivo	32	0	0	0	55	67	222	218	65	0	0	232	136			
Avena	135	114	161	190	0	7	150	125	147	0	0	324	498			
Cebada	3 895	3 956	5 580	6 211	6 196	4 292	3 837	4 142	1 426	4 145	4 300	2 678	1 010			
Frijol	37 209	39 506	39 101	37 596	39 036	34 572	37 583	37 378	37 817	26 792	42 935	28 698	28 193			
Maiz	585	441	75	142	40	0	50	0	0	0	180	207	0			
Trigo	41 856	44 017	44 917	44 139	45 327	38 938	41 842	41 863	39 455	30 937	47 415	32 139	29 837			
Total																

Fuente: DDR 002

La región agrícola Dolores Hidalgo - Allende-Llanos de Ojuelos se localiza en la porción norte y noroeste del estado de Guanajuato y la componen los municipios: Dolores Hidalgo, Guanajuato, Ocampo, San Felipe, San Diego de la Unión y San Miguel de Allende. Cubren una extensión de 9 701 254 km², tiene como centro rector de la economía agrícola regional a los municipios de Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende.

La historia regional de este espacio fue dinámica, ya que en el siglo XV era ocupado por el pueblo Chichimeca con los grupos étnicos Guamares, Guachichiles y Zacatecos. El actual municipio de Guanajuato destacó en la Nueva España como un centro minero de gran importancia, y fue la principal atracción de los españoles para conquistar el territorio de los chichimecas.

Posteriormente al siglo XV y con el asentamiento de los españoles la ganadería fue importante. Más adelante en los siglos XVII y XVIII la agricultura fue tomando mayor importancia junto con el ganado mayor: equinos y bovinos. Durante estos siglos la propiedad privada fue relevante y pocas personas ocupaban gran cantidad de tierras a través de grandes haciendas y ranchos (Aguilar, 1993).

En el siglo XVIII San Miguel el Grande fue un centro manufacturero de prendas derivadas de cuero y lana de las especies animales. Tal crecimiento de la actividad económica influyó en la concentración de población y en la polarización de las relaciones sociales de producción, lo que dio como fruto la iniciación del movimiento de independencia.

Posterior a las diferencias entre conservadores y liberales durante el siglo XIX, así como la mayor concentración de tierras en pocas manos durante el porfiriato, ocurre la Revolución de 1910-1917. Durante el espacio de más de tres décadas no existieron grandes cambios. Es hasta la época cardenista (1935-1940), cuando se empiezan a distribuir las grandes haciendas del norte de Guanajuato. Sin embargo, al igual que en otros espacios, la contrareforma agraria, acaba con las esperanzas de los ejidatarios de poder realizar la explotación adecuada de los recursos naturales.

municipio se cosechaban 23 095; 20 884 y 19 803 ha respectivamente; esto los ubicaba en el 3º, 4º, y 5º lugar a nivel estatal, y evidenciaba la importancia que la región tenía en la producción de maíz.

Para 1960 el maíz continuó siendo importante, ya que los municipios contaban con más del 70% de la superficie cosechada total. Los municipios de Dolores Hidalgo y Guanajuato poseían más del 90%, por tanto, la región era netamente maicera. En 1970, todos los municipios contaban con menos del 40% de la superficie sembrada, lo que indica una relativa disminución de maíz en la región.

Comparando la superficie cosechada de maíz en 1960 con la cosechada en 1980, se observó que en la mayoría de los municipios disminuyó en más del 50%, a excepción del municipio de San Felipe, es decir que el maíz para 1980 redujo su importancia. En el ciclo primavera-verano 1996, el Distrito registró un total de 135 996 has sembradas, de éstas sólo 81 231 (59%) para maíz. Para 1997 en este mismo, la superficie sembrada aumentó a 147 744.5 ha y la superficie de maíz ocupó (40.2%). A nivel municipio las superficies de maíz también presentaron disminución. Según investigaciones al respecto (Aguilar, 1993) la población que se dedicaba a sembrar el maíz de temporal emigró al sur del estado de Guanajuato, Ciudad de México, Querétaro e inclusive rebasó las fronteras mexicanas.

Actualmente el destino del maíz que se produce en la región es para autoconsumo, en menor proporción para las harineras y mínimamente se produce grano para forraje. El maíz para autoconsumo, se siembra en toda la región en condiciones de humedad muy escasa. Las labores se hacen con tractor y/o tiro de animales, se usa fertilización y control de plagas en forma reducida, a diferencia del maíz destinado a las harineras y forrajes, que reciben mayores insumos.

3.1.2 Agricultura de riego

Las áreas que cuentan con riego, son sembradas tanto en el ciclo primavera - verano como en el otoño - invierno. Los cultivos representativos son avena, cebada, frijol, maíz y trigo. El agua se obtiene de bordos y pozos profundos y se emplea generalmente el

riego superficial por gravedad. Las prácticas de labranza se realizan con maquinaria y tracción animal, esto último no depende tanto de las condiciones del terreno como de la situación económica de los productores. La mayoría de los productores aplican fertilizantes, plaguicidas y abono verde o de animal. La mayor parte de los productos obtenidos se destinan principalmente al comercio regional y los rendimientos de las cosechas son en general altos. Estas se localizan en las tierras bajas, principalmente en las llanuras valles y mesetas.

La mayor superficie de riego se localiza en las Llanuras de Ocampo, este de San Miguel de Allende, suroeste de Doctor Mora, centro - oeste de San Luis de la Paz, noroeste de San Felipe y alrededores del municipio de Dolores Hidalgo.

3.2 Ganadería

En general toda el área en estudio presenta condiciones favorables para el desarrollo y práctica de la ganadería. Existen áreas como: praderas cultivadas, pastizales naturales, vegetación natural diferente a pastizal y áreas para pastoreo de ganado caprino.

La provincia en general, cuenta con características edáficas y climáticas para sustentar pastizales. Por lo anterior, existen amplias posibilidades para practicar la ganadería extensiva. El área de agostadero es de 329 749 ha que representan el 58% de la superficie total de la provincia.

La producción pecuaria puede dividirse en ganadería trashumante de hatos mixtos, ganadería de agostadero, ganadería estabulada, semiestabulada y ganadería solar de aves y cerdos.

La ganadería trashumante se compone de hatos mixtos (bovinos, ovinos y caprinos), los cuales se alimentan de vegetación natural de pastos, herbáceas y nopales. No existe ningún control genético ni sanitario. Esta ganadería tiene importancia familiar ya que son fuente de carne, o monetaria cuando se venden al mercado. En el caso de los ovinos se vende la lana dos veces al año y del caprino y bovino se aprovecha la leche.

En la ganadería de agostadero se produce principalmente ganado bovino, cuya alimentación es a través de pastoreo libre, no existe ningún control genético y la comercialización es destinada al mercado regional.

La ganadería estabulada tiene la finalidad de producir leche y se alimenta con alfalfa achicalada, maíz forrajero, alimento concentrado y rastrojo de maíz. Existe recolección de leche por medio de boteros directamente en los ranchos. La ganadería de traspatio es común en todas las localidades y se compone de aves y cerdos. Se alimentan de sobras de la casa. Cuando son de talla grande sirven como fuente de alimento. En los últimos cinco años la cría de aves a gran escala, se ha extendido con la presencia de criaderos de aves, mismos que abastecen el mercado regional y nacional.

Las razas de ganado que pueden explotarse además del criollo, son: Bovino de Carne: Brahman, Brangus, Santa Gertrudis, Angus y Hereford; Bovino de Leche: Holstein, Pardo Suizo y Jersey; Ovino: Merino, Rambouillet, Hampshire y Suffolk; Caprino: Nubia, Sannen y Toggenburg (SPP, 1980).

Es posible el pastoreo de ganado sobre la vegetación natural en los lomeríos, aunque existen limitaciones al respecto ocasionadas por la profundidad del suelo y la pendiente del terreno, ya que al introducirse el ganado a estas áreas se incrementa la erosión, por lo que la amplitud de su aprovechamiento es menor que en las llanuras.

En las sierras dominan pendientes mayores del 40% y abundan los afloramientos rocosos, no se pueden establecer praderas artificiales pero debido a lo azaroso del temporal y la imposibilidad de introducir riego en estas zonas, no sería fructífero el establecimiento de esta actividad. Además existen fuertes limitaciones para la movilidad del ganado debidas a la topografía y a la pedregosidad; sin embargo, es posible la actividad, aunque en menor grado que en los lomeríos y llanuras.

3.3 Explotación forestal

En la región Mesa Central de Guanajuato son prácticamente bajas las posibilidades de desarrollo forestal, debido al tipo de vegetación predominante en la zona, a excepción

del bosque de encinos (*Quercus spp*) y pino (*Pinus spp*) existentes en las Sierras de Jacales y Guanajuato, en donde las densidades por especie y diámetro por árbol son tan reducidas que sólo permiten una explotación doméstica y en casos excepcionales, la explotación a pequeña escala a nivel comercial. La explotación forestal se practica de manera clandestina aprovechando el bosque de pino y encino para la elaboración de tablas y vigas, así como en la elaboración de carbón. Esta explotación ha contribuido a la erosión de los suelos en las sierras antes citadas. Asimismo, en algunas áreas de las llanuras se realiza un uso forestal doméstico a baja escala. Existen bosques perturbados principalmente por la tala clandestina, incendios y apertura de vías de comunicación, en los municipios de Atarjea, Guanajuato, Victoria y Xichú.

4.1 Importancia de la temperatura en los cultivos

De la misma forma que el clima ayuda a que la vegetación llegue a su óptimo desarrollo, también establece límites para la producción agrícola. A pesar de que los cultivos están afectados, además por otros factores tales como suelo, relieve, etc., no pueden alcanzar una importancia real en un sistema agrícola a menos que estén bien adaptados a las condiciones del clima; es decir, la agricultura de temporal todavía sigue siendo dependiente de las condiciones climáticas prevalecientes en un lugar.

El hombre mediante ciertas prácticas, controla o altera el clima en pequeñas áreas, para favorecer el crecimiento de algunos cultivos, pero los métodos son costosos, por ejemplo: campos cubiertos con plásticos para reducir la pérdida de agua por evaporación, o para amortiguar las heladas, irrigación y barreras rompevientos (Bacsó, 1967).

Todos los cultivos tienen ciertos límites naturales climáticos fuera de los cuales no se desarrollan eficientemente. Las investigaciones de mejoramiento y obtención de variedades más resistentes al clima, están gradualmente extendiendo esos límites, tales como: trigo, cebada y maíz entre otros; no obstante, el clima sigue teniendo gran influencia en la agricultura de temporal.

Las plantas, como seres vivos, se pueden considerar como aparatos meteorológicos registradores que tienen la ventaja de ser sensibles, a varios elementos del clima: temperatura, lluvia, viento, iluminación, etc. (Fuentes, 1989).

El ciclo vegetativo, rendimientos cuantitativos y cualitativos de las plantas está vinculado con numerosos elementos climáticos, son la temperatura y la precipitación los que acusan las más estrechas relaciones.

La temperatura del aire es un elemento del clima necesario para la agricultura y consecuentemente, para la producción de alimentos; afecta los procesos fisiológicos de las plantas. Su comportamiento y evaluación es de suma importancia para la planeación de actividades agrícolas. Por tanto, es importante considerarlo como un factor ecológico que influye directamente en los procesos fisiológicos de las plantas

La fenología estudia los fenómenos periódicos de las plantas y sus relaciones con el clima y el tiempo atmosférico, fases como: aparición de las primeras hojas, floración, maduración de los frutos, etc., tienen fuerte relación con las condiciones prevaletientes de temperatura.

Cada planta presenta límites mínimos, óptimos y máximos de temperatura para cada fase de desarrollo. Algunas son susceptibles a las temperaturas altas en las primeras fases fenológicas aunque posteriormente pueden resistir el calor extremo. No todos los vegetales tienen las mismas temperaturas críticas o extremas, algunos suspenden funciones que no pueden ejercer bajo la acción de las bajas temperaturas, e incluso pierden los órganos encargados de cumplirlas (Wilsie, 1966).

Las altas temperaturas que sobrepasan los límites de tolerancia pueden producir escaldamientos o lesiones debido a la radiación intensa, la cual conduce al excesivo calentamiento de la planta. Las quemaduras pueden presentarse durante el invierno, en las partes de las plantas que están expuestas a fuertes oscilaciones; es decir, en los lados expuestos al sol. Las quemaduras de las plantas también suelen aparecer cuando existen noches heladas y días soleados, en el caso del maíz es afectada la mazorca (Bacsó, 1967).

Ciertas plantas mueren al ser expuestas a temperaturas bajas y no necesariamente debajo del punto de congelación. El frío reduce la circulación del agua hacia la raíz y ésta puede llegar aún a secarse. Con éstas características bastan dos o tres días para que se arruinen cosechas enteras (Bonner y Galston, 1961)

Por otro lado, las condiciones climáticas durante la noche ejercen una fuerte influencia en el desarrollo de los cultivos. La papa por ejemplo, almacena más carbohidratos

durante los periodos de noches frías, mientras que el maíz requiere de noches calurosas superiores a 14 °C, para su desarrollo óptimo (Flores, 1987).

Por lo anterior, es importante caracterizar el ambiente térmico en el que se desarrollan los cultivos, no sólo con el análisis de las temperaturas medias, sino también de las máximas, mínimas promedio, extremas, fototemperaturas, nictotemperaturas, unidades calor y otras, en la época de desarrollo de los cultivos.

4.1 1 Los indicadores agroclimáticos

Son las expresiones cuantitativas que establecen la relación entre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos con los elementos climáticos (temperatura, precipitación, humedad relativa, etc.) proporcionan tanto exigencias como relaciones de las plantas con elementos del clima.

Los indicadores agroclimáticos son diversos, algunos pueden proceder de un sólo elemento del clima como las horas frío, constante térmica, etc. derivados de la temperatura; sequía, porcentaje de lluvia invernal, precipitación total anual, etc. indicadores derivados de la precipitación. Existen también indicadores de evaluación compleja, las cuales combinan ambos elementos del clima: P/T, evapotranspiración y otros.

De acuerdo a la escala de aplicación los indicadores pueden ser regionales y locales. Los métodos para su determinación son con base en observaciones paralelas del crecimiento, desarrollo y cosecha de cultivos con las condiciones climáticas. Los valores de los diferentes indicadores tienen la característica de ser cartografiados y así poder conocer la distribución tanto en el espacio como en el tiempo y tener una herramienta útil para determinar la adaptación y probabilidad de éxito de especies vegetales.

4.2 Estaciones climáticas

4.2.1 Información climática

Para la realización de la presente investigación la información utilizada fue recabada en las siguientes instituciones: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Comisión Nacional del Agua (CNA), Campo Agrícola Experimental Norte de Guanajuato (CAENGUA) y Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Se obtuvieron datos de temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones diarias de 39 estaciones. El 25.7% de ellas tuvieron más de 30 años de operación, el 48.7% contó con un periodo de 15 a 30 años y el restante 25.6% fueron estaciones con menos de 15 años de servicio.

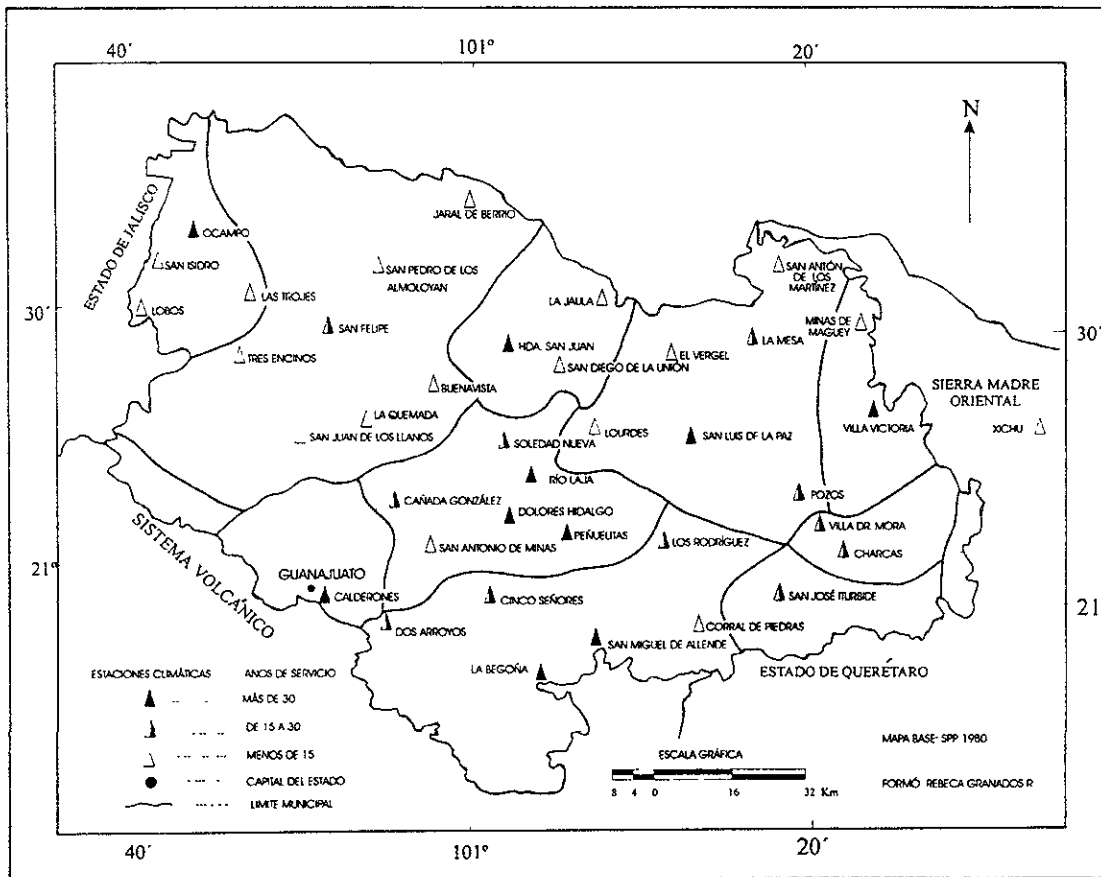
La provincia Mesa Central de Guanajuato está políticamente dividida en doce municipios los cuales poseen diversas estaciones en su territorio (**Mapa 10**).

Cuadro VIII. Estaciones climáticas y municipios correspondientes

No.	ESTACIÓN	MUNICIPIO
1	Buenavista	San Felipe
2	Calderones	Guanajuato
3	Cañada González	Dolores Hidalgo
4	Charcas	Doctor Mora
5	Cinco Señores	San Miguel de Allende
6	Corral de Piedras	San Miguel de Allende
7	Dolores Hidalgo	Dolores Hidalgo
8	Dos Arroyos	San Miguel de Allende
9	El Vergel	San Luis de la Paz
10	Hacienda San Juan	San Diego de la Unión
11	Jaral de Berrio	San Felipe
12	La Begoña	San Miguel de Allende
13	La Jaula	San Diego de la Unión
14	La Mesa	San Luis de la Paz
15	La Quemada	San Felipe
16	Las Trojes	Ocampo
17	Lobos	San Felipe
18	Los Rodríguez	San Miguel de Allende
19	Lourdes	San Luis de la Paz
20	Minas de Maguey	Victoria
21	Ocampo	Ocampo
22	Peñuelitas	Dolores Hidalgo

23	Pozos	San Luis de la Paz
24	Río Laja	Dolores Hidalgo
25	San Antón de los Martínez	San Luis de la Paz
26	San José Iturbide	San José Iturbide
27	San Antonio de Minas	Dolores Hidalgo
28	San Diego de la Unión	San Diego de la Unión
29	San Felipe	San Felipe
30	San Isidro	Ocampo
31	San Juan de los Llanos	San Felipe
32	San Luis de la Paz	San Luis de la Paz
33	San Miguel de Allende	San Miguel de Allende
34	San Pedro de los Almoloayan	San Felipe
35	Soledad Nueva	Dolores Hidalgo
36	Tres Encinos	San Felipe
37	Villa Doctor Mora	Doctor Mora
38	Villa Victoria	Victoria
39	Xichú	Xichú

Fuentes: SPP,1980.



Mapa 10. Estaciones climáticas en la provincia Mesa Central

Al noroeste, el municipio de San Felipe posee el mayor número de estaciones, al sureste y este San José Iturbide y Xichú tienen una sola y el municipio de Santa Catarina al sureste de la provincia carece de estaciones. Lo anterior, muestra que existe una distribución heterogénea de estaciones; sin embargo, para los análisis efectuados y dadas las condiciones topográficas de la zona, fueron de gran utilidad.

4.2.2 Análisis de la calidad de información

Este análisis involucró básicamente los siguientes aspectos: historia de la estación climatológica, longitud de la serie climática y pruebas de homogeneidad.

4.2.3 Historia de la estación climatológica

Esta etapa consistió en recabar información referente a la estación, tal como localización (latitud, longitud y altitud), nombre, población, municipio y fecha de inicio de los registros.

Cuadro IX. Estaciones climáticas en la provincia Mesa Central

no.	Estación	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud (msnm)	Periodo analizado	Autoridad
1	Buenavista	21° 23'	101° 03'	2 130	1976-1985	CNA
2	Calderones	21° 00'	101° 12'	1 900	1949-1995	CNA
3	Cañada González	21° 10'	101° 08'	2 210	1965-1995	CNA
4	Charcas	21° 08'	100° 20'	2 105	1949-1996	CNA
5	Cinco Señores	20° 58'	100° 55'	1 930	1962-1996	CNA
6	Corral de Piedras	20° 58'	100° 35'	2 271	1983-1984	CNA
7	Dolores Hidalgo	20° 09'	100° 59'	1 895	1961-1996	CNA
8	Dos Arroyos	20° 50'	101° 03'	2 200	1972-1990	CNA
9	El Vergel	21° 27'	101° 40'	2 022	1976-1988	CNA
10	Hacienda San Juan	21° 30'	100° 53'	2 110	1961-1992	CNA
11	Jaral de Berrio	21° 41'	101° 01'	1 845	1941-1991	CNA
12	La Begoña	20° 51'	101° 51'	1 850	1961-1996	CNA
13	La Jaula	21° 30'	100° 45'	2 080	1983-1985	CNA
14	La Mesa	21° 28'	100° 24'	2 300	1961-1991	CNA
15	La Quemada	21° 19'	101° 06'	1 753	1974-1991	CNA
16	Las Trojes	21° 35'	100° 22'	2 190	1977-1993	CNA
17	Lobos	21° 21'	101° 37'	2 510	1975-1990	CNA

					cont.....	Cuadro IX
18	Los Rodríguez	21° 02'	101° 42'	2 000	1962-1992	CNA
19	Lourdes	21° 18'	101° 42'	2 013	1949-1989	CNA
20	Minas de Maguey	21° 33'	100° 08'	1 000	1961-1988	CNA
21	Ocampo	21° 39'	101° 29'	2 250	1924-1976	CNA
22	Peñuelitas	21° 07'	100° 53'	1 850	1961-1994	CNA
23	Pozos	21° 13'	100° 30'	2 188	1949-1991	CNA
24	Río Laja	21° 12'	100° 55'	1 906	1941-1994	CNA
25	S. Antón de los M.	21° 05'	101° 02'	2 200	1961-1987	CNA
26	S. José Iturbide	21° 00'	100° 24'	2 075	1961-1996	CNA
27	San Antonio de Minas	21° 37'	100° 25'	1 890	1961-1992	CNA
28	San Diego de la Unión	21° 28'	100° 52'	2 080	1924-1973	CNA
29	San Felipe	21° 29'	101° 12'	2 090	1961-1990	CNA
30	San Isidro	21° 31'	101° 32'	2 125	1983-1986	CNA
31	San Juan de los Llanos	21° 17'	101° 19'	2 120	1924-1971	CNA
32	San Luis de la Paz	21° 18'	100° 31'	2 020	1924-1980	CNA
33	San Miguel de Allende	20° 55'	100° 45'	1 900	1923-1993	CNA
34	San Pedro de los A.	21° 36'	101° 14'	2 300	1961-1986	CNA
35	Soledad Nueva	21° 17'	100° 55'	1 995	1949-1989	CNA
36	Tres Encinos	21° 23'	101° 25'	2 380	1974-1989	CNA
37	Villa Doctor Mora	21° 12'	100° 13'	2 125	1953-1990	CNA
38	Villa Victoria	21° 12'	100° 13'	1 800	1949-1991	CNA
39	Xichú	21° 23'	100° 03'	1 370	1961-1996	CNA

Fuente: INIFAP, CNA y Mediciones Directas (GPS)

4.2.4 Longitud de los datos

Con objeto de clasificar las estaciones según el número de años de registros, se utilizó la información de la etapa anterior para diferenciarlas en series largas (mayores de 30), intermedias (de 15 a 30 años) y de periodo corto (menores de 15 años) (**Mapa 10**).

4.2.5 Prueba de homogeneidad

En la investigación se utilizaron 39 bases de datos, se realizaron pruebas estadísticas por estación, las cuales consistieron en ordenar los datos (temperatura máxima, mínima y precipitación) por, día, mes y año, para realizar gráficas de la serie histórica. Se superpusieron sobre cada gráfica los valores correspondientes a la media y mediana. Igualmente se obtuvo la desviación estándar. Con la información anterior se identificó la

tendencia que presentaron los valores y se detectaron aquellos que aumentaron considerablemente, lo que permitió validar la confiabilidad de las bases de datos.

4.3 Temperatura media anual

En la conformación fisiográfica del país, el territorio guanajuatense está ubicado en el interior del Altiplano Mexicano, lo que determina que la influencia marítima sea mínima. Durante el verano y el otoño los vientos alisios procedentes del Golfo de México se encuentran con la barrera montañosa de la Sierra Madre Oriental, de tal forma que en la porción de sotavento llegan menos húmedos, originando que en el centro del país, donde se encuentra el estado de Guanajuato, existan condiciones semisecas y secas. En invierno y ocasionalmente a principios de la primavera las masas de aire continental que provienen del norte llegan a nuestro país ocasionando bajas temperaturas en el norte y centro.

Con lo que respecta a la influencia del Pacífico, es menor y se limita a las regiones costeras y las áreas de barlovento de las Sierras Madre Occidental y del Sur, por lo que el efecto en el territorio guanajuatense es prácticamente reducido (Maderey, 1980).

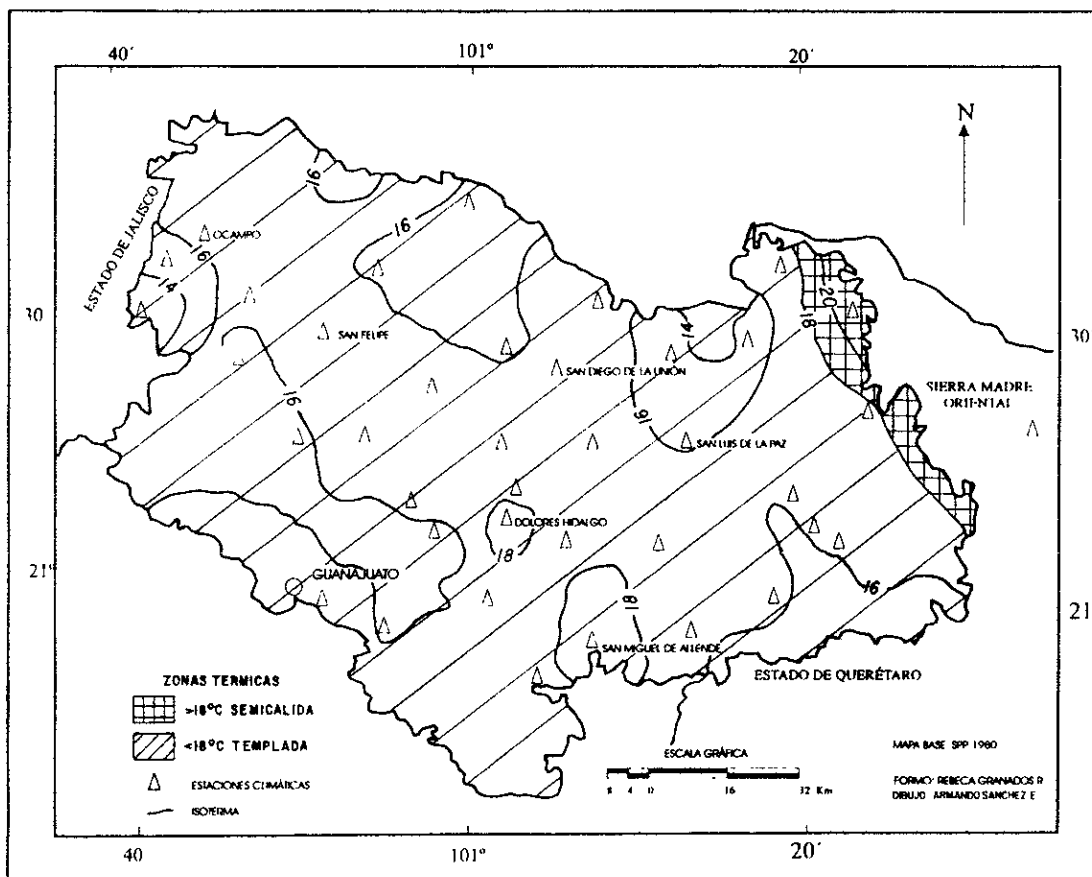
En resumen, dada la situación geográfica y la ubicación geomorfológica del territorio guanajuatense, las condiciones climáticas presentan características de un régimen continental. Las variaciones internas de los elementos del clima se explican en función de las variaciones orográficas del territorio, mismas que se detallan mas adelante.

La latitud en el área en estudio no es el principal factor de la distribución de la temperatura debido a que ésta se extiende a partir de los 20° 30' a 21° 52' latitud norte. La altitud es el factor que tiene mayor influencia ya que existen elevaciones que van de los 3 050 msnm en el Cerro las Siete Cruces hasta 1 000 msnm en las inmediaciones de la estación climatológica Minas de Maguey en el extremo poniente y oriente respectivamente. En general no existen elevaciones importantes en la porción central.

La temperatura media anual en la provincia Mesa Central es variable, en ella influye la altitud sobre todo en la porción oeste y noreste. Las estaciones Lobos y Minas de

Magüey a 2 510 y 1 000 msnm, registraron temperaturas medias anuales de 12.5 y 22.7 °C, obedeciendo a la tendencia general de que al aumentar la altitud disminuye la temperatura (Mapa 11).

En la provincia Mesa Central se diferenciaron dos zonas térmicas, la semicálida entre 18 y 22 °C, que ocupa una pequeña área al este de la zona en cuestión y la zona templada con temperaturas entre 12 y 18 °C que se ubica en la porción central, es la más extensa y homogénea con altitudes que van de 1 900 a 2 100 msnm.



Mapa 11. Temperatura media anual

Es importante resaltar que al centro y sur de la provincia Mesa Central, en lo correspondiente a las inmediaciones de las estaciones climatológicas: Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende con altitudes de 1 900 msnm, las temperaturas medias anuales en el periodo analizado fueron de 18.5 y 19.6 °C respectivamente. La temperatura no siguió el comportamiento antes señalado, ya que en general la línea de cota 1 900 msnm presentó una temperatura de 17 °C. Lo anterior es debido probablemente a la existencia de zonas habitacionales e importantes cuerpos de agua.

Las principales elevaciones: sierras El Cubo, Guanajuato, Jacales, cerros Gordo, Alto y Derrumbado, a altitudes mayores de 2 500 msnm presentaron temperaturas menores a 16 °C.

En cuanto a la distribución de las temperaturas medias en el tiempo, se observó que las más bajas se presentaron en enero. La menor se ubicó en la porción noroeste, estación Lobos con 9.5 °C y las mayores de esta serie en las estaciones: San Miguel de Allende y Xichú con 15.4 y 16.9 °C respectivamente. En general, la porción central presentó temperaturas menores a 13 °C (Cuadro X).

4.4 Temperatura media mensual de mayo a octubre

Debido a que existía gran semejanza entre los valores de este indicador en el periodo analizado, se procedió a realizar un test de significancia estadística (ANOVA) para comparar la varianza de cada mes y entre los meses. En mayo, junio y julio no existió diferencia significativa, mientras que en agosto, septiembre y octubre si existieron diferencias.

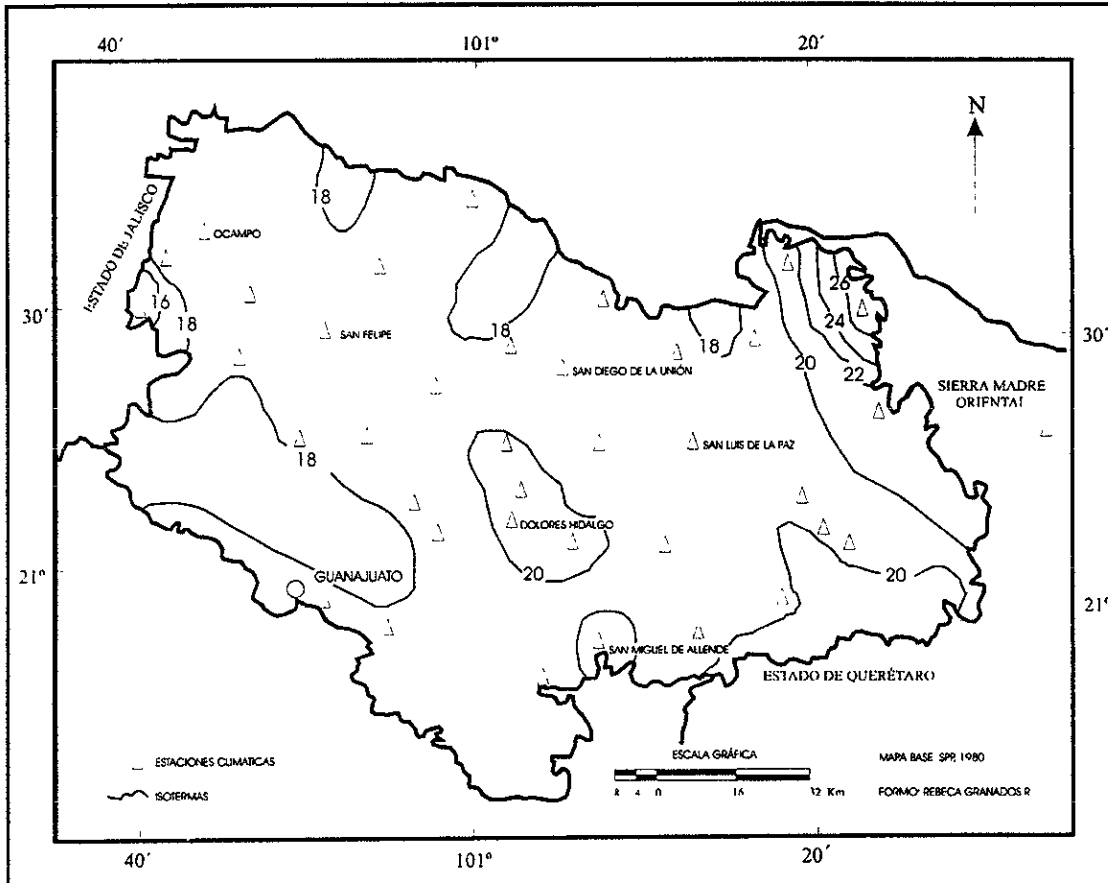
La distribución de este indicador en mayo, junio y julio se distribuyó de la siguiente manera. Las temperaturas mas elevadas se presentaron en las estaciones de Xichú y Minas de Maguey, en la porción noreste del área en estudio, correspondiente a las inmediaciones de la provincia Sierra Madre Oriental, las temperaturas fueron mayores a 26 °C, bordeando la línea de cota de 1 000 msnm. Hacia la discontinuidad fisiográfica Sierra de la Cuatralba al oeste, se localizó la isoterma de 16 °C, la estación Lobos reportó temperaturas inferiores a esta isolínea.

Cuadro X. Temperatura media mensual (°C) en la Mesa Central

N	ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	Buena Vista	13.1	14.3	16.9	19.4	20.6	19.5	18.4	18.4	17.9	17.1	15.3	14.0	17.1
2	Calderones	14.8	15.6	17.4	18.8	19.9	19.3	18.0	17.9	17.8	17.3	16.4	15.6	17.4
3	Cañada González	11.8	12.7	15.4	18.1	19.5	18.9	17.8	17.5	17.0	15.2	13.7	12.4	15.8
4	Charcas	12.9	14.2	17.0	19.5	20.8	20.0	18.8	18.7	17.9	16.7	15.0	13.6	17.1
5	Cinco Señores	12.8	14.1	17.3	19.9	21.5	20.8	19.3	19.2	18.7	16.7	15.0	13.4	17.4
6	Corral de Piedras	12.4	13.6	16.4	19.7	20.6	19.5	18.6	18.5	18.3	17.3	14.6	13.5	16.9
7	Dolores Hidalgo	14.5	16.0	18.4	20.3	21.6	21.4	20.3	20.4	19.4	18.1	16.4	14.8	18.5
8	Dos Arroyos	10.4	11.2	14.2	17.4	19.0	18.7	17.3	17.3	16.8	15.1	13.0	11.0	15.1
9	El Vergel	10.9	12.5	15.5	18.3	19.3	18.5	17.0	17.6	16.8	15.9	14.2	12.1	15.7
10	Hacienda San Juan	10.6	11.6	14.1	16.9	18.2	17.6	16.4	16.4	15.7	13.4	12.4	11.2	14.5
11	Jaral de Berrió	11.5	12.1	15.4	18.0	19.6	19.9	18.7	18.6	18.0	14.9	13.4	12.4	16.0
12	La Begoña	13.1	14.3	17.5	20.1	21.4	20.5	19.5	19.5	18.9	16.9	15.1	13.6	17.5
13	La Jaula	13.3	15.3	18.3	17.5	21.1	20.6	19.5	19.3	18.2	17.4	15.3	14.5	17.5
14	La Mesa	11.6	12.3	15.0	16.8	18.4	18.0	16.6	16.6	15.6	13.8	12.8	11.7	14.9
15	La Quemada	13.3	14.4	17.4	20.1	21.1	20.9	19.8	19.6	19.0	17.3	15.5	13.8	17.7
16	Las Trojes	11.0	12.4	14.7	17.6	19.9	19.7	18.4	18.2	17.2	15.6	13.7	11.9	15.9
17	Lobos	9.5	10.1	11.3	13.9	15.7	15.2	14.2	13.8	13.2	12.2	10.8	9.9	12.5
18	Los Rodríguez	12.6	13.6	16.6	18.8	20.4	19.6	18.5	18.2	17.6	16.0	14.4	13.0	16.6
19	Lourdes	12.3	13.2	15.9	18.7	20.2	19.3	18.1	18.0	17.6	15.6	13.8	12.6	16.3
20	Minas de Magüey	16.9	18.6	23.2	25.7	27.1	26.0	25.2	25.4	24.2	22.3	19.8	17.7	22.7
21	Ocampo	12.6	14.1	16.0	18.7	20.6	20.1	19.3	19.2	18.5	16.9	14.9	13.1	17.0
22	Peñuelitas	12.5	13.7	16.6	19.1	20.7	20.1	19.3	19.0	18.5	16.7	14.7	13.0	17.0
23	Pozos	12.5	13.4	16.3	18.8	20.0	19.1	17.9	18.1	17.4	15.8	14.6	13.1	16.4
24	Río Laja	13.4	14.9	17.3	19.4	20.7	20.4	19.8	19.9	19.1	17.1	15.6	13.6	17.6
25	S. Antón de los M.	13.7	14.3	17.6	19.9	20.8	20.2	19.5	19.7	18.6	17.1	16.0	14.5	17.7
26	S. José Iturbide	13.2	14.2	17.2	19.7	20.9	19.3	18.2	18.3	17.7	16.2	15.0	13.7	17.0
27	San Antonio de M.	12.7	13.4	16.0	17.5	18.8	17.5	16.3	16.4	15.9	15.0	14.2	12.8	15.5
28	San Diego de la U	12.8	14.5	16.8	18.8	20.1	20.0	19.5	19.5	18.6	17.2	15.3	13.6	17.2
29	San Felipe	11.7	13.0	16.1	18.2	19.8	19.0	17.8	18.1	17.3	15.8	13.9	12.5	16.1
30	San Isidro	10.9	12.2	14.7	17.6	19.3	19.3	18.2	18.3	17.8	16.1	13.4	11.2	15.8
31	San Juan de los Li.	11.5	12.4	15.0	17.0	19.0	18.0	17.1	16.8	16.1	14.6	13.3	12.3	15.3
32	San Luis de la Paz	11.0	11.9	14.4	16.4	18.1	18.0	17.6	17.5	16.6	14.8	12.4	11.2	15.0

N	ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
33	San Miguel de A.	15.4	17.5	20.0	21.8	22.6	22.0	21.3	21.2	20.6	19.3	17.2	15.8	19.6
34	San Pedro de los A	11.5	12.9	15.4	16.7	16.3	18.0	16.7	16.7	16.0	15.1	13.6	12.0	15.1
35	Soledad Nueva	13.1	14.3	17.2	19.6	20.9	20.4	19.4	19.3	18.7	17.0	15.1	14.0	17.4
36	Tres Encinos	10.1	11.6	14.0	16.5	18.4	17.9	16.8	16.6	15.9	14.0	12.6	11.4	14.7
37	Villa Doctor Mora	12.9	14.1	17.0	19.5	20.9	20.0	18.7	18.7	18.0	16.9	14.9	13.5	17.1
38	Villa Victoria	12.4	13.9	17.1	19.3	20.3	19.5	18.4	18.5	17.6	16.1	14.2	12.6	16.7
39	Xichú	16.9	18.2	21.8	23.9	25.1	24.5	23.1	23.5	22.9	21.1	19.4	17.3	21.5

En general en la Mesa Central de Guanajuato, específicamente en las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato se presentaron temperaturas de 18 a 20 °C. La porción centro, en las estaciones Soledad Nueva, río Laja, Dolores Hidalgo y Peñuelitas se registraron temperaturas superiores a 20 °C. La estación San Miguel de Allende, reportó temperaturas mayores a 22 °C.

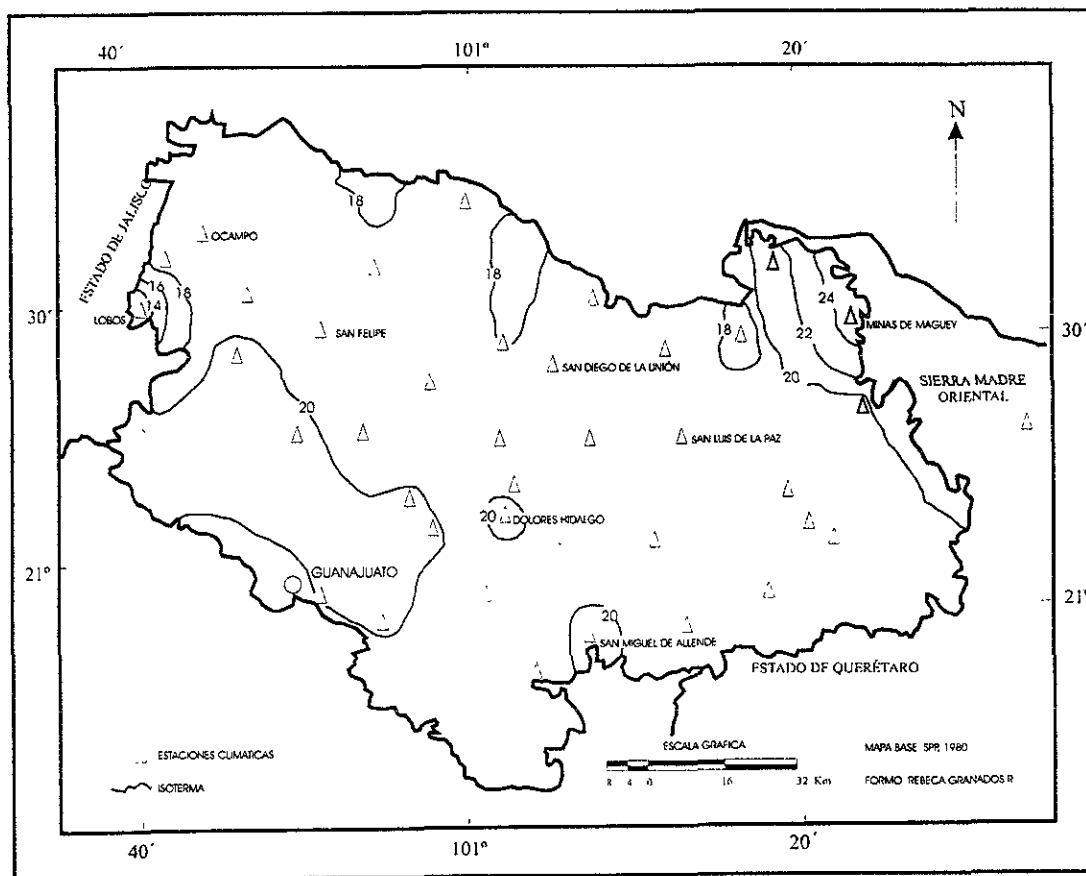


Mapa 12. Temperatura media en mayo, junio y julio

Agosto. El análisis de la distribución de la temperatura media resultó interesante. Al comparar los valores por estación existió aumento. Lo anterior debido a que agosto se caracteriza por presenta disminución o ausencia de precipitación, dando como resultado que las temperaturas aumenten ligeramente (Reyna, 1970).

En la porción oeste no ocurrió lo anterior, la estación Lobos presentó temperatura media menor a 14 °C. En general las isotermas se distribuyeron de 16 °C, (se localizó

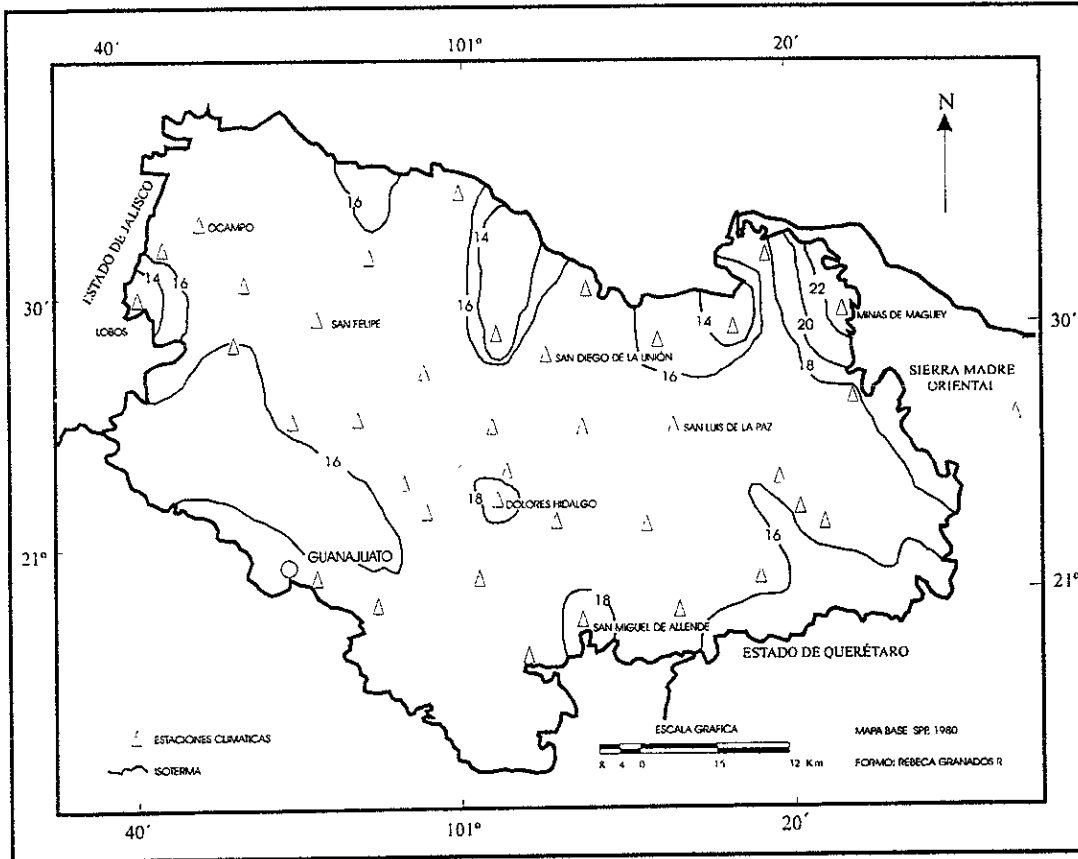
bordeando la línea de cota de 2 500 msnm) hacia la porción centro, sur y oriente hasta la isoterma de 20 °C (**Mapa 13**). Las estaciones Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende presentaron temperaturas mayores a 20 °C. La línea de cota de 1 000 msnm marcó un aumentó de temperatura como lo indicó la estación Minas de Maguey con temperaturas mayores a 24 °C



Mapa 13. Temperatura media en agosto

Septiembre. Las temperaturas disminuyeron en todas las estaciones. Las isolíneas fluctuaron de 14 a 24 °C de oeste a este. La mayor parte de las subprovincia Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato presentaron temperaturas medias de 18 a 20 °C.

La menor temperatura se registró en la estación Lobos con 12.2 °C, la cual se ubicó en las laderas de la Sierra de Jacales. El resto de las zonas montañosas presentaron temperaturas medias menores a 14 °C. La temperatura más alta se registró en Minas de Maguey con 22.3 °C. Las estaciones ubicadas en las poblaciones Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende registraron temperaturas medias de 18.1 y 19.3 °C respectivamente.



Mapa 15. Temperatura media en octubre

4.5 Temperatura máxima y mínima promedio

Las variaciones de las temperaturas máximas y mínimas dependen en general de la estación del año, altitud, nubosidad, naturaleza del terreno, condiciones topográficas, vegetación y cercanía a cuerpos de agua. En días despejados la

temperaturas máximas se alcanzan entre las 14 y 16 horas y las temperaturas mínimas justo al salir el sol.

4.5.1 Temperatura máxima promedio de mayo a octubre

Al igual que en el indicador anterior, se procedió a realizar un test de significancia estadística. En mayo y junio hubo diferencia significativa, mientras que en julio y agosto no existió diferencia significativa y nuevamente en septiembre y octubre hubo diferencias.

Con la información de temperaturas máximas promedio, se procedió a trazar las isolíneas, mismas que fueron útiles ya que, mas adelante se relacionaron con las temperaturas umbrales de los cultivos.

Mayo. Los valores más altos de temperaturas máximas promedio del periodo estudiado se presentaron en este mes, decreciendo en los subsecuentes (**Cuadro XI**). El valor máximo de esta serie se registró en Minas de Maguey con 34.8 °C, estación localizada en las cercanías de la Sierra Madre Oriental, mientras que el más bajo se localizó en la estación Lobos, 23.6 °C, ubicada en la Sierra de Jacales a 2 510 msnm.

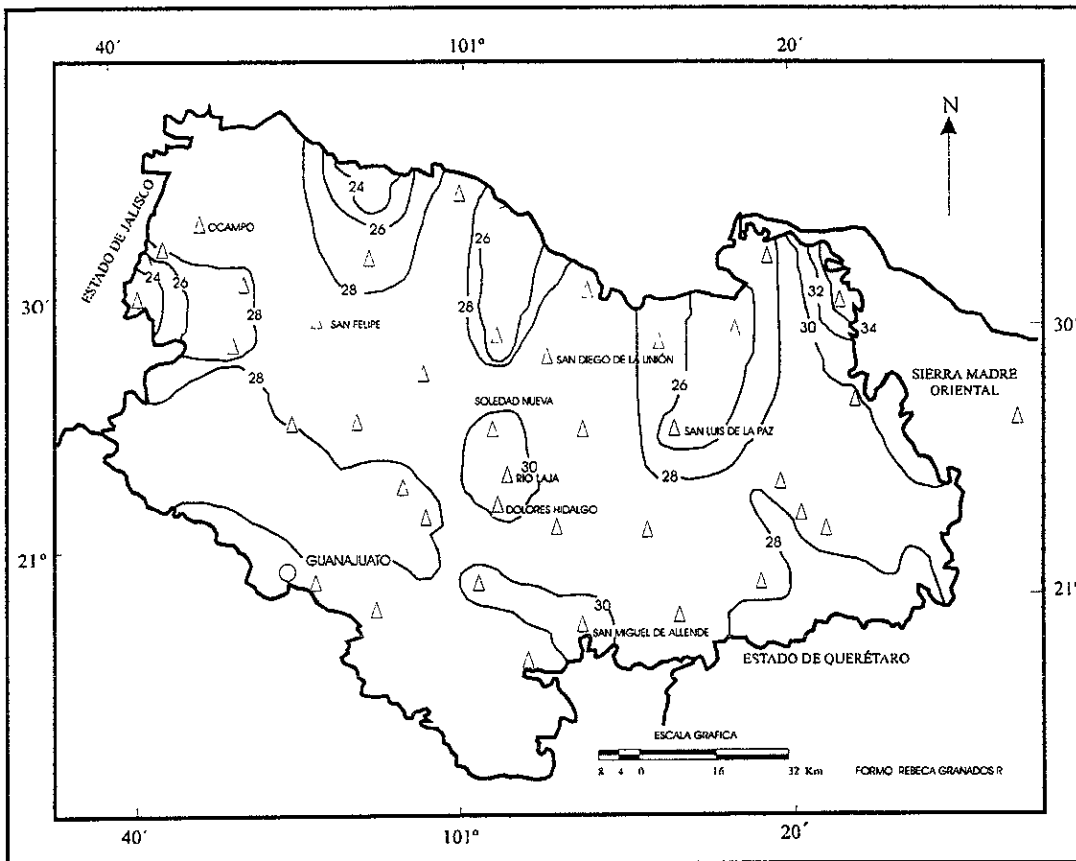
Cuadro XI. Temperatura máxima promedio mensual (°C) en la Mesa central

N	ESTACION	MAYO	JUNIO	JUL IO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1	Buenavista	28.5	25.8	24.2	24.5	23.8	23.8
2	Calderones	28.3	26.9	24.6	24.5	24.5	24.4
3	Cañada González	27.9	25.5	23.3	23.0	22.6	22.2
4	Charcas	29.5	27.3	25.3	25.1	24.0	23.7
5	Cinco Señores	30.4	27.7	25.5	25.3	24.9	24.4
6	Corral de Piedras	29.1	26.7	24.9	25.7	25.2	24.9
7	Dolores Hidalgo	31.1	29.4	27.5	27.7	26.6	26.3
8	Dos Arroyos	26.9	25.3	22.8	22.9	22.6	21.8
9	El Vergel	27.8	24.9	22.5	23.9	22.4	22.9
10	Hacienda San Juan	25.7	23.4	21.3	21.2	20.2	18.5
11	Jaral de Berrio	27.9	27.2	24.7	24.9	24.0	21.4
12	La Begoña	29.4	27.1	25.6	25.8	25.0	24.1
13	La Jaula	30.2	28.9	26.1	26.3	25.1	25.0
14	La Mesa	25.4	24.1	22.0	21.9	20.5	19.2
15	La Quemada	30.1	28.1	26.1	26.4	25.8	25.2
16	Las Trojes	28.7	27.2	24.8	24.5	23.3	23.0
17	Lobos	23.6	22.1	20.3	19.9	19.2	18.5

18	Los Rodríguez	29.4	27.3	25.4	25.4	24.6	24.2
19	Lourdes	29.9	26.9	24.9	24.9	24.4	23.6
20	Minas de Maguey	34.8	32.8	30.7	31.1	29.7	28.3
21	Ocampo	29.8	28.4	27.0	27.1	26.2	25.0
22	Peñuelitas	29.8	27.6	25.9	25.9	25.3	24.9
23	Pozos	28.3	26.3	24.0	24.6	23.6	23.1
24	Río Laja	30.2	28.2	27.0	27.4	26.4	25.2
25	S. Antón de los M.	28.3	26.6	24.8	25.1	23.7	22.6
26	S. José Iturbide	30.3	27.0	25.4	25.6	24.9	24.2
27	San Antonio de M.	26.1	23.9	21.9	22.2	21.4	21.3
28	San Diego de la U	29.0	27.5	26.4	26.6	25.2	24.6
29	San Felipe	28.6	26.4	24.4	25.0	24.0	23.7
30	San Isidro	30.2	28.2	25.6	26.1	25.4	25.1
31	San Juan de los Ll.	28.0	26.0	24.7	24.5	23.3	22.4
32	San Luis de la Paz	24.5	23.5	22.6	22.4	20.9	19.7
33	San Miguel de A.	30.9	29.0	27.7	27.8	27.0	26.5
34	San Pedro de los A	26.7	25.1	23.1	23.3	22.2	21.9
35	Soledad Nueva	31.4	29.5	27.6	27.4	26.8	25.9
36	Tres Encinos	27.7	25.3	23.3	23.3	22.7	21.9
37	Villa Doctor Mora	29.9	27.3	25.2	25.0	24.1	23.9
38	Villa Victoria	29.7	27.3	25.8	26.0	25.0	24.5
39	Xichú	33.9	32.1	29.9	30.9	30.3	28.8

En la Provincia Mesa Central las temperaturas máximas promedio fluctuaron entre 24 y 34 °C de oeste a este. La máxima extensión específicamente en los Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato se registraron temperaturas de 28 a 30 °C (Mapa 16).

La línea de cota de 2 500 msnm marcó la diferenciación de temperatura, registró 28 °C. A menor altitud se localizó la isolinia de 34 °C al noreste de la provincia. Las estaciones Río Laja, Dolores Hidalgo y Soledad Nueva ubicadas en la porción central de la provincia, reportaron temperaturas máximas promedio de 30.2, 31.1 y 31.4 °C, respectivamente.

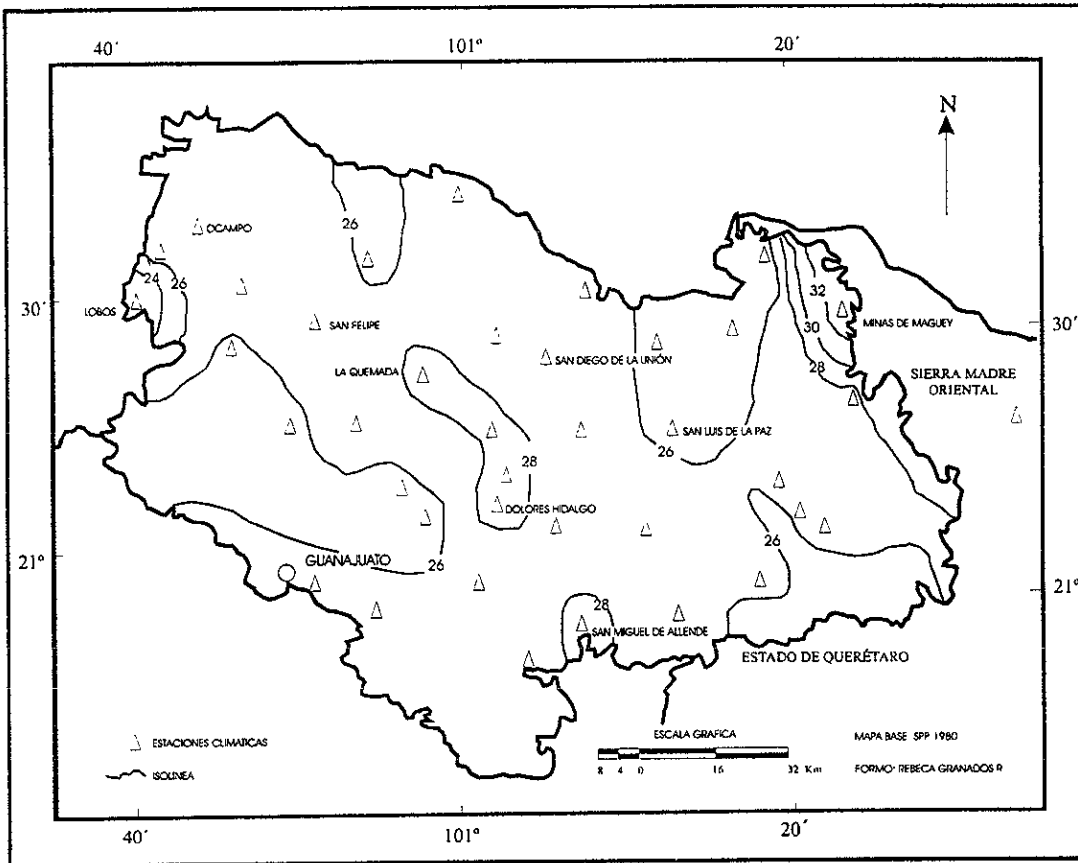


Mapa 16. Temperatura máxima promedio en mayo

Junio. La totalidad de los valores de temperaturas máximas promedio sufrieron reducción al compararse con el mes anterior, dicha disminución en promedio fue de casi 2 °C. El mayor valor de la temperatura se registró en Minas de Maguey con 32.8 °C y el menor a mas de 2 500 msnm en la estación Lobos con 22.1 °C.

El mapa de isólineas mostró que en la provincia las temperaturas se distribuyen de 24 a 32 °C de oeste a este. En la porción noreste se concentraron valores de 28, 30, y 32 °C, debido a la rápida disminución de altitud (**Mapa 17**).

En la mayor extensión de la provincia se presentaron temperaturas de 26 a 28 °C. Las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato, quedaron dentro de este rango.



Mapa 17. Temperatura máxima promedio en junio

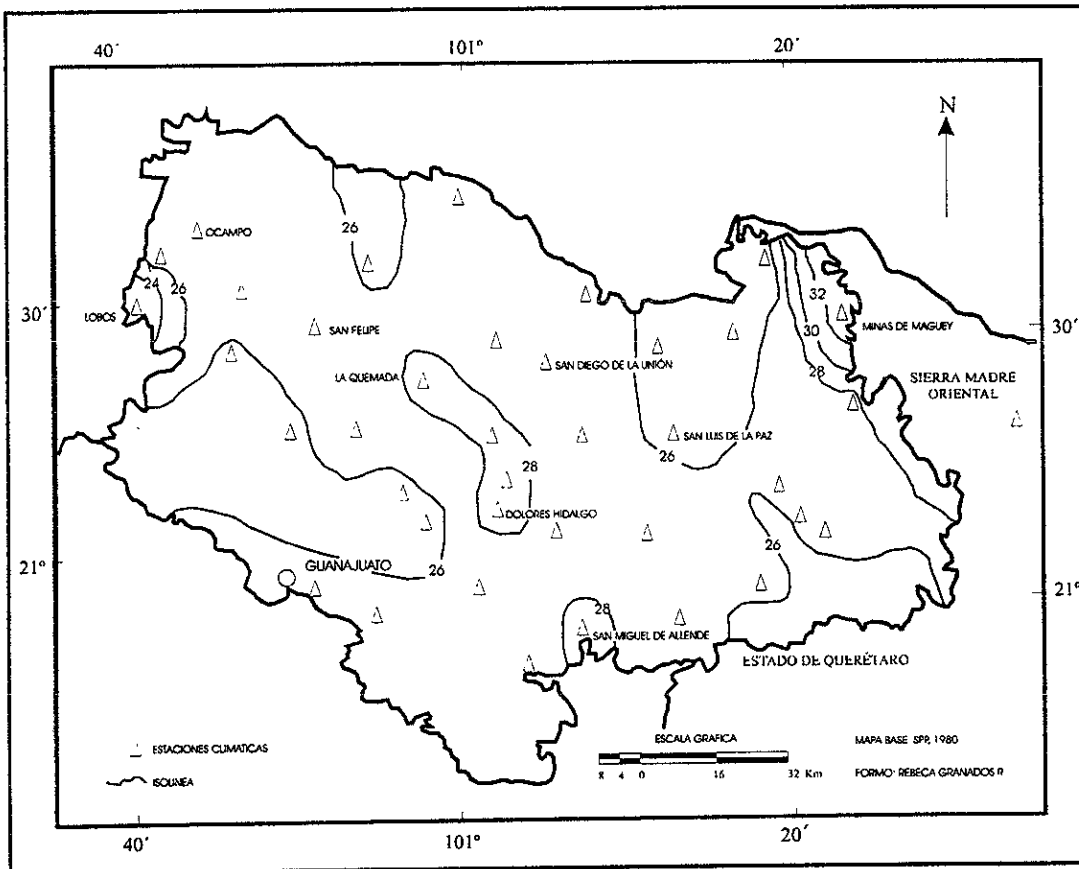
Las áreas con altitudes mayores a los 2 500 msnm como las sierras de Jacales, Guanajuato, Santa Barbara y El Cubo, y los cerros Gordo, Alto y Derrumbado quedaron limitados por la isolínea de 26 °C.

Las estaciones Soledad Nueva, Dolores Hidalgo, Río Laja y La Quemada registraron temperaturas de 29.5, 29.4, 28.2 y 28.1 °C, respectivamente; originaron una región ubicada en el centro de la provincia, que se limitó con la isolínea de 28 °C. La anterior isolínea también se presentó en la estación San Miguel de Allende, al sur de la provincia.

Los valores de temperaturas máximas promedio en **julio** y **agosto** se redujeron en promedio de 2 °C. Las temperaturas máximas en la Provincia Mesa Central fluctuaron entre 20 y 30 °C de oeste a este (**Mapa 18**). Los valores mínimos se obtuvieron en la estación Lobos (20.1 y 20.3 °C) a 2 510 msnm y los máximos de éste indicador se

registraron en las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental, en la estación climática Minas de Maguey a 1 000 msnm con más de 30 °C.

La máxima extensión de la provincia con alturas entre 1 900 a 2 100 msnm presentó temperaturas de 24 a 26 °C. En áreas con más de 2 500 msnm se registraron temperaturas inferiores a 24 °C.

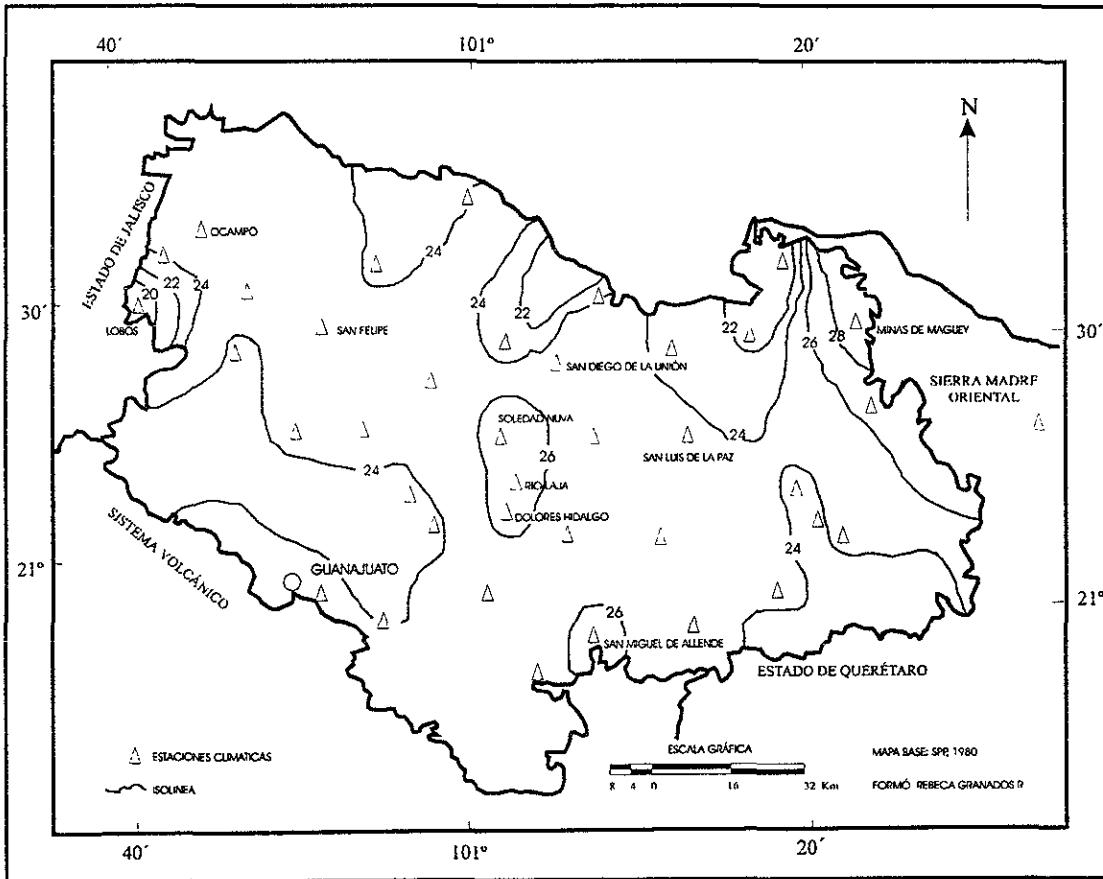


Mapa 18. Temperatura máxima promedio en julio y agosto

En la porción central y sur de la provincia se formaron dos núcleos con temperaturas ligeramente superior al resto, englobadas por la isoclasa de 26 °C.

Septiembre. Al comparar los valores de temperaturas máximas promedio, con el mes anterior éstas últimas registraron disminución.

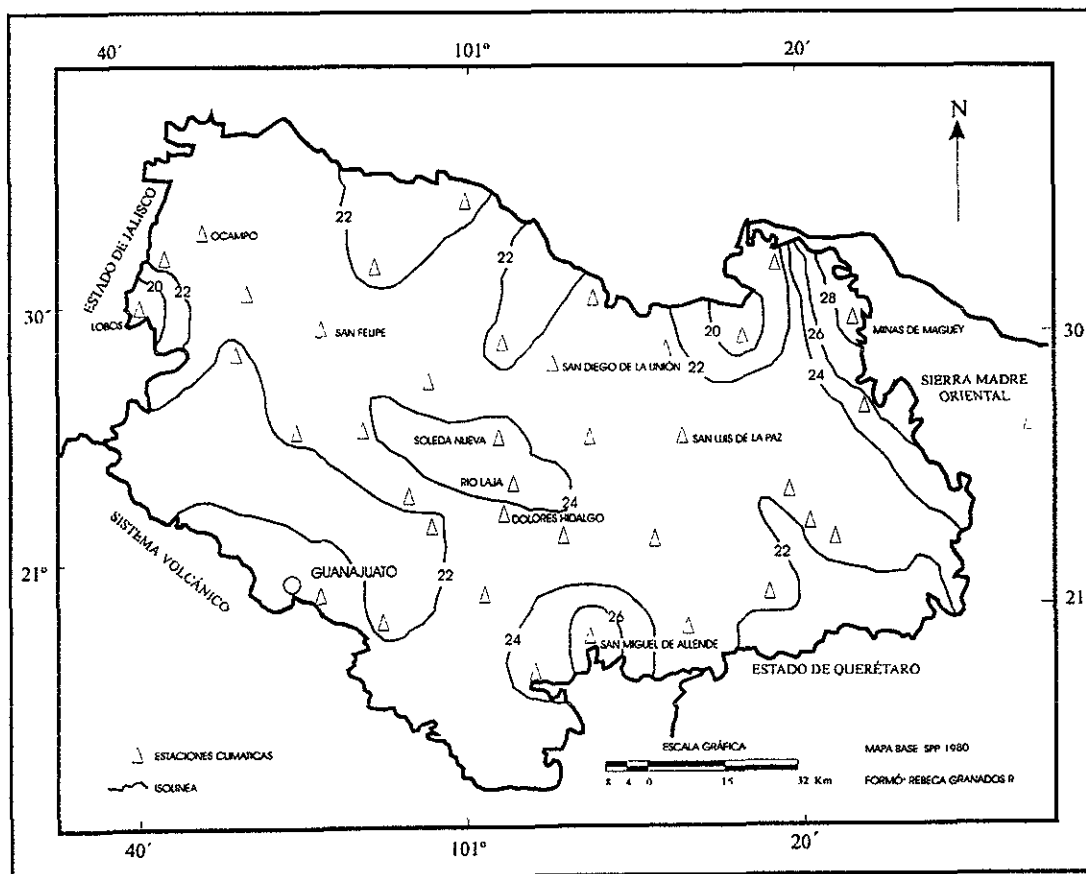
Nuevamente los valores máximos y mínimos se registraron en las estaciones Minas de Maguey y Lobos con 29.7 y 19.9 °C, respectivamente. Por tal razón la distribución de las isólinas en el **Mapa 19** fueron de 20 a 28 °C. Los Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato, subprovincias de gran extensión registraron temperaturas de 24 a 26 °C. Las zonas montañosas Sierras de Jacales y Guanajuato presentaron como límite la isólinea de 24 °C.



Mapa 19. Temperatura máxima promedio en septiembre

En la porción central, en las inmediaciones de las comunidades Soledad Nueva, Dolores Hidalgo y Río Laja se formó una área limitada por la isólinea de 26 °C. Las estaciones ubicadas en dichos asentamientos registraron temperaturas máximas promedio de 26.8, 26.6 y 26.4 °C, respectivamente. Por otro lado al sur de la provincia, estación San Miguel de Allende registró temperaturas de 27 °C.

En **Octubre**, se presentó disminución de las temperaturas. Las estaciones Minas de Maguey y Lobos donde se presentaron temperaturas máxima y mínima de 28.3 y 18.5 °C, respectivamente. Por tanto la provincia presentó temperaturas de 20 a 28 °C (**Mapa 20**). Las Subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato presentaron temperaturas de 22 a 24 °C, éstas dos áreas ocuparon una gran extensión.



Mapa 20. Temperatura máxima promedio en octubre

Las zonas montañosas distribuidas en la provincia se diferenciaron a partir de la isoterma de 22 °C. El área de mayor temperatura dentro de las Subprovincias Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato fue limitada por las estaciones La Quemada, Soledad Nueva, Río Laja y La Begoña, mismas que presentaron temperaturas superiores a 24 °C. Por otro lado, en las inmediaciones de San Miguel de Allende se ubicó la isoterma de 26 °C, ya que la estación registró 26.5 °C de temperatura máxima promedio.

4.5.2 Temperatura mínima promedio de Mayo a Octubre

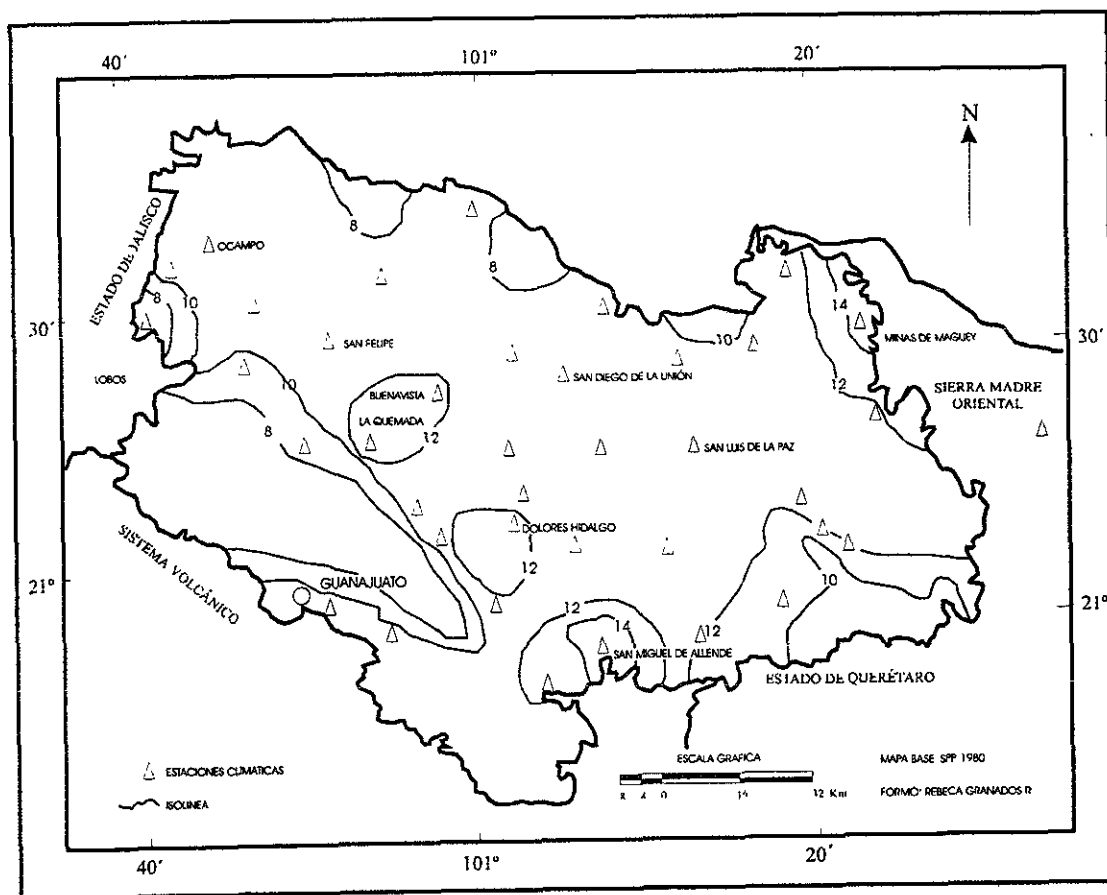
Estas temperaturas marcaron los límites mínimos que pueden soportar los cultivos. Dentro del periodo mayo-octubre, los valores más bajos de la serie analizada se registraron en el mes que marca el término del temporal (octubre) (Cuadro XII).

Mayo. La estación que reportó el valor mayor fue Minas de Maguey con 19.4 °C y el menor se localizó al noroeste de la provincia con 7.8 °C (Mapa 21).

Cuadro XII. Temperatura mínima promedio mensual (°C) en la Mesa Central

N	ESTACIÓN	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1	Buenavista	12.9	13.1	12.5	12.3	12.0	10.5
2	Calderones	11.5	11.7	11.3	11.2	10.2	10.2
3	Cañada González	11.1	12.3	12.2	11.9	11.4	8.3
4	Charcas	12.0	12.7	12.3	12.3	11.9	9.8
5	Cinco Señores	12.7	13.9	13.2	13.1	12.5	9.1
6	Corral de Piedras	12.1	12.3	12.3	11.4	11.5	9.8
7	Dolores Hidalgo	12.0	13.3	13.1	13.1	12.3	9.8
8	Dos Arroyos	11.1	12.1	11.8	11.7	11.0	8.4
9	El Vergel	10.9	12.2	11.5	11.3	11.2	8.9
10	Hacienda San Juan	10.8	11.8	11.4	11.6	11.2	8.2
11	Jaral de Berrio	11.3	12.5	12.7	12.2	12.0	8.5
12	La Begoña	13.3	13.9	13.5	13.2	12.8	9.7
13	La Jaula	12.0	12.2	12.9	12.2	11.3	9.8
14	La Mesa	11.4	11.8	11.2	11.3	10.7	8.5
15	La Quemada	12.1	13.7	13.5	12.8	12.3	9.4
16	Las Trojes	11.2	12.2	12.0	12.0	11.2	8.2
17	Lobos	7.8	8.3	8.2	7.8	7.2	5.9
18	Los Rodríguez	11.5	11.8	11.5	11.1	10.6	7.8
19	Lourdes	10.6	11.7	11.4	11.2	10.8	7.5
20	Minas de Maguey	19.4	19.8	19.6	19.7	18.7	16.2
21	Ocampo	11.5	11.8	11.6	11.4	10.9	8.6
22	Peñuelitas	11.6	12.7	12.6	12.1	11.8	8.5
23	Pozos	11.6	12.0	11.8	11.6	11.2	8.6
24	Río Laja	11.1	12.5	12.5	12.4	11.8	8.9
25	S. Antón de los M.	13.3	13.9	14.1	14.4	13.6	11.6
26	S. José Iturbide	11.4	11.6	10.9	11.0	10.6	8.2
27	San Antonio de M.	11.5	11.1	10.8	10.7	10.4	8.7
28	San Diego de la U	11.3	12.5	12.7	12.3	12.0	9.7
29	San Felipe	11.9	11.7	11.2	11.2	10.5	7.8
30	San Isidro	8.3	10.2	10.9	10.5	10.2	7.2
31	San Juan de los Ll.	9.0	10.0	9.6	9.3	8.9	6.9
32	San Luis de la Paz	11.7	12.5	12.6	12.5	12.3	9.9
33	San Miguel de A.	14.3	15.0	14.9	14.6	14.2	12.1

34	San Pedro de los A.	9.9	11.0	10.3	10.1	9.8	8.2
35	Soledad Nueva	10.5	11.3	11.3	11.1	10.7	8.1
36	Tres Encinos	9.2	10.4	10.3	9.9	9.0	6.2
37	Villa Doctor Mora	12.0	12.6	12.1	12.3	11.9	9.9
38	Villa Victoria	11.0	11.6	11.0	10.9	10.3	7.7
39	Xichú	16.3	17.0	16.4	16.1	15.6	13.4



Mapa 21. Temperatura mínima promedio en mayo

El anterior mostró que las isoterma mínimas promedio fluctuaron entre 8 a 18 °C, de la Sierra Jacales a más de 2 500 msnm, hacia el centro de la provincia (1 900-2 100 msnm). La isoterma de 18 °C, se localizó en la parte más baja, en la estación Minas de Maguey, municipio de Victoria a 1 000 msnm.

En las partes elevadas del norte, este y sureste de la provincia se localizó la isolínea de 8 °C. La mayor extensión con características topográficas homogéneas presentó temperaturas mínimas promedio de 10 a 12 °C.

En las inmediaciones de las estaciones Buenavista y Dolores Hidalgo se formaron pequeños núcleos con temperaturas ligeramente superiores a 12 °C. En tanto que la estación San Miguel de Allende quedó ubicada dentro de la isolínea de 14 °C.

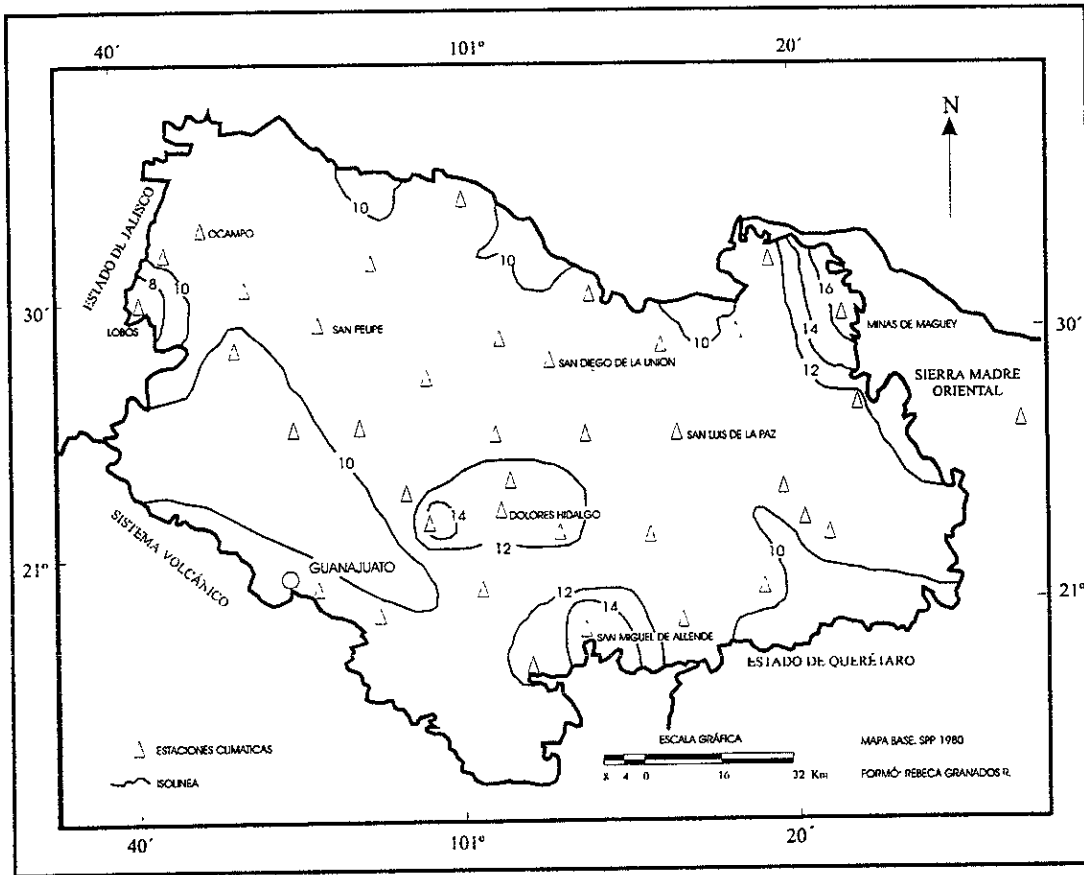
En general en los meses siguientes las temperaturas aumentaron. Al analizar el conjunto de datos de este indicador mediante un test de significancia estadística, dio como resultado que en **junio, julio agosto y septiembre**, no existieran diferencias significativas, mientras que en octubre sí hubo diferencia.

Los valores más altos de este conjunto de datos se localizaron en las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental en la estación Minas de Maguey, en tanto que los más bajos a 2 500 de altitud, en la Sierra Jacales donde se ubica la estación climática Lobos. Las temperaturas mínimas promedio variaron de 8 a 16 °C del oeste hacia el centro de la provincia, donde se presentó la isolínea de 12 °C, esta porción es la más extensa, posteriormente hacia el noreste y a medida que disminuyó la altitud aumentó la temperatura, concentrándose las isolíneas de 12 a 16 °C (**Mapa 22**).

Por otro lado, en la porción central se formaron pequeños núcleos con temperaturas mínimas promedio ligeramente superiores a 12 °C y una área limitada por la isolínea de 14 °C, misma que se ubicó en las inmediaciones de San Miguel de Allende.

Octubre. Este mes presentó disminución de temperatura en promedio de 2.3 °C, ésta fue la reducción más representativa dentro del ciclo analizado. El mayor valor se localizó a 1 000 msnm en la estación Minas de Maguey (16.2 °C) y el menor en las máximas elevaciones se ubicaron los valores mínimos y la isolínea de 6 °C.

En las inmediaciones de la estación San Miguel de Allende, se formó un pequeño núcleo con temperaturas ligeramente superiores a 12 °C.

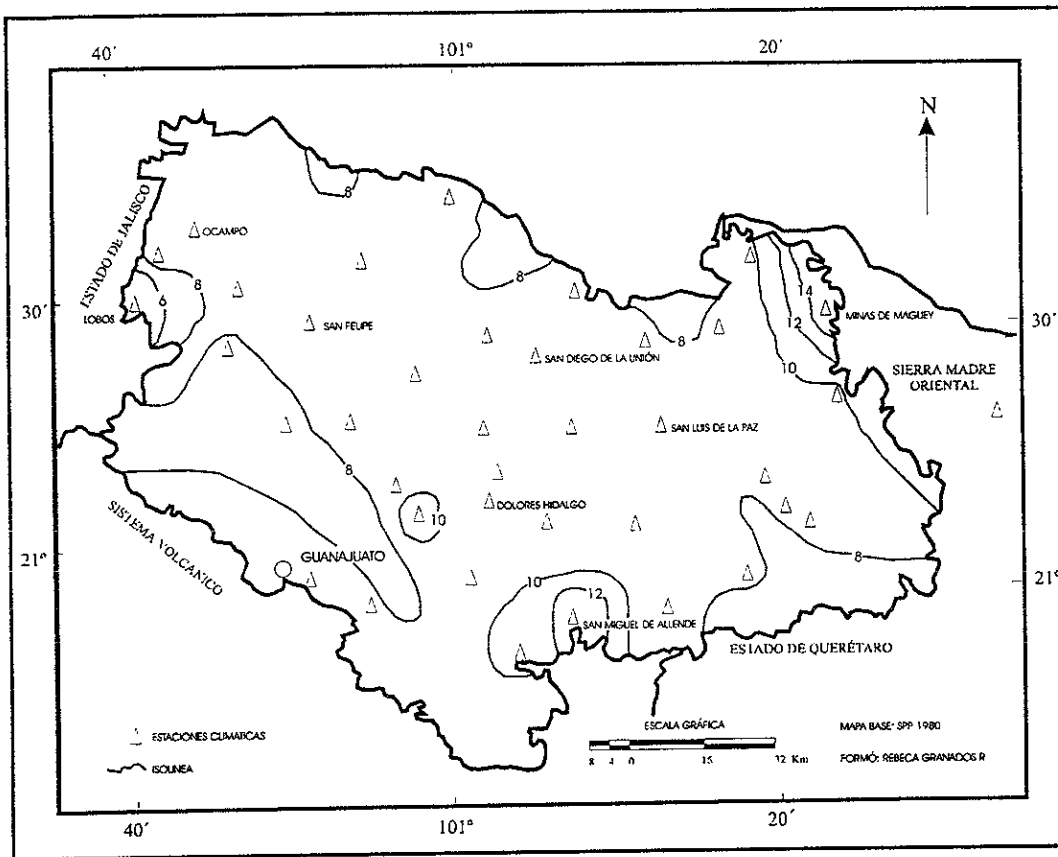


Mapa 22. Temperatura mínima promedio en junio, julio, agosto y septiembre

Las valores de temperatura mínima en la provincia variaron de 6 a 16 °C de oeste a este. Las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato presentaron las isolíneas de 8 a 10 °C (**Mapa 23**).

4.6 Temperatura máxima y mínima extrema

El análisis realizado de las temperaturas máximas y mínimas extremas fue de suma importancia para determinar hasta donde han fluctuado las temperaturas en la región. Aunque esta variable es excepcional, fue considerada en la investigación ya que es de gran utilidad para pronosticar los efectos en los cultivos de dichas temperaturas.



Mapa 23. Temperatura mínima promedio en octubre

Para el análisis de las temperaturas máximas y mínimas extremas se utilizó la información diaria de 39 estaciones que han registrado este parámetro desde el inicio de su operación.

4.6.1 Temperatura máxima extrema de mayo a octubre

En la provincia Mesa Central se presentó la siguiente distribución (**Cuadro XIII**):

Cuadro XIII. Temperatura máxima extrema (°C) en la Mesa Central

N	ESTACIÓN	MAYO	JUNIO	JUL IO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1	Buenavista	36.5	32.5	30.5	30.5	30.5	30.5
2	Calderones	39.0	38.0	35.0	35.0	34.5	34.0
3	Cañada González	37.0	35.0	32.5	29.0	29.0	29.0
4	Charcas	39.5	36.5	35.0	35.0	32.0	33.5
5	Cinco Señores	38.0	37.5	35.0	33.5	39.5	35.5
6	Corral de Piedras	36.0	34.0	30.0	29.0	30.0	30.5
7	Dolores Hidalgo	39.0	37.0	36.0	35.5	33.5	34.0
8	Dos Arroyos	34.0	33.0	30.5	28.5	29.5	28.0
9	El Vergel	36.0	32.5	28.0	27.5	28.5	29.5
10	Hacienda San J	36.0	36.0	33.0	30.0	29.5	30.5
11	Jaral de Berrio	36.0	34.0	30.0	32.0	32.0	30.0
12	La Begoña	36.0	35.0	33.5	35.0	32.5	33.0
13	La Jaula	37.0	34.5	34.5	30.5	30.0	32.5
14	La Mesa	35.5	38.0	31.0	29.5	35.0	30.0
15	La Quemada	37.5	37.5	33.0	34.5	33.0	32.5
16	Las Trojes	35.5	35.5	35.5	32.0	30.0	30.0
17	Lobos	31.0	29.0	29.5	29.0	29.0	25.0
18	Los Rodríguez	39.0	36.0	32.0	31.5	31.0	34.5
19	Lourdes	38.0	39.0	32.5	32.0	31.5	32.0
20	Minas de Maguey	44.5	43.5	38.5	39.0	39.0	37.0
21	Ocampo	39.5	37.9	38.5	35.5	36.5	32.5
22	Peñuelitas	39.5	36.0	32.0	33.0	37.5	34.0
23	Pozos	38.0	36.0	31.5	31.0	33.0	33.0
24	Río Laja	39.0	38.3	37.5	37.3	26.4	35.2
25	S. Antón de los M.	37.5	39.0	36.5	39.5	39.0	34.5
26	S. José Iturbide	37.0	37.5	32.0	39.0	30.0	31.0
27	San Antonio de M.	40.0	40.0	38.0	36.0	38.0	32.0
28	San Diego de la U	40.0	46.0	42.0	39.5	35.0	38.0
39	San Felipe	35.5	34.0	32.0	32.0	32.0	37.0
30	San Isidro	37.0	34.0	31.0	31.0	31.0	29.5
31	San Juan de los Li.	38.0	39.0	39.5	36.5	33.5	32.0
32	San Luis de la Paz	40.0	41.0	39.0	39.0	33.0	32.0
33	San Miguel de A.	49.0	40.3	39.1	36.2	37.8	38.9
34	San Pedro de los A	36.5	35.0	40.0	32.5	37.0	30.0
35	Soledad Nueva	42.0	42.0	39.0	35.5	36.0	36.0
36	Tres Encinos	34.0	31.0	30.0	30.0	29.0	28.0
37	Villa Doctor Mora	39.5	37.0	33.0	35.0	32.0	33.5
38	Villa Victoria	37.0	38.0	35.0	37.0	36.0	34.5
39	Xichú	49.0	48.0	44.0	44.0	45.0	44.0

Mayo. Fue el mes en que se registraron los valores más altos de todos los meses analizados. Las estaciones que mostraron las más altas temperaturas máximas extremas

fueron: Minas de Maguey y San Miguel de Allende con 44.5 y 49 °C. El valor más bajo se localizó en la Sierra Jacales donde la estación Lobos registró 31 °C.

El resto de las estaciones de la provincia tuvieron temperaturas máximas extremas que fueron de 36 a 39.5 °C. Las estaciones San Diego de la Unión, San Luis de la Paz y Soledad Nueva presentaron temperaturas superiores a las antes mencionadas 40, 40 y 42 °C respectivamente.

El valor más alto en el mes de **junio** se ubicó al norte de la provincia, en San Diego de la Unión con 46 °C. La estación Lobos localizada en la Sierra Jacales, registró el mínimo valor (29 °C). Las estaciones ubicadas en la porción central de la provincia registraron temperaturas de 36.0 a 42.5 °C. Las estaciones climáticas: San Antonio de Minas y Minas de Maguey ubicadas en las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental, presentaron temperaturas de 39 y 43 °C.

Las estaciones que registraron las más altas temperaturas máximas extremas en **julio** fueron: San Diego de la Unión, San Miguel de Allende y San Luis de la Paz con 42, 39.1 y 39 °C respectivamente.

En la estación Lobos localizada en la porción noroeste se registro el valor mas bajo (29.5 °C). En gran parte de las estaciones localizadas en la subprovincia Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato se encontraron temperaturas de 30 a 32 °C.

En **Agosto** fueron varias las estaciones que presentaron valores altos de temperatura máxima extrema: San José Iturbide y San Luis de la Paz 39 °C, San Antonio de Martínez y San Diego de la Unión, ambas con 39.5 °C. Por otro lado, los valores más bajos registraron en El Vergel 27.5 °C, Dos Arroyos 28.5 °C, Cañada González y Lobos 29 °C. En el resto de las estaciones las temperaturas fueron de 30 a 38 °C.

Septiembre. Las estaciones contiguas a la provincia Sierra Madre Oriental presentaron los valores mayores de la región: San Antonio de Minas y Minas de Maguey 39 °C. En la

zona centro-sur, la estación Cinco Señores registró 39.5 °C y el menor valor, (26.4 °C) se localizó a 1 906 msnm en la estación Río Laja.

Las temperaturas máximas extremas observadas en **octubre** fueron ligeramente inferiores a las de septiembre. Los valores más bajos y más altos en la región se registraron en las estaciones de San Diego de La Unión y Lobos con 37 y 25 °C, respectivamente. El resto de las estaciones presentaron temperaturas más altas de 28 a 36 °C.

4.6.2 Temperatura mínima extrema de mayo a octubre

El valor más alto en la región aparece en **mayo**, se registró en la estación Minas de Maguey, 11 °C, estación ubicada en los límites de la Sierra Madre Oriental. El mínimo valor se localizó en la Sierra El Cubo y estación Hacienda de San Juan y fue de 0 °C (Cuadro XIV).

Cuadro XIV. temperatura mínima extrema (°C) en la Mesa Central

N	ESTACIÓN	MAYO	JUNIO	JUL IO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1	Buenavista	7.0	6.5	9.5	8.5	3.0	2.0
2	Calderones	1.0	4.5	1.5	7.0	5.0	4.0
3	Cañada González	3.0	5.0	7.0	5.0	0.0	1.0
4	Charcas	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	-2.0
5	Cinco Señores	1.0	5.5	0.0	8.0	1.5	-2.5
6	Corral de Piedras	4.0	6.0	8.5	7.5	5.0	1.0
7	Dolores Hidalgo	0.0	5.0	8.0	8.0	1.5	-1.0
8	Dos Arroyos	2.0	5.0	6.0	6.5	1.5	0.0
9	El Vergel	4.0	7.0	7.0	6.0	4.0	1.5
10	Hacienda San J.	0.0	0.0	2.5	5.0	0.0	0.0
11	Hichú	4.0	8.0	8.0	0.0	5.0	5.0
12	Jaral de Berrio	6.0	8.0	8.0	8.0	6.0	-3.0
13	La Begoña	5.5	0.0	8.0	5.5	2.5	-2.5
14	La Jaula	5.0	8.0	9.5	9.5	8.0	4.0
15	La Mesa	3.5	5.0	6.0	6.0	0.0	0.0
16	La Quemada	6.0	8.0	8.0	8.0	6.0	-3.0
17	Las Trojes	5.0	6.0	8.0	3.0	3.0	1.0
18	Lobos	2.0	4.0	4.0	3.0	1.0	-3.0
19	Los Rodríguez	4.0	4.0	7.0	6.0	-1.0	-2.0

20	Lourdes	3.5	0.0	6.5	3.0	1.0	-3.0
21	Minas de Maguey	11.0	0.0	12.0	12.0	9.5	7.0
22	Ocampo	3.0	1.0	5.5	0	3.0	1.0
23	Peñuelitas	5.0	4.5	7.0	5.0	1.5	-0.1
24	Pozos	4.0	3.0	6.5	6.0	2.0	-1.0
25	Río Laja	0.0	0.0	0.0	3.0	-0.5	-2.0
26	S. Antón de los M.	5.0	5.0	5.0	7.5	4.0	2.0
27	S. José Iturbide	6.4	3.0	6.0	7.0	1.0	0.0
28	San Antonio de M.	2.0	2.0	2.0	4.0	0.0	0.0
29	San Diego de la U	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
30	San Felipe	3.0	4.0	4.5	4.0	0.0	0.0
31	San Isidro	1.0	4.0	5.0	7.0	4.0	0.0
32	San Juan de los Ll.	3.0	3.0	3.5	2.0	-1.0	-2.5
33	San Luis de la Paz	3.5	3.0	0.9	6.0	1.0	-1.3
34	San Miguel de A.	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.5
35	San Pedro de los	0.0	3.0	0.0	0.0	-7.0	-2.5
36	Soledad Nueva	0.0	3.0	3.0	5.0	2.0	-4.0
37	Tres Encinos	4.0	3.0	6.0	5.0	-1.0	-2.5
38	Villa Doctor Mora	5.0	4.0	4.5	4.5	2.5	-2.0
39	Villa Victoria	3.0	0.0	0.0	5.0	0.0	-2.0

En general las estaciones ubicadas en las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato, registraron temperaturas mínimas extremas de 2 a 4 °C, mientras que en las estaciones Trojes y Buenavista se observaron valores entre 5 y 7 °C respectivamente.

En junio las estaciones Jaral de Berrios y La Jaula registraron los valores más altos de la temperatura mínima extrema (8 °C). La más reducida se observó en Villa Victoria con 0 °C. El resto de las estaciones presentaron temperaturas entre 1 y 6.5 °C.

El valor mas alto de este indicador, durante julio se presentó en la estación Minas de Maguey con 12 °C, misma que registró el valor máximo en junio. Las estaciones de Charcas, Río Laja, San Diego de la Unión, San Miguel de Allende, Villa Victoria y San Pedro de los Almoloyan, registraron los valores más bajos de las temperaturas mínimas extremas. Las estaciones restantes presentaron temperaturas de 1.5 a 9.5 °C.

Agosto. La estación Minas de Maguey registró el valor más alto, con 12 °C, al igual que los meses pasados. Por lo que respecta al valor mínimo las estaciones Charcas,

Ocampo y San Pedro Almoloyan registraron 0 °C. Las temperaturas en el resto de la región variaron entre 2 a 9.5 °C.

Septiembre. Fue a partir de este mes que los valores de las temperaturas mínimas se redujeron considerablemente. Nuevamente la estación ubicada a 1 000 msnm (Minas de Maguey) presentó el valor más alto (9.5 °C) y fue en San Pedro Almoloyan donde se registraron -7 °C de temperatura. El resto de la región presentó temperaturas entre 0 y 8 °C.

Octubre. Minas de Maguey y Soledad Nueva, fueron las estaciones que presentaron el mayor y menor valor de temperatura mínima extrema -7 y 4 °C. En el resto las temperaturas oscilaron entre -3 y 4 °C.

4.7 Termoperiodo. fototemperatura y nictotemperatura

El termoperiodo es la respuesta de las plantas a una fluctuación rítmica de la temperatura e influye en diversos procesos fisiológicos como la germinación, el alargamiento del tallo, el desarrollo floral, la fructificación, aumento de resistencia al frío (Wilsie, 1966).

Dicha variación puede ser anual, diaria o periódica y se caracteriza por presentar una termofase positiva y una negativa, la primera corresponde al lapso más cálido, como son los meses de verano en un termoperiodo anual y la termofase negativa al lapso más frío como la época invernal (De Fina y Ravelo 1973).

La periodicidad anual de la temperatura es de suma importancia en la distribución geográfica de los cultivos, sobre todo cuando se trata de introducir especies nuevas para su cultivo.

Según la periodicidad se ha clasificado a las plantas en: **Termocíclas** que son especies que presentan tejido activo al calor durante uno o más periodos anuales, por ejemplo, los cultivos perennes. **Paratermocíclicas** que son aquellas especies con tejidos activos al calor con una termofase positiva y una negativa, como los cereales de invierno y los

atermocíclicas que son los cultivos anuales con tejidos activos al calor sólo en la termofase positiva, como los cultivos de verano (maíz, frijol y otros). En los dos últimos grupos las fluctuaciones térmicas diarias son más significativas que en los termocícllos (De Fina y Ravelo, 1973). En el termoperiodo diario la termofase positiva corresponde a la temperatura del día o fototemperatura, mientras que la termofase negativa se denomina nictotemperatura (Wilsie, 1966).

4.7.1 Fototemperatura de mayo a octubre

Al analizar el comportamiento de las temperaturas de día de las 39 estaciones a lo largo del periodo de verano **Cuadro XV**, se obtuvo que fue mayo el mes que registró las fototemperaturas más elevadas, presentándose posteriormente reducciones mínimas durante el transcurso de los meses del año.

Cuadro XV. Fototemperatura (°C) en la Mesa Central

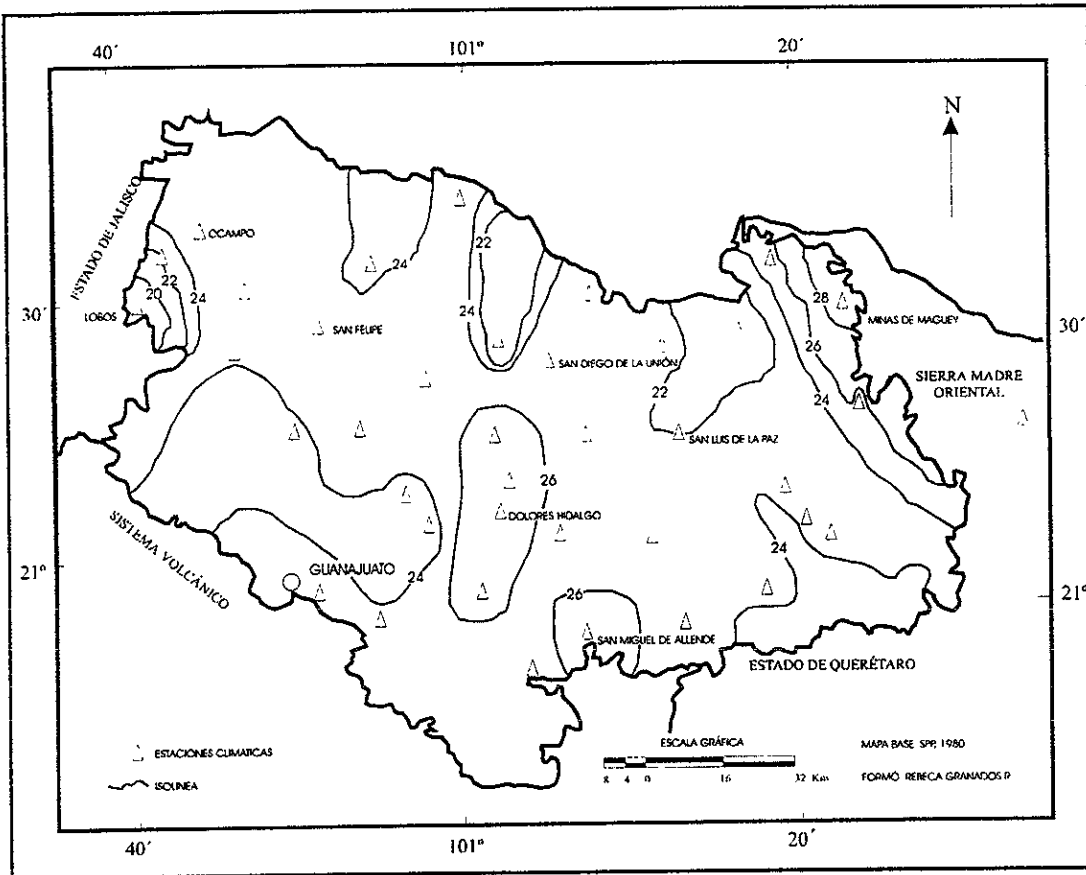
N	ESTACIÓN	MAYO	JUNIO	JUL IO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1	Buenavista	24.4	22.6	21.3	21.4	20.8	20.5
2	Calderones	24.1	23.1	21.3	21.2	21.2	20.8
3	Cañada González	23.7	22.5	20.5	20.5	19.8	18.7
4	Charcas	25.2	23.6	22.0	21.9	21.0	20.2
5	Cinco Señores	26.0	24.3	22.4	22.2	21.8	20.5
6	Corral de Piedras	24.9	23.1	21.8	22.1	21.8	21.1
7	Dolores Hidalgo	26.5	25.6	23.9	24.0	23.0	22.2
8	Dos Arroyos	22.9	22.0	20.1	20.1	19.7	18.4
9	El Vergel	23.5	21.7	19.7	20.7	19.6	19.4
10	Hacienda San J.	21.9	20.5	18.9	18.8	18.0	15.9
11	Jaral de Berrio	24.2	22.7	21.1	21.5	20.6	19.8
12	La Begoña	25.4	23.8	22.5	22.6	21.9	20.5
13	La Jaula	25.7	23.7	22.8	22.8	21.8	21.2
14	La Mesa	21.9	21.1	19.3	19.2	18.0	16.5
15	La Quemada	25.6	24.5	23.0	23.0	22.4	21.2
16	Las Trojes	24.3	23.5	21.6	21.4	20.3	19.3
17	Lobos	9.6	18.7	17.3	16.8	16.2	15.3
18	Los Rodríguez	24.9	23.4	21.9	21.8	21.1	20.1
19	Lourdes	25.0	23.1	21.5	21.5	21.0	19.6
20	Minas de Maguey	31.0	29.6	28.0	28.2	27.0	25.3
21	Ocampo	25.2	24.3	23.1	23.2	22.3	21.1
22	Peñuelitas	25.3	23.8	22.6	22.5	21.9	20.8
23	Pozos	24.2	22.7	21.0	21.3	20.5	19.5
24	Río Laja	25.4	24.3	23.4	23.6	22.7	21.2

25	S. Antón de los M.	24.6	23.4	22.1	22.4	21.2	19.9
26	S. José Iturbide	25.6	23.1	21.8	21.9	21.3	20.2
27	San Antonio de M.	24.6	23.4	22.1	22.4	21.2	19.9
28	San Diego de la U	24.6	23.7	23.0	23.0	21.9	20.9
29	San Felipe	24.2	22.7	21.1	21.5	20.6	19.8
30	San Isidro	24.7	23.7	21.9	22.2	21.6	20.6
31	San Juan de los Ll.	24.0	22.0	20.9	20.7	19.7	18.5
32	San Luis de la Paz	21.3	20.8	20.1	19.9	18.9	17.2
33	San Miguel de A.	26.7	25.5	24.5	24.5	23.8	22.9
34	San Pedro de los A.	22.5	21.5	19.9	20.0	19.1	18.5
35	Soledad Nueva	26.2	25.0	23.5	23.3	22.8	21.4
36	Tres Encinos	23.0	21.6	20.1	19.9	19.3	17.9
37	Villa Doctor Mora	25.4	23.7	22.0	21.9	21.1	20.4
38	Villa Victoria	25.0	23.4	22.1	22.2	21.3	20.3
39	Xichú	29.5	28.3	26.5	27.2	26.6	24.9

Mayo. Las estaciones Minas de Maguey y Lobos al oriente y poniente de la provincia en estudio, presentaron los máximos y mínimos valores de la serie analizada: 31 y 19.6 °C respectivamente.

Las fototemperaturas en la provincia Mesa Central fluctuaron entre 20 a 28 °C, desde la zona poniente, donde se localizaron los valores más bajos, hasta el oriente con los valores más altos (**Mapa 24**).

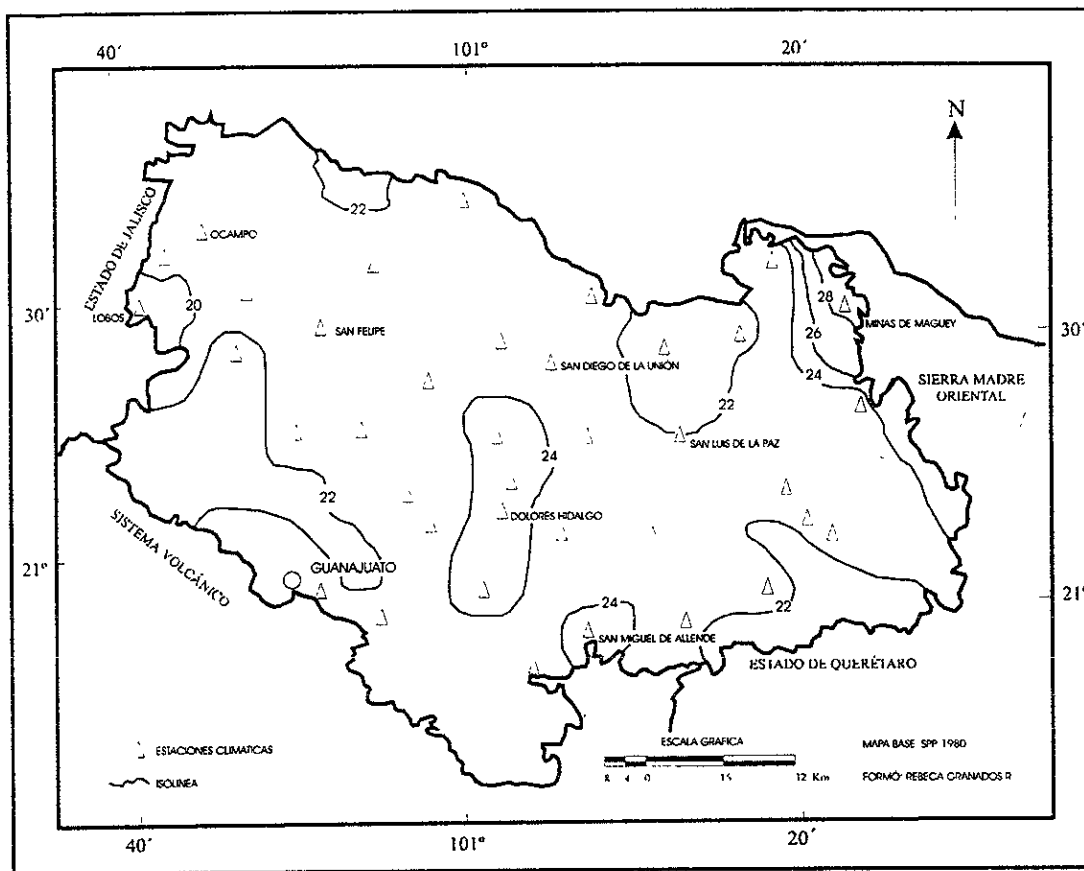
La mayor extensión de la provincia presentó fototemperaturas de 24 a 26 °C. En la parte media se encuentran dos áreas limitadas por la isólinea de 26 °C. El primer núcleo incluye las estaciones: Cinco Señores, Soledad Nueva y Dolores Hidalgo (26, 26.2 y 26.5 °C, respectivamente). La siguiente área se localizó en las inmediaciones de la estación San Miguel de Allende. En el extremo oriental se concentraron las isólineas de 24 a más de 28 °C, debido a la baja altitud.



Mapa 24. Fototemperatura en mayo

El análisis de significación estadística en este indicador, dio como resultado que no existieron diferencias significativas en **junio, julio, agosto y septiembre**. Nuevamente los valores máximos y mínimos fueron registrados en las estaciones Minas de Maguey y Lobos, por tanto, el territorio en estudio presentó la distribución de isóneas de 20 a 28 °C, de oeste a este (**Mapa 25**).

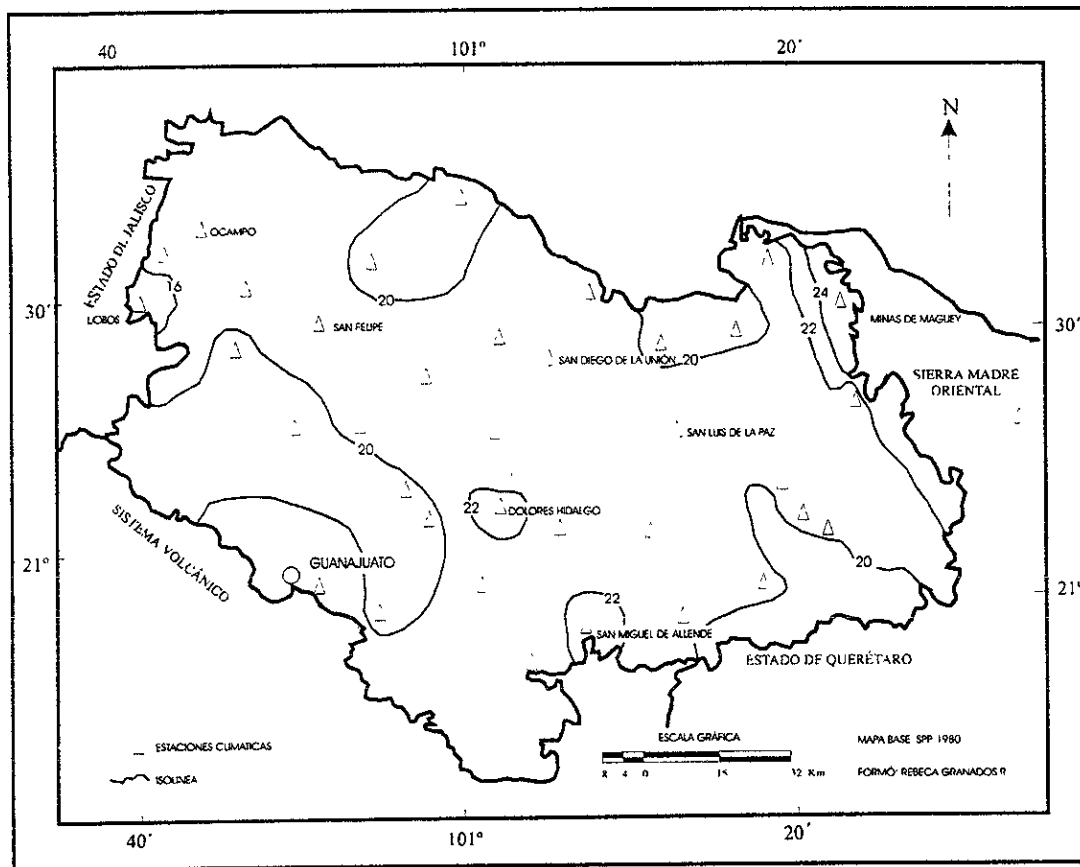
Diversas áreas montañosas quedaron bordeadas por la isónea de 22 °C. En general las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato, mismas que ocuparan la mayor extensión del área estudiada presentaron fototemperaturas de 22 a 24 °C.



Mapa 25. Fototemperatura en junio, julio, agosto y septiembre

Al igual que en el mes anterior se conformaron dos áreas en la parte media, cuyas estaciones registraron temperaturas mayores a 24 °C, San Miguel de Allende fue la estación que registró el mayor valor (25.5 °C).

Octubre. Nuevamente las estaciones Minas de Maguey y Lobos presentaron el mayor y menor valor de este indicador 25.3 y 16.2 °C respectivamente. La fototemperatura en la provincia fluctuó entre 16 y 24 °C. La totalidad de las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato quedaron comprendidas entre las isótermas de 20 a 22 °C (Mapa 26). En las zonas montañosas se registró la isótermas de 20 °C y en el extremo oriente se concentraron valores de 22 a 24 °C.



Mapa 26. Fototemperatura en octubre

4.7.2 Nictotemperatura de Mayo a Octubre

El Cuadro XVI muestra el comportamiento de las temperaturas nocturnas en la época estival.

Cuadro XVI. Nictotemperatura (°C) en la Mesa Central

N	ESTACIÓN	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1	Buenavista	16.7	16.3	15.4	15.4	14.9	13.8
2	Calderones	15.7	15.5	14.6	14.5	14.5	13.7
3	Cañada González	15.3	15.6	15.0	14.7	14.2	11.8
4	Charcas	16.4	16.4	15.5	15.5	14.9	13.2
5	Cinco Señores	17.1	17.4	16.3	16.1	15.6	12.9
6	Corral de Piedras	16.4	15.9	15.5	15.5	14.9	13.6

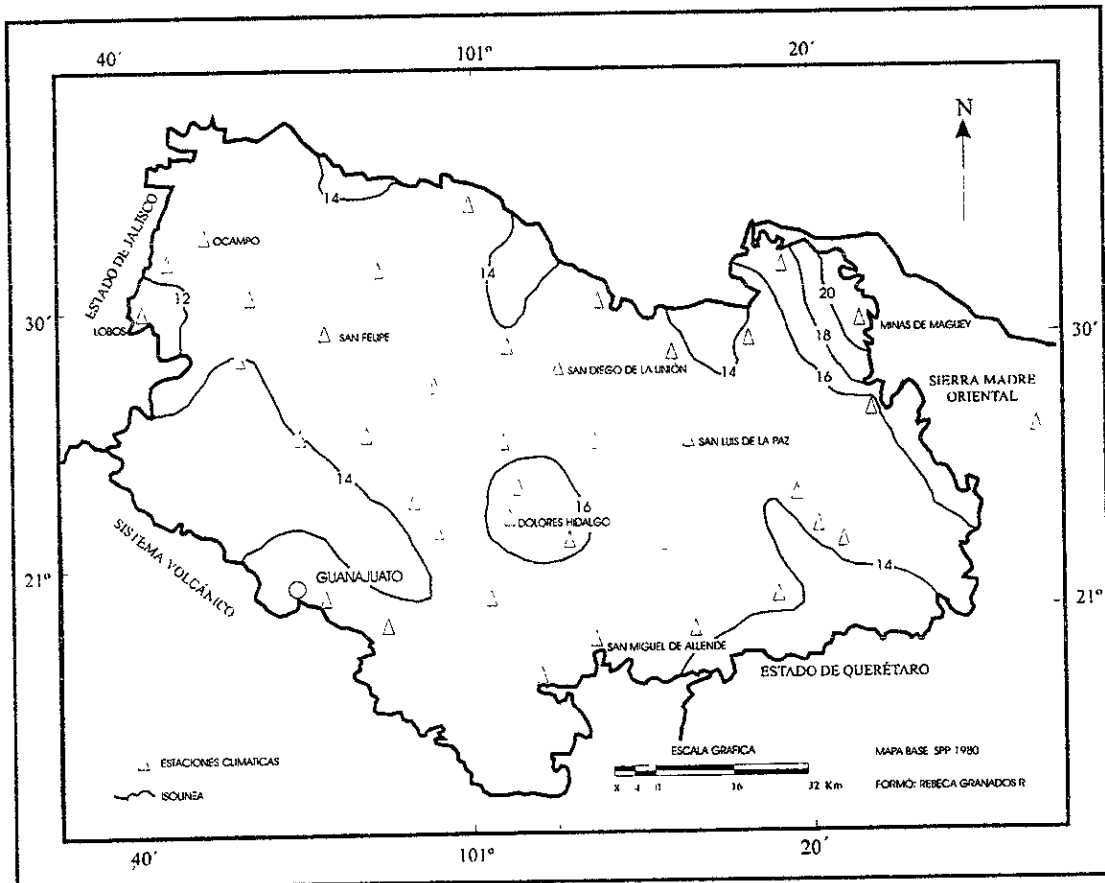
7	Dolores Hidalgo	16.8	17.3	16.7	16.7	15.9	13.9
8	Dos Arroyos	15.0	15.4	14.5	14.5	13.9	11.7
9	El Vergel	15.1	15.4	14.3	14.4	14.0	12.4
10	Hacienda San Juan	14.5	14.7	13.9	14.0	13.5	10.8
11	Jaral de Berrio	17.5	18.0	17.2	17.0	16.5	13.3
12	La Begoña	17.3	17.2	16.5	16.3	15.9	13.3
13	La Jaula	16.6	16.4	16.2	15.7	14.8	13.6
14	La Mesa	14.9	14.9	13.9	14.0	13.1	11.2
15	La Quemada	16.6	17.3	16.6	16.2	15.7	13.3
16	Las Trojes	15.6	15.9	15.2	15.1	14.2	11.9
17	Lobos	11.8	11.8	11.2	10.8	10.2	9.0
18	Los Rodríguez	15.9	15.7	15.0	14.7	14.1	11.9
19	Lourdes	15.4	15.5	14.8	14.6	14.2	11.5
20	Minas de Maguey	23.3	23.1	22.4	22.5	21.5	19.2
21	Ocampo	16.1	16.0	15.4	15.3	14.7	12.8
22	Peñuelitas	16.1	16.4	15.9	15.6	15.1	12.6
23	Pozos	15.8	15.5	14.8	14.9	14.3	12.2
24	Río Laja	15.9	16.4	16.2	16.2	15.5	13.0
25	S. Antón de los M.	17.0	17.1	16.8	17.1	16.1	14.3
26	S. José Iturbide	16.2	15.4	14.6	14.6	14.1	12.2
27	San Antonio de M.	17.0	17.1	16.8	17.1	16.1	14.3
28	San Diego de la U	15.7	16.2	16.1	15.9	15.3	13.4
29	San Felipe	15.3	15.4	14.5	14.6	13.9	11.8
30	San Isidro	13.8	14.8	14.5	14.4	14.0	11.7
31	San Juan de los Ll.	14.0	14.0	13.3	13.1	12.5	10.7
32	San Luis de la Paz	14.9	15.2	15.1	15.0	14.4	12.3
33	San Miguel de A.	18.5	18.5	18.1	17.9	17.4	15.7
34	San Pedro de los A	14.1	14.5	13.5	13.4	12.9	11.7
35	Soledad Nueva	15.7	15.8	15.3	15.2	17.7	12.5
36	Tres Encinos	13.8	14.1	13.6	13.2	12.4	10.1
37	Villa Doctor Mora	16.5	16.3	15.4	15.5	14.9	13.4
38	Villa Victoria	15.7	15.5	14.7	14.7	14.0	11.9
39	Xichú	20.7	20.8	19.8	19.8	19.3	17.2

De acuerdo al análisis estadístico realizado para **Mayo y junio; julio, agosto y septiembre** no existieron diferencias significativas entre los valores de este indicador, por tanto su comportamiento fue el siguiente: las estaciones ubicadas en áreas con menor y mayor altitud en la provincia, fueron en donde se registraron el valor máximo y mínimo de nictotemperatura, siendo éstas las estaciones Minas de Maguey y Lobos.

La nictotemperatura varió de 12 a más de 20 °C de poniente a oriente. Las zonas montañosas quedaron demarcadas por las isólinas de 14 °C, temperatura que aumento

hacia la porción media, donde la mayor extensión presentó temperaturas de 14 a 16 °C (**Mapa 27**). Dentro de esta área se formaron tres núcleos con nictotemperaturas superiores a 16 °C, cuyo valor mas elevado se registró en la estación climática San Miguel de Allende.

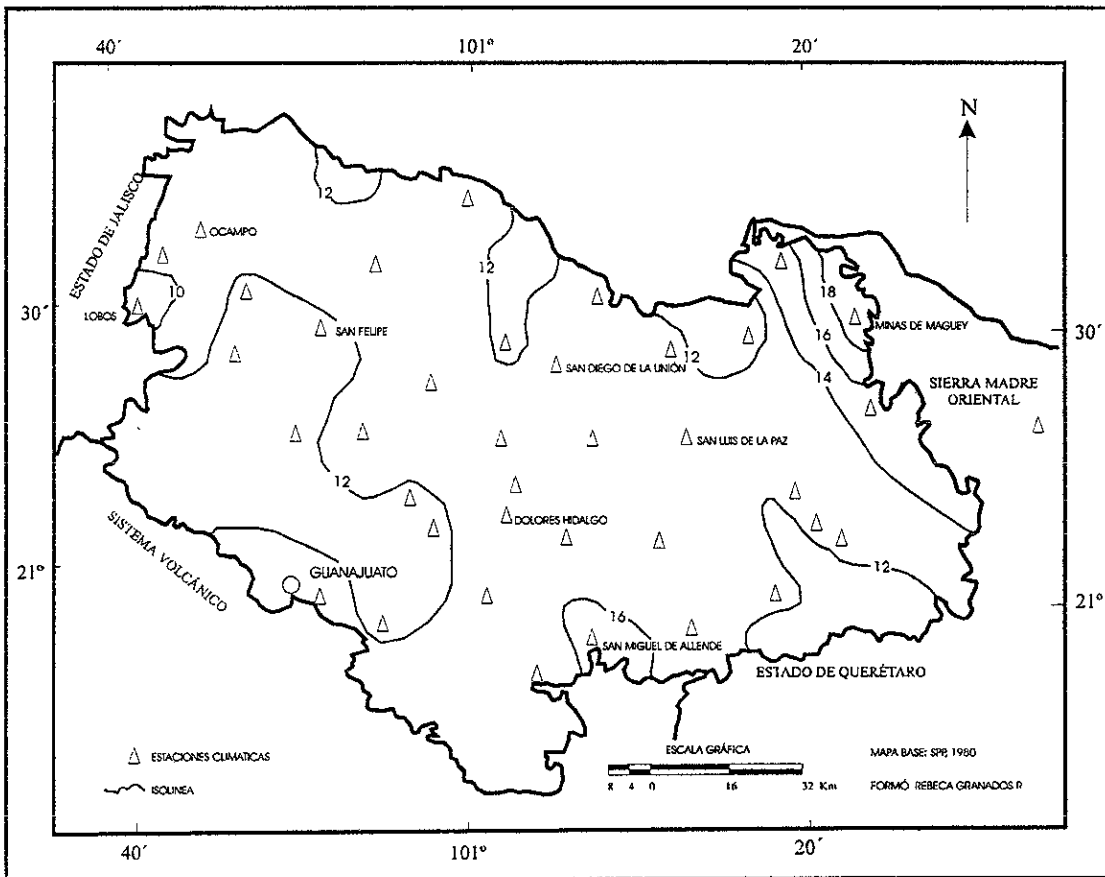
Un gradiente térmico fuerte de 16 a más de 20 °C se presentó en el extremo oriental de la provincia en las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental.



Mapa 27. Nictotemperatura en mayo, junio, julio, agosto y septiembre

Octubre. Existió una reducción considerable de temperatura, respecto a los meses anteriores. El mayor valor fue dado en la estación Minas de Maguey con 19.2 °C y el menor en la estación Lobos con 9 °C. La variación de nictotemperatura en la provincia Mesa Central fue de 10 a 18 °C de las partes altas hacia las bajas y de oeste a este.

Nuevamente la mayor extensión de la provincia presentó nictotemperaturas que se distribuyeron de 12 y 14 °C y sólo la estación San Miguel de Allende registró 15.7 °C, dando como resultado un pequeño núcleo con nictotemperatura superior al resto (Mapa 28).



Mapa 28. Nictotemperatura en octubre

4.7.3 Fluctuaciones entre foto y nictotemperatura de mayo a octubre

Dentro del termoperiodo se consideran importantes las variaciones entre las temperaturas efectivas diurnas y nocturnas, ya que existen cultivos que son sensibles a estas variaciones ocasionándoles retraso o aceleración de una fase, quemaduras, etc. (Wilsie, 1966).

Los resultados de esta variable fueron heterogéneos, por tanto, si se quisiesen comparar con los valores para designar la oscilación de la temperatura anual (valor del mes más cálido menos valor del mes más frío) para México que da García (1973), éstos quedarían

dentro de las condiciones de poca oscilación (diferencia entre 5 y 7 °C) y extremosa (de 7 a 14 °C).

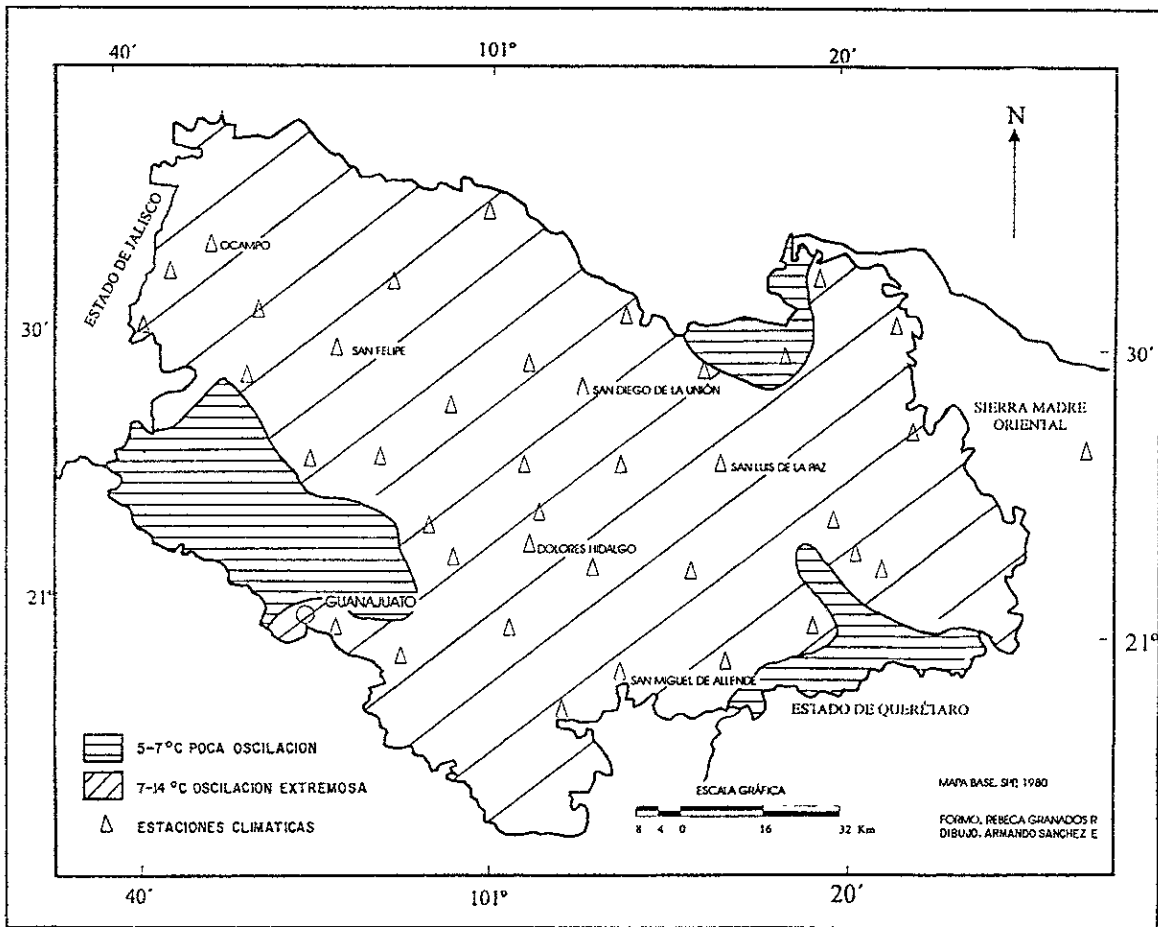
El cálculo realizado dio origen al Cuadro XVII, con dicha información se trazaron los mapas mensuales correspondientes.

Cuadro XVII. Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura

N	ESTACIÓN	MAYO	JUNIO	JUL IO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1	Buenavista	7.6	6.3	5.8	6.1	5.9	6.7
2	Calderones	8.4	7.6	6.7	6.7	6.7	7.1
3	Cañada González	8.4	6.6	5.5	5.5	5.6	7.0
4	Charcas	8.8	7.3	6.5	6.4	6.1	7.0
5	Cinco Señores	8.8	6.9	6.2	6.1	6.2	7.6
6	Corral de Piedras	8.5	7.2	6.3	7.1	6.9	7.5
7	Dolores Hidalgo	9.8	8.2	7.2	7.3	7.1	8.3
8	Dos Arroyos	7.9	6.6	5.5	5.6	5.8	6.7
9	El Vergel	8.4	6.4	5.5	6.3	5.6	7.0
10	Hacienda San Juan	7.4	5.8	5.0	4.8	4.5	5.1
11	Jaral de Berrio	9.2	8.9	7.3	6.6	6.9	6.8
12	La Begoña	8.0	6.6	6.0	6.3	6.1	7.2
13	La Jaula	9.1	8.4	6.6	7.0	6.9	7.6
14	La Mesa	7.0	6.2	5.4	5.3	4.9	5.4
15	La Quemada	9.0	7.2	6.3	6.8	6.7	7.9
16	Las Trojes	8.8	7.5	6.4	6.3	6.1	7.4
17	Lobos	7.9	6.9	6.0	6.1	6.0	6.3
18	Los Rodríguez	9.0	7.7	6.9	7.1	7.0	8.2
19	Lourdes	9.6	7.6	6.7	6.8	6.8	8.0
20	Minas de Maguey	7.7	6.5	5.6	5.7	5.5	6.1
21	Ocampo	9.1	8.3	7.7	7.8	7.6	8.3
22	Peñuelitas	9.1	7.4	6.6	6.9	6.8	8.2
23	Pozos	8.4	7.2	6.1	6.5	6.2	7.2
24	Río Laja	9.5	7.9	7.2	7.5	7.3	8.2
25	S. Antón de los M.	7.5	6.3	5.3	5.3	5.1	5.5
26	S. José Iturbide	9.4	7.7	7.2	7.3	7.1	8.0
27	San Antonio de M.	7.5	6.3	5.3	5.3	5.1	5.5
28	San Diego de la U	8.9	7.5	6.9	7.1	6.6	7.5
29	San Felipe	8.9	7.3	6.6	6.9	6.8	8.0
30	San Isidro	11.0	9.0	7.4	7.8	7.6	8.9
31	San Juan de los Ll.	10.0	8.0	7.5	7.6	7.2	7.8
32	San Luis de la Paz	6.4	5.5	5.0	4.9	4.3	4.9

33	San Miguel de A.	8.3	7.0	6.4	6.6	6.4	7.2
34	San Pedro de los A	8.4	7.0	6.4	6.6	6.2	6.8
35	Soledad Nueva	10.4	9.1	8.2	8.1	8.1	8.9
36	Tres Encinos	9.2	7.5	6.5	6.7	6.8	7.8
37	Villa Doctor Mora	8.9	7.3	6.6	6.4	6.1	7.0
38	Villa Victoria	9.3	7.9	7.4	7.6	7.3	8.4
39	Xichú	8.8	7.5	6.7	7.4	7.3	7.7

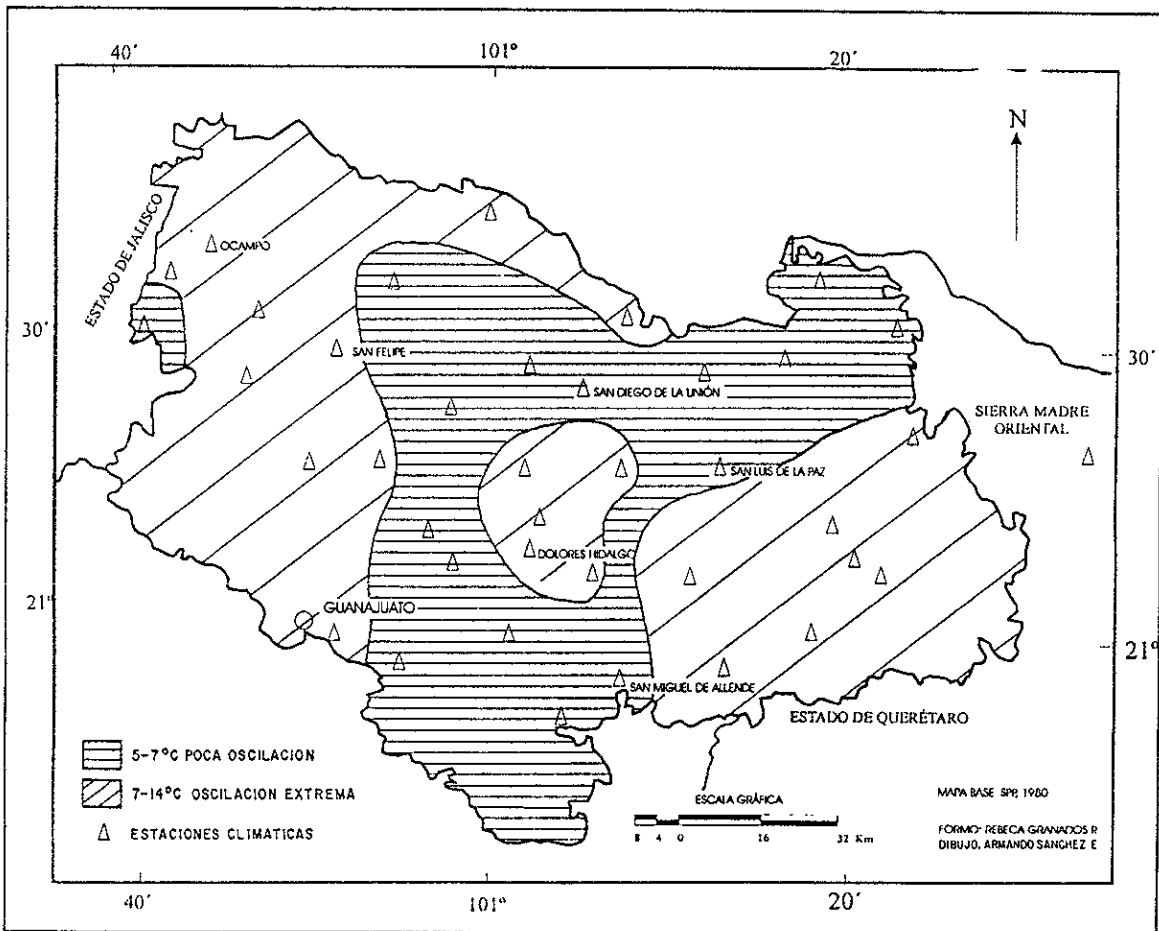
Mayo. Las mayores oscilaciones se presentaron en este mes, cuyos valores máximo y mínimo fueron de 11.0 y 6.4 °C respectivamente, conformándose tres pequeñas zonas al noreste, sureste y suroeste de la provincia. La mayor extensión de la provincia Mesa Central de Guanajuato registró oscilaciones extremosas (**Mapa 29**).



Mapa 29. Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura en mayo

Junio. Las fluctuaciones fueron menores, el mes en cuestión presentó 9.1 y 5.5 °C como valores máximo y mínimo. Se conformó una área extensa de poca oscilación que abarcó la parte sur, media y noroeste de la provincia. Por otro lado, se configuró una área alrededor de la estación climática Lobos (**Mapa 30**).

El área de oscilación extremosa se ubicó en la porción noroccidental, de la subprovincia Llanos de Ojuelos, hacia el sureste de los municipios de San José Iturbide, Doctor Mora y Villa Victoria y en la parte media de la provincia en las inmediaciones de la estación Dolores Hidalgo.

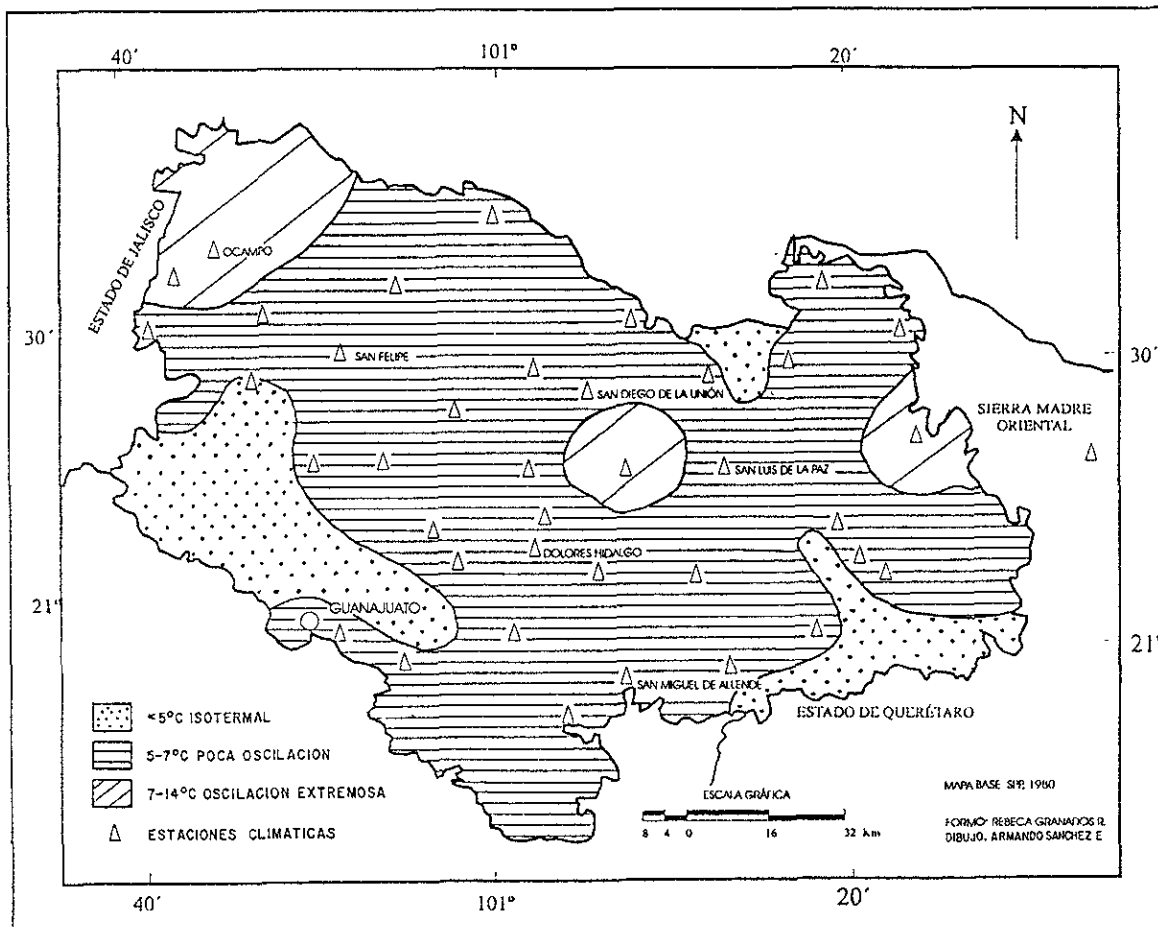


Mapa 30. Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura en junio

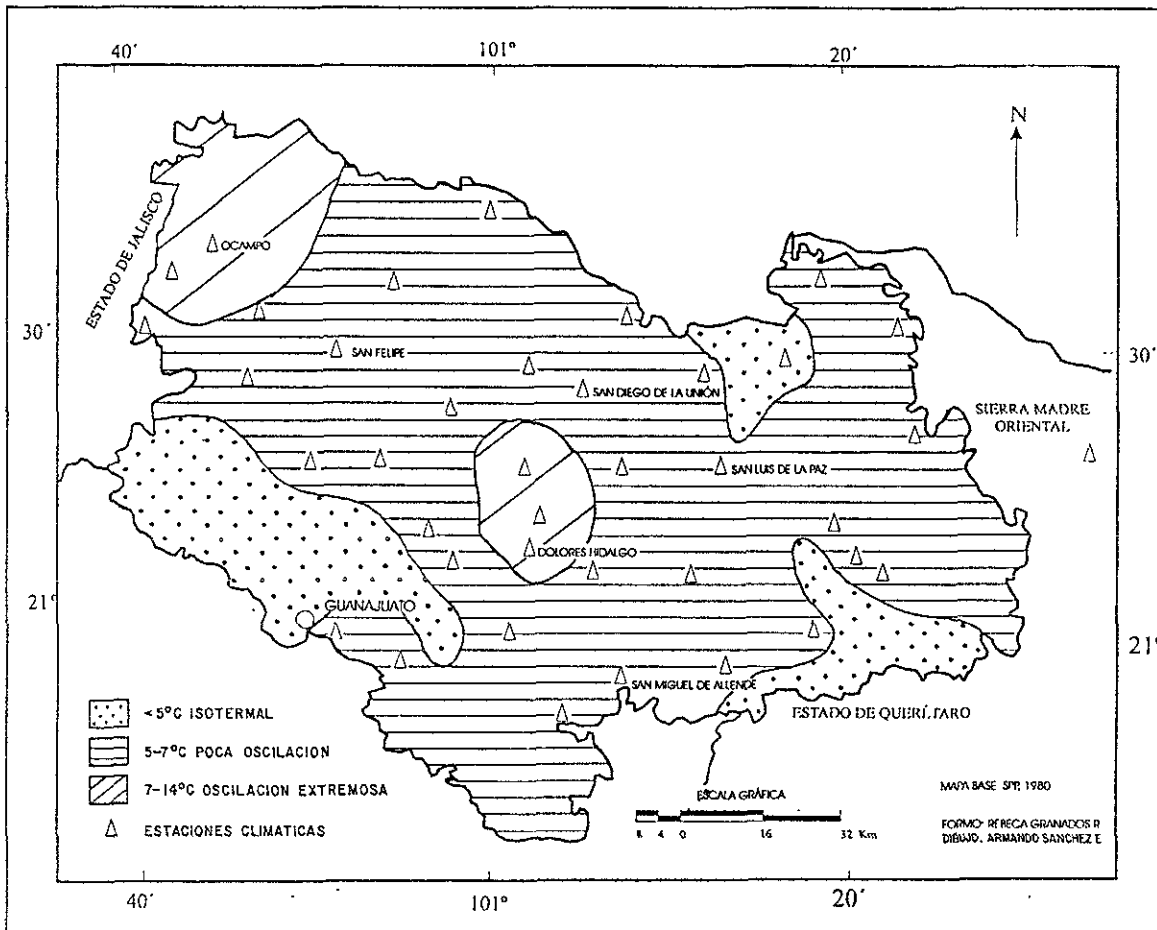
Julio. Se comparó el **Mapa 31** con el del mes anterior, dando como resultado que la zona de poca oscilación ocupó ahora mayor extensión, abarcando la totalidad de las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato. Sólo en

la parte media, noreste y noroeste se formaron áreas con oscilación extremosa (7-14 °C) siendo el valor mayor de esta serie de datos de 8.2 °C.

Agosto y septiembre El análisis estadístico de este indicador, dio como resultado que, no existieron diferencias significativas, por tanto, la distribución de las isólineas, incluso el valor máximo y mínimo se presentó en las mismas estaciones. El máximo valor se presentó en la estación Soledad Nueva el mínimo en Hacienda San Juan. Por lo anterior, las isólineas de este indicador se cuantificaron de 5 a 8 °C, conformándose en la provincia Mesa Central de Guanajuato tres zonas térmicas: isotermal, en algunas sierras importantes como la de Guanajuato y Santa Bárbara; con poca oscilación, extensa área que ocupó casi en su totalidad a las subprovincias Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato y con oscilación extremosa, dos pequeñas áreas al noroeste y este de la gran provincia (**Mapa 32**).

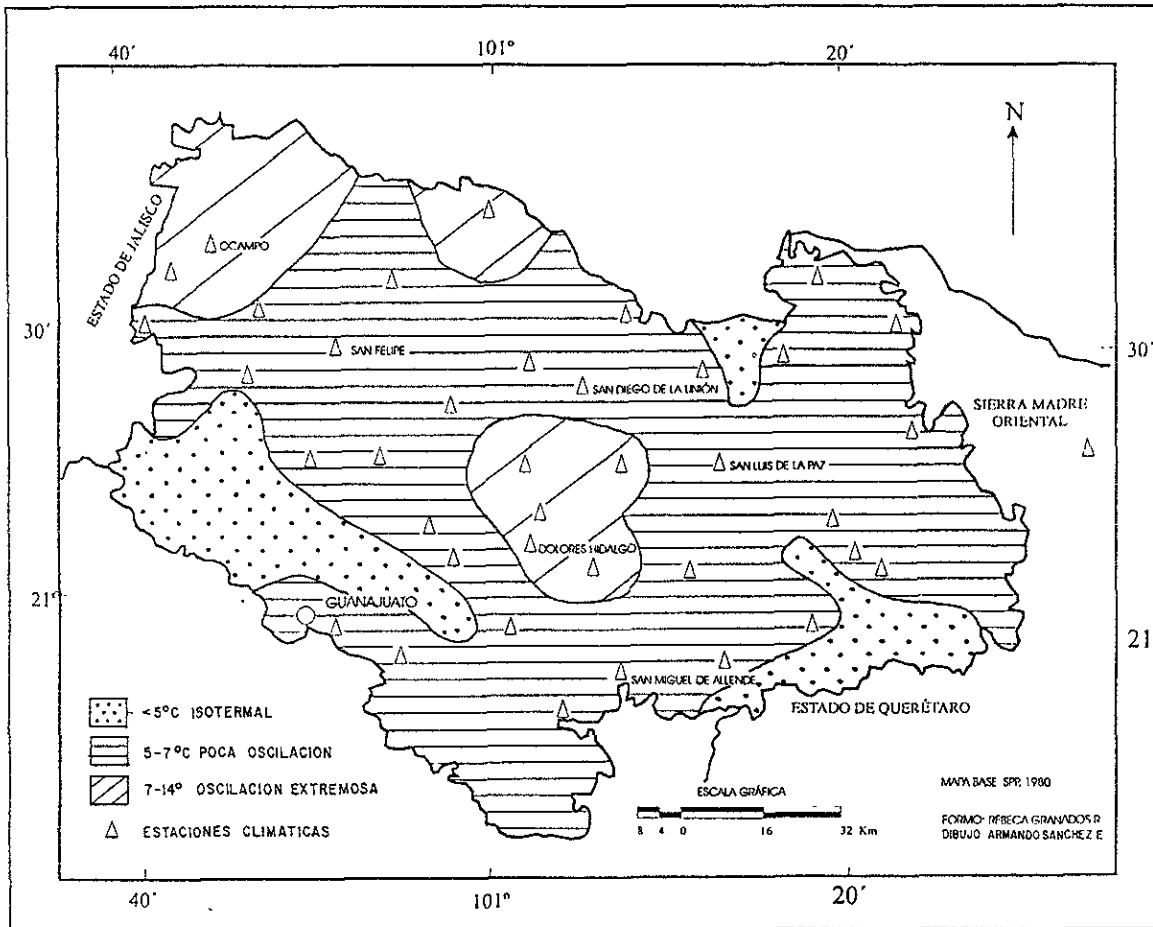


Mapa 31. Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura en julio



Mapa 32. Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura en agosto y septiembre

Octubre. En la totalidad de las estaciones aumentaron los valores de la oscilación. El máximo valor se presentó en las estaciones San Isidro y Soledad Nueva ambos con 8.9 °C, mientras que el mínimo valor de esta serie se ubicó en la estación San Luis de la Paz con 4.9 °C. En el **Mapa 33** se conformaron tres zonas de oscilación: poca oscilación que ocupó la mayor extensión de la provincia en estudio, en las áreas montañosas y zona media se formaron núcleos con poca oscilación y oscilación extrema respectivamente.



Mapa 33. Fluctuaciones entre fototemperatura y nictotemperatura en octubre

4.7.4 Oscilación térmica mensual

Además de los indicadores anteriores relacionados con las temperaturas efectivas diurnas, nocturnas y fluctuaciones entre ellas, se calculó, la oscilación térmica que es la diferencia entre la temperatura máxima mensual y la temperatura mínima mensual. Esta se determinó de mayo a octubre y con los valores obtenidos se formó el Cuadro XVIII.

Cuadro XVIII. Oscilación térmica mensual (°C) en la Mesa Central

N	ESTACIÓN	MAYO	JUNIO	JUL IO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1	Buenavista	15.3	12.7	11.7	12.1	11.8	13.3
2	Calderones	16.7	15.2	13.4	13.3	13.4	14.2
3	Cañada González	16.8	13.2	11.1	11.1	11.2	13.9
4	Charcas	17.5	14.5	13.0	12.8	12.1	13.9
5	Cinco Señores	17.7	13.8	12.3	12.2	12.4	15.3
6	Corral de Piedras	17.0	14.4	12.6	14.3	13.7	15.1
7	Dolores Hidalgo	19.1	16.2	14.5	14.6	14.3	16.5
8	Dos Arroyos	15.8	13.2	11.1	11.2	11.7	13.4
9	El Vergel	16.8	12.7	10.9	12.6	11.2	14.0
10	Hacienda San Juan	14.8	11.6	9.9	9.6	9.0	10.3
11	Jaral de Berrio	16.6	14.7	12.0	12.7	12.0	12.9
12	La Begoña	16.1	13.2	12.1	12.6	12.1	14.4
13	La Jaula	18.2	16.8	13.3	14.1	13.8	15.2
14	La Mesa	14.0	12.3	10.8	10.5	9.8	10.7
15	La Quemada	18.1	14.4	12.7	13.6	13.5	15.8
16	Las Trojes	17.5	15.0	12.9	12.5	12.1	14.8
17	Lobos	15.8	13.8	12.0	12.1	11.9	12.6
18	Los Rodríguez	17.9	15.4	13.9	14.2	14.0	16.4
19	Lourdes	19.2	15.2	13.4	13.7	13.6	16.1
20	Minas de Maguey	15.4	13.0	11.1	11.4	11.0	12.1
21	Ocampo	18.3	16.5	15.4	15.7	15.2	16.7
22	Peñuelitas	18.3	14.9	13.3	13.8	13.5	16.4
23	Pozos	16.7	14.3	12.3	12.9	12.3	14.5
24	Río Laja	19.0	15.8	14.5	14.9	14.5	16.3
25	S. Antón de los M.	15.1	12.7	10.6	10.6	10.2	11.1
26	S. José Iturbide	18.9	15.4	14.4	14.6	14.3	16.0
27	San Antonio de M.	15.1	12.7	10.6	10.6	10.2	11.1
28	San Diego de la U	17.8	15.0	13.8	14.3	13.2	15.0
29	San Felipe	17.7	14.7	13.2	13.8	13.5	15.9
30	San Isidro	21.9	18.0	11.4	15.6	15.2	17.9
31	San Juan de los Ll.	19.0	17.0	15.1	15.3	14.4	15.6
32	San Luis de la Paz	12.8	11.1	10.1	9.8	8.6	9.8
33	San Miguel de A.	16.5	14.0	12.9	13.2	12.8	14.4
34	San Pedro de los A	16.8	14.1	12.8	13.2	12.4	13.7
35	Soledad Nueva	20.9	18.2	16.3	16.3	16.1	17.8
36	Tres Encinos	18.4	14.9	13.0	13.4	13.7	15.7
37	Villa Doctor Mora	17.9	14.7	13.1	12.7	12.3	13.9
38	Villa Victoria	18.7	15.8	14.7	15.2	14.6	16.8
39	Xichú	17.6	15.0	13.5	14.9	14.7	15.4

Las fluctuaciones que arrojaron las diferencias entre las temperaturas máximas y mínimas mensuales fueron heterogéneas y en general fueron entre 8.6 y 21.9 °C.

Las máximas oscilaciones térmicas se presentaron en mayo, por ser éste, el que reportó mayor número de días despejados, esto ocasionó que las pérdidas de calor fueran importantes y el enfriamiento considerable. Por otra parte, las oscilaciones térmicas mínimas se presentaron en julio, cuando se reportó el mayor número de días nublados.

Las oscilaciones térmicas en mayo fueron de 12.8 a 21.9 °C. El 95% de las estaciones presentaron valores entre 12.8 y 19.1 °C, mientras que sólo dos estaciones: San Isidro y Soledad Nueva, presentaron oscilación mayor a 20 °C.

En el transcurso de los meses dichas variables fueron disminuyendo, en junio las oscilaciones variaron de 12 a 18 °C, el máximo valor (18.2 °C) se presentó en la zona media de la provincia. El resto del área presentó oscilación media, entre 10 y 20 °C.

Las oscilaciones térmicas en julio fluctuaron de 9.9 y 16.3 °C. El valor máximo se presentó en la parte media de la provincia, específicamente en la estación Soledad Nueva. La fluctuación mas baja se ubicó en las inmediaciones de la Sierra El Cubo.

En los dos meses subsecuentes el 95% de estaciones registraron oscilación entre 10-20 °C y sólo en las estaciones Hacienda de San Juan y San Luis de la Paz se registraron menos de 10 °C. En octubre se obtuvo un aumento de 1.8 °C en promedio. El 97.5% de las estaciones reportaron oscilación media entre 10 y 20 °C y San Luis de la Paz tuvo menos de 10 °C.

4.8 Unidades calor

En la actividad agrícola otro indicador agroclimático, a conocer son las unidades calor (UC). La determinación de éste resulta esencial cuando se requiere caracterizar una región, como es el caso.

La mayoría de los procesos fisiológicos que se realizan para el crecimiento y desarrollo de las plantas, están fuertemente ligados a la cantidad de calor (Larcher, 1995). En términos generales, ésta ejerce su influencia principal controlando un buen número de reacciones dentro de la planta, como son: la solubilidad de minerales, la absorción de agua, nutrimentos y gases y además que varios procesos de difusión que ocurren dentro de la planta, dependen también de la temperatura (Ortiz, 1987).

La temperatura afecta los mecanismos hormonales involucrados en la floración y fructificación de las plantas (Bacsó, 1967). En algunas especies las bajas temperaturas estimulan la floración, mientras que en otras, se requieren temperaturas relativamente altas antes de que la floración inicie. A pesar de todas estas relaciones, la temperatura, como factor de predicción de rendimientos, tiene poco valor determinante, pero es importante para establecer la distribución y adaptación de plantas.

La temperatura afecta el desarrollo de las plantas a través de su influencia sobre la velocidad de los procesos metabólicos. Igualmente se asegura que las bajas temperaturas retardan su desarrollo, mientras que las temperaturas altas, siempre que no rebasen cierto límite, aceleran el desarrollo y acortan el ciclo vegetativo de los cultivos (Ortiz, 1987).

Toda planta necesita de cierto número de unidades calor para completar su ciclo vegetativo, por lo que se han ideado varios métodos para llevar el control de la acumulación progresiva de calor a partir de la fase inicial. La suma de temperaturas medias diarias durante el ciclo del cultivo, da lugar a los requerimientos calóricos. La suma de temperaturas para un mismo cultivo es siempre la misma y se denomina constante térmica. Por ejemplo de la siembra a la madurez, el trigo requiere 2 000, la cebada 1 700 y el maíz 2 500 grados calor (Torres 1983).

Estudios posteriores han concluido que dicha suma de temperaturas o constante térmica es variable, dependiendo del cultivo, variedades, disponibilidad de agua, etc. (Hernández, 1989 y Aguilar, 1996).

En general se considera importante el estudio de unidades calor, ya que algunas de sus aplicaciones en la agricultura son las siguientes (Villalpando, 1985):

- a) Pronosticar las etapas fenológicas de los cultivos (emergencia, floración, madurez fisiológica, etc).
- b) Tener una medida estándar en la selección de especies y variedades para una región.
- c) Zonificar los cultivos con base en unidades calor requeridas.
- d) Estimar y predecir etapas biológicas de plagas.

En general este indicador es una herramienta útil para determinar la adaptación y probabilidad de éxito de especies animales y vegetales.

Hay diversos métodos para calcular los requerimientos térmicos, respecto a las unidades calor, también llamadas unidades térmicas o grados día de las plantas, entre ellos el residual, mismo que supone que hay solamente una temperatura basal durante toda la vida de la planta; que las temperaturas diurnas y nocturnas son de igual importancia para el crecimiento, y que la planta responde a aumentos de la temperatura en una forma lineal.

Este concepto postula que el crecimiento y desarrollo de un cultivo depende de la cantidad de calor que acumula por sobre una temperatura basal; lo que quiere decir, que un cultivo alcanzará determinadas etapas fenológicas cuando haya recibido cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello. La temperatura efectiva acumulada cada día se calcula al restar la temperatura basal de la planta, de la temperatura diurna observada; esta medida es llamada acumulación de grados día o acumulación de calor diario, el aumento acumulado cada día se agrega al valor obtenido del día anterior, hasta que la planta madura. El total de calor acumulado a la madurez se denomina suma de temperaturas o "índice residual" (Hernández, 1989).

El índice residual calcula las unidades calor acumuladas arriba de la temperatura base que depende del cultivo; para el maíz se tomaron 10 °C y para cultivos de grano pequeño 7 °C; algunos autores reportan que abajo de este valor la planta sufre serios daños (Flores, 1987)

En el Campo Agrícola Experimental del Norte de Guanajuato (CAENGUA) se probaron diversas fórmulas para el cálculo de las unidades calor, se pretendía conocer la fecha de siembra óptima de diferentes cultivos básicos con base a la acumulación de grados calor, dando como resultado que el método residual se adaptó a sus objetivos.

Las unidades calor, fueron calculadas según el método residual para cada mes del periodo de verano mayo a octubre, dando como resultado el **Cuadro XIX**. Se elaboraron los mapas correspondientes mes por mes donde se mostraron las variaciones espaciales de este indicador.

Cuadro XIX. Unidades calor en la Mesa Central

N	ESTACIÓN	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1	Buenavista	368.0	283.8	259.0	259.4	236.1	221.3
2	Calderones	387.0	278.0	246.6	234.6	235.0	219.0
3	Cañada González	295.8	266.4	241.0	231.5	209.2	163.2
4	Charcas	334.2	300.2	272.6	269.1	238.4	208.8
5	Cinco Señores	357.6	325.1	286.8	284.8	261.1	208.9
6	Corral de Piedras	329.9	285.4	267.7	264.4	249.8	227.1
7	Dolores Hidalgo	358.8	341.2	319.2	321.2	282.9	249.6
8	Dos Arroyos	273.1	260.6	226.7	226.3	204.1	157.1
9	El Vergel	289.1	256.4	216.9	234.9	203.7	184.1
10	Hacienda San Juan	257.2	236.4	198.2	199.0	169.0	109.2
11	Jaral de Berrio	297.7	295.6	268.7	265.3	239.9	155.4
12	La Begoña	352.0	314.9	295.3	293.1	258.0	206.5
13	La Jaula	345.0	316.8	294.3	287.2	317.6	229.9
14	La Mesa	261.3	239.5	212.5	196.5	167.2	119.2
15	La Quemada	344.2	326.8	304.1	298.5	270.8	225.6
16	Las Trojes	308.0	291.0	260.0	256.0	217.0	174.0
17	Lobos	176.8	156.9	135.0	117.8	93.3	69.1
18	Los Rodríguez	335.6	275.9	262.7	255.4	219.3	180.6
19	Lourdes	317.4	279.0	241.2	249.4	227.9	172.2
20	Minas de Maguey	530.0	513.0	470.0	476.0	426.0	366.0
21	Ocampo	322.0	297.0	260.3	262.1	229.4	205.7
22	Peñuelitas	331.7	303.7	287.3	280.2	247.4	201.9

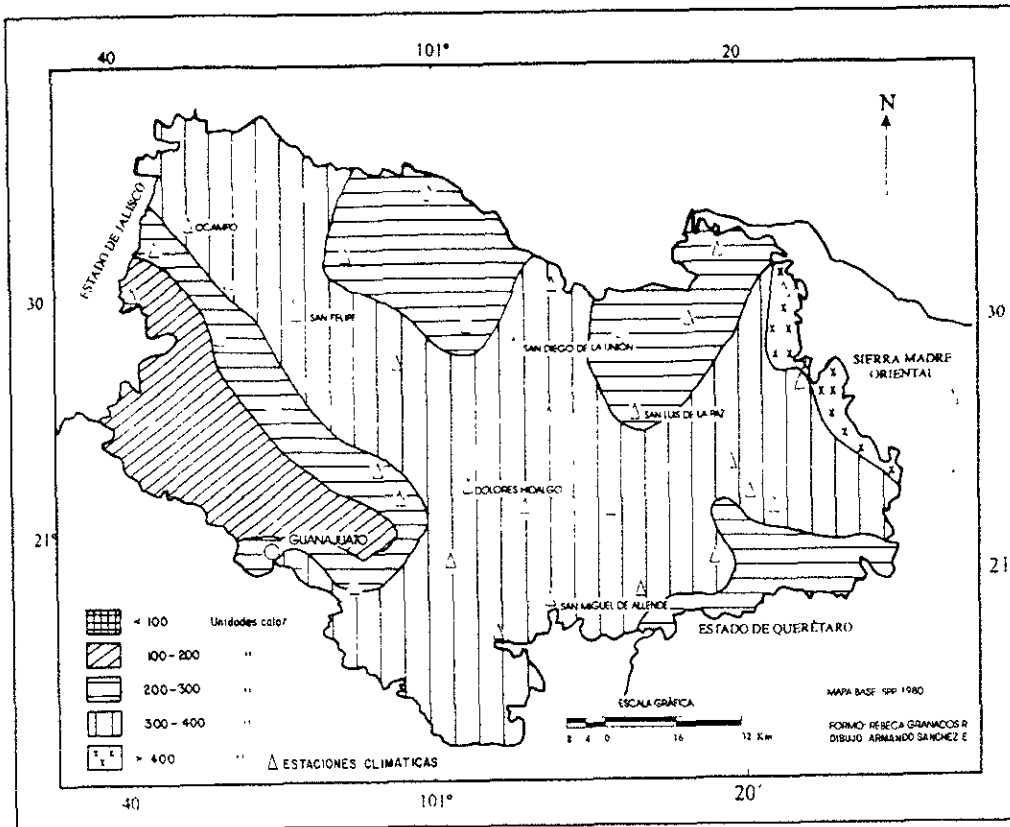
						cont. . .	Cuadro XIX
23	Pozos	309.3	273.5	244.7	250.9	222.0	181.9
24	Río Laja	343.2	332.0	311.0	315.9	273.2	219.9
25	S. Antón de los M.	272.8	224.3	196.0	199.8	177.4	154.6
26	S. José Iturbide	336.9	277.7	253.0	255.8	231.3	204.5
27	San Antonio de M.	272.8	224.3	196.0	199.8	177.4	154.6
28	San Diego de la U	321.9	314.1	299.7	299.4	267.8	232.0
29	San Felipe	302.5	269.9	242.0	249.8	225.0	204.5
30	San Isidro	287.1	277.5	255.6	257.7	176.2	58.6
31	San Juan de los Ll.	291.7	285.2	238.8	248.9	215.5	161.0
32	San Luis de la Paz	253.1	241.8	236.0	228.0	198.1	154.3
33	San Miguel de A.	381.7	359.2	350.1	347.4	323.5	288.5
34	San Pedro de los A.	257.7	240.9	200.0	199.2	179.8	157.4
35	Soledad Nueva	352.7	324.9	291.8	287.3	261.8	216.3
36	Tres Encinos	261.3	236.3	211.2	204.0	175.8	117.9
37	Villa Doctor Mora	338.3	298.9	269.4	267.7	249.6	213.5
38	Villa Victoria	320.8	283.6	260.3	262.1	229.4	189.6
39	Xichú	443.3	429.5	407.2	419.0	377.0	343.8

En el mes de **mayo** al igual que en los siguientes, se observó una estrecha relación entre este indicador y la altitud. En este mes fluctuó desde 100 a 200 unidades calor a más de 400 unidades calor (**Mapa 34**).

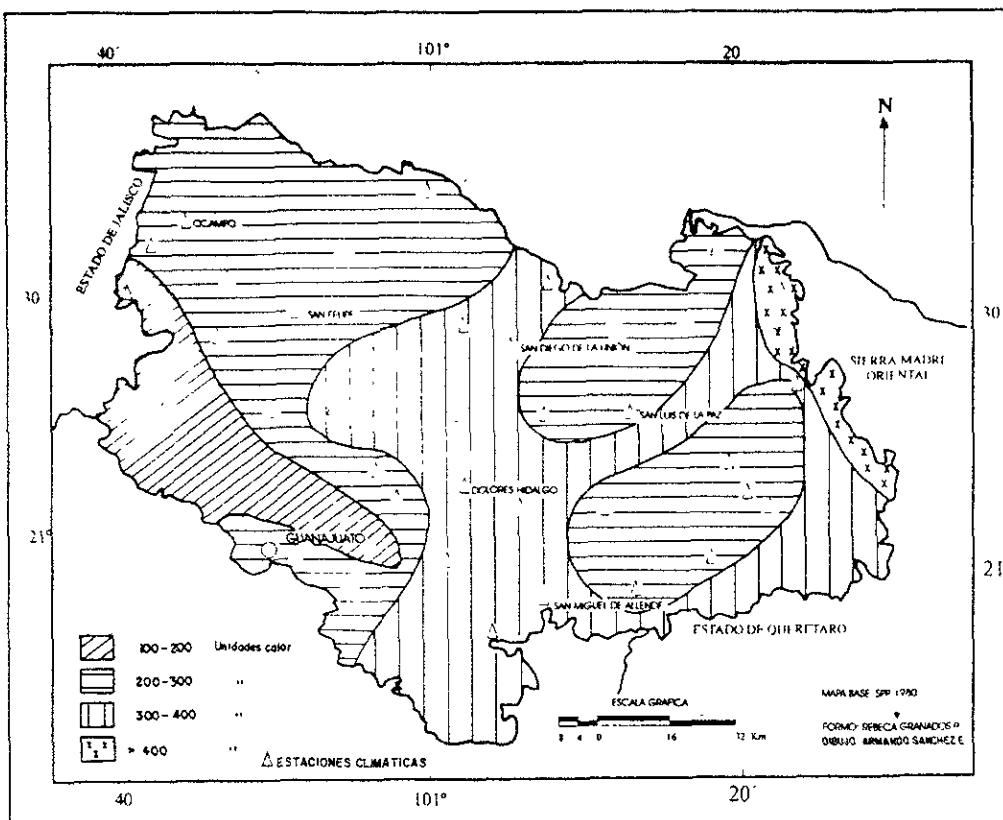
En general, las zonas montañosas presentaron un total de 200 a 300 unidades calor. La mayor extensión de la provincia registró de 300 a 400 unidades calor y sólo una pequeña extensión ubicada al noreste de la zona estudiada (Minas de Maguey), marcó más de 400 unidades calor.

En **junio** las unidades calor fluctuaron de 100 y 200 a más de 400 y se presentaron cuatro áreas de acuerdo a la cantidad de éstas acumuladas. Sólo en la Sierra de Guanajuato existió una acumulación menor con relación al resto, dicha distribución fue entre 100 y 200.

Exceptuando la porción noreste que registró más de 400 unidades calor, la totalidad de la provincia presentó zonas entre 200 - 300 y 300 - 400 unidades calor en proporciones iguales (**Mapa 35**).

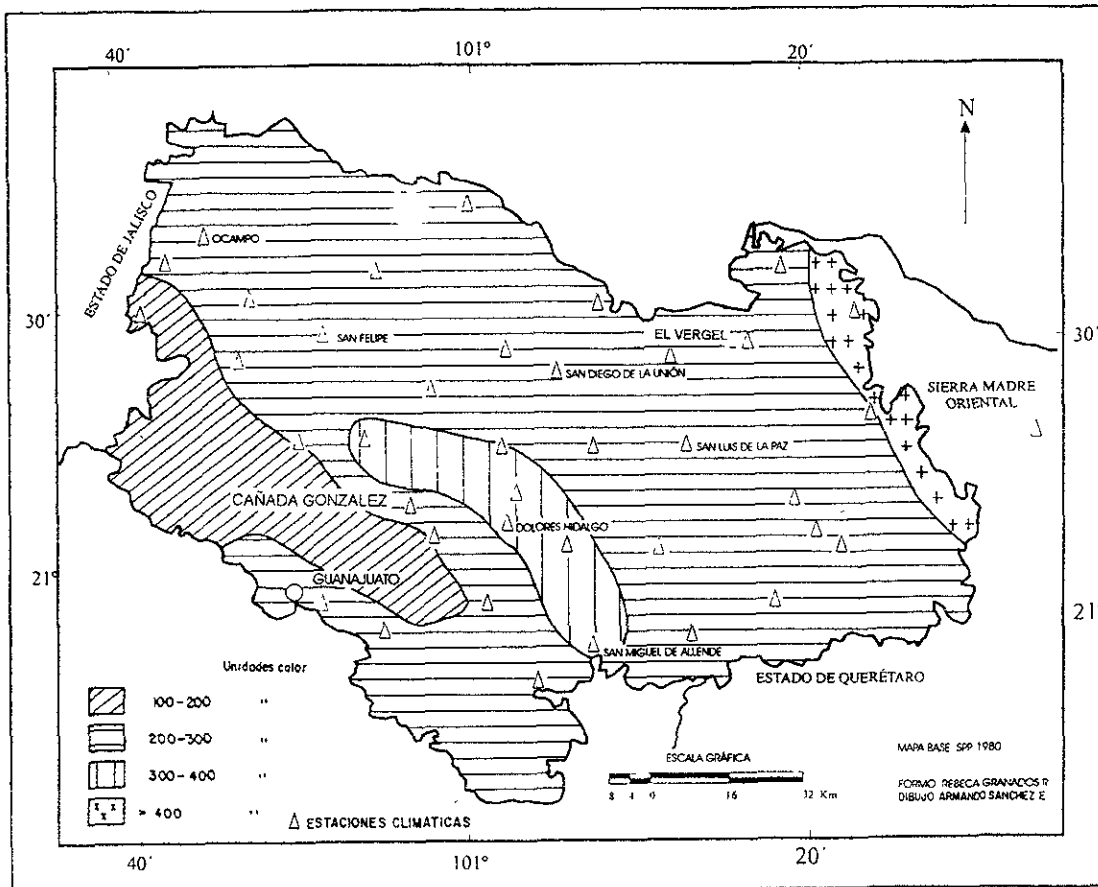


Mapa 34. Unidades calor en mayo



Mapa 35. Unidades calor en junio

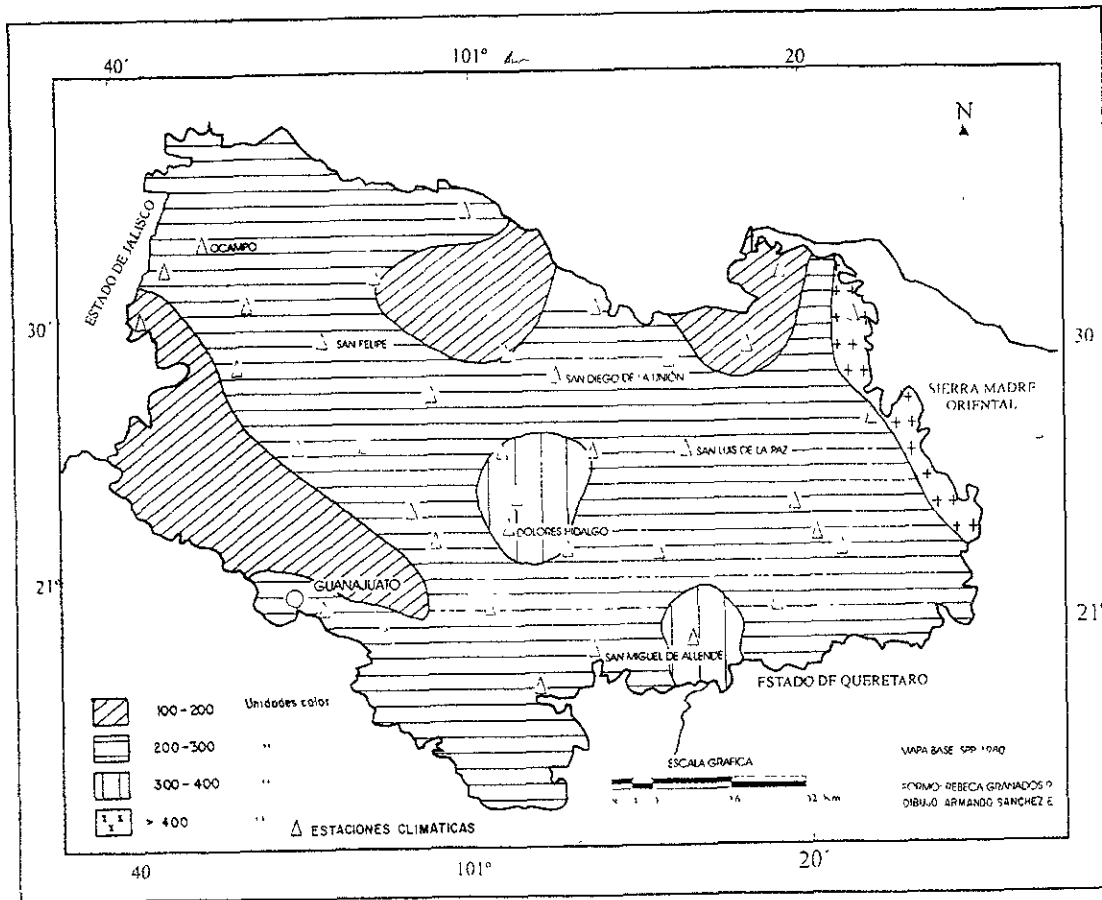
En el mes de julio en general las unidades calor disminuyeron, esta reducción se representa en el Mapa 36, donde se observa que la mayor extensión del territorio estudiado ocupó un intervalo de 200 a 300 unidades calor, y sólo pequeñas regiones presentaron de 100 - 200; 300 - 400 y mayores a 400.



Mapa 36. Unidades calor en julio

Las unidades calor en agosto se distribuyeron de 117.8 a 476.0, formándose cuatro zonas: 1) Las áreas elevadas presentaron el intervalo 100 - 200 unidades calor, éstas se ubicaron en las Sierras de Guanajuato, El Cubo y El Derrumbado; 2) El intervalo de 200 - 300 unidades calor fue la más extensa, ocupando el área correspondiente a Los Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato; 3) En ésta última subregión se localizaron dos áreas de entre 300 - 400 unidades calor en las

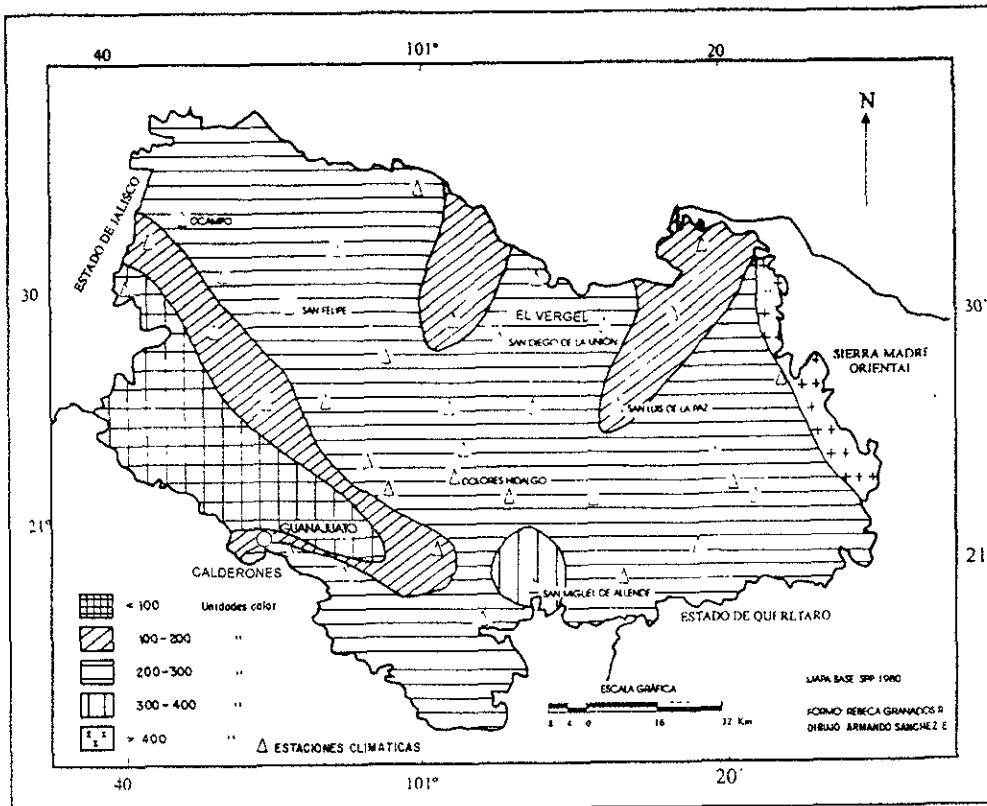
inmediaciones de las poblaciones: Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende y 4). por último una pequeña región al noreste registró más de 400 unidades calor (**Mapa 37**).



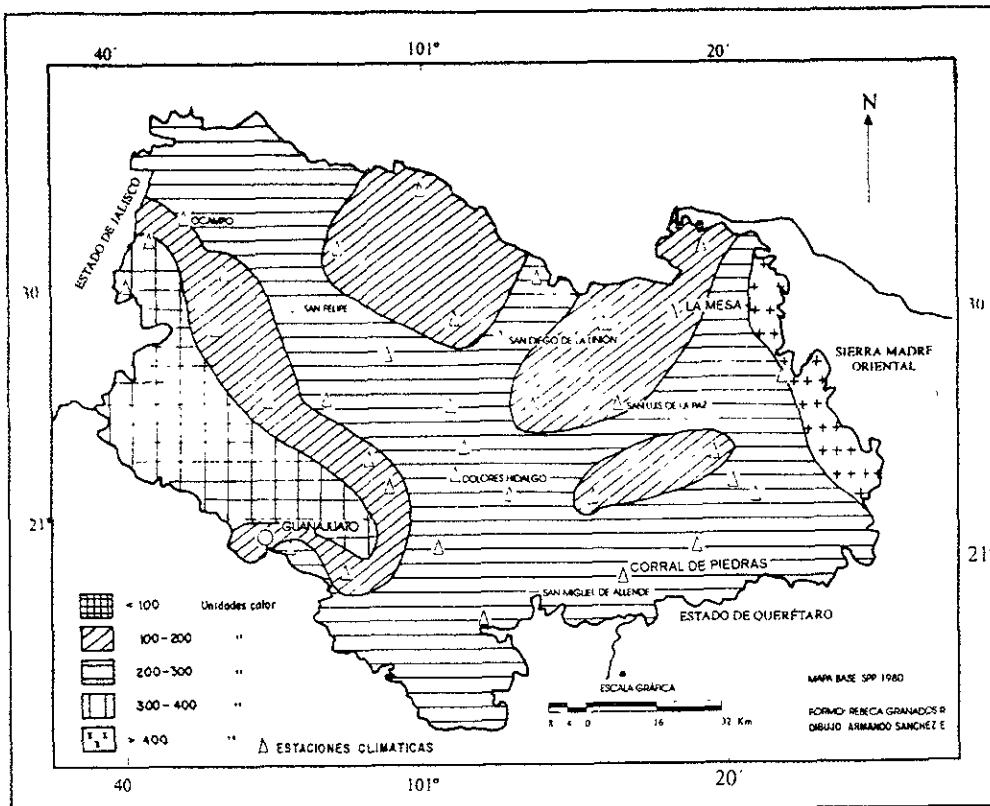
Mapa 37. Unidades calor en agosto

Para el mes de **septiembre** las áreas más elevadas, como la Sierra de Guanajuato registró valores menores a 100 unidades calor, en esta ocasión se formaron todos los rangos señalados en la simbología, el área de mayor proporción lo ocupó el intervalo de 200 -300 unidades calor (**Mapa 38**).

Para el mes de **octubre** las unidades calor disminuyeron, quedando la distribución como sigue: las unidades calor se distribuyeron entre 69.1 y 366 unidades calor formándose cuatro diferentes áreas de acuerdo a la cantidad de unidades acumuladas. Las áreas más elevadas quedaron incluidas entre menores de 100 y de 100 - 200 unidades calor. La máxima extensión fue ocupada por 200 - 300 unidades calor y una área situada al noreste, en las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental con una acumulación mayor a 400 unidades calor (**Mapa 39**).



Mapa 38. Unidades calor en septiembre



Mapa 39. Unidades calor en octubre

4.9 Siniestros climáticos

Los siniestros climáticos más desfavorables para la agricultura en México, son las heladas y en menor proporción también son las granizadas y los fuertes vientos (Coll-Hurtado 1982).

Son de todos conocidos los daños que causan algunos fenómenos meteorológicos en la producción agrícola, estadísticas de la entonces Aseguradora Nacional Agrícola y Ganadera reportó que para Guanajuato en el ciclo primavera - verano 80/80 el 92% de la superficie asegurada fue siniestrada, para el ciclo 81/81 el 84% de dicha superficie sufrió pérdidas y para 82/82 estas cifras ascendieron a 96%.

Actualmente los Distritos de Desarrollo Rural son los encargados de llevar el control de las superficies agrícolas tales como: programadas, sembradas, cosechadas, siniestradas, entre otros. En lo que respecta a siniestros engloban hasta tres fenómenos (heladas, granizadas y sequías) sin poder categorizar cuál fue el de mayor influencia.

Los registros climáticos manejados contemplan parámetros que son muchas veces desfavorables para la agricultura tales como: vientos, heladas y granizadas. Se determinaron para la región dichos eventos o adversidades climáticas.

4.9.1 Vientos

En general las estaciones manejadas no cuentan con instrumentos registradores de la velocidad del viento, señalan sólo la dirección. Al analizar dichos datos se observa que los vientos dominantes son del Oeste durante gran parte del año, en tanto que en verano y parte del otoño imperan los del Este. Los vientos producidos por los ciclones tropicales procedentes del Golfo no tienen gran influencia ya que llegan a la Mesa Central como vientos secos y con velocidades reducidas, después de atravesar las barreras montañosas de la Sierra Madre Oriental.

Al iniciar el verano, una práctica agrícola muy común es el barbecho, mismo que sirve para voltear la capa arable del suelo y permitir la penetración del aire, el viento ligero que

domina en esta época da lugar a la pérdida de humedad del suelo, siendo perjudicial para dicho ciclo agrícola. Fuera de estos efectos los vientos moderados no se consideran como siniestros para la agricultura en la Mesa Central.

4.9.2 Granizo

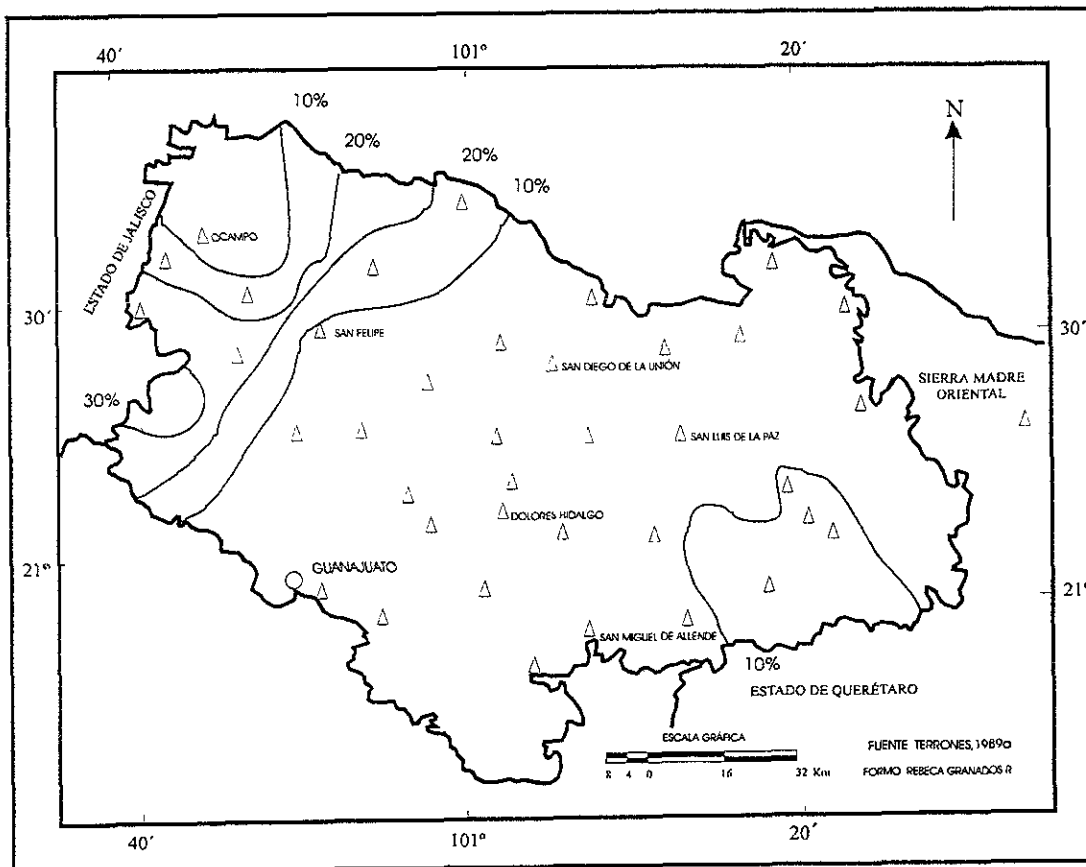
El granizo es un tipo de precipitación formado por acumulación más o menos concéntrica de hielo. Se define también como toda precipitación que llega al suelo en forma sólida y amorfa que mide de 2 a 5 milímetros de diámetro. Son difíciles de romper o aplastar cuando caen al suelo, además los granizos tienen la facultad de unirse entre sí (Terrones, 1989a). En cuanto a daños, el granizo afecta las flores, los frutos, las hojas y los tejidos corticales, y no sólo causa lesiones a los cultivos, sino también puede destruir la cosecha.

Los daños ocasionados en la vegetación dependen del tamaño de los gránulos, de la duración de la granizada y de la violencia de la caída. La distribución de la granizada no es de manera uniforme, se reparte por fajas o zonas. Es importante mencionar que, si el granizo cae al comienzo del periodo de crecimiento, las plantas pueden seguir su desarrollo rebrotando, e incluso dar una cosecha regular, pero si la granizada se presenta en la etapa productiva del cultivo, los daños mecánicos son graves, y la pérdida puede llegar a ser completa.

Respecto a los medios de lucha contra este fenómeno meteorológico, De Fina y Ravelo (1973), refieren que numerosos científicos en todo el mundo han concentrado sus esfuerzos para anular o al menos reducir los cuantiosos daños que causa anualmente el granizo en las áreas agrícolas. Algunos de los métodos de lucha empleados son: siembra de nubes graníceras con núcleo gigantes de sal y siembra de cristales de yoduro de plata, aunque los resultados que se han obtenido no han llegado a ninguna conclusión favorable, por lo que en la actualidad no se conoce un sistema seguro y económico para evitar la formación de granizo, pero es importante cuantificar la mayor incidencia del fenómeno para planear y programar la actividad agrícola.

Para el análisis de esta variable se utilizó la información disponible en los registros de datos, los cuales no son paramétricos "no ó sí", y por tanto se obtuvo la frecuencia media del evento en los meses de verano. La distribución de las granizadas sigue en términos generales la topografía del lugar acentuándose el número de granizadas (más de 3 días) en las principales sierras de la Mesa Central y a medida que disminuye la altitud el número de granizadas se reduce, así en las inmediaciones de la Sierra de Guanajuato se presentaron en promedio de 2 a 3 días, en la provincia se presentó este fenómeno con frecuencia de 1 día durante la época de verano. En general este fenómeno no llega a tener gran importancia dado que, en promedio, el número de días al año en que éste se presenta es bajo (Terrones, 1989a).

En general las granizadas se presentan en la época veraniega, no existe un mes en especial y los daños pueden ser reducidos y graves según la fase fenológica en que se encuentre el cultivo, Por lo anterior se han realizado estudios de probabilidad de este fenómeno en donde se limitan regiones con mayor riesgo en julio y agosto, fueron seleccionados estos meses ya que son los que presentaron la mayor frecuencia de granizo.



Mapa 40. Probabilidad de obtener un día con granizo (julio-agosto)

4.9.3 Heladas

Otro de los fenómenos meteorológicos que afectan fuertemente a la agricultura son las heladas. Se observa que en los últimos años el daño o destrucción de los cultivos por éste ha aumentado significativamente, a la vez que son más severos y el periodo normal de ocurrencia se ha ampliado, registrándose heladas muy tempranas o demasiado tardías

Los órganos de las plantas, o los individuos completos, mueren cuando son sometidos a la acción de un frío suficientemente intenso y prolongado (De Fina y Ravelo, 1973).

El daño por heladas en plantas es de la siguiente manera: entre las células del vegetal existe agua casi pura, pero dentro de las células en el protoplasma, el agua posee solutos que se congelan a temperaturas inferiores a 0 °C. Cuando esto sucede se forman cristales de hielo del agua existente entre las células. El protoplasma de las células expuestas a temperaturas bajo 0 °C, está sujeto a varios tipos de daños, entre los que están la gradual deshidratación, reduciendo el volumen de la célula y aumentando la concentración de sales en el líquido que permanece en la célula, para evitar la congelación de los líquidos protoplásmicos; sin embargo, la célula puede no dañarse y volver a su condición y forma original, pero al derretirse el hielo, el protoplasma se rehidrata rápidamente y puede ocasionar la ruptura del ectoplasma y de la membrana celular, o por otra parte, la concentración de sales en el protoplasma puede llegar a ser tan alta que cause efectos tóxicos (Terrones, 1989a).

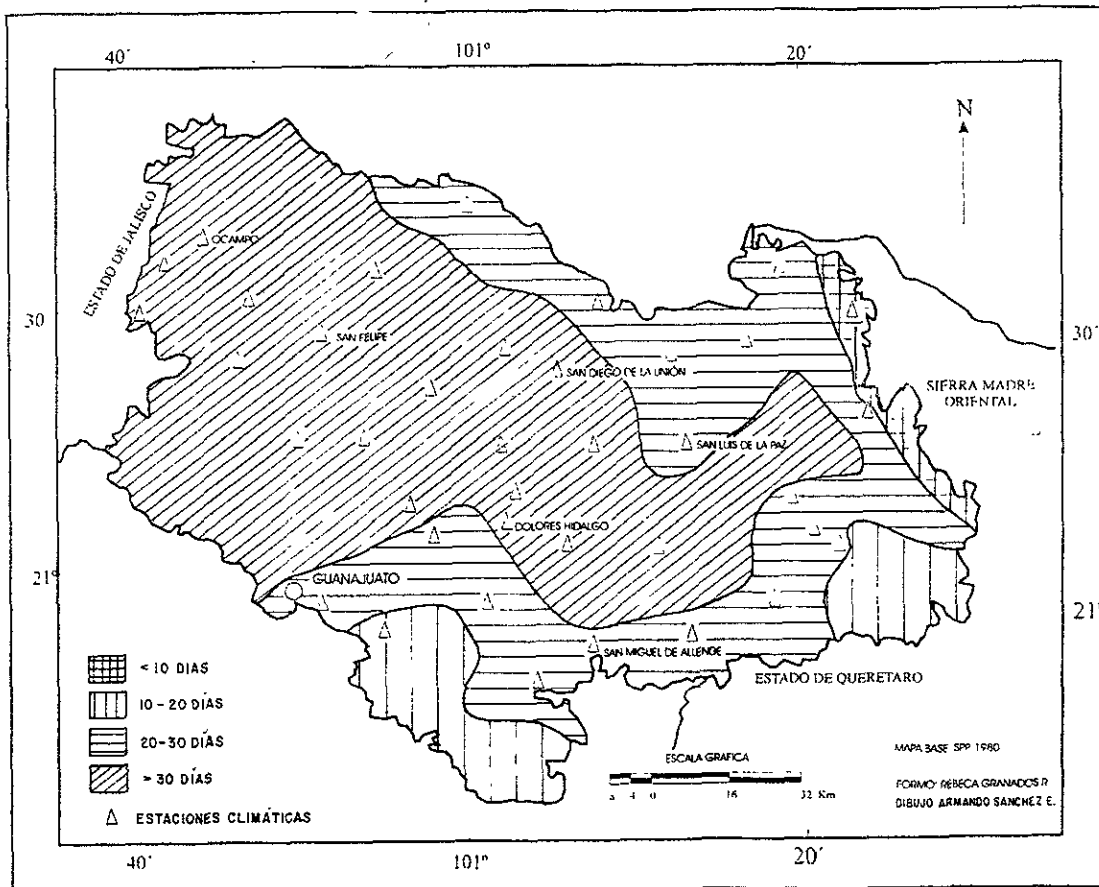
Conocer la frecuencia e intensidad de las heladas en una región, permite seleccionar las especies o variedades de cultivos adaptables a las condiciones ambientales de la región (de ciclo corto, maduración tardía o temprana o resistentes).

Para cuantificar la frecuencia e intensidad del fenómeno se analizó la base de datos del periodo octubre-febrero, resultando el **Mapa 41**. La mayor parte de la subprovincia Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato reportó en promedio hasta 30 días con heladas. Siguió en extensión la porción noreste con un rango de 20-30 días. Existen pequeñas áreas al sur y sureste con un registro promedio de 10-20

días e igualmente, en el extremo noreste hacia las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental con menos de 10 días de frecuencia.

En las zonas agrícolas de la provincia Mesa Central se tienen registros de que las primeras heladas se han presentado del 15 a 30 de octubre y las últimas, en la segunda quincena de abril. Los meses libres de heladas en general son siete, mismos en los que se adaptan sin riesgo alguno los cultivos de temporal.

Es necesario señalar que aunque el periodo libre de heladas permite el desarrollo de cultivos de temporal, no hay inicio de ciclo agrícola hasta que se encuentre definido el periodo húmedo, de tal forma que el periodo se reduce y por tanto, deberán seleccionarse variedades precoces para evitar daños por heladas tempranas.



Mapa 41. Frecuencia de heladas

5.1 Importancia del agua en los cultivos

El agua en todas sus formas tiene una participación fundamental en el crecimiento de los cultivos. Igualmente posee un papel importante en la constitución de la planta, a tal grado que en algunas constituye el 95% del total del contenido en masa. Por lo que respecta a las funciones del agua en las plantas son múltiples algunas de ellas son: Es el constituyente principal del protoplasma. Es una fuente de iones (hidróxilo), los cuales proveen electrones para las reacciones lumínicas y es un solvente gracias al cual, muchas otras sustancias son disueltas y así pueden reaccionar químicamente en el protoplasma Larcher, (1995). Como solvente transporta sustancias en el xilema (vasos leñosos) y floema (vasos liberianos) y probablemente también a lo largo del citoplasma de las células, lo que ayuda a mantener la rigidez o turgencia de toda planta. Las pérdidas y ganancias del vacuola celular de la planta, son responsables de una variedad de movimientos dentro de ella, en los estomas, en las hojas y flores, que son una respuesta también de la temperatura. Existe una delgada capa de agua alrededor de cada célula de la planta que permite la difusión de gases (CO_2 y O_2) dentro y fuera de las células. El agua actúa como un regulador de calor y hace posible que la planta absorba una gran cantidad de radiación solar sin elevar grandemente su temperatura; aun más, debido al calor latente, la transpiración actúa refrescando a la planta permitiéndole disipar el calor tomado de la radiación solar Gómez (1991).

Para el estudio de la actividad agrícola temporalera de cualquier región es esencial conocer la cantidad de agua disponible, la cual proviene directamente de la precipitación pluvial. Así como la distribución de ésta durante el ciclo agrícola.

La precipitación excesiva es perjudicial por ejemplo en fases fenológicas tempranas, debido al impacto de ésta sobre los retoños, además de que tiende a compactar las capas superiores del suelo, retrasando o impidiendo el brote de las plántulas. Igualmente causa grandes daños cuando cae excesivamente en la fase de la floración y fructificación y más, cuando se acompaña de granizo (Terrones, 1989a).

La humedad en el ambiente causada por precipitaciones continuas y abundantes, también llega a dañar los cultivos, pues permite o estimula la presencia de hongos especialmente en aquellas partes de la planta, en donde la circulación del aire queda restringida. El exceso de humedad en el suelo es decir, por arriba de la capacidad de campo, restringe el movimiento libre de oxígeno, formándose compuestos tóxicos para la raíz de la planta.

Contrariamente, se encuentran las condiciones de mínima precipitación y sequía bajo las cuales la cantidad de agua transpirada y evaporada excede el agua disponible del suelo, y si éstas condiciones no se equilibran mediante la aplicación de una cantidad suficiente de agua de riego, las plantas comienzan a marchitarse y terminan muriendo.

5.2 Régimen de lluvia

La base de datos de precipitación fue cuantificada y analizada y se obtuvieron como resultados los Cuadros XX y XXI.

Cuadro XX. Porcentaje de estaciones con diversos rangos de precipitación

Rango (mm)	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre
<50	95	0	3	5	10	90
50<100	5	67	39	66	66	10
>100<150	0	33	53	26	21	0
>150	0	0	5	3	3	0

Nota 39 estaciones fueron analizadas

En las estaciones trabajadas durante los meses anteriores a mayo y posteriores a octubre, se registraron en promedio menos de 50 mm, excepto en Calderones, localidad que en noviembre registró 59.8 mm.

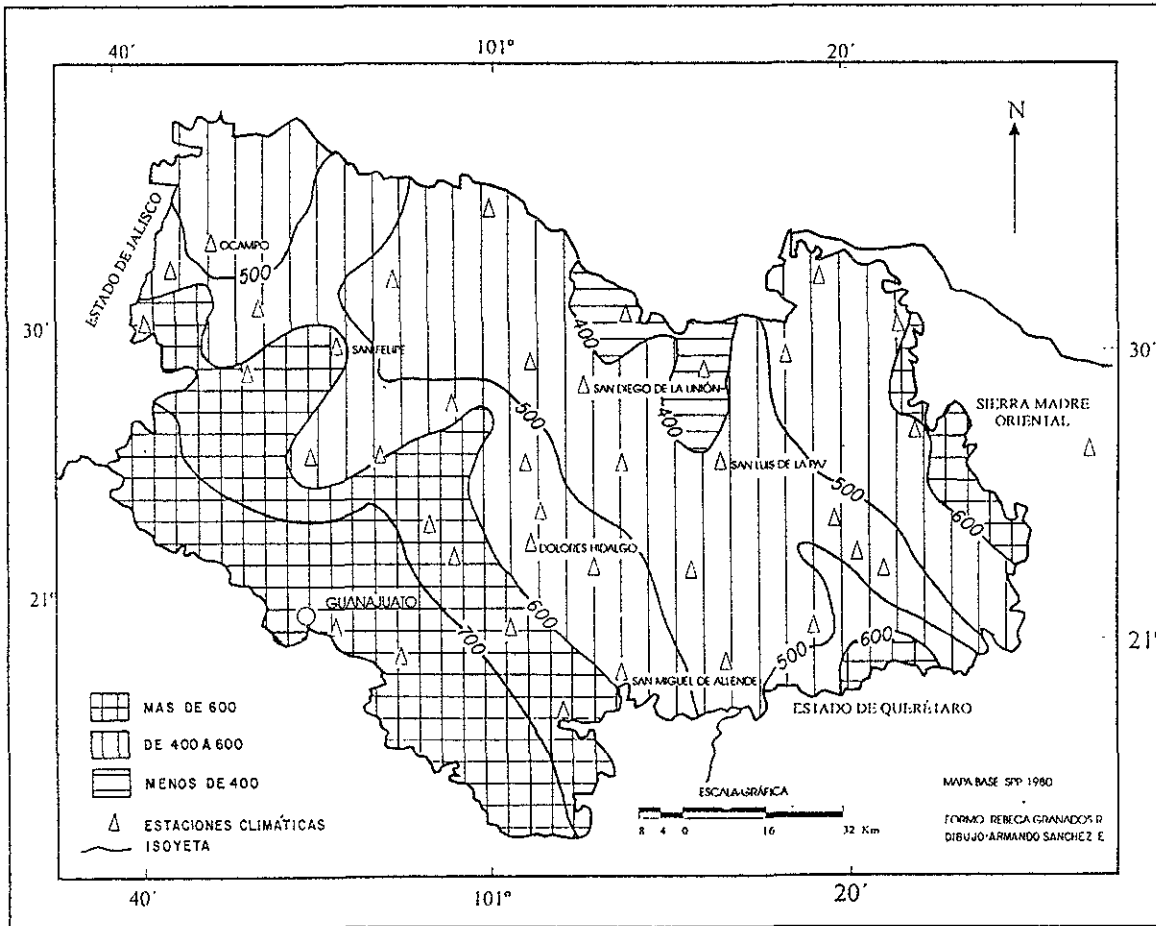
Las mayores cantidades de precipitaciones se registraron en julio, el 53% de estaciones recibieron entre 100 y 150 mm de lluvia lo anterior debido generalmente a la invasión de masas de aire cálido húmedo proveniente de ambos litorales, características de ésta época. De agosto a octubre las precipitaciones disminuyeron, el 66% de las localidades recibieron entre 50 y 100 mm.

Cuadro XXI. Precipitación media mensual (mm) en la Mesa Central

N	ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	MAY-OCT	%
1	Buenavista	9.3	7.1	3.5	11.3	47.5	98.4	105.4	74.2	74.9	36.0	6.2	19.2	493.0	436.4	88.5
2	Calderones	18.9	9.1	6.3	12.3	41.9	124.0	173.7	140.9	128.1	44.7	59.8	20.8	780.5	653.3	83.7
3	Cañada González	11.9	8.2	10.5	21.6	40.8	123.7	241.0	129.8	111.6	37.7	7.9	12.6	757.3	684.6	90.4
4	Charcas	13.4	8.4	10.2	23.2	41.1	82.3	97.6	73.5	72.5	32.4	9.3	9.4	473.3	399.4	84.4
5	Cinco Señores	15.0	5.7	10.6	15.0	36.7	120.0	142.0	121.4	122.4	38.8	9.5	31.6	668.7	581.3	86.9
6	Corral de Piedras	9.8	12.0	2.7	17.4	15.4	135.1	140.3	85.8	35.4	18.3	9.0	19.1	500.3	430.3	86.0
7	Dolores Hidalgo	8.7	4.7	1.7	22.3	28.0	74.6	82.5	66.9	49.7	26.9	14.1	7.9	388.0	328.6	84.7
8	Dos Arroyos	17.0	6.8	6.8	13.5	36.2	117.3	228.3	166.8	93.0	48.5	6.7	13.6	754.5	690.1	91.5
9	El Vergel	8.7	9.0	2.7	25.9	38.9	102.6	72.4	28.7	24.1	33.1	14.2	12.2	372.5	299.8	80.5
10	Hacienda San Juan	12.7	9.4	8.4	18.4	38.1	80.6	105.2	80.4	63.2	37.2	10.8	13.2	477.6	4.4.7	84.7
11	Jaral de Berrio	5.5	3.9	5.1	13.6	52.4	51.3	118.9	96.1	55.9	40.3	9.2	4.3	456.5	414.9	90.9
12	La Begoña	15.8	4.7	9.4	16.3	38.4	112.0	134.7	106.0	101.6	51.3	9.3	8.8	608.3	544.0	89.4
13	La Jaula	11.8	5.4	0.8	20.8	21.3	50.0	49.5	19.1	37.1	30.2	1.3	12.3	259.6	207.2	80.0
14	La Mesa	13.3	8.0	13.4	27.3	40.5	118.9	113.3	116.1	170.0	62.2	22.6	12.2	717.8	621.0	86.5
15	La Quemada	10.8	6.8	2.3	12.6	30.4	80.3	135.1	90.6	82.4	28.6	10.4	17.3	507.6	447.4	88.1
16	Las Trojes	12.0	6.0	2.0	11.0	22.0	60.0	77.0	58.0	67.0	25.0	10.0	11.0	361.0	309.0	85.6
17	Lobos	16.5	9.5	0.0	6.4	19.1	85.4	117.0	80.3	60.3	30.3	9.9	10.8	455.5	392.4	88.1
18	Los Rodríguez	20.5	11.9	6.6	14.3	42.5	79.1	110.8	92.7	78.6	33.1	6.7	7.8	504.6	436.8	86.6
19	Lourdes	12.1	6.8	13.4	18.9	29.6	88.3	76.7	63.9	59.5	32.1	4.7	9.2	415.2	350.1	84.3
20	Minas de Maguey	18.0	17.8	10.2	23.3	39.6	104	86.0	101.7	120.0	33.8	16.7	7.4	578.5	485.1	83.9
21	Ocampo	22.4	12.2	20.0	12.1	39.6	83.0	84.6	83.8	81.5	43.0	17.0	23.5	522.7	415.5	80.0
22	Peñuelitas	12.0	5.0	7.3	17.0	38.3	96.2	111.8	95.7	85.2	33.9	6.1	8.5	517.0	461.1	89.2
23	Pozos	21.4	10.0	12.9	19.0	32.4	86.8	97.7	67.2	74.1	37.0	9.4	12.2	480.1	395.2	82.3
24	Río Laja	14.9	3.7	8.3	19.7	42.2	117.0	116.5	120.3	103.8	34.4	18.8	10.0	609.6	534.2	87.6
25	S. Antón de los M.	16.8	8.8	12.4	14.7	47.1	121.4	147.3	125.0	104.5	50.9	11.6	14.4	674.9	596.2	88.3
26	S. José Iturbide	7.7	6.1	13.1	25.5	47.4	105.9	107.1	97.5	82.2	39.6	11.3	4.6	548.0	479.7	87.5
27	San Antonio de M.	9.3	7.8	9.1	20.7	40.8	91.8	83.5	57.1	94.8	34.9	10.4	6.9	467.1	402.9	86.3
28	San Diego de la U	9.1	5.8	8.4	11.8	38.2	81.0	70.5	67.5	68.7	27.9	5.5	11.3	405.7	353.8	87.2
29	San Felipe	21.6	7.6	2.6	18.2	32.2	66.7	106.5	89.7	50.7	34.5	10.9	12.5	453.7	380.3	83.8
30	San Isidro	6.9	2.8	3.0	9.8	20.5	61.1	73.7	62.5	69.8	58.6	2.5	7.5	378.7	346.2	91.4
31	San Juan de los Ll.	16.6	10.0	3.2	16.2	30.4	72.3	122.8	125.7	69.9	30.9	1.2	0	499.2	452.0	90.5
32	San Luis de la Paz	10.4	6.1	8.7	15.6	36.6	69.2	52.4	40.1	69.0	20.9	9.6	8.9	347.5	288.2	82.9

N	ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	MAY-OCT	%
33	San Miguel de A.	12.2	6.1	5.4	15.9	29.6	89.4	102.1	92.1	89.9	29.9	10.3	7.6	490.5	433.0	88.3
34	San Pedro de los A	0	0	0	12.9	39.5	75.7	85.2	67.7	72.8	37.4	12.5	8.9	412.6	378.3	91.7
35	Soledad Nueva	8.4	6.1	9.6	19.5	26.1	75.0	88.0	68.0	61.3	33.1	7.8	6.1	409.0	351.5	85.9
36	Tres Encinos	8.8	7.8	5.3	3.5	30.5	77.9	157.7	98.5	62.7	40.5	10.3	15.5	519.0	467.8	90.1
37	Villa Doctor Mora	15.6	7.9	10.7	20.6	55.6	75.2	120.7	83.4	72.4	30.7	9.0	10.4	512.2	438.0	85.5
38	Villa Victoria	11.0	6.1	7.4	26.6	52.4	94.6	85.2	81.0	87.9	37.8	8.6	7.2	505.8	438.9	86.8
39	Xichú	11.6	7.5	8.7	25.4	46.2	111.4	127.8	104.4	114.1	33.5	9.4	9.2	609.2	537.4	88.2

La precipitación media anual de las estaciones (**Cuadro XXI**) mostrará diferencias en la provincia de 244.5 mm en la estación La Jaula hasta 780.5 mm en Calderones. La mayor extensión de la provincia registró entre 400 a 600 mm y en general, dentro de este rango quedaron inmersas las subprovincias Llanos de Ojuelos y Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato. Desde esta extensa área hacia la Sierra de Guanajuato aumentó la precipitación, al igual que al este en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental (**Mapa 42**). Por otro lado, en las 39 estaciones analizadas el 80% las precipitaciones se concentraron de mayo a octubre.



Mapa 42. Precipitación media anual

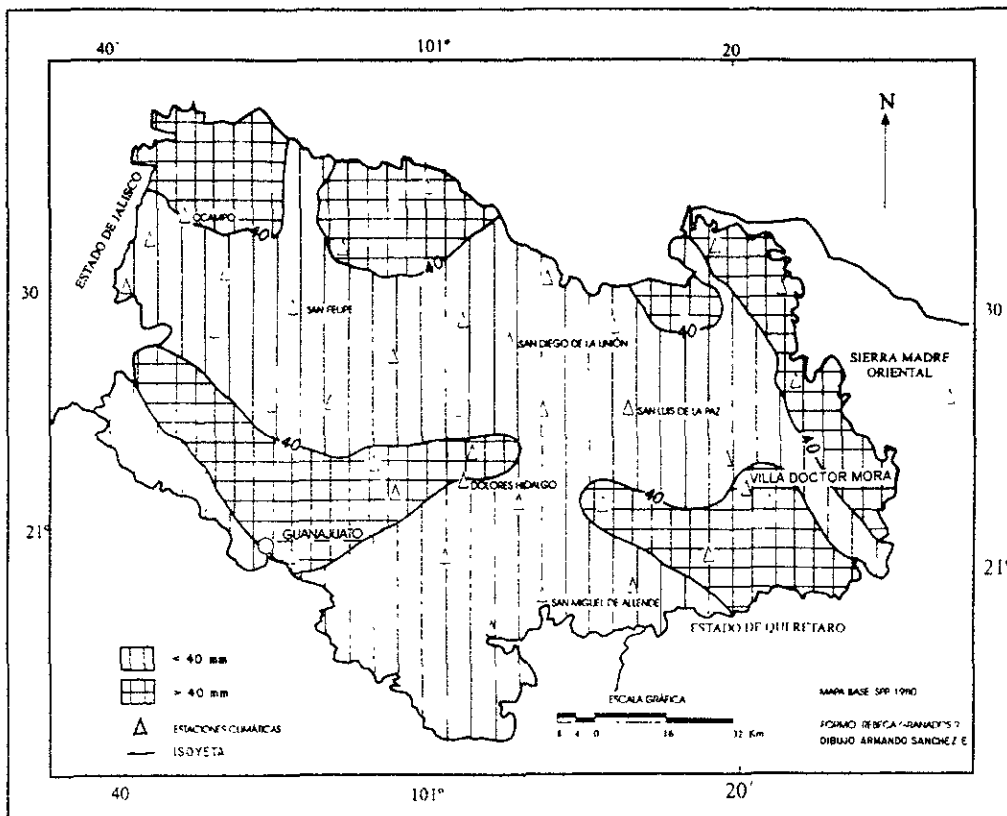
Con los anteriores análisis se confirma que la época lluviosa en la región queda comprendida de mayo a octubre, o sea típicamente de verano, temporada normalmente lluviosa en casi toda la República Mexicana.

5.3 Distribución de la precipitación media mensual

En la República Mexicana la distribución de la precipitación en el tiempo y en el espacio obedece, como se ha mencionado a la presencia del relieve en combinación con los vientos alisios predominantes, a la influencia de ciclones tropicales en verano, a la invasión de masas de aire polar y a la convección local.

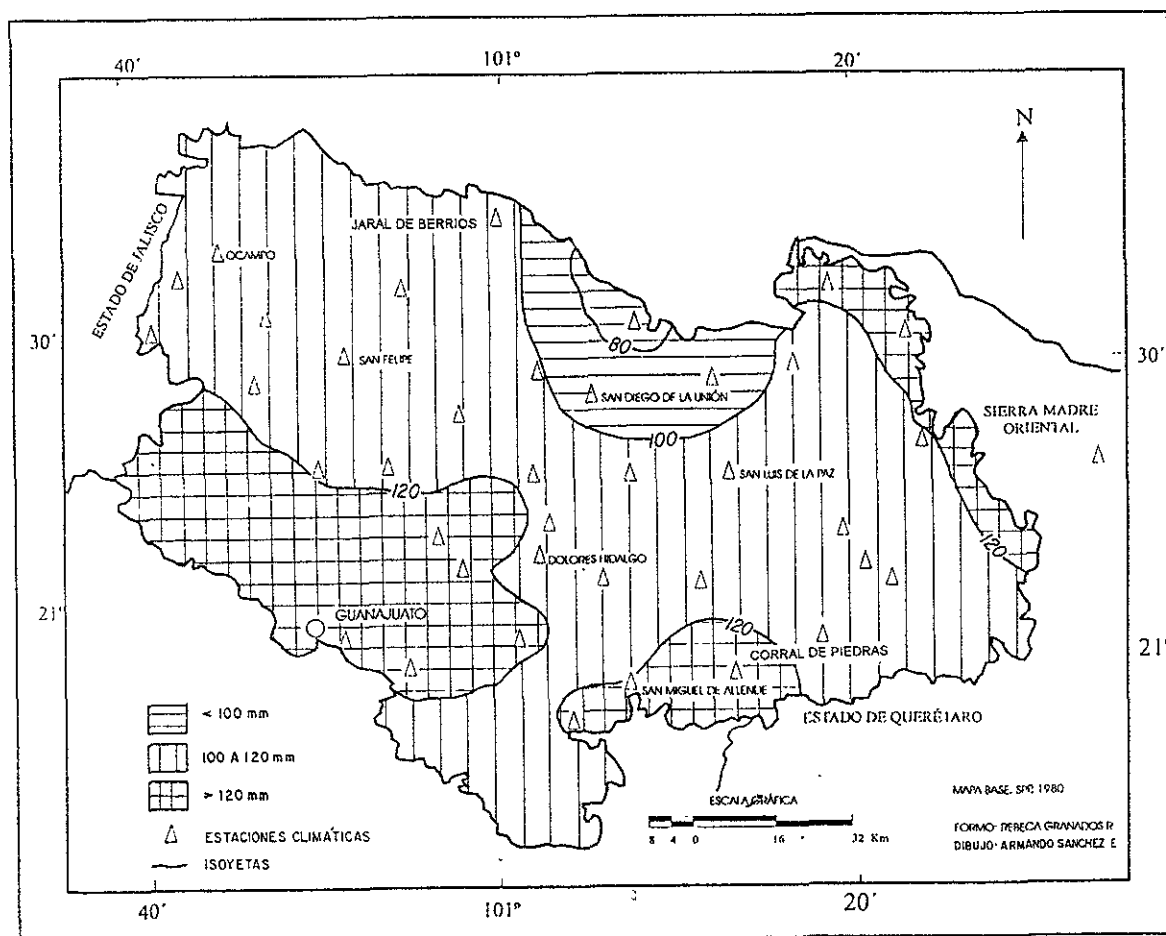
Si bien es cierto que el análisis de la precipitación anual discrimina las áreas secas de las húmedas, ésta pierde significado al relacionarla con fechas de siembra, prácticas culturales, etc., razón suficiente para recurrir al análisis de este indicador mes por mes.

Respecto a la distribución mensual de la precipitación, **mayo** se considera el inicio del temporal, mes en el que se diferenciaron dos rangos (**Mapa 43**). La mayor extensión de la provincia recibió menos de 40 mm, la menor precipitación se registró en la estación Lobos ubicada en la porción occidental de la provincia con 19.1 mm. La Sierra de Guanajuato, El Cubo, Cerro Gordo y estribaciones de la Sierra Madre Oriental ocuparon el otro rango con precipitaciones mayores a 40 mm. El valor más alto de este conjunto de datos, lo ocupó la estación Villa Doctor Mora con 55.6 mm.



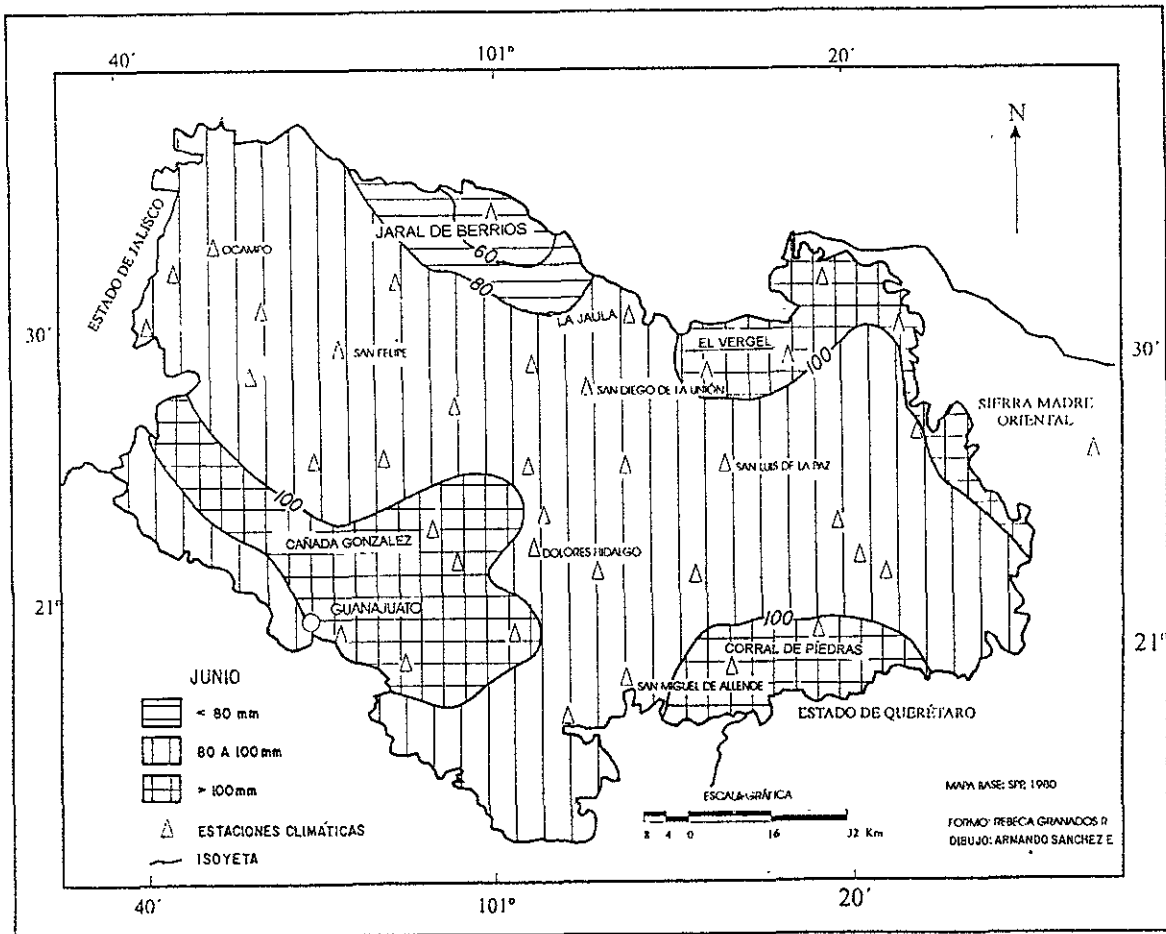
Mapa 43. Precipitación media mensual en mayo

Junio. El aumento respecto a mayo fue considerable, se diferenciaron tres rangos de acuerdo a la cantidad de lluvia 1) Precipitaciones mayores de 100 mm ocuparon pequeñas áreas en las zonas montañosas al oeste, norte y regiones adyacentes a la Sierra Madre Oriental; el valor mayor de este conjunto lo ocupó la estación Corral de Piedras con 131.1mm. 2) La mayor extensión la ocuparon las subprovincias Llanos de Ojetos y Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato que registraron precipitaciones de 80 a 100 mm. 3) El área menor correspondió a las inmediaciones de la estación Jaral de Berrio en la porción norte de la provincia, donde se recibieron menos de 80 mm (Mapa 44).



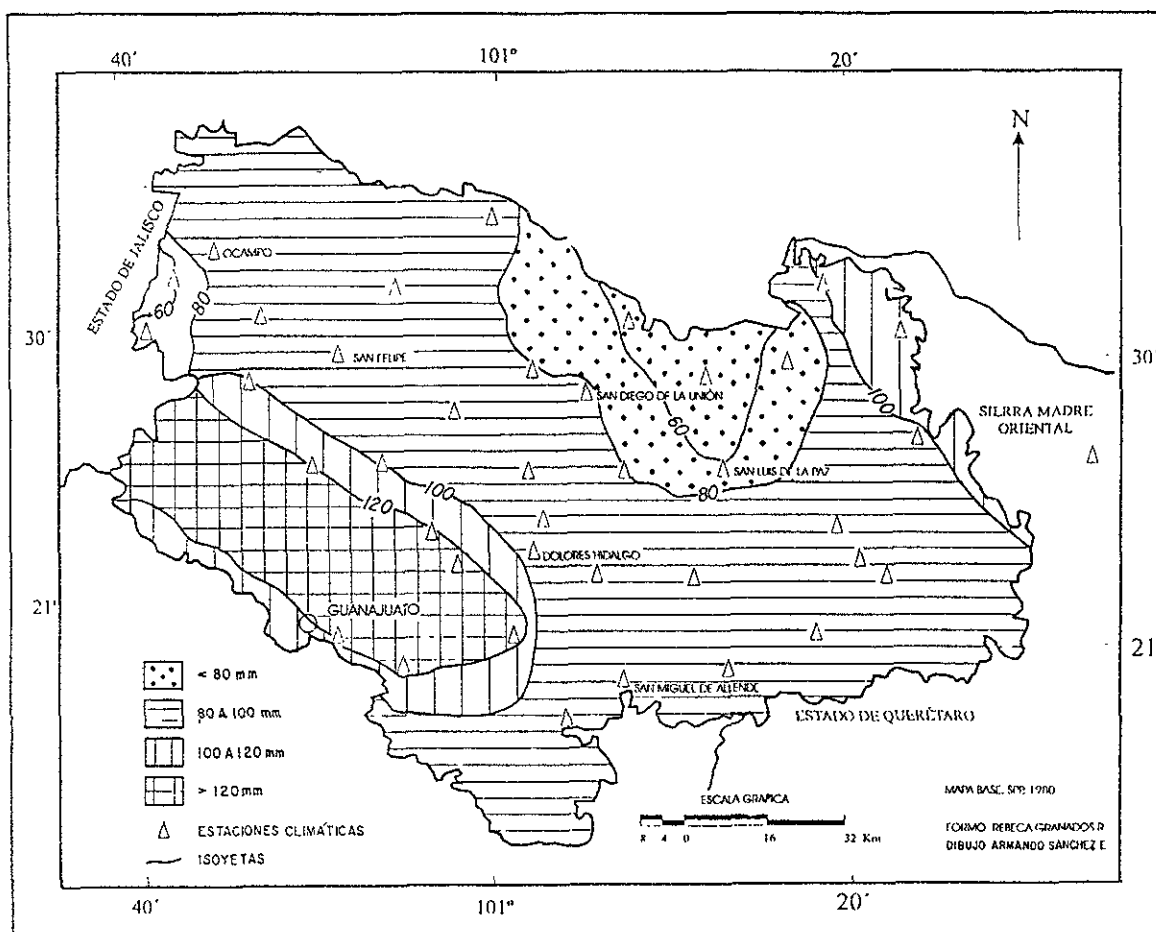
Mapa 44. Precipitación media mensual en junio

Julio. En promedio, se presentó un aumento de 20 mm de precipitación en toda la provincia. En este mes se diferenciaron tres rangos: precipitaciones mayores a 120 mm ocuparon áreas en las principales elevaciones, tales como: Sierra de Guanajuato, Santa Bárbara, Cerro Alto, Derrumbado y las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental. La estación con mayor valor fue Cañada González con 241 mm. La mayor extensión de la provincia recibió en promedio, de 100 a 120 mm dentro de esta área se encuentran las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato. Una pequeña porción al norte, registró en promedio menos de 100 mm en las estaciones: El Vergel, San Diego de la Unión y La Jaula con 72.4, 70.5 y 49.5 mm respectivamente (Mapa 45).



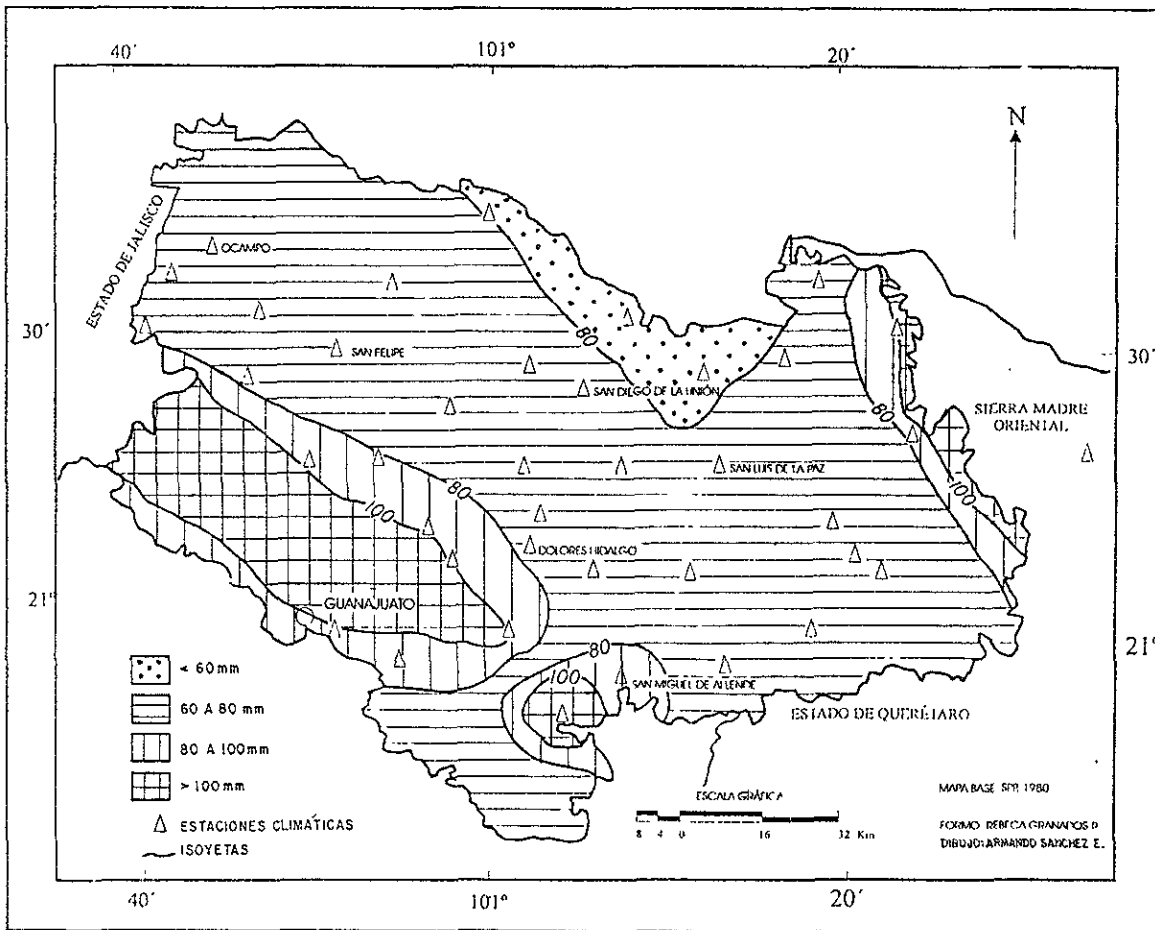
Mapa 45. Precipitación media mensual en julio

Agosto. En este mes existió reducción de precipitación, aproximadamente de 20 mm en toda la provincia, excepto en las áreas adyacentes a las Sierras de Guanajuato, Santa Bárbara y Sierra Madre Oriental, mismas que quedaron limitadas por las isoyetas de 100 y 120 mm. La estación Dos Arroyos con 166.8 mm fue la más elevada de este indicador. La mayor extensión con precipitaciones entre 80 a 100 mm correspondió a las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato. En la porción norte se extendió un área con lluvias menores a 80 mm y fue la estación La Jaula la que registró el valor más bajo tan sólo de 19.1 mm (**Mapa 46**).



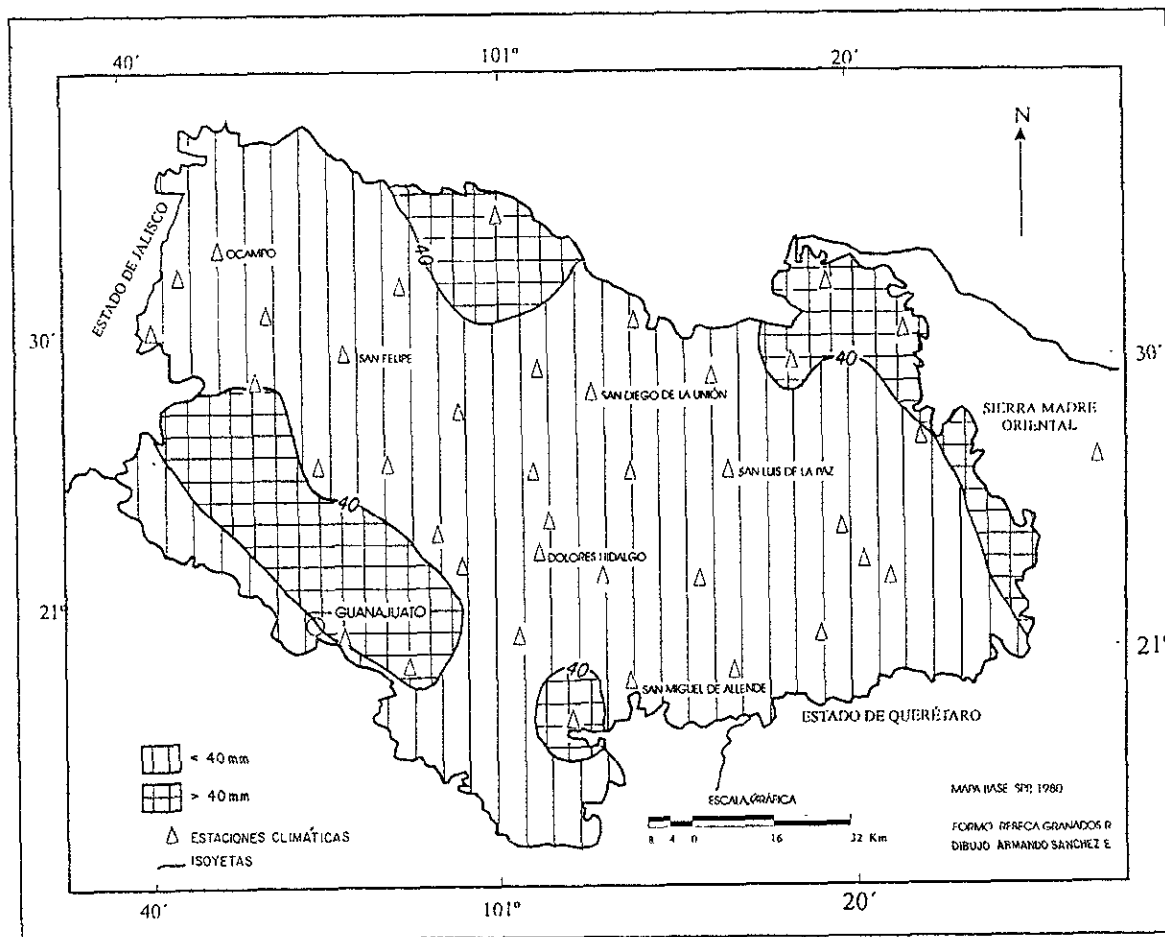
Mapa 46. Precipitación media mensual en agosto

Septiembre. Para este mes se presentó disminución general de 20 mm. Se diferenciaron cuatro rangos: Las precipitaciones mayores a 100 mm se localizaron en las principales elevaciones de la Sierra de Guanajuato, estribaciones de la Sierra Madre Oriental e inmediaciones de la estación Calderones. El rango entre 80 y 100 mm, ocupó áreas reducidas ubicadas en las zonas adyacentes a las anteriores. La máxima extensión de la provincia registró precipitaciones entre 60 y 80 mm. Las menores precipitaciones se presentaron en la porción norte de la provincia y fueron inferiores de 60 mm, tal fue el caso en promedio de la estación El Vergel que recibió 24.1 mm (Mapa 47).



Mapa 47. Precipitación media mensual en septiembre

Octubre. Mes en el que se diferenciaron dos rangos, la mayor extensión de la provincia recibió menos de 40 mm. La menor precipitación se registró en la estación Corral de Piedras ubicada en la porción sur-occidental de la provincia con 18.3 mm. En menor proporción las elevaciones de la provincia: Sierra de Guanajuato, El Cubo, Cerro Gordo, estribaciones de la Sierra Madre Oriental ocuparon el otro rango con precipitaciones mayores a 40 mm. El valor más alto de este indicador lo ocupó la estación La Mesa con 62.2 mm (**Mapa 48**).



Mapa 48. Precipitación media mensual en octubre

5.4 Probabilidad de la precipitación durante la época estival

Las cantidades mínimas, máximas y medias mensuales de precipitación, registradas y calculadas para el área de estudio fueron diferentes. Dicho indicador climático es de gran utilidad para conocer cuánto ha variado con respecto a la media. Los cálculos que permitieron conocer estas variaciones fueron la desviación estándar, el coeficiente de variación y la probabilidad de tener la precipitación media. El **Cuadro XXII** tomado de García, *et al.* (1974) indica que en todos los casos existen menos de 50% de probabilidad de obtener la precipitación mensual.

El análisis de las diversas variables de precipitación dio como resultado que la información fuera dispersa. En general en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre el coeficiente de variación fue menor al 100%, también existen coeficientes mayores al 100% en los meses de junio, julio, agosto y septiembre en algunas estaciones, esto indica que las cantidades de precipitaciones registradas fueron muy variables. Por ejemplo en la comunidad Río Laja en septiembre se reportó un coeficiente de variación de 111.8%. La cantidad mínima de lluvia fue de 0.0 mm, mientras que la cantidad máxima fue de 248.3 mm; por tanto, los datos de precipitación de este mes fueron diversos.

La desviación estándar en abril, mayo, octubre y noviembre fue baja, debido a que la dispersión de los datos fue mínima. La desviación estándar fue mayor de junio a septiembre, debido a que la dispersión de los datos fue considerable.

Al analizar la distribución de la precipitación media mensual y su probabilidad se observó en **mayo** una precipitación de 32 mm con probabilidad de 36 % de que se presente esta misma o una mayor cantidad de precipitación.

Cuadro XXII. Variables de precipitación

Estación Calderones

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACION MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =O MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	63.6	157.6	10.2	16.1	29.9
mayo	0.0	64.5	141.7	23.5	33.4	36.0
junio	15.0	246.0	61.8	107.5	66.4	41.7
julio	3.1	295.1	71.7	130.2	33.4	40.6
agosto	2.5	256.5	72.7	115.6	64.1	40.5
septiembre	2.2	354.0	89.0	114.2	102.6	40.4
octubre	0.0	129.0	119.0	40.3	18.1	34.3
noviembre	0.0	62.4	153.9	9.28	14.5	29.6

Estación Charcas

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACION MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =O MAYOR A LA MEDIA
abril	0.1	88.1	119.7	23.0	27.6	34.1
mayo	0.0	98.9	102.1	32.1	32.2	36.5
junio	11.1	241.9	75.6	97.0	73.3	40.3
julio	3.1	258.3	81.2	93.4	75.9	40.1
agosto	41.9	247.0	45.3	32.9	421.1	45.9
septiembre	4.3	301.6	77.4	95.6	74.2	40.2
octubre	0.0	189.5	133.6	57.1	76.3	32.6
noviembre	0.0	137.3	166.2	18.5	30.3	28.9

Estación Villa Doctor Mora

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACION MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =O MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	101.7	168.4	98.9	14.5	28.7
mayo	44.0	88.0	83.0	33.0	19.2	42.4
junio	17.4	441.2	64.8	112.0	72.0	42.0
julio	8.0	241.4	35.2	101.3	65.2	40.3
agosto	41.9	127.3	49.4	83.5	44.3	43.5
septiembre	4.3	318.8	77.8	105.5	94.1	40.2
octubre	1.0	126.4	110.9	52.2	59.0	35.6
noviembre	0.0	137.3	166.2	18.5	30.3	28.9

Estación Dolores Hidalgo

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACION MEDIA Xm	DESVIACION ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =0 MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	217.3	180.1	22.5	40.5	27.5
mayo	0.0	345.0	112.4	99.9	44.3	35.2
junio	3.0	223.2	62.6	88.7	63.1	41.5
julio	5.5	215.3	61.5	106.5	65.9	41.7
agosto	17.0	308.0	66.6	80.4	50.2	41.2
septiembre	0.0	253.0	88.2	82.4	75.9	39.0
octubre	0.0	195.0	140.6	49.0	88.6	31.6
noviembre	0.0	102.0	168.0	16.8	27.5	29.7

Estación Lourdes

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACION MEDIA Xm	DESVIACION ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =0 MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	137.6	164.1	22.8	37.5	29.2
mayo	1.8	83.0	94.4	32.5	30.7	40.9
junio	3.5	202.0	74.2	91.2	65.0	40.7
julio	0.0	188.0	103.2	67.4	69.6	36.3
agosto	13.8	156.0	52.6	68.6	36.1	43.0
septiembre	1.0	165.5	91.3	68.9	62.8	40.5
octubre	0.0	129.8	163.3	33.4	54.6	29.2
noviembre	0.0	80.7	189.8	18.0	24.7	26.5

Estación Ocampo

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACION MEDIA Xm	DESVIACION ESTANDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =0 MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	79.0	198.6	10.5	20.9	25.7
mayo	0.0	105.0	112.4	28.5	32.1	35.2
junio	1.0	292.0	73.7	87.5	64.5	40.5
julio	0.0	198.0	80.2	81.0	65.0	39.3
agosto	8.0	176.0	58.4	82.7	49.3	42.2
septiembre	0.0	168.5	75.9	75.1	57.1	39.4
octubre	0.0	108.0	129.3	29.8	37.2	33.1
noviembre	0.0	134.5	204.9	13.7	28.2	25.1

Estación Pozos

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =0 MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	131.6	151.3	22.0	33.4	30.6
mayo	1.2	96.1	79.9	35.1	28.1	40.2
junio	13.3	185.0	66.7	89.1	59.5	41.2
julio	0.0	121.2	94.4	64.4	60.8	39.0
agosto	8.5	139.1	51.3	79.3	40.7	43.1
septiembre	3.9	250.8	80.3	99.5	79.1	40.1
octubre	0.0	164.3	119.2	39.9	47.2	34.3
noviembre	0.0	76.6	179.1	13.1	23.4	27.7

Estación Río Laja

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =0 MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	116.6	165.0	21.4	35.4	29.1
mayo	0.0	153.3	119.8	41.1	49.2	34.3
junio	17.5	246.8	52.4	110.6	57.9	43.0
julio	5.0	420.0	85.7	114.7	98.4	40.2
agosto	20.4	213.7	63.3	84.2	53.3	41.6
septiembre	0.0	248.3	111.8	90.6	101.4	35.2
octubre	0.0	100.0	120.6	45.2	54.5	34.2
noviembre	0.0	75.7	181.9	14.7	26.7	27.3

Estación San Diego de la Unión

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =0 MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	61.0	185.9	10.4	19.4	26.9
mayo	0.0	221.5	123.8	37.8	46.8	33.8
junio	0.0	227.5	95.6	73.7	70.7	40.0
julio	0.0	502.6	99.2	76.2	75.6	40.6
agosto	0.0	202.5	113.9	64.1	73.1	35.0
septiembre	0.0	200.0	122.2	68.8	94.2	34.0
octubre	0.0	34.3	143.2	26.1	37.4	31.6
noviembre	0.0	52.0	188.8	9.3	10.1	26.6

Estación San Felipe

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =0 MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	160.0	137.9	24.7	34.1	32.1
mayo	3.9	95.9	70.6	36.3	27.0	40.7
junio	13.0	211.1	60.8	90.4	55.0	41.9
julio	0.0	152.9	89.5	66.1	59.2	38.5
agosto	0.0	150.0	157.2	311.0	49.1	29.9
septiembre	0.0	169.3	124.1	79.2	98.4	33.7
octubre	1.3	100.9	88.2	41.7	36.8	40.3
noviembre	0.0	97.0	183.3	13.2	24.3	27.2

Estación San José Iturbide

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =0 MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	77.5	137.1	24.5	33.6	32.2
mayo	0.0	114.7	93.79	47.5	44.5	38.9
junio	9.5	213.0	59.5	107.3	63.8	42.1
julio	9.0	317.5	73.9	105.6	78.0	40.5
agosto	13.5	224.5	62.0	95.0	59.0	41.7
septiembre	15.0	320.3	71.2	90.3	64.3	40.7
octubre	0.0	160.0	140.0	51.5	72.2	31.8
noviembre	0.0	101.0	489.5	15.7	28.9	27.2

Estación San Juan de los Llanos

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =0 MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	54.0	189.4	9.8	18.6	26.6
mayo	0.0	141.6	99.9	33.4	33.4	40.8
junio	13.2	355.6	68.0	89.2	60.7	41.0
julio	0.6	275.1	63.9	109.6	70.1	41.5
agosto	9.3	212.9	58.2	85.6	49.8	42.2
septiembre	0.0	229.5	32.6	86.0	79.7	39.7
octubre	0.0	157.0	123.4	82.5	89.5	33.5
noviembre	0.0	119.9	182.2	10.9	19.9	27.3

Estación San Luis de la Paz

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =O MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	133.0	189.0	17.6	33.8	26.6
mayo	0.0	258.6	136.6	40.2	54.9	32.2
junio	1.9	180.0	78.1	73.0	60.9	40.2
julio	0.0	125.0	108.7	45.5	49.5	35.6
agosto	2.6	201.8	88.3	45.4	40.1	40.3
septiembre	0.0	273.2	130.1	76.7	99.9	33.0
octubre	0.0	132.3	137.2	28.4	39.0	32.1
noviembre	0.0	66.0	194.0	11.9	23.2	26.1

Estación San Miguel de Allende

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =O MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	92.0	168.8	15.2	25.7	29.6
mayo	0.0	117.0	129.9	34.2	44.5	33.1
junio	0.0	293.6	81.7	104.9	55.7	39.1
julio	15.8	207.0	45.9	97.9	45.0	43.8
agosto	4.9	267.9	57.7	82.9	53.6	42.3
septiembre	2.0	232.3	60.6	95.8	58.1	41.9
octubre	0.0	107.9	134.6	33.9	45.7	32.2
noviembre	0.0	56.5	196.9	9.0	18.0	25.7

Estación Soledad Nueva

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN $100\sigma/Xm$	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =O MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	93.0	141.9	23.0	32.7	31.6
mayo	0.0	141.7	124.9	35.9	44.9	33.6
junio	0.0	194.9	112.1	71.9	52.7	35.2
julio	2.0	270.0	81.9	76.4	62.6	40.1
agosto	0.0	175.0	82.4	70.3	65.0	39.6
septiembre	0.0	275.9	114.7	74.2	85.2	34.9
octubre	0.0	187.0	135.3	57.2	77.4	32.4
noviembre	0.0	80.6	172.1	11.5	19.8	28.3

Estación Villa Victoria

MES	CANTIDAD MÍNIMA DE LLUVIA mm	CANTIDAD MÁXIMA DE LLUVIA mm	COEFICIENTE DE VARIACIÓN 100s/Xm	PRECIPITACIÓN MEDIA Xm	DESVIACIÓN ESTÁNDAR s	PROBABILIDAD DE TENER UNA PP =O MAYOR A LA MEDIA
abril	0.0	100.0	171.9	20.8	29.7	31.6
mayo	0.0	134.6	81.7	45.0	40.1	39.3
junio	3.7	262.1	81.4	94.9	69.2	40.1
julio	0.0	172.2	81.6	70.8	57.8	39.3
agosto	12.5	253.0	70.2	79.5	55.2	40.9
septiembre	7.5	322.9	71.0	91.6	65.0	40.7
octubre	0.0	130.0	110.7	36.3	40.2	35.4
noviembre	0.0	91.3	182.0	14.6	26.5	27.3

García *et al*, 1974

En **junio** se presentó un aumento en la precipitación media de 125mm en casi toda la provincia, con probabilidad de 40% de que esto suceda. En **julio** las precipitaciones fueron semejantes al mes anterior, las subprovincias Llanos de Ojuelos y Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato recibieron precipitaciones medias de 125 mm. La probabilidad de que caiga esta precipitación media o más fue de 44%. Cabe resaltar que en este mes en el extremo occidente, se registran precipitaciones de 200 mm, en la parte correspondiente a la Sierra de Guanajuato. Las precipitaciones medias de **agosto** aumentaron del centro al sur y occidente desde menos de 80 a más de 120 mm, la probabilidad de ocurrencia en la mayor parte fue de 40%. De nuevo llama la atención la porción occidental, por ser la zona que recibe las mayores precipitaciones. En **septiembre** casi la totalidad de la provincia recibió precipitaciones de 125 mm con probabilidades de 40 %.

Al finalizar la época de verano, en la totalidad del área en estudio, disminuyeron las precipitaciones hasta 32 mm al norte y 64 al oeste, con probabilidades de 36 y 40 % de que caiga la precipitación media o más.

En otros estudios de probabilidad para el estado de Guanajuato se ha calculado este indicador a nivel decenal y a diferentes porcentajes de probabilidad (Terrones 1989b).

Para obtener la precipitación media, los porcentajes de probabilidad fueron siempre menores al 50% (lo que revela la carencia de precipitación en la zona) y a medida que se aumentaba la probabilidad disminuía considerablemente la precipitación. Para la estación Ocampo en la segunda decena de mayo se presentó una precipitación media de 10.0 mm, existe una probabilidad de 30% de que se presente una cantidad semejante a la media (9.3 mm) y por otro lado 1.0 y 0.0 mm a 80 y 90% de probabilidad. Para la estación San Felipe se presentó en la segunda decena de agosto una precipitación media de 26.3 mm, con la probabilidad de 40% de que se registre la misma cantidad y se recibirían 2.5 mm con probabilidad de 90% (Cuadro XXIII). En síntesis, se considera que la lluvia media para la región no es elevada, como tampoco lo es la probabilidad de recibir esta media o una cantidad mayor a ésta.

Cuadro XXIII. Lluvia decenal probable

Estación San Felipe

Mes	decena	NIVELES DE PROBABILIDAD									PRECIP MEDIA
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	
enero	1	7.3	3.7	2.3	1.3	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	2.4
	2	18.4	9.2	4.6	2.3	1.0	0.4	0.1	0.0	0.0	6.1
	3	11.8	5.9	3.3	1.7	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	3.9
febrero	1	6.5	3.3	2.0	1.1	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	2.2
	2	8.1	4.0	2.3	1.2	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	2.7
	3	6.5	3.2	1.8	1.0	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0	2.2
marzo	1	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
	2	1.4	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.5
	3	2.0	1.3	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.8
abril	1	10.0	5.0	3.1	1.9	1.0	0.5	0.2	0.1	0.0	3.3
	2	21.3	10.6	6.6	3.6	2.0	0.9	0.3	0.1	0.0	7.1
	3	5.3	2.8	1.6	1.0	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	1.7
mayo	1	19.5	10.4	6.1	3.7	2.1	1.1	0.5	0.1	0.1	6.5
	2	39.5	22.2	13.6	8.0	4.9	2.8	1.2	0.4	0.0	13.2
	3	39.3	24.5	16.4	11.4	7.4	4.1	1.8	0.2	0.1	17.5
junio	1	58.2	32.7	20.0	11.8	7.3	3.6	1.8	0.7	0.0	19.4
	2	52.2	27.7	16.3	9.8	5.7	2.8	1.2	0.4	0.0	17.4
	3	63.9	43.9	31.9	24.0	18.6	13.3	8.6	4.6	1.3	28.4
julio	1	94.3	65.6	47.1	34.8	25.6	17.4	11.3	5.1	0.0	43.7
	2	99.4	73.4	56.8	45.0	34.3	26.0	17.7	9.5	0.0	50.5
	3	55.6	37.0	26.6	18.5	13.3	8.7	5.2	1.7	0.0	24.7
agosto	1	67.0	47.5	36.3	27.9	20.9	16.0	11.2	7.7	3.5	29.8
	2	54.3	39.5	30.8	24.7	19.1	14.8	10.5	6.8	2.5	26.3
	3	51.3	35.0	25.7	19.2	14.0	9.3	5.3	1.2	0.0	24.9
sept.	1	47.5	35.6	27.3	20.8	15.4	11.3	7.1	2.4	0.0	25.3
	2	71.8	47.9	32.9	23.9	17.2	11.2	6.7	2.2	0.0	31.9
	3	53.1	33.2	22.1	15.5	10.0	6.1	2.8	0.3	0.0	23.6
octubre	1	35.8	17.9	11.2	6.1	3.3	1.7	0.7	0.2	0.0	11.9
	2	38.2	26.1	19.1	14.3	10.4	6.9	3.9	0.9	0.0	18.5
	3	22.3	14.2	10.1	7.1	4.8	2.7	1.2	0.0	0.0	8.3
nov.	1	14.2	7.1	4.4	2.4	1.3	0.7	0.3	0.1	0.0	4.7
	2	6.6	3.3	1.8	1.0	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0	2.2
	3	15.2	7.6	4.3	2.4	1.4	0.6	0.2	0.1	0.0	5.0
dic	1	20.5	10.9	6.4	3.8	2.2	1.1	0.6	0.2	0.0	6.8
	2	6.6	3.3	2.1	1.1	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	2.1
	3	5.4	2.9	1.7	1.0	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	1.8

Terrones, R. R. (1989)

Mes	decena	NIVELES DE PROBABILIDAD									PRECIP.
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	MEDIA
enero	1	2.2	1.2	0.7	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.7
	2	15.4	7.7	4.3	2.2	1.1	0.5	0.2	0.0	0.0	5.1
	3	14.6	7.3	3.7	2.1	1.0	0.4	0.1	0.0	0.0	4.9
febrero	1	2.0	1.1	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.6
	2	7.9	4.0	2.5	1.5	0.8	0.3	0.2	0.0	0.0	2.6
	3	14.4	7.2	4.5	2.4	1.3	0.7	0.3	0.0	0.0	4.8
marzo	1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
	2	3.9	2.1	1.2	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	1.3
	3	4.9	2.4	1.3	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	1.6
abril	1	14.1	7.0	3.9	2.4	1.3	0.5	0.2	0.0	0.0	4.7
	2	11.1	5.5	3.1	1.7	0.9	0.3	0.1	0.1	0.0	3.7
	3	5.3	2.7	1.4	0.8	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	1.8
mayo	1	21.9	10.9	6.2	3.4	1.7	0.8	0.3	0.0	0.0	7.3
	2	29.9	15.9	9.3	5.6	3.3	1.8	0.8	0.1	0.0	10.0
	3	19.6	13.7	10.3	7.8	5.6	3.7	1.9	0.2	0.0	8.1
junio	1	20.6	16.6	13.2	10.4	8.3	5.8	2.5	0.0	0.0	9.4
	2	33.7	17.9	10.5	6.3	3.7	1.8	0.8	0.0	0.0	11.3
	3	79.5	39.7	22.3	12.4	6.2	3.1	1.2	0.2	0.0	26.5
julio	1	77.1	38.5	24.1	13.2	7.2	3.6	1.5	0.3	0.1	25.7
	2	95.0	63.3	47.5	35.6	25.7	17.8	10.9	0.4	1.0	42.2
	3	77.5	55.4	42.5	33.2	25.8	19.3	12.9	5.9	0.0	39.4
agosto	1	67.6	50.7	37.6	29.1	20.6	13.1	0.0	5.5	0.0	27.8
	2	55.4	39.4	29.2	20.4	13.8	8.0	0.0	0.0	0.0	21.6
	3	52.9	40.4	32.7	26.4	21.6	16.7	11.8	0.0	0.0	29.7
sept.	1	28.9	18.8	13.0	8.6	5.1	2.5	0.0	6.9	0.0	10.7
	2	53.4	39.3	30.9	23.9	18.3	12.7	7.0	0.0	0.0	30.0
	3	43.7	25.8	14.9	7.9	3.9	1.0	0.0	0.0	0.0	14.7
octubre	1	36.5	18.3	11.4	6.2	3.4	1.7	0.7	0.0	0.0	12.2
	2	35.1	26.8	21.7	18.0	14.8	11.5	8.3	0.2	0.0	19.7
	3	16.4	8.2	5.1	2.8	1.5	0.8	0.3	4.6	0.0	5.5
nov.	1	9.2	4.6	2.9	1.6	0.9	0.4	0.2	0.1	0.0	3.1
	2	8.9	4.4	2.5	1.2	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	3.0
	3	16.2	8.1	4.5	2.5	1.2	0.6	0.2	0.0	0.0	5.4
dic.	1	23.5	11.8	6.6	3.7	1.8	0.9	0.4	0.1	0.0	7.8
	2	12.2	6.9	4.2	2.4	1.5	0.8	0.4	0.1	0.0	4.1
	3	15.9	9.5	5.8	3.7	2.1	1.2	0.6	0.2	0.0	5.7

Terrones, R. R. (1989)

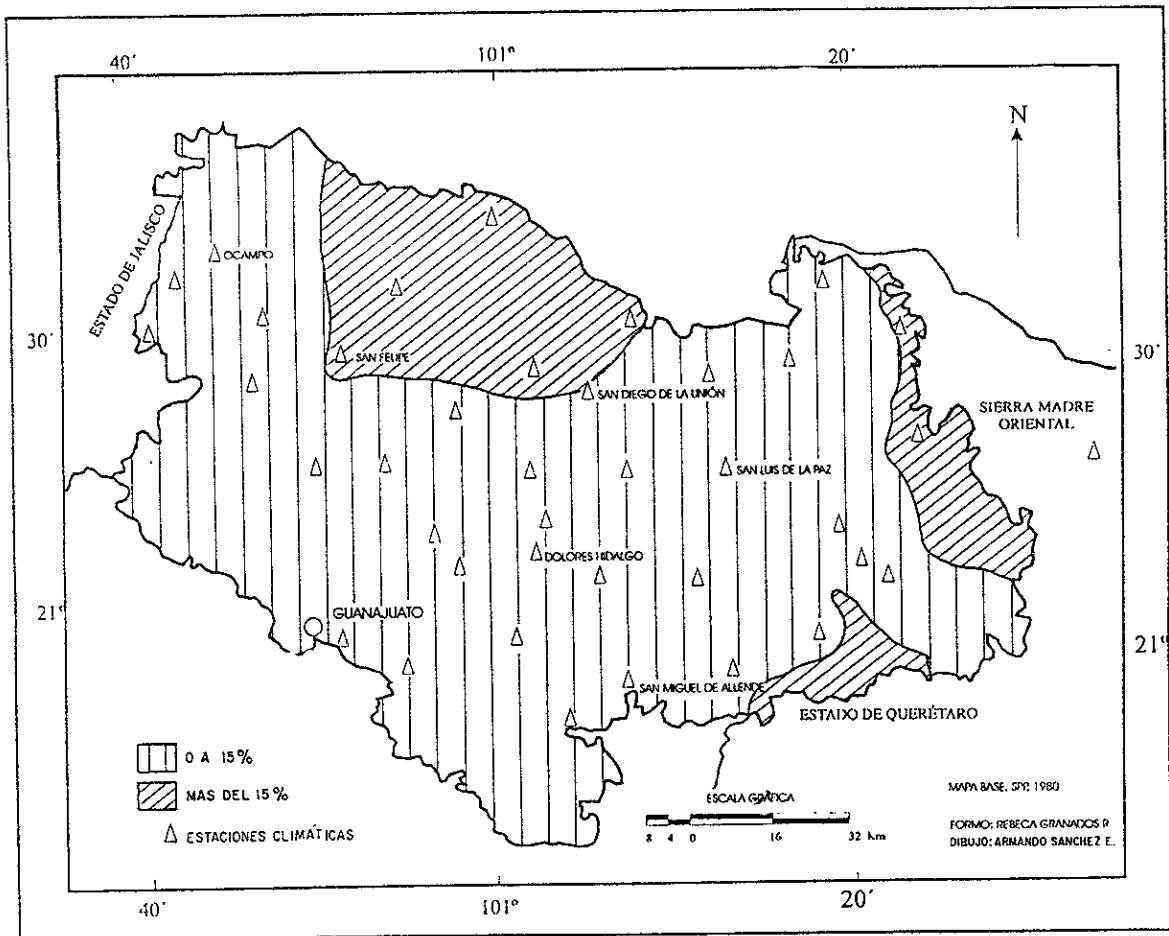
5.5 Sequía intraestival, cuantificación, intensidad y duración

En la distribución de la precipitación de verano se observa un comportamiento bimodal; es decir, que se registra una disminución de las lluvias precisamente cuando se espera una mayor cantidad (dos máximos de lluvia unidos por un mínimo) fenómeno designado como sequía intraestival y conocido comúnmente como "canícula", o disminución de precipitación a mediados de la época lluviosa.

Las causas de dicho fenómeno, aparentemente no son bien conocidos, se dice que obedece a cambios en la circulación general de la atmósfera que año con año tiene lugar, es decir, debido a la presencia de una vaguada polar que bloquea la entrada de los vientos alisios y de los ciclones tropicales en el Golfo de México, Mosiño y García (1966) y Mosiño y Reyna (1989).

El delimitar áreas afectadas por la sequía intraestival con base en la duración e intensidad del mismo, es relevante para los cultivos de temporal, porque cuando la incidencia del fenómeno es mayor se expone a la pérdida parcial o total del cultivo debido a la escasez de lluvia, si ésta se da en el periodo crítico de las plantas.

Las fórmulas empleadas para el análisis de la sequía fueron el propuestas por (Mosiño y García, 1966), estas mismas se aplicaron en el área de estudio y permitieron la elaboración del mapa respectivo (Mapa 49).



Mapa 49. Intensidad de la sequía

La evaluación que se realizó de este fenómeno corresponde al promedio del periodo (1960-1997), en el cual existen años en que el fenómeno fue más intenso.

La mayor parte del área en estudio presentó intensidades de sequía de 0 a 15%, ocupando casi toda la subprovincia Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, por otro lado, se formaron tres pequeñas porciones: al norte representada por las estaciones de San Felipe, San Pedro Almolyan, Jaral de Berrio, La jaula y Hacienda San Juan; al este en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental (estaciones Minas de Maguey y Victoria) y una reducida porción cercana a las estaciones de San Miguel de Allende, Corral de Pierdas y San José Iturbide. La intensidad de este fenómeno en promedio fue moderada, pero sus efectos en la producción para algunos años fue de gran significado, ya que algunas estaciones padecieron sequías mayores al 50% tal fue el caso de las estaciones Victoria y San Felipe donde la sequía en 1971, fue de 50.3 y 55.1 %, respectivamente.

Es importante señalar que para los cultivos la intensidad de la sequía es significativa, pero también el mes en que se presenta, puesto que en algunas estaciones y en algunos años se presenta en julio, agosto o inclusive en septiembre y depende de esto el grado de afectación a los cultivos.

En el área en estudio el déficit de precipitación se presentó con mayor frecuencia en julio y agosto y con menor frecuencia junio y septiembre; generalmente cuando los cultivos se encuentran en las primeras fases de desarrollo.

La sequía puede coincidir con la germinación de las plantas o bien, la falta de precipitación en una fase frágil del cultivo arruinaría las cosechas. Esto estará en relación directa con el tipo de cultivo y de sus variedades.

En 1996 en las subprovincias Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato y Llanos de Ojuelos se registraron precipitaciones totales de 336 y 456.7 mm, respectivamente, durante el desarrollo de los cultivos de temporal. En ambas áreas no hubo "canicula".

Para 1997 las precipitaciones en ambas subprovincias fueron mayores en relación al año anterior: 456.7 y 511.0 mm, durante el desarrollo del maíz y frijol y principalmente a partir de las fases espiga y floración respectivamente se presentó una disminución considerable de precipitación en tres meses continuos, dando como resultado reducciones importantes en la producción de granos básicos.

6.1 Características meteorológicas en superficie (de 0 - 1 000 msnm) y niveles medios (de 1 000 - 6 000 msnm)

Las fluctuaciones que presentan las temperaturas y las precipitaciones a lo largo del año, tienen su origen en las condiciones prevalecientes de la atmósfera sobre todo en superficie (de 0-1 000 msnm) y niveles medios (de 1 000 - 6 000 msnm). La época húmeda se inicia, debido al desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia hacia el norte del Ecuador Geográfico, el flujo de los vientos alisios que proceden del mar, introducen humedad al país. Esto sucede comúnmente a partir del mes de junio; sin embargo, existen lluvias escasas en mayo y en algunas ocasiones desde abril. Por tanto, es la corriente húmeda de los alisios la que invade casi todo el país de junio a octubre y determina la estación de lluvias en México. Esta se intensifica durante los meses de julio, agosto y septiembre y se prolonga hasta octubre por la influencia de las ondas del este y los ciclones tropicales. Sólo una pequeña área en el noroeste de Baja California tiene un régimen en el que predominan las lluvias invernales de tipo mediterráneo (Jáuregui, 1979).

En general las perturbaciones que originan la precipitación en México son: Los vientos alisios, los ciclones tropicales y las invasiones de aire polar (Maderey, 1980)

El estado de Guanajuato, localizado en la parte central de la República Mexicana, ve afectado su tiempo atmosférico fundamentalmente por las perturbaciones meteorológicas anteriormente citadas.

Mediante la interpretación de imágenes diarias del satélite GOES 8 (canal 5 infrarrojo) contenidas en los Boletines Meteorológicos para la Agricultura del Servicio Meteorológico Nacional, se resumieron las condiciones prevalecientes en la atmósfera en superficie y niveles medios, durante los años 1996 y 1997, años en que también se realizó análisis de diversos indicadores climáticos, trabajo de campo en las zonas agrícolas temporaleras y monitoreo de las mismas.

Condiciones atmosféricas de enero a diciembre de 1996

Del 1º al 31 de enero influyeron en el territorio mexicano nueve frentes fríos localizados en su totalidad al sur de los Estados Unidos, cuyas trayectorias fueron con dirección sur y sureste. Desde su aparición en el territorio sus intensidades fueron: fuerte, moderada y débil con desplazamiento desde 20 a 40 km/h y rachas de hasta 80 km/h y al ser acompañados de masas de aire frío polar ocasionaron descenso de temperatura en los estados del norte y Mesa Central.

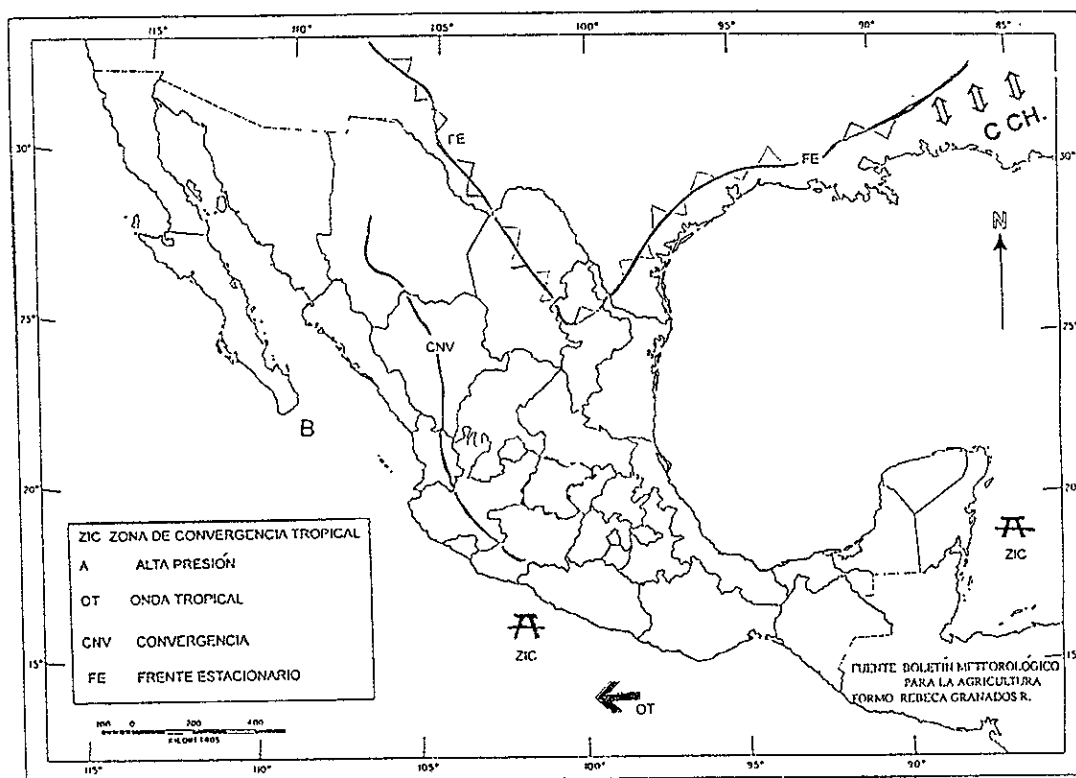
La dinámica atmosférica anterior provocó heladas principalmente en las partes elevadas de las sierras del norte del país. Los frentes fríos se asociaron con sistemas de alta presión y vaguadas frontales dentro del territorio, los anteriores dieron lugar a nublados y precipitaciones de 5 a 20 mm, y además tormentas aisladas a lo largo de su trayectoria.

Los frentes que se presentaron a partir del día 22 se asociaron a la corriente de chorro y provocaron nevadas en las zonas montañosas de más de 3 000 msnm. Los frentes continuaron su influencia en febrero de manera estacionaria, debilitándose poco a poco. En total el tiempo atmosférico del país estuvo influenciado por seis frentes fríos, los cuales acompañados de masas de aire frío polar y asociados con sistemas de baja presión, líneas de vaguada y la corriente de chorro provocaron a lo largo de su trayectoria heladas, cielos nublados y precipitaciones.

Durante marzo el territorio mexicano estuvo afectado por diez frentes fríos procedentes del norte del continente, desplazándose al este y sureste. Durante su trayectoria y al asociarse con líneas de vaguadas, sistemas de baja presión y la corriente de chorro en la altura dieron lugar a cielos nublados y precipitaciones puntuales.

Del 1 al 30 de abril el tiempo atmosférico del país estuvo influenciado por diez frentes fríos de moderados a débiles, localizados al sur de los Estados Unidos y estados del norte de la República Mexicana, éstos asociados con líneas de vaguada ubicadas al norte del país y la corriente de chorro en capas altas, ocasionaron cielos nublados y precipitaciones en los estados del norte del país.

El frente frío que se presentó a partir del 28 de abril permaneció estacionario al norte de la República Mexicana hasta el día 2 de mayo y provocó una disminución de la temperatura en el norte y centro del país. La Zona de Convergencia Tropical se ubicó al sur del país, aproximadamente en el paralelo 16° N y provocó la presencia de ondas tropicales en el Golfo de Tehuantepec (Mapa 50). Existió la presencia de una zona de baja presión en las costas del estado de Sinaloa y en niveles medios se presentó una línea de convergencia sobre la Sierra Madre Occidental. La corriente de chorro influyó hacia latitudes mayores de 30° N.

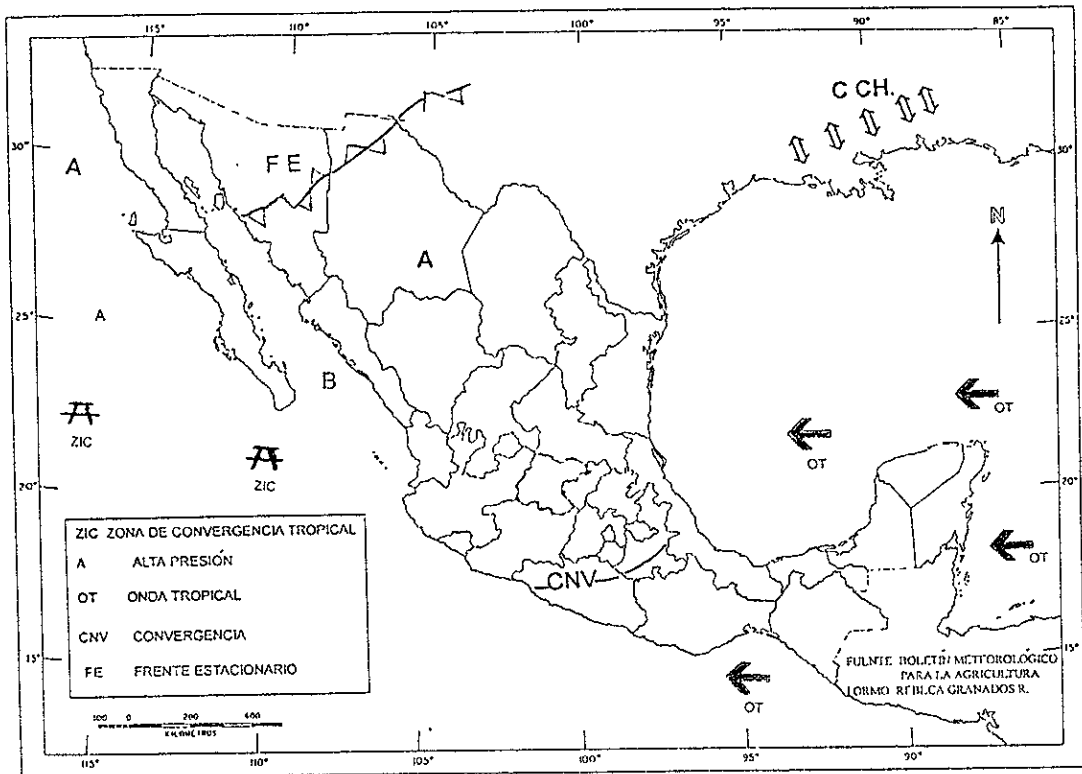


Mapa 50. Circulación atmosférica (0-6 000 msnm) del 28 de abril de 1996

En consecuencia la situación climatológica del primer cuatrimestre del año, en todo el territorio nacional, propició una sequía drástica, acompañada de bajas temperaturas, días nublados y heladas en las principales elevaciones. Particularmente en la Mesa Central se presentaron descensos de temperatura y falta de agua que empezaba a afectar la viabilidad de iniciar las siembras estacionales en los tiempos normales.

En mayo se inició la actividad convectiva de manera moderada en el Océano Pacífico, que al asociarse a sistemas de baja presión, provocaron nublados y lluvias ligeras en estados interiores del país. También se presentó la depresión tropical uno-E del Pacífico que se localizó al oeste de Los Cabos, BCS con dirección NW, y desplazamiento medio de 20 km/h con vientos máximos de 45 km/h y rachas de 65 km/h. Por otro lado, la depresión tropical dos-E al SW de Colima con dirección W y vientos máximos de 65 km/h. Estas depresiones asociadas a la afluencia de aire húmedo del Caribe y la onda tropical que cubrió el territorio favorecieron nublados y lluvias principalmente en la porción NW del país.

En la dos primeras semanas de junio se presentaron vaguadas en el norte de México y ondas tropicales intensas que interaccionaron con los remanentes de las vaguadas y frentes fríos anteriores. Estos sistemas ocasionaron un potencial importante de precipitación principalmente en la zona del Golfo. El día 13 de junio la Zona de Convergencia Tropical se desplazó hasta el paralelo 23° N, lo anterior ocasionó que las ondas tropicales dominaran desde el sur hasta la parte central del territorio nacional, el frente frío estacionario ubicado en los estados del norte ocasionó temperaturas bajas y lluvias ligeras en dichas áreas. Igualmente se presentaron centros de alta y baja presión en la porción noroeste del país. En niveles medios se presentó una línea de convergencia desde los estados de Veracruz hasta Oaxaca. La corriente de chorro influyó hacia latitudes mayores de 30° N (**Mapa 51**).



Mapa 51. Circulación atmosférica (0-6 000 msnm) del 13 junio de 1996

Posteriormente, las ondas tropicales asociadas a la afluencia de aire húmedo tropical proveniente de ambos litorales, favorecieron líneas de convergencia ocasionando tormentas eléctricas y fuerte potencial de granizo con lluvias.

En este mismo mes, las perturbaciones tropicales y depresiones tropicales influyeron en el territorio, evolucionaron y se convirtieron en las tormentas tropicales **Alma** al SW de Acapulco, Gro. con dirección NE y velocidad de 13 km/h y **Boris** al NW de Lázaro Cárdenas, Mich., sus bandas nubosas se asociaron con la entrada de aire húmedo tropical lo que ocasionó nubosidad y tormentas en la Mesa Central y sur del país. Igualmente la depresión tropical **Arthur** del Atlántico en las costas de Quintana Roo con dirección NE y velocidad de 20 km/h provocó cielos nublados y precipitaciones.

En julio el territorio permaneció influenciado por cinco ondas tropicales, diversas vaguadas, la tormenta tropical del Pacífico **César** y el huracán **Douglas**, este último se localizó al SW de Zihuatanejo, Gro. Se desplazó al oeste a 33 km/h con vientos de 140

km/h y rachas de 165 km/h. Las bandas nubosas de estos sistemas se asociaron con la afluencia de aire húmedo tropical de ambos litorales y dieron lugar a importantes lluvias sobre todo al término del mes (**Mapa 52**). Por otro lado, en las capas altas de la atmósfera se presentaron núcleos de alta presión que provocaron tiempo caluroso hasta de 40 °C en los estados del norte y noreste del país.



Mapa 52. Circulación atmosférica (0-6 000 msnm) del 30 de julio de 1996

En los primeros días de agosto el huracán **Douglas** continuó su influencia, con menor intensidad, posteriormente se presentaron ocho tormentas tropicales a lo largo del mes, de éstas una evolucionó y se formó **Dolly** que se mantuvo por tres días en el centro-sur del Golfo de México, los sistemas anteriores se asociaron con el aire marítimo tropical y líneas de convergencia, provocaron precipitaciones abundantes en el sur y sureste y precipitaciones ligeras en el resto del territorio.

Al inicio del cuatrimestre mayo-agosto se presentó actividad convectiva de manera moderada provocando tiempos nublados y lluvias ligeras en estados interiores del país. Posteriormente, la presencia de depresiones asociadas a la afluencia de aire húmedo de

los océanos favorecieron nublados y lluvias principalmente en la zona del Golfo. Las perturbaciones tropicales y depresiones tropicales que influyeron en el territorio, evolucionaron y se convirtieron en tormentas tropicales, sus bandas nubosas influyeron en la Mesa Central y provocaron lluvias ligeras.

Fueron las ondas tropicales, vaguadas, tormentas tropicales y huracanes los que dieron lugar a la afluencia de aire húmedo e importantes lluvias, particularmente en la Mesa Central de Guanajuato, sobre todo al término del mes julio y principios de agosto.

A lo largo de septiembre se presentó una perturbación y cuatro ondas tropicales, dos de ellas adquirieron mas fuerza convirtiéndose en tormentas tropicales del Pacífico **Elida** y **Genevive** las cuales se asociaron con líneas de convergencia, vaguadas y afluencia de aire marítimo tropical, provocaron importantes lluvias y fuertes granizadas en el territorio. Por otro lado, el huracán **Fausto** con vientos máximos de 185 km/h favoreció la precipitación principalmente en el noroeste del país.

A partir del 8 de septiembre se iniciaron los frentes fríos de manera débil. A fines del mes se acompañaron de aire polar y al asociarse a áreas de alta presión, dieron lugar a las primeras heladas en el norte del país, que en total fueron seis.

En octubre el país permaneció influenciado por cuatro ondas tropicales que dieron lugar a nubosidad en todo el país y lluvias principalmente en el Pacífico sur. Una de estas ondas adquirió mayor intensidad dando lugar a un huracán que aportó lluvias al interior de la República. Igualmente en el Pacífico influyeron las tormentas tropicales: **Hernán**, **Josephine** y **Kyle** mismas que aportaron importantes precipitaciones en el suroeste y escasamente en el interior del país. Por otro lado, el territorio estuvo influenciado por diez frentes fríos, que provocaron reducción de temperatura en estados del norte.

En noviembre la influencia tropical disminuyó, sólo se presentaron una onda tropical y la tormenta **Marco**. También se formó línea de convergencia al norte del país y sistemas de baja presión interactuando con una masa de aire frío.

En la primera semana (5 - 7) se presentaron frentes fríos muy severos que acompañados de masas de aire polar provocaron en su trayectoria al centro del territorio fuertes heladas.

La República Mexicana fue afectada en diciembre por doce frentes fríos acompañados de aire polar, ocasionando disminución de temperatura y heladas. Las vaguadas que influyeron fueron producto del debilitamiento de dichos frentes. Por otro lado, existió afluencia de aire con bajo contenido de humedad que afectó la mayor parte del país favoreciendo cielos despejados.

En el último cuatrimestre de 1996 las ondas tropicales, tormentas, vaguadas y afluencia de aire marítimo tropical, provocaron importantes lluvias y fuertes granizadas en el territorio, sobre todo en la primera quincena de septiembre, una de estas ondas adquirió mayor intensidad dando lugar a un huracán que aportó lluvias al interior de la República y escasamente a la Mesa Central. Más tarde, se inició la presencia de los frentes fríos de manera débil, mismos que dieron lugar a las primeras heladas en el norte del país. En la primera semana de noviembre se presentaron frentes fríos muy severos que acompañados de masas de aire polar provocaron disminución de temperatura y fuertes heladas que influyeron negativamente en la agricultura de temporal de la Mesa Central.

En resumen, la provincia Mesa Central de Guanajuato presentó periodos prolongados de sequía generalizada seguida por fuertes lluvias entre agosto y octubre, compensando la ausencia de precipitación inicial sufrida.

Condiciones atmosféricas de enero a diciembre de 1997

Las características meteorológicas en superficie y niveles medios fueron las siguientes: En enero se presentaron nueve frentes fríos, algunos acompañados de masas de aire polar modificadas por núcleos de alta presión, el territorio mantuvo temperaturas bajas sobre todo en los estados del norte y se registraron heladas sobre estados de la Mesa Central. Igualmente se formaron ligeras zonas de convergencia en los estados del norte que provocaron nublados y lluvias ligeras.

A principios de febrero una zona de alta presión con centro localizado en la península de Florida, favoreció ascenso ligero de temperatura en algunos estados de la República Mexicana. Por otro lado, la Mesa del Norte y Central registraron heladas por la invasión de masas frías y presencia de ocho frentes fríos débiles localizados en estados del norte, cuyo movimiento fue lento hacia el E y SE, estos sistemas ocasionaron descensos de temperaturas en los estados del norte del país. Los efectos se extendieron gradualmente hacia el E estableciéndose condiciones de "norte" en la porción oriente de la República y heladas en los estados del centro.

En marzo la República Mexicana estuvo influenciada por siete frentes moderados; acompañados de masas de aire frío, se desplazaron lentamente al E y SE a 20 km/h, ocasionaron vientos de 40 km/h y disminución de temperaturas.

A partir de la segunda quincena de marzo en superficie se inició la afluencia de aire húmedo, invasiones que provocaron nublados de moderados a gran espesor en el norte del país y tormentas en la Mesa Central.

Por otro lado, en la primera semana de abril el frente frío No. 65 se extendió desde Los Grandes Lagos hasta el sur de Texas, Estados Unidos y norte de Coahuila, México; se desplazó hacia el E y provocó lluvias con tormentas eléctricas en el noreste del país. Detrás del frente, una masa de aire ártico se propagó desde el oriente de los Estados Unidos hasta la región norte del Golfo de México. En niveles medios de la atmósfera, la línea de convergencia sobre el oriente de la Mesa Central, ocasionó lluvias importantes, por otro lado la afluencia de aire húmedo tropical del Pacífico y Golfo de México; propició temperaturas altas con nublados dispersos e importantes lluvias. Por lo que respecta a la corriente de chorro, ésta influyó en el Pacífico con dirección E, lo que favoreció la propagación de múltiples nubes del océano hacia los estados del centro norte y noreste del país (**Mapa 53**).



Mapa 53. Circulación atmosférica (0-6 000 msnm) del 8 de abril de 1997

Las características meteorológicas a que dio lugar la dinámica atmosférica en el primer cuatriembre del año en la Mesa Central fueron tiempos fríos e igualmente se registraron heladas. En marzo a consecuencia de la afluencia de aire húmedo provocó nublados, lluvias y tormentas en la Mesa Central, situación que continuó en abril, por combinación de los últimos frentes fríos, líneas de convergencia e influencia de la corriente de chorro.

En la mayor parte de mayo, los sistemas de alta presión estacionados en el Golfo de México y Mar Caribe ocasionaron afluencia de escaso aire húmedo al interior del país provocando tiempo caluroso, nublados aislados en la zona norte y costas del Golfo y moderada convección en las zonas montañosas.

Las líneas de convergencia, afluencia de aire húmedo del Pacífico y remanentes de dos frentes favorecieron nublados y lluvias escasas sobre el centro del territorio, en los primeros días de junio.

En la segunda quincena del mes el aire húmedo tropical afectó la mayor parte del territorio nacional. Nuevas ondas tropicales influyeron en el país, una de ellas se intensificó y generó la tormenta tropical **Carlos**, localizada en Los Cabos, BCS, ésta provocó nublados y lluvias a la porción NW del país.

En los primeros días de julio se presentaron seis ondas tropicales, la tormenta tropical **Ana** y el huracán **Enrique** propiciaron nublados y lluvias en las costas sur del Pacífico y Golfo.

Se formaron también los huracanes **Felicia** y **Danny**, el primero localizado muy cerca de la Isla Socorro con trayectoria al W y 24 km/h de desplazamiento, vientos máximos de 24 km/h y rachas de 160 km/h; el otro en costas de Yucatán con dirección N y menor intensidad que el anterior.

Para fines del mes influyeron cuatro ondas tropicales y la tormenta tropical **Guillermo**, localizada en las costas de Puerto Escondido, Gro. con dirección W y desplazamiento de 18 km/h vientos máximos de 85 km/h y rachas de 100 km/h. Esta misma tormenta en agosto adquirió mayor intensidad, tomó la categoría de huracán en las costas de Manzanillo, Col. con dirección W, vientos máximos de 140 km/h y rachas de 165 km/h. Seis ondas tropicales más influyeron en la aportación de humedad en la República Mexicana sobre todo en las planicies costeras de ambos litorales.

En el segundo cuatrimestre del año la dinámica atmosférica (sistemas de alta presión) ocasionaron ascenso de temperatura y escasa afluencia de aire húmedo. Las líneas de convergencia, remanentes de dos frentes y escasa afluencia de aire húmedo ocasionaron nublados y lluvias escasas sobre el centro del territorio. Posteriormente las ondas, tormenta tropical **Ana** y el huracán **Enrique** influyeron en el territorio, provocando lluvias ligeras en la Mesa Central de Guanajuato.

Para septiembre la zona de baja presión localizada en BCS asociada con línea de vaguada al NW del país ocasionaron lluvias en el Golfo de California. En este mes se inició la afluencia de aire frío procedente del norte del continente con la presencia del primer frente del año. Posteriormente en este mismo mes se generaron otros tres más.

Depresiones tropicales, ondas tropicales, tormentas tropicales como: Kevin, Erika, Linda y Olaf y el huracán Nora, cuyas bandas nubosas proporcionaron tormentas eléctricas y lluvias en las costas del Pacífico y del Golfo.

En octubre cuatro ondas tropicales, cuatro frentes, dos depresiones tropicales, zonas de alta y baja presión provocaron lluvias ligeras en las zonas costeras de ambos litorales y convección débil en la porción central del país. No así en la segunda semana del mes (8 de octubre), donde el huracán Paulina en las costas del estado de Guerrero con dirección NW con 9 km/h de desplazamiento, vientos máximos de 185 km/h y rachas de hasta 220 km/h provocaron intensas precipitaciones en las costas del estado e interior del país.



Mapa 54. Circulación atmosférica (0-6 000 msnm) del 8 de octubre de 1997

En noviembre el territorio estuvo influenciado por diecisiete frentes fríos acompañados de aire polar propiciaron bajas temperaturas, heladas y nevadas en los estados del norte.

La República Mexicana fue afectada en diciembre por diez frentes fríos acompañados de aire polar, ocasionaron disminución de temperatura y heladas. Las vaguadas que influyeron fueron producto del debilitamiento de dichos frentes, existió también afluencia de aire con bajo contenido de humedad que afectó la mayor parte del país y favoreció cielos despejados.

Los últimos meses de 1997 fueron dinámicos, las bajas presiones ocasionaron lluvias ligeras en la Mesa Central, posteriormente las depresiones, ondas, tormentas tropicales y huracanes proporcionaron tormentas eléctricas y lluvias principalmente en las costas del Pacífico y Golfo y reducidas precipitaciones en la porción media de la República Mexicana. Particularmente en octubre la dinámica atmosférica fue intensa se presentaron cuatro ondas tropicales, cuatro frentes, dos depresiones tropicales, zonas de alta y baja presión, mismos que provocaron lluvias en las zonas costeras de ambos litorales, igualmente el huracán **Paulina** provocó intensas precipitaciones en las costas del estado e interior del territorio.

En términos generales la dinámica atmosférica en 1997, dio lugar a lluvias tempranas en la Mesa de Guanajuato, seguida de una sequía drástica que se prolongó por tres meses, para después recibir lluvias excesivas en varias regiones del país incluyendo la zona en estudio.

6.2 Comportamiento de la temperatura y la precipitación en 1996 y 1997

Con la finalidad de tener un mejor conocimiento de las fluctuaciones que presentaron los elementos del clima (temperatura y precipitación) en la Mesa Central de Guanajuato en 1996 - 1997 se analizó en el periodo la información decenal y de los doce meses (temperaturas máximas, mínimas, medias y precipitación) de diversas estaciones, presentándose los resultados en los **Cuadros XXIV y XXV**.

Como se puede apreciar en la **Figura A** en 1996, el comportamiento de las temperaturas máximas promedio decenal fue heterogéneo a lo largo del año, osciló de 21 °C en la 1ª decena de enero a 31.4 °C en la tercera decena de mayo. Respecto a las temperaturas mínimas promedio, fluctuaron de 1.9 °C en la segunda decena de enero a 14.8 °C en la tercera semana de mayo. En la época de verano este elemento guardó más estabilidad, pasando sólo de 9.9 a 14 °C. Por lo anterior, las oscilaciones térmicas en invierno fueron más extremosas, hasta de 22.3 °C en la tercera decena de febrero, en tanto que en el medio verano las oscilaciones fueron menos extremosas.

Las temperaturas medias decenales de mayo a septiembre (**Figura B**) no presentaron gran variación: 23.1 °C en la 3ª decena de mayo y 18.5 °C en la 2ª de octubre. Respecto a las precipitaciones estas se presentaron en la 1ª decena de mayo, en junio continuaron siendo reducidas y en julio las lluvias disminuyeron presentándose el fenómeno de la sequía intraestival y fue desde la primera decena de agosto, que las lluvias fueron más abundantes y homogéneas. La precipitación total en el año fue 390.1 mm, la recibida en verano correspondió al 98.7% (385.5 mm).

Cuadro XXIV. Indicadores climáticos decenales en la Mesa Central en 1996

PARÁMETROS	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	21.0	23.9	25.0	23.3	24.9	28.1	25.2	25.5	24.7	25.6	27.6	28.5	29.6	26.6	31.4	26.9	26.5	25.1
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	2.0	1.9	3.3	2.7	6.6	5.9	5.8	5.1	9.4	8.3	8.5	9.6	12.6	11.3	14.8	12.2	14.0	14.2
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	24.0	26.0	27.7	27.3	28.0	29.9	28.5	27.5	27.5	30.0	32.2	31.5	31.5	29.3	33.0	28.5	29.0	29.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-1.0	-3.0	0.9	-0.3	4.0	4.5	-3.0	-2.0	6.5	4.8	6.0	6.5	11.0	10.0	10.7	9.9	12.3	12.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	11.5	12.9	14.2	13.0	15.8	17.0	15.5	15.3	17.1	17.0	18.1	19.1	21.1	18.9	23.1	19.5	20.2	19.7
FOTOTEMPÉRATURA	16.5	18.4	19.6	18.1	20.4	22.6	20.3	20.4	20.9	21.3	22.8	23.8	25.3	22.8	27.2	23.2	23.3	22.4
NICTOTEMPÉRATURA	6.8	7.4	8.7	7.8	11.2	11.5	10.6	10.2	13.2	12.6	13.3	14.3	16.8	15.1	19.0	15.9	17.1	16.9
TERMOPERIODO	9.5	11.0	10.9	10.3	9.1	11.1	9.7	10.2	7.7	8.7	9.5	9.4	8.5	7.7	8.3	7.4	6.3	5.5
CONSTANTE TÉRMICA	7.6	28.7	45.7	29.9	57.9	56.1	54.8	53.3	77.8	69.5	80.5	90.5	110.9	89.4	144.2	95.5	102.2	96.6
OSCILACIÓN TÉRMICA	19.0	22.0	21.7	20.6	18.3	22.3	19.4	20.4	15.3	17.3	19.0	18.8	17.0	15.4	16.6	14.7	12.5	10.9
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	1.2	0	0	0	0	0	0	0	2.8	0	0	0	28.4	1.2	0	0	24.8	13.7
No. DE DIAS CON HELADA	1	2	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PARÁMETROS	JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	25.4	25.8	25.2	24.9	23.8	23.1	24.6	25.4	24.5	21.5	24.3	25.3	24.2	22.2	24.1	23.8	23.2	23.0
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	12.6	13.2	12.9	13.5	13.2	14.5	14.5	13.6	13.5	13.0	6.7	9.9	6.8	4.3	6.6	6.6	4.0	4.3
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	28.0	28.4	28.9	28.0	27.5	26.5	27.0	27.1	28.0	23.8	29.0	28.0	28.1	26.5	27.4	26.2	28.5	24.2
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	9.9	10.5	10.5	11.4	12.0	13.0	12.5	11.4	10.0	10.3	4.0	6.0	-2.0	0.0	3.0	1.5	-6.0	0.5
TEMPERATURA MEDIA (°C)	19.0	19.5	19.0	19.2	18.5	18.8	19.5	19.5	19.0	17.2	15.5	17.6	15.5	13.2	15.3	15.2	13.6	13.7
FOTOTEMPÉRATURA	22.2	22.6	22.1	22.0	21.2	21.0	22.0	22.4	21.7	19.3	19.9	21.5	19.8	17.7	19.7	19.5	18.4	18.4
NICTOTEMPÉRATURA	15.8	16.3	15.9	16.4	15.8	16.6	17.0	16.5	16.2	15.1	11.1	13.7	11.2	8.7	10.9	10.9	8.8	9.0
TERMOPERIODO	6.4	6.3	6.2	5.7	5.3	4.3	5.0	5.9	5.5	4.3	8.8	7.7	8.7	8.9	8.8	8.6	9.6	9.3
CONSTANTE TÉRMICA	89.9	94.7	99.4	92.0	85.1	96.9	95.3	94.9	89.7	72.1	55.2	83.6	55.1	32.1	53.2	51.9	35.6	40.5
OSCILACIÓN TÉRMICA	12.8	12.6	12.3	11.3	10.6	8.6	10.1	11.8	11.0	8.5	17.6	15.4	17.3	17.9	17.5	17.3	19.2	18.7
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	9.2	3.8	9.5	37.3	13.6	45.1	102.2	15.1	60.4	11.9	0	9.1	0	0	0.4	0	0	0.4
No. DE DIAS CON HELADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	0	5	1	2	2

Cuadro XXV. Indicadores climáticos decenales en la Mesa Central en 1997

PARAMETROS	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	23.2	20.2	23.3	23.6	22.7	25.7	26.0	26.5	23.8	24.1	22.9	26.0	27.9	24.9	25.7	28.3	29.1	24.8
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	4.4	2.9	4.1	5.9	4.3	6.2	7.4	9.6	9.6	11.8	11.8	8.2	10.7	12.1	11.3	12.8	13.4	14.7
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	25.0	23.2	25.0	26.0	25.0	28.2	30.0	28.5	28.0	28.0	25.0	29.6	31.5	27.5	28.3	30.1	31.3	29.5
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	1.0	-2.0	2.0	5.0	1.0	1.5	5.0	7.0	6.0	9.0	10.5	4.9	7.8	10.6	7.0	9.9	11.6	12.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	13.8	11.6	13.7	14.7	13.5	16.0	16.7	17.6	16.7	18.0	17.4	17.1	19.3	18.5	18.5	20.6	21.3	19.8
FOTOTEMPERATURA	18.5	15.9	18.5	19.2	18.1	20.8	21.4	21.6	20.2	21.0	20.1	21.6	23.6	21.7	22.1	24.4	25.2	22.3
NICTOTEMPERATURA	9.1	7.3	8.9	10.3	8.9	11.1	12.1	13.6	13.1	14.9	14.6	12.6	15.0	15.3	14.9	16.7	17.4	17.3
TERMOPERIODO	9.4	8.6	9.6	8.9	9.2	9.7	9.3	8	7.1	6.2	5.5	8.9	8.6	6.4	7.2	7.7	7.8	5.1
CONSTANTE TÉRMICA	37.8	15.7	40.4	47.3	35.2	47.7	67.3	76.0	73.6	79.6	73.7	71.0	92.9	85.1	93.5	105.8	112.8	97.8
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	18.9	17.3	19.2	17.7	18.4	19.5	18.6	16.1	14.2	12.4	11.1	17.9	17.1	12.8	14.5	15.5	15.7	10.1
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	5.9	0	7.6	0	0	0	13.9	25.4	28.0	48.3	1.4	18.9	42.3	11.5	50.1	0	26.9
No. DE DÍAS CON HELADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PARAMETROS	JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	25.6	26.1	25.4	27.2	26.6	27.2	24.1	26.0	26.2	25.1	20.9	27.2	27.0	24.9	25.4	27.1	20.9	23.1
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	13.9	13.4	13.3	12.4	12.7	12.2	12.5	11.6	12.3	12.4	6.2	4.6	8.4	6.7	4.2	2.5	-1.9	3.2
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	27.0	28.0	28.0	29.5	29.0	29.5	26.0	28.3	29.3	27.5	27.0	29	30.0	29.0	28.0	28.5	26.0	26.5
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	11.5	12.0	11.2	10.6	11.0	10.0	9.4	10.0	7.5	10.5	-2.0	1	3.5	2.0	1.5	-0.5	-11.0	-4.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	19.5	19.8	19.3	19.8	19.7	19.7	18.3	18.8	19.2	18.8	13.5	15.9	17.7	15.8	14.8	14.8	9.5	13.2
FOTOTEMPERATURA	22.5	23.0	22.3	23.5	23.1	23.5	21.2	22.4	22.7	22.0	17.2	21.5	22.4	20.3	20.1	21.0	15.2	18.2
NICTOTEMPERATURA	16.7	16.6	16.3	16.1	16.2	16.0	15.4	15.2	15.8	15.6	9.8	10.2	13.0	11.2	9.4	8.7	3.8	8.2
TERMOPERIODO	5.5	6.3	6.0	7.4	6.9	7.5	5.8	7.2	6.9	6.4	7.4	11.2	9.3	9.2	10.7	12.3	11.3	9.9
CONSTANTE TÉRMICA	94.5	97.9	102.6	97.7	96.5	107.0	82.8	87.6	92.5	87.9	37.5	65.0	77.0	58.0	47.8	48.5	13.8	37.0
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	11.0	12.7	12.1	14.8	13.9	15.0	11.6	14.4	13.9	12.7	14.7	22.5	18.6	18.3	21.2	24.6	22.7	19.9
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	21.4	18.5	0	12.4	0	0	0	1.4	14.0	55.4	0	4.2	0.3	0	0	0	0
No. DE DÍAS CON HELADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	2	5	8	4

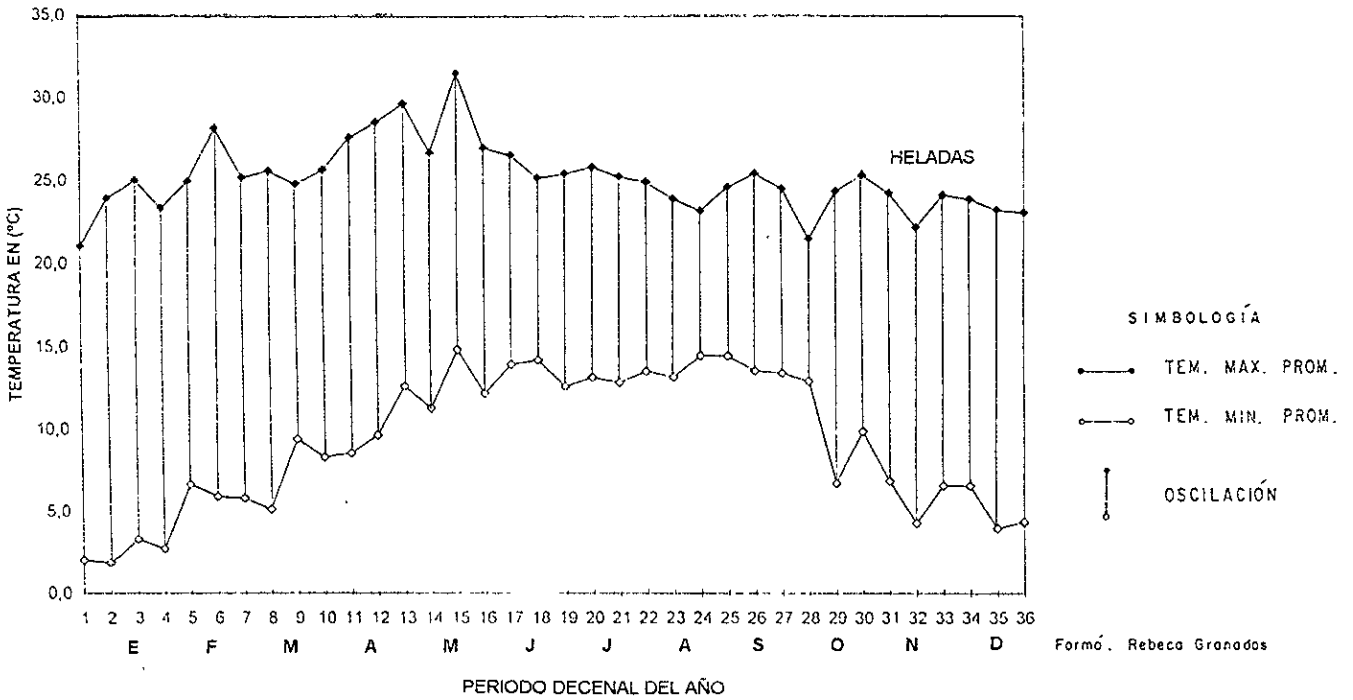


Figura A. Temperaturas máximas, mínimas promedio y oscilación decenal en 1996

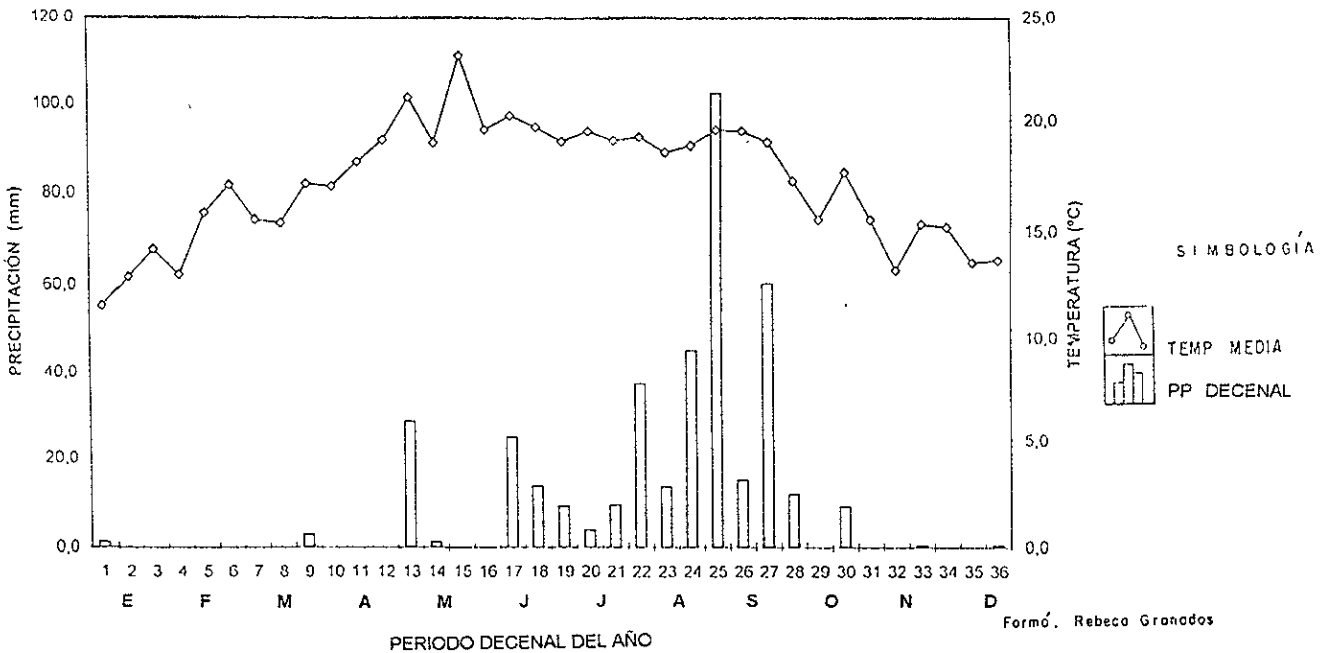
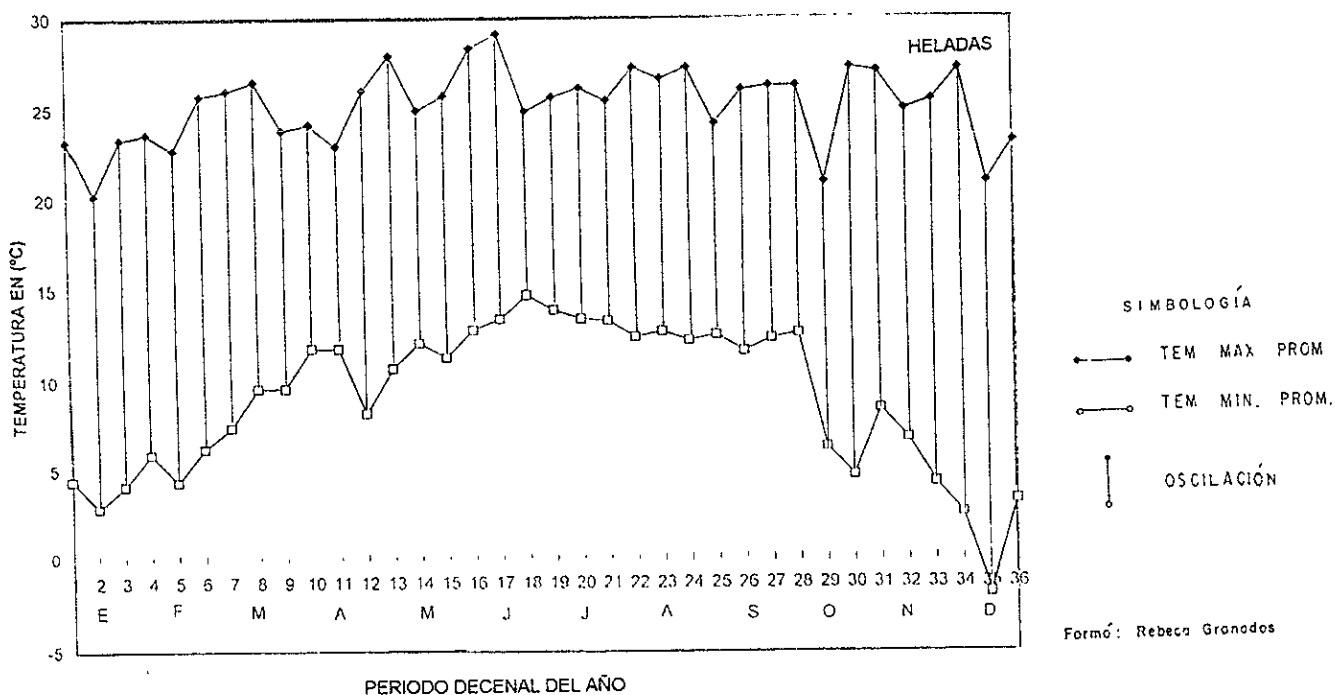


Figura B. Temperatura media y precipitación decenal en 1996

Las primeras heladas en la región se registraron a partir del día 7 de noviembre, la temperatura mínima extrema para esta decena del mes fue de $-2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Durante 1997 (**Figura C**) las temperaturas máximas promedio fluctuaron de $29.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la 2ª quincena de junio a $20.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la 2ª decena de enero, mientras que las temperaturas mínimas promedio, oscilaron entre -1.9 en la 2ª decena de diciembre y $14.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la tercera decena de junio. Las oscilaciones térmicas fueron muy extremosas en invierno, alcanzaron valores mayores a $14\text{ }^{\circ}\text{C}$. El verano fue extremo predominaron las oscilaciones de 7 a $14\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Formó: Rebeca Granados

Figura C. Temperaturas máximas, mínimas promedio y oscilación decenal en 1997

Las temperaturas máximas y mínimas decenales (Figura D) fueron variables en invierno, pasaron de 9.5 °C en la 2ª de diciembre hasta 21 °C en la segunda decena de junio. De mayo a septiembre éstas fueron mas homogéneas, el valor mínimo fue de 18.3 °C y el máximo de esta serie de 21.3 °C en la segunda decena de junio. Por otro lado, la precipitación total ascendió a 407.3 mm, la lluvia recibida en verano ocupó el 66% y el resto, se recibió en sólo dos meses (marzo y abril). Las primeras heladas se registraron a partir del día 17 de octubre.

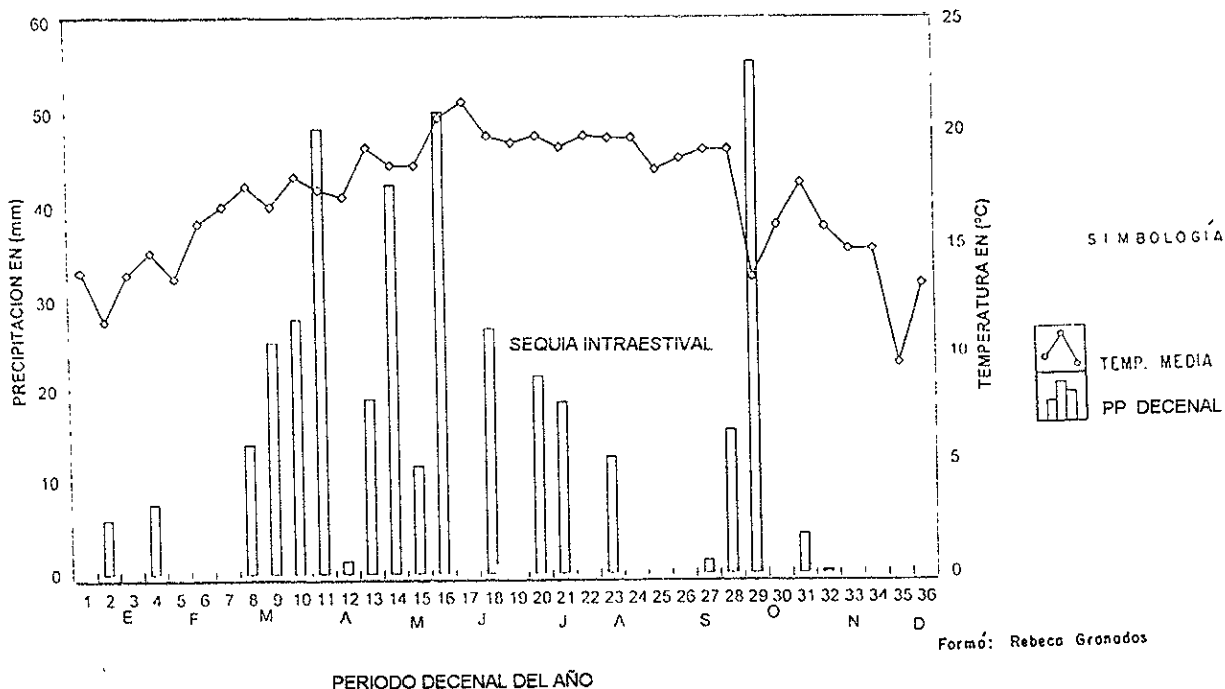


Figura D. Temperatura media y precipitación decenal en 1997

Se analizó a nivel mensual el comportamiento de las temperaturas: máxima, mínima promedio y extrema y temperatura media, estas últimas presentaron un rápido ascenso de marzo a mayo, mes en que se registraron las temperaturas más altas. Posteriormente hubo un ligero descenso en julio y agosto, debido a la presencias de las lluvias, estabilizándose en septiembre y octubre, después disminuyeron presentándose los valores más bajos en enero.

Igualmente se generaron diversos índices agroclimáticos mes por mes para 1996 y 1997, mismos que proporcionaron información respecto a las fluctuaciones de: fototemperatura, nictotemperatura, termoperiodo y constante térmica Cuadros XXVI y XXVII.

Se calculó el coeficiente de variación de cada índice agroclimático de las estaciones: Charcas, Las Trojes, Los Rodríguez, Peñuelitas, San José Iturbide y San Miguel de Allende, para 1996 y Charcas, Cinco Señores, El Vergel, Los Rodríguez, Peñuelitas, Pozos, San Antonio de los Martínez y San José Iturbide para 1997, mismas que presentaron semejanza. Estas son estaciones localizadas en la subprovincia Llanos y Sierras del Norte de Guanajuato y presentaron coeficientes de variación entre 9.2 y 15% de enero a diciembre. Este mismo cálculo se realizó para los meses correspondientes al verano y se obtuvo un coeficiente de variación desde 5.2 a 16.2 % o sea que los datos tienen gran semejanza (Cuadro XXVIII).

Para las estaciones: Chapin, El Carbón, Guanajuato y Xichú, se obtuvieron los diferentes índices, mismos que presentaron gran heterogeneidad, debido a que se localizan en las inmediaciones de la Sierra de Guanajuato y Sierra Madre Oriental.

Cuadro XXVI. Indicadores climáticos en la Mesa Central en 1996

ESTACIÓN CHAPIN

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	23.6	26.6	27.2	29.6	32.6	29.9	28.9	26.7	26.1	25.5	24.9	23.8
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	2.80	5.5	9.3	9.5	14.5	14.7	14.8	14.3	14.3	10.7	7.1	6.4
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	28.5	31.0	29.5	33.0	35.5	32.5	32.0	30.5	28.0	28.0	29.0	27.5
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	0.0	1.0	3.5	6.5	11.0	13.0	13.4	12.0	13.0	8.0	1.5	3.5
TEMPERATURA MEDIA (°C)	13.3	16.1	18.2	19.6	23.5	22.3	21.9	20.5	20.2	18.1	16.0	15.1
FOTOTEMPERATURA	18.6	31.3	22.7	24.6	28.1	26.1	25.4	23.6	23.2	21.9	20.5	19.5
NICTOTEMPERATURA	8.0	10.8	13.8	14.5	19.0	18.5	18.3	17.4	17.2	14.4	11.5	10.8
TERMOPERIODO	10.6	10.5	8.9	10.1	9.0	7.6	7.1	6.2	5.9	7.4	8.9	8.7
CONSTANTE TÉRMICA	104	176	256	287	420	370	368	326	317	290	181	159
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	21.1	21.1	17.9	20.1	18.1	15.2	14.2	12.5	11.9	13.0	17.8	17.5
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	0	18.8	15.0	26.5	98.5	185.5	80.0	1.0	0
No. DE DÍAS CON HELADA	16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ESTACIÓN CHARCAS

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	22.9	25.0	24.9	28.3	31.0	28.0	25.0	22.5	24.7	22.1	21.4	21.3
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	2.4	4.7	5.4	8.3	12.1	11.9	11.8	12.4	12.6	9.2	5.9	4.6
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	27.0	31.0	31.0	32.0	35.0	32.5	30.0	27.5	29.0	28.0	29.0	26.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-3.0	-4.0	-5.0	2.0	8.0	10.5	10.0	11.0	7.5	4.0	-1.0	-2.5
TEMPERATURA MEDIA (°C)	12.6	14.8	15.2	18.3	21.5	20.0	18.4	17.4	18.6	15.6	13.6	12.9
FOTOTEMPERATURA	17.8	19.9	20.1	23.3	26.2	24.0	21.7	19.9	21.7	18.9	17.5	17.1
NICTOTEMPERATURA	7.5	9.8	10.3	13.3	16.8	16.0	15.1	14.9	15.6	12.4	9.7	8.8
TERMOPERIODO	10.3	10.1	9.8	10.0	9.5	8.1	6.6	5.0	6.0	6.5	7.8	8.3
CONSTANTE TÉRMICA	91	148	175	247	345	330	270	240	259	184	113	110
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	20.5	20.0	19.5	20.0	18.9	16.0	13.2	10.1	12.1	12.9	15.5	16.7
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	0.3	19.0	16.0	18.1	64.4	150.3	15.3	0	0
No. DE DÍAS CON HELADA	16	6	5	1	0	0	0	0	0	0	3	6

ESTACIÓN EL CARBÓN

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	19.7	22.7	23.0	24.2	27.1	26.1	24.9	22.7	22.1	20.8	19.9	19.8
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	1.8	2.6	3.2	5.5	8.7	9.0	8.9	9.8	9.6	6.6	3.7	3.6
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	22.0	27.0	45.0	28.0	28.0	28.0	27.5	27.0	24.5	27.0	25.5	23.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-3.0	-3.0	-5.0	2.0	3.0	6.0	6.0	8.0	7.0	2.0	0	2.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	10.8	12.7	13.4	14.8	17.9	17.5	16.9	16.3	15.8	13.7	11.8	11.7
FOTOTEMPORATURA	15.3	17.6	18.1	19.5	22.5	21.8	20.9	19.3	18.9	17.2	15.8	15.8
NICTOTEMPORATURA	6.3	7.6	8.2	10.2	13.3	13.3	12.9	19.5	12.7	10.2	7.7	7.7
TERMOPERIODO	8.9	10.1	9.9	9.4	9.2	8.5	8.3	13.1	6.2	7.0	8.0	8.1
CONSTANTE TÉRMICA	36.0	86.2	103	146	246	226	214	195	176	119	65.5	55
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	17.9	20.0	19.8	18.6	18.4	17.1	16.1	6.3	12.4	14.1	16.1	16.2
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	0	0	0	0	12.8	0	0	0	0
No. DE DÍAS CON HELADA	18	11	10	4	0	0	0	0	0	0	11 ^a	10

ESTACIÓN GUANAJUATO

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	23.4	25.7	26.2	28.8	31.9	37.1	28.6	26.3	25.8	24.8	23.7	23.1
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	5.6	8.5	10.0	12.2	15.4	15.2	14.9	14.5	14.5	12.2	28.9	8.1
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	27.9	30.3	32.2	32.1	35.1	32.0	31.9	31.0	28.9	28.7	28.8	27.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	3.0	2.2	4.0	8.5	12.7	13.0	13.0	12.0	12.8	7.1	0.8	4.1
TEMPERATURA MEDIA (°C)	14.6	17.2	18.9	20.6	23.6	21.3	21.8	20.3	20.1	18.5	16.2	15.5
FOTOTEMPORATURA	19.1	21.6	22.8	24.8	27.7	24.4	25.3	23.3	22.9	21.7	19.9	19.3
NICTOTEMPORATURA	10.1	12.9	14.2	16.4	19.6	18.2	18.4	17.4	17.3	15.3	12.5	11.8
TERMOPERIODO	8.9	8.6	8.4	8.3	8.2	6.3	6.8	5.8	5.6	6.4	7.4	7.5
CONSTANTE TÉRMICA	143	210	250	318	412	480	368	322	303	265	186	173
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	20.1	21.1	16.9	20.1	18.1	16.2	14.2	13.5	12.0	13.0	17.8	17.5
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	2.4	22.1	43	95.4	143	183	28.8	0.4	0.6
No. DE DÍAS CON HELADA	17	11	9	4	0	0	0	0	0	0	10 ^a	10

ESTACIÓN LAS TROJES

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	23.7	25.3	24.8	26.5	30.3	29.3	27.4	25.7	25.7	22.5	23.6	29.9
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	0.6	3.4	3.9	7.4	11.5	11.5	11.7	12.4	9.8	8.7	4.5	4.8
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	29.0	29.5	28.0	30.5	33.5	33.0	30.5	29.0	29.0	28.5	28.5	35.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-5.0	-3.5	-4.0	4.0	7.0	9.5	8.0	11.0	7.0	5.5	-2.0	1.5
TEMPERATURA MEDIA (°C)	12.1	14.3	14.4	16.9	20.9	20.4	19.5	19.0	17.7	15.6	14.0	17.3
FOTOTEMPERATURA	17.9	19.8	19.6	21.7	25.6	24.8	23.5	22.4	21.7	19.1	18.8	23.6
NICTOTEMPERATURA	6.4	8.8	9.2	12.2	16.2	15.9	15.6	15.7	13.8	12.2	9.3	11.1
TERMOPERIODO	11.5	10.9	10.5	9.5	9.4	8.9	7.8	6.6	7.9	6.8	9.5	12.5
CONSTANTE TÉRMICA	69	130	139	199	337	312	296	281	232	175	123	126
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	23.1	21.8	20.9	19.1	18.8	17.8	15.6	13.3	15.8	13.7	19.1	25.1
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	0	0	12.0	0	54	39.5	15.0	0	0
No. DE DÍAS CON HELADA	24	9	6	0	0	0	0	0	0	0	10	6

ESTACIÓN LOS RODRÍGUEZ

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	20.5	23.4	24.4	24.7	26.7	20.1	24.0	22.9	24.2	23.7	21.6	19.7
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	0.6	3.9	5.2	6.5	10.3	10.4	9.6	10.0	9.8	6.9	3.0	2.2
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	26.0	29.0	28.0	31.0	34.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	27.0	26.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-3.5	1.0	1.0	2.0	6.5	7.0	7.0	8.0	5.5	1.0	0	0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	10.5	13.7	14.8	15.6	18.5	18.2	16.8	16.5	17.0	15.3	12.3	11.0
FOTOTEMPERATURA	15.5	18.5	19.6	20.2	22.6	22.1	20.4	19.7	20.6	19.5	17.0	15.4
NICTOTEMPERATURA	5.6	8.8	10.0	11.0	14.4	14.3	13.2	13.3	13.4	11.1	7.7	6.6
TERMOPERIODO	9.9	9.7	9.6	9.2	8.2	7.9	7.2	6.4	7.2	8.4	9.3	8.8
CONSTANTE TÉRMICA	31.8	109.8	148	171	263	246	212	200	210	164.5	153	49.1
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	19.9	19.5	19.2	18.3	16.4	15.7	14.4	12.9	14.5	16.8	18.7	17.5
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	4.0	0	8.0	13.8	55.5	76.0	9.5	0	0
No. DE DÍAS CON HELADA	29	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0

ESTACIÓN PEÑUELITAS

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	22.6	26.1	26.4	28.8	31.8	29.1	28.4	26.2	25.7	23.8	25.1	23.9
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	0.6	3.9	5.2	6.5	10.3	10.4	9.6	10.0	9.8	6.9	3.0	2.2
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	28.5	30.5	30.0	33.0	35.5	32.0	32.5	30.5	28.5	29.5	29.5	28.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-6.5	-4.5	-4.0	2.0	7.0	9.0	8.5	10.5	9.5	2.5	-3.0	-2.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	11.0	14.4	15.4	17.6	21.6	20.5	20.1	19.3	19.0	15.9	14.3	13.2
FOTOTEMPERATURA	16.8	20.2	20.9	23.2	26.7	24.8	24.2	22.7	22.4	19.8	19.7	18.6
NICTOTEMPERATURA	5.2	8.5	9.9	12.0	16.4	16.2	15.9	15.9	15.7	12.1	8.9	7.8
TERMOPERIODO	11.6	11.7	11.0	11.2	10.2	8.6	8.3	6.9	6.7	7.8	10.8	10.8
CONSTANTE TÉRMICA	52	129	172	229	260	316	313	289	271	185	129	97
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	23.2	23.5	22.0	22.4	20.5	17.2	16.6	13.7	13.4	15.6	21.6	21.6
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	3.8	0.7	11	12	51.6	53.6	161.8	40.1	1.4	0
Nº. DE DÍAS CON HELADA	28	11	7	2	0	0	0	0	0	0	13 ^g	0

ESTACIÓN SAN JOSÉ ITURBIDE

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	23.7	26.2	26.7	35.9	36.2	27.7	26.0	24.4	25.9	24.4	25.4	25.5
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	4.1	6.7	8.1	11.1	13.0	13.0	12.9	12.8	12.8	10.1	7.3	7.2
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	30.0	32.0	34.0	40.0	40.0	37.0	29.0	28.0	30.0	32.0	31.0	30.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	0	-1.0	-1.0	5.0	10.0	11.0	10.0	11.0	9.0	4.0	0	3.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	13.9	16.4	17.4	23.5	24.6	20.5	19.4	18.6	19.4	17.2	16.4	16.3
FOTOTEMPERATURA	18.8	21.3	22.1	29.7	30.4	24.1	22.7	21.5	22.6	20.8	20.9	20.9
NICTOTEMPERATURA	9.0	11.5	12.7	17.3	18.8	16.9	16.2	15.7	16.1	13.6	11.8	11.8
TERMOPERIODO	9.8	9.7	9.3	12.4	11.6	7.2	6.5	5.8	6.6	7.2	9.0	9.1
CONSTANTE TÉRMICA	70	200	250	314	435	361	353	325	322	256	179	187
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	19.6	19.4	18.7	24.9	23.2	14.3	13.1	11.6	13.2	14.3	18.0	18.2
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	0	17.0	47.0	41.7	103	202	23.0	0	0
Nº. DE DÍAS CON HELADA	10	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ESTACIÓN SAN MIGUEL DE ALLENDE

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	23.2	26.2	27.0	29.4	32.5	29.5	28.5	26.4	26.7	25.3	24.6	24.9
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	4.2	7.6	9.1	11.5	15.5	14.6	14.3	14.6	14.7	11.2	7.3	7.1
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	30.0	31.0	30.0	32.0	35.0	32.0	32.0	31.6	30.5	30.0	30.5	28.5
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	0	1.0	0	6.0	12.0	12.0	11.0	13.0	10.0	3.0	1.0	3.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	14.2	16.9	18.1	20.4	24.0	22.0	21.4	20.5	20.7	18.3	15.9	16.0
FOTOTEMPERATURA	19.0	21.5	22.5	24.9	28.3	25.7	25.0	23.4	23.7	21.8	20.3	20.5
NICTOTEMPERATURA	10.0	12.2	13.6	16.0	19.7	18.3	17.9	17.5	17.7	14.8	11.6	11.6
TERMOPERIODO	9.0	9.2	8.9	8.9	8.5	7.4	7.1	5.9	6.0	7.0	8.6	8.9
CONSTANTE TÉRMICA	80	188	237	405	453	315	292	265	280	224	191	197
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	17.9	18.5	17.8	17.9	17.1	14.8	14.2	11.8	12.1	14.0	17.2	17.8
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	15	10.8	24.1	103	177.3	0	0	0	0
No. DE DÍAS CON HELADA	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ESTACIÓN VILLA VICTORIA

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	21.8	24.6	24.3	26.5	28.9	25.6	24.1	22.1	23.3	22.5	22.2	22.5
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	0.9	4.9	5.4	8.1	11.5	11.5	11.3	10.7	11.1	8.0	4.6	3.5
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	28.0	30.5	29.0	32.5	33.5	31.0	28.0	28.0	27.0	28.5	27.5	26.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-3.0	-1.5	-2.5	2.5	8.0	9.5	8.5	9.0	7.0	2.0	-2.0	-2.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	11.4	14.7	14.9	17.3	20.2	18.5	17.7	16.4	17.2	15.2	13.4	13.0
FOTOTEMPERATURA	16.6	19.7	19.6	21.9	24.5	22.0	20.9	19.2	20.2	18.9	17.8	17.7
NICTOTEMPERATURA	6.2	9.8	10.1	12.7	15.8	15.0	14.5	13.6	14.2	11.6	9.0	8.2
TERMOPERIODO	10.4	9.8	9.4	9.2	8.6	7.0	6.4	5.6	6.0	7.2	8.7	9.5
CONSTANTE TÉRMICA	51	144	161	220	317	262	239	200	217	164	108	94
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	20.8	19.7	18.9	18.4	17.3	14.0	12.7	11.3	12.1	14.5	17.5	19.0
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	5	6.5	13.0	35.0	79.8	153.0	13.5	0	0
No. DE DÍAS CON HELADA	21	7	4	0	0	0	0	0	0	0	7 ^g	13

Cuadro XXVII. Indicadores climáticos en la Mesa Central en 1997

ESTACIÓN CHARCAS

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	21.1	22.9	25.8	24.8	30.0	28.2	25.7	27.0	25.8	23.4	22.9	21.0
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	3.6	4.2	8.0	9.3	12.2	11.4	12.8	12.0	11.7	8.8	8.2	3.1
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	25.0	30.0	32.0	30.0	35.2	33.2	28.0	30.0	29.5	29.0	29.0	27.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-3.5	-1.0	5.0	5.0	9.0	10.5	11.0	11.0	7.0	-3.0	4.0	-11.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	12.4	13.6	16.9	17.1	22.0	21.0	19.2	19.5	18.7	16.1	15.6	12.1
FOTOTEMPERATURA	16.7	18.2	21.4	20.9	25.2	24.4	22.5	23.3	27.0	19.8	19.2	16.5
NICTOTEMPERATURA	7.9	8.9	12.5	13.2	13.5	13.3	16.0	15.8	16.8	12.5	11.9	7.6
TERMOPERIODO	8.7	9.4	8.9	7.8	8.9	8.2	6.5	7.5	10.2	7.3	9.0	1.5
CONSTANTE TÉRMICA	74.4	102	210	212	320	312	286	295	357	169	123	65.1
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	17.5	18.7	17.8	15.6	18.0	16.9	12.9	15.0	20.4	14.6	14.9	17.9
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	3.4	7.4	35.0	92.6	88	45.0	30.2	8.5	14.1	55.4	6.0	0.0
Nº DE DÍAS CON HELADA	9	3	0	0	0	0	0	0	0	6 ¹⁸	0	9

ESTACIÓN CINCO SEÑORES

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	17.4	24.3	26.0	25.7	27.0	28.5	26.7	27.6	26.1	23.7	21.3	20.0
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	3.2	6.3	8.2	11.4	11.7	14.3	14.6	14.1	13.2	9.6	9.3	9.0
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	24.0	28.5	31.0	31.0	31.0	33.0	36.5	29.5	29.5	29.0	28.9	28.2
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	1.0	3.0	5.5	8.0	8.5	10.5	13.0	13.0	9.5	1.0	0.0	-8.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	10.3	15.3	18.3	18.5	19.3	21.4	20.7	20.8	19.7	16.7	14.5	14.0
FOTOTEMPERATURA	13.9	19.8	21.6	22.1	23.1	25.0	23.7	24.2	22.9	20.2	19.8	19.0
NICTOTEMPERATURA	6.8	10.8	12.7	15.0	15.5	17.8	17.7	17.5	16.5	13.1	12.6	12.0
TERMOPERIODO	7.1	9.0	8.9	7.1	7.6	7.1	6.0	6.7	6.4	7.0	6.9	6.0
CONSTANTE TÉRMICA	90	164	200	266	289	342	331	336	29.0	207	170	80
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	14.2	18.0	17.8	14.3	15.3	14.2	12.0	13.5	12.9	14.1	12.0	11.0
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	1.0	3.1	23.3	45.9	53.3	40.6	57.4	69.6	12.6	81.0	3.0	0
Nº DE DÍAS CON HELADA	11	0	0	0	0	0	0	0	0	2 ¹⁸	5	3

ESTACIÓN EL VERGEL

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	20.6	22.1	24.9	24.2	25.2	26.8	24.4	24.8	24.0	23.0	21.0	20.0
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	2.3	4.4	7.5	8.2	9.2	11.3	12.2	11.4	7.9	7.0	4.5	3.5
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	24.0	28.0	31.0	29.0	31.0	31.5	27.5	27.5	26.8	25.4	24.8	24.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-2.0	-1.0	4.5	4.5	7.0	8.5	10.5	9.0	5.5	5.0	4.5	3.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	11.5	13.3	15.7	16.2	17.2	19.0	18.3	18.1	16.7	15.8	12.8	12.0
FOTOTEMPERATURA	16.0	17.7	19.9	20.2	21.2	22.9	21.4	21.4	20.5	19.5	19.2	16.5
NICTOTEMPERATURA	6.8	8.8	11.4	12.2	13.2	15.1	15.3	14.7	12.5	11.5	7.6	7.0
TERMOPERIODO		8.2	8.4	8.0	7.8	7.8	6.1	6.7	6.7	6.0	5.5	5.0
CONSTANTE TÉRMICA	46.5	102	186	186	223	270.8	257	250	216	190	130	95
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	18.3	17.7	16.9	16.0	16.0	15.6	12.1	13.4	15.0	15.5	16.5	17.4
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	4.0	2.3	43.6	67.0	87.0	48.5	68.5	58.0	52.4	50.2	85.4	25.7
Nº DE DÍAS CON HELADA	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5

ESTACIÓN LOS RODRÍGUEZ

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	21.1	23.2	23.0	23.0	25.0	26.5	24.3	25.1	24.8	23.9	23.2	22.0
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	4.0	5.2	6.6	7.6	8.2	10.1	9.6	8.8	8.0	7.8	6.0	6.0
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	27.0	27.2	27.0	27.5	30.5	31.5	27.5	29.0	28.4	27.9	26.8	26.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-3.0	1.0	2.0	2.0	5.0	7.0	8.0	6.5	8.4	6.5	5.0	2.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	12.6	13.7	16.9	15.3	16.6	18.3	17.0	16.9	18.9	16.9	14.7	12.9
FOTOTEMPERATURA	16.2	16.8	18.3	19.1	20.8	22.4	20.6	21.0	20.9	19.0	19.4	18.6
NICTOTEMPERATURA	9.1	9.7	10.6	11.4	12.4	14.2	13.2	12.9	12.6	11.9	11.0	9.0
TERMOPERIODO		6.2	7.4	7.7	8.4	8.2	7.4	8.1	8.4	7.9	8.4	8.0
CONSTANTE TÉRMICA	60.0	69	90	158.9	198	249.8	214	215	159	100	90	60
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	18.0	17.0	16.4	15.4	16.8	16.4	14.8	16.3	14.0	16.4	17.6	18.0
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	3.0	2.5	12.0	29.5	67.0	17.5	86.0	86.0	38.0	56.0	0	0
Nº DE DÍAS CON HELADA	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9

ESTACIÓN PEÑUELITAS

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	21.2	22.8	25.7	26.5	27.8	28.4	27.4	28.4	27.3	24.5	22.4	19.9
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	3.6	4.4	8.5	9.2	12.1	12.5	12.5	11.2	10.9	7.3	7.9	3.1
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	24.9	30.2	31.9	32.5	33.0	33.0	31.5	31.5	30.5	30.0	29.2	25.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-3.4	-2.0	4.9	5.0	6.5	8.5	9.5	8.5	6.0	-2.5	4.0	-5
TEMPERATURA MEDIA (°C)	12.6	13.7	16.9	19.5	20.4	20.4	20.0	19.8	19.1	15.9	14.7	12.9
FOTOTEMPERATURA	16.7	19.0	21.9	21.5	23.5	24.4	23.7	24.1	23.2	20.2	19.9	19.0
NICTOTEMPERATURA	7.6	8.0	11.5	15.0	15.5	16.3	16.2	15.5	12.5	11.9	11.5	7.8
TERMOPERIODO	5.8	5.9	6.4	6.6	7.9	8.1	7.5	8.6	8.2	8.6	6.0	5.5
CONSTANTE TÉRMICA	80	102	150	250	280	310.8	309	303.8	246	178.0	150	60
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	18.7	17.5	17.8	17.0	16.0	16.2	14.9	17.2	16.4	17.2	14.9	12.0
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	30.5	55.0	30.5	134.6	78.4	30.4	26.4	70.8	30	0
No. DE DÍAS CON HELADA	5	2	1	0	0	0	0	0	0	6 ¹⁶	0	0

ESTACIÓN POZOS

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	22.5	22.9	24.6	25.0	25.4	26.8	25.0	26.4	24.5	22.9	21.9	20.0
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	3.7	4.1	4.5	4.8	5.7	7.7	7.5	9.4	6.1	6.0	5.9	3.1
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	25.8	26.8	29.9	30.0	31.0	32.0	28.0	29.0	28.0	28.0	27.0	26.8
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	-4.0	-1.0	1.0	2.0	3.0	5.0	6.0	5.0	2.0	4.0	1.0	-2.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	12.4	13.6	14.7	15.0	15.6	17.3	16.3	17.9	15.3	15.8	14.3	13.0
FOTOTEMPERATURA	16.8	17.4	18.9	19.0	20.7	22.0	23.7	22.2	19.9	19.8	19.2	16.5
NICTOTEMPERATURA	7.9	7.9	8.4	9.8	10.7	12.5	11.9	13.7	10.7	11.6	11.2	11.0
TERMOPERIODO	6.7	7.5	8.7	8.9	9.9	9.6	8.8	8.5	9.2	7.3	6.0	1.5
CONSTANTE TÉRMICA	60	68	90	126	176.8	217.5	194.8	245.0	158.0	120	102	90
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	17.6	17.9	18.5	19.0	19.8	19.1	17.5	17.0	18.4	17.9	18.6	18.8
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	7.9	30.0	40.0	51.8	77.5	116.5	29.1	33.0	8.5	2.0	0
No. DE DÍAS CON HELADA	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6

ESTACIÓN SAN ANTON DE LOS MARTÍNEZ

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	16.5	15.4	21.3	19.4	20.9	20.8	20.5	21.0	31.1	21.7	17.8	17.6
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	9.2	9.7	11.7	10.8	12.3	12.5	11.9	11.9	11.3	12.3	10.3	7.8
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	20.0	25.0	23.0	24.0	26.0	24.0	27.0	25.0	25.0	26.0	26.0	25.9
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	0.5	1.0	9.0	7.0	9.5	9.5	7.5	9.0	9.0	8.5	8.0	-2.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	12.9	12.6	16.5	15.1	16.6	16.7	16.2	16.5	16.2	17.0	14.1	12.1
FOTOTEMPORATURA	14.7	14.0	18.9	17.3	18.7	18.7	18.4	18.7	18.6	19.3	15.9	14.8
NICTOTEMPORATURA	11.0	11.1	14.1	12.9	14.4	14.5	14.0	14.4	13.7	14.6	12.2	11.0
TERMOPERIODO	3.7	2.9	4.8	4.3	4.3	4.2	4.0	4.3	4.9	4.7	3.8	3.0
CONSTANTE TÉRMICA	89.9	80.6	149	153	203.5	198.5	192.3	203.8	185.5	215.3	127	8.0
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	7.3	9.0	7.5	8.7	8.6	8.3	8.7	8.6	9.8	9.3	8.0	9.9
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	0	0	0	54.0	48.0	60.0	32.0	18.0	7.0	0.0	0	0
No. DE DIAS CON HELADA	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5

ESTACIÓN SAN JOSÉ ITURBIDE

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	23.7	24.3	27.6	25.5	26.0	28.9	26.8	29.0	29.0	27.0	28.0	24.1
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	6.1	7.4	9.8	11.9	14.0	16.4	15.9	14.9	15.1	11.6	10.9	5.2
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	28.0	32.0	34.0	31.0	33.5	33.0	29.0	32.0	33.0	31.0	33.0	30.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	2.0	2.0	6.0	10.0	10.9	12.0	11.0	9.0	8.0	0.0	5.0	-10.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	14.9	16.9	18.7	18.7	20.6	22.7	21.4	22.0	22.0	19.3	19.5	14.7
FOTOTEMPORATURA	19.3	21.6	23.2	22.1	23.8	25.8	24.1	25.5	25.5	23.2	23.7	19.4
NICTOTEMPORATURA	10.5	12.1	14.2	15.3	18.2	19.5	18.6	18.4	18.5	15.5	15.2	10.0
TERMOPERIODO	8.8	9.4	8.9	6.8	6.5	6.3	5.5	7.0	7.0	7.7	8.6	9.4
CONSTANTE TÉRMICA	100	122	132	157	226	380	352	370.8	360.5	289.0	283	140
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	17.5	18.9	17.9	13.6	12.0	12.5	10.9	14.1	13.9	15.4	17.1	18.9
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	8.5	3.5	25.3	80.7	30.0	109.2	29.0	41.0	30.0	50.0	20.0	0
No. DE DIAS CON HELADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	1

ESTACIÓN XICHÚ

PARÁMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	26.9	27.1	28.9	29.3	30.0	32.5	30.3	31.7	29.0	29.0	27.4	26.5
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	8.4	10.5	13.7	14.2	15.3	17.1	17.4	17.2	15.7	15.7	13.4	10.5
TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA (°C)	32.0	34.5	36.0	35.0	37.0	38.0	33.0	34.0	33.0	32.0	30.2	30.0
TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA (°C)	2.5	5.5	10.0	11.0	13.0	15.0	16.0	16.0	11.0	10.0	8.0	-2.0
TEMPERATURA MEDIA (°C)	17.7	18.8	21.3	21.7	22.7	24.8	23.8	24.4	22.4	22.0	18.9	18.0
FOTOTEMPERATURA	22.3	23.0	25.1	25.5	26.3	28.7	27.0	28.1	25.7	23.0	22.0	21.0
NICTOTEMPERATURA	13.0	14.7	17.5	18.0	19.0	21.0	20.6	20.8	19.0	19.0	17.4	14.0
TERMOPERIODO	9.3	8.3	7.6	7.5	7.4	7.7	6.4	7.3	6.7	6.7	6.9	8.0
CONSTANTE TÉRMICA	238	222	347	351	392.3	444.5	428	447.3	371.3	280	125	80
OSCILACIÓN TÉRMICA (°C)	18.5	16.6	15.2	15.1	14.7	15.4	12.9	14.5	13.3	15.5	16.4	18.2
PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	5.0	3.6	40.0	119.4	55.4	80.9	124.8	15.5	18.2	2.0	0	0
No. DE DIAS CON HELADA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2

Cuadro XXVIII. Coeficiente de variación anual y de verano en 1996 y 1997

TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA						ANUAL 1996
	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	30.6	32.7	31.0	30.3	28.8	29.8
DESVIACION STANDAR	2.2	4.1	1.6	2.2	2.1	2.6
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	7.2	12.6	5.2	7.5	7.5	8.7

TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA						VERANO 1996
	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	31.4	32.6	31.8	30.5	29.8	30.3
DESVIACION STANDAR	2.5	4.8	1.7	2.1	2.0	2.8
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	7.9	14.7	5.4	7.1	6.8	9.5

TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA						ANUAL 1996
	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	2.4	5.1	6.0	3.2	3.5	3.1
DESVIACION STANDAR	6.2	4.9	5.2	5.6	3.06	6.1
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	260.0	96.5	87.3	174.1	86.5	195.7

TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA						VERANO 1996
	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	7.8	9.2	10.2	8.0	5.8	8.5
DESVIACION STANDAR	2.9	2.6	3.7	2.0	2.5	2.6
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	36.5	28.8	36	24.7	42.9	30.7

TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO						ANUAL 1996
	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	26.5	27.3	27.0	26.2	23.0	24.8
DESVIACION STANDAR	2.6	4.2	2.6	2.6	2.1	3.0
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	9.9	15.4	9.5	9.7	9.2	12.2

TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO						VERANO 1996
	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	27.5	27.4	28.1	26.8	23.6	25.5
DESVIACION STANDAR	2.8	4.4	2.6	2.8	2.1	3.4
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	10.3	16.2	9.2	10.5	9.0	13.2

TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO

ANUAL 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	6.5	9.9	10.9	7.5	6.5	8.4
DESVIACION STANDAR	3.5	3.1	3.8	3.9	3.5	3.7
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	53.9	31.5	34.9	52.9	53.9	43.9

TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO

VERANO 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	9.5	12.4	14.1	10.9	9.5	11.6
DESVIACION STANDAR	1.3	1.1	1.5	1.3	1.3	1.2
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	13.7	9.2	10.6	12.3	13.7	10.6

TEMPERATURA MEDIA

ANUAL 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	16.9	18.6	19.0	16.8	15.0	19.0
DESVIACION STANDAR	3.3	3.1	2.9	2.8	2.7	4.0
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	19.6	16.6	15.4	16.6	17.7	20.4

TEMPERATURA MEDIA

VERANO 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	19.4	20.0	21.2	18.9	17.1	22.1
DESVIACION STANDAR	1.9	2.5	1.9	1.9	1.2	2.7
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	10.0	12.7	8.9	10.3	6.9	12.1

FOTOTEMPERATURA

ANUAL 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	21.7	18.6	21.4	21.5	19.3	20.7
DESVIACION STANDAR	2.8	3.1	3.7	2.5	2.3	2.8
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	13.1	16.6	17.4	11.7	12.0	13.6

FOTOTEMPERATURA

VERANO 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	23.4	20.0	21.3	22.9	20.8	22.1
DESVIACION STANDAR	2.4	2.5	5.1	2.3	1.3	2.7
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	10.1	12.7	24.0	10.2	6.1	12.1

NICTOTEMPERATURA

ANUAL 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	12.0	14.3	15.1	12.2	10.8	12.5
DESVIACION STANDAR	3.9	3.0	3.2	3.3	3.1	13.2
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	32.8	20.7	21.3	27.1	28.4	25.5

NICTOTEMPERATURA

VERANO 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	15.4	16.2	17.7	14.9	13.3	15.1
DESVIACION STANDAR	1.6	1.7	1.6	1.6	1.2	1.5
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	10.5	10.4	9.1	10.5	9.0	8.9

TERMOPERIODO

ANUAL 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN. JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	9.6	8.9	8.0	9.3	8.5	8.2
DESVIACION STANDAR	1.9	1.9	1.2	1.8	1.1	1.8
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	19.2	20.8	15.2	19.7	13.3	22.2

TERMOPERIODO

VERANO 1996

	ESTACIONES					
	PEÑUELITAS	SN JOSÉ I.	SN. MIGUEL DE A	LAS TROJES	LOS RODRIGUEZ	CHARCAS
MEDIA	8.1	8.0	7.0	7.9	7.6	7
DESVIACION STANDAR	1.3	2.0	1.0	1.1	0.8	1.6
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	15.8	24.5	13.8	14.1	10.0	13.1

Cuadro XXVIII

TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO

ANUAL 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	24.88	24.53	23.42	23.76	25.19	23.99	20.33	26.66
DESVIACION STANDAR	2.6	3.22	2.0	1.4	2.84	1.9	3.8	1.86
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	10.4	13.1	8.5	5.9	11.2	7.9	18.6	6.9

TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO

VERANO 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	26.68	26.60	24.70	24.93	27.30	25.17	22.67	27.78
DESVIACION STANDAR	2.08	1.5	1.16	0.81	1.32	2.28	3.79	1.22
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	7.7	5.6	4.6	3.2	4.8	9.0	16.7	4.3

TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO

ANUAL 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	8.78	10.41	7.45	7.33	8.60	5.71	10.98	11.60
DESVIACION STANDAR	3.35	3.35	3.12	1.74	3.29	1.75	1.4	3.69
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	38.1	32.1	41.8	23.7	38.2	30.6	12.7	31.8

TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO

VERANO 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	11.48	12.92	9.83	8.75	11.08	7.07	12.03	14.65
DESVIACION STANDAR	1.28	1.77	1.93	0.85	1.80	1.29	0.39	1.5
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	11.1	13.6	19.6	9.7	16.2	18.2	3.2	10.2

TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA

ANUAL 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	29.83	30.01	27.54	28.03	30.27	28.53	24.74	31.63
DESVIACION STANDAR	2.60	2.86	2.58	1.53	2.64	1.80	1.78	1.79
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	8.7	9.5	9.3	5.4	8.7	6.3	7.1	5.6

TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA

VERANO 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	30.82	32.42	28.28	29.13	31.58	29.33	25.50	31.92
DESVIACION STANDAR	2.53	2.64	2.22	1.43	1.13	1.6	0.96	1.54
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	8.2	8.4	7.8	4.9	3.5	5.4	3.7	4.8

TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA

ANUAL 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	3.67	5.42	4.92	4.20	3.33	1.83	6.38	5.49
DESVIACION STANDAR	6.65	5.97	3.56	3.27	4.93	2.91	3.90	6.03
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	181.1	110.1	72.3	77.8	148.0	159.0	61.1	109.8

TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA

VERANO 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	7.58	9.25	7.5	6.90	6.08	4.17	8.83	8.48
DESVIACION STANDAR	4.94	4.05	1.95	1.11	4.03	1.34	0.69	4.02
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	65.1	43.7	26.0	16.0	66.2	32.1	7.8	47.4

TEMPERATURA MEDIA EXTREMA

ANUAL 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	17.2	17.46	15.55	15.89	17.16	15.10	15.21	19.28
DESVIACION STANDAR	3.09	3.22	2.45	1.96	2.94	1.57	1.73	2.57
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	17.9	18.4	15.7	12.3	17.1	10.3	11.3	13.3

TEMPERATURA MEDIA EXTREMA

VERANO 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	19.42	19.77	17.52	17.43	19.27	16.37	16.53	21.33
DESVIACION STANDAR	1.86	1.54	1.07	0.85	1.57	0.94	0.28	1.11
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	9.5	7.7	6.1	4.8	8.1	5.7	1.6	5.2

FOTOTEMPERATURA

ANUAL 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	21.26	21.28	19.70	19.43	21.43	19.68	17.33	23.10
DESVIACION STANDAR	3.21	2.89	1.99	1.74	2.36	2.12	1.85	2.08
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	15.0	13.5	10.1	8.9	11.0	10.7	10.6	9.0

FOTOTEMPERATURA

VERANO 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	23.7	23.18	21.15	20.78	23.18	21.38	18.73	24.65
DESVIACION STANDAR	2.25	1.5	1.03	0.99	1.39	1.39	0.27	0.99
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	9.4	6.4	4.8	4.7	5.9	6.5	1.4	4.0

NICTOTEMPERTATURA

ANUAL 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	12.49	14.0	11.34	11.50	12.44	10.61	13.6	15.50
DESVIACION STANDAR	2.92	3.17	2.98	1.60	3.18	1.74	1.40	3.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	23.3	22.6	26.2	13.9	25.5	16.3	10.2	20.3

NICTOTEMPERTATURA

VERANO 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PEÑUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	14.65	16.35	13.72	12.87	14.65	11.85	14.27	18.12
DESVIACION STANDAR	1.61	1.66	1.42	0.72	1.77	1.05	0.31	1.24
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	10.9	10.1	10.3	5.5	12.0	8.8	2.1	6.8

Cont.....Cuadro XXVIII

TERMOPERIODO

ANUAL 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PENUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	7.83	7.15	7.19	7.83	7.09	7.72	4.08	7.66
DESVIACION STANDAR	21.4	0.92	1.32	0.60	1.12	2.19	0.61	1.27
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	273.0	12.8	18.3	7.6	15.7	28.3	14.9	16.5

TERMOPERIODO

VERANO 1997

	ESTACIONES							
	CHARCAS	CINCO SEÑORES	EL VERGEL	LOS RODRIGUEZ	PENUELITAS	POZOS	SAN MIGUEL DE ALLENDE	SAN JOSÉ ITURBIDE
MEDIA	8.10	6.80	6.88	8.07	8.15	8.85	4.40	6.67
DESVIACION STANDAR	1.2	0.51	0.77	0.34	0.39	0.85	0.31	0.68
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	14.8	7.5	11.1	4.2	4.7	9.6	7.0	10.1

7.1 Importancia del maíz y frijol

Los principales cultivos de temporal en la Mesa Central de Guanajuato son maíz y frijol, secundariamente avena forrajera, cebada y trigo. Los dos primeros son los más importantes por la superficie sembrada que ocupan, a la vez que constituyen el alimento básico para la población local y estatal, por lo que se hace una breve descripción de cada uno.

Maíz (*Zea mays* L) pertenece a la familia de las gramíneas con un gran número de variedades que difieren en tamaño y forma, en la actualidad es una de las más diversificadas pues no tiene planta competidora que la supere en adaptación a diversas condiciones ecológicas y geográficas. Este cultivo se adapta desde más o menos 50° N hasta alrededor de 40° S, es de crecimiento anual, cuyo ciclo vegetativo, según las variedades, oscila entre 80 y 200 días, desde la siembra hasta la cosecha (Robles, 1983). Esta gran adaptabilidad es el resultado de su variación genética tanto por selección natural como por fitomejoramiento, pero siempre dentro de ciertos límites de tolerancia. Los rendimientos promedio de los maíces temporaleros a escala nacional, son bajos de 500 a 600 kilogramos por hectárea (Reyna, 1970), condición que no ha variado demasiado en el presente.

En cuanto al frijol (*Phaseolus vulgaris* L) pertenece a la familia de las leguminosas, esta especie es la que presenta mayor variación en color, tamaño, forma de grano, hábitos de crecimiento, precocidad, adaptación, potencial productivo, calidad nutricional y comercial. En México el cultivo del frijol es uno de los más importantes, por la superficie destinada a su cultivo, la cantidad de semilla que se consume y la actividad económica generada; su cultivo se efectúa en todos los estados de la república, siendo los principales en razón de superficie y producción que aportan al total nacional: Zacatecas, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Tamaulipas, igualmente en la Provincia Mesa Central de Guanajuato es uno de los más importantes. Por su contenido proteínico (24%), además de grasas,

almidones, y otros. El frijol es la principal fuente de proteína en el país tanto en el sector rural como urbano; como alimento básico ocupa el segundo lugar en el consumo nacional; la semilla se consume seca, e inmadura, también se come la vaina inmadura (ejote)(Ríos, 1997).

El ciclo de vida del frijol depende de las variedades y en cierta medida, de las condiciones ambientales; la sequía y las temperaturas altas inducen a una maduración temprana. Su ciclo agrícola varía de 80 a 100 días para las variedades tempranas y de 130 para las tardías.

El rendimiento promedio nacional por unidad de superficie es de 300 kilogramos por hectárea, esta baja producción se debe por un lado, a que el frijol se cultiva principalmente bajo condiciones de temporal y por otro, a que al asociarlo con maíz implica competencia, ya que los nutrientes tienen que ser compartidos entre los dos cultivos (Reyna,1970).

La mayor parte de maíz y frijol que se cultivan en el área en estudio, se siembran en regiones de temporal, mismas que ocupan un importante número de habitantes. Por tanto, existe un alto porcentaje de Población Económicamente Activa (PEA) dedicada a esta actividad.

A continuación se señalan los requerimientos o necesidades termopluviométricas del maíz y del frijol en sus diferentes fases de desarrollo.

7.2 Requerimientos térmicos e hídricos del maíz y frijol

7.2.1 Maíz

El maíz se cultiva con buenos rendimientos desde el nivel del mar hasta alrededor de 2 500 msnm, a mayores altitudes disminuyen los rendimientos por las bajas temperaturas que se presentan en las zonas montañosas, en altitudes superiores a 2 800 msnm existe el riesgo de un mayor número de días con heladas que afectan directamente la producción, sobre todo si se presentan en el mes de octubre, éstas lesionan las nojas a tal grado que se retarda el crecimiento y si es muy severa, cesa este proceso por

completo. Lo anterior, da como resultado que la maduración se retarde, o no se presente y por lo tanto, los rendimientos y la calidad se reduzcan.

Por ello, el maíz requiere un clima relativamente cálido. Para un buen rendimiento la temperatura media debe oscilar entre 40 y 10 °C, y necesita para su crecimiento y desarrollo, de temperaturas que no presenten valores extremos máximos y mínimos que impidan su crecimiento y en último caso su sobrevivencia, para lo cual se señalan las temperaturas cardinales.

El desarrollo de cualquier planta está limitado por dos valores de temperatura: un valor mínimo y un máximo, además dentro de estos límites se encuentra un valor de temperatura óptimo, éstas difieren según la fase de desarrollo en que se encuentran los cultivos como se ejemplifica a continuación:

Fases de desarrollo del maíz y sus requerimientos térmicos

FASES DE DESARROLLO	REQUERIMIENTOS TERMICOS		
	MÍNIMO	ÓPTIMO	MÁXIMO
Germinación	10°C	20° a 25°C	40°C
Crecimiento vegetativo	15°C	20° a 30°C	40°C
Floración	20°C	20° a 30°C	30°C
Estado lechoso y masoso	20°C	20° a 30°C	30°C
Madurez	20°C	20° a 30°C	30°C

Fuente: SEP(1983)

En cada una de las fases, la temperatura juega un papel muy importante, sobre todo en la germinación de la semilla, época en que no deben presentarse temperaturas menores a 10 °C, de ser así, este proceso se retarda o inhibe (Robles, 1983).

En términos generales, el maíz se siembra y por consiguiente, germina cuando la época de lluvias está establecida, siendo esto variable. En la provincia Mesa Central, en el ciclo 1996 ocurrió de fines de julio a la primera semana de agosto, ello de antemano conllevó al cultivo a enfrentarse a las heladas tempranas.

Durante la primera fase, el maíz requiere una temperatura óptima entre 20 y 25 °C, teniendo como límites mínimo y máximo 10 y 40 °C respectivamente. Estos límites de tolerancia están dados por las temperaturas máximas y mínimas promedio

En la segunda fase cuando ocurre el crecimiento vegetativo, las necesidades de temperaturas no deben ser menores a 15 °C, ni superiores a 40 °C, siendo la óptima entre 20 y 30 °C, en ésta fase se tiene una amplitud térmica mayor.

La fase de floración (aparición de las espigas) es un estado crítico, ya que de ésta dependen los rendimientos del cultivo y por ende, la baja o alta producción. A partir de esta fase requiere de temperaturas entre 20 y 30 °C, que no descendan de 20 °C, ni que excedan de 40 °C. En los meses subsecuentes es importante que se mantengan dichas temperaturas durante la formación y madurez del fruto (mazorca).

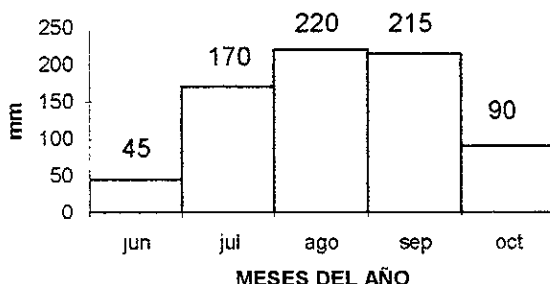
El maíz se malogra cuando se han rebasado los límites umbrales y por fenómenos meteorológicos que incidan en él. Las altas temperaturas y la sequía durante el periodo de la polinización, a menudo causan la desecación del tejido foliar y la formación deficiente de semillas.

En cuanto a necesidades hídricas Reyna (1970), señala que la distribución de la lluvia durante el año es de vital importancia en los cultivos, más que la cantidad anual. Los requerimientos óptimos de precipitación difieren según las variedades, ya sean precoces o tardías. Para el maíz de temporal se pueden obtener buenos rendimientos con más o menos 500 mm de precipitación, siempre y cuando estén bien distribuidos en el ciclo vegetativo.

Robles (1983) menciona que algunas variedades criollas pueden prosperar con 500 mm y con grandes dificultades con menos de 400 mm. Se considera como cantidad mínima 550 mm y como máxima 1 000 mm, de lo contrario, se tendrían pérdidas considerables por falta de humedad o por exceso de ésta.

Es importante conocer la cantidad de precipitación que requiere un cultivo, de igual forma es vital tener en cuenta las cantidades requeridas en las diferentes fases de desarrollo. Las necesidades de lluvia según las fases fenológicas del maíz se ejemplifican de la manera siguiente:

REQUERIMIENTOS DE LLUVIA EN EL CICLO DE DESARROLLO DEL MAIZ



Fuente SEP, 1983

En términos generales es propicia la siembra cuando se han recibido como mínimo 45 mm de precipitación, en el crecimiento vegetativo se tienen contemplados como cantidad óptima 170 mm. La máxima cantidad de lluvia que requiere el maíz es de 220 mm, en la fase de floración, para el estado lechoso y masoso se requieren 215 mm y para concluir con la madurez se requieren por lo menos 90 mm de lluvia. En la floración más que las condiciones térmicas es necesario que los cultivos satisfagan su demanda de agua, la cual suele ser afectada al presentarse la sequía intraestival durante el mes de agosto (SEP, 1983).

Es conveniente señalar que en la fase estado lechoso y masoso (formación del grano) es importante la cantidad de precipitación, ya que un exceso de ésta, modifica los valores térmicos en la región y ocasiona el desarrollo de enfermedades en el maíz. Por tanto, es esencial la distribución de la precipitación durante el ciclo de desarrollo de un cultivo, la lluvia anómala afecta adversamente al rendimiento.

7.2.2 Frijol

Respecto al frijol los requerimientos climáticos difieren según la variedad. Los fotoperiodos de estas plantas, no están bien estudiados; sin embargo, hay datos que indican que las plantas mejor soleadas producen más (Reyna, 1970) En términos generales las temperaturas para la germinación son de 20 a 25 °C -y ligeramente superiores para las fases sucesivas.

El frijol se desarrolla en regiones templadas y tropicales con 1 000 y 1 500 mm anuales de precipitación. Es susceptible a las heladas y a la lluvia excesiva ya que durante la floración, puede provocar la caída de las flores, afectando finalmente el rendimiento. La cantidad de lluvia requerida para el frijol es de 800 mm a lo largo de su desarrollo, siendo la floración un periodo crítico ya que es cuando requiere la mayor cantidad de lluvia.

7.3 Manejo actual del maíz y frijol en 1996 y 1997

Mediante trabajo de campo en la zona de estudio se obtuvieron datos referentes a las labores agrícolas realizadas durante el desarrollo de los cultivos, superficies sembradas, fechas de siembra, variedades utilizadas, fechas del periodo vegetativo, reproductivo, madurez y cosecha, producción y rendimientos de los cultivos básicos mencionados.

Para el caso del maíz en la Figura E se muestran las diferentes fases fenológicas. La siembra del cultivo básico se realizó a finales de julio y principios de agosto; las variedades utilizadas fueron VS-201, Cafime y Criollas, la cosecha se llevó a cabo a fines de noviembre y durante diciembre.

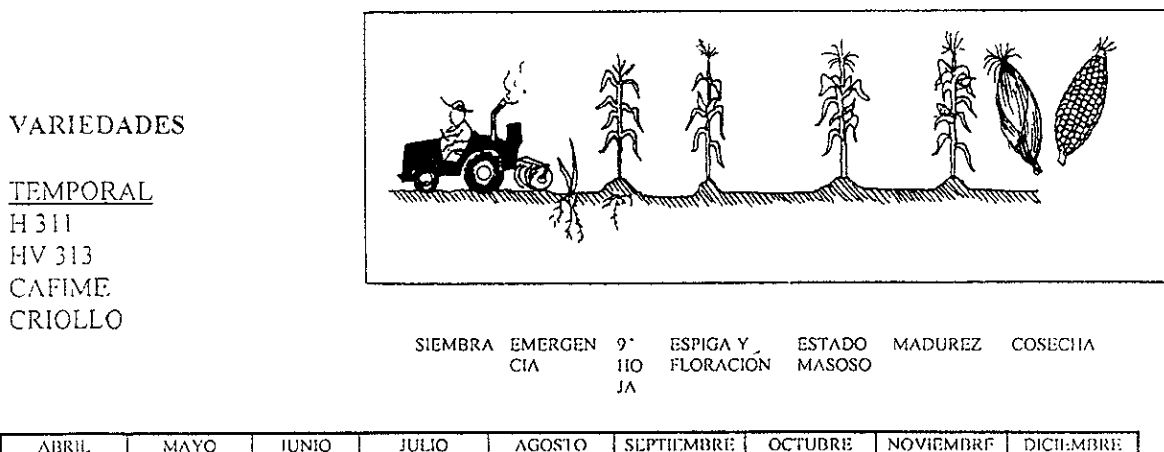


Figura E. Fases fenológicas del maíz de temporal

Las Figura F y G resultado del promedio de la información termopluviométrica anteriormente analizada y datos obtenidos en campo, muestran las labores agrícolas que fueron realizadas para dar inicio al ciclo agrícola primavera-verano 1996, las fases fenológicas del cultivo y el comportamiento que registraron las temperaturas y la precipitación.

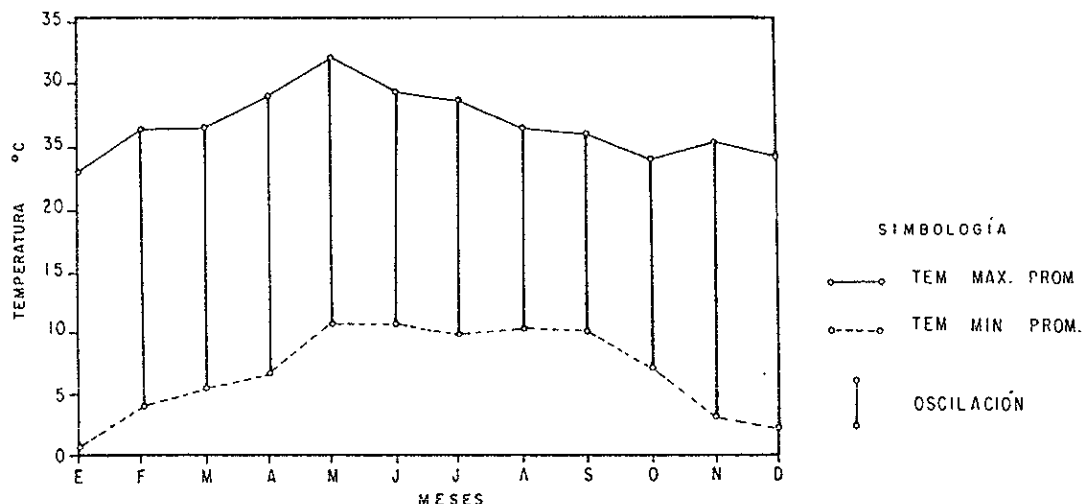


Figura F. Temperatura máxima, mínima promedio y oscilación térmica en el ciclo 1996

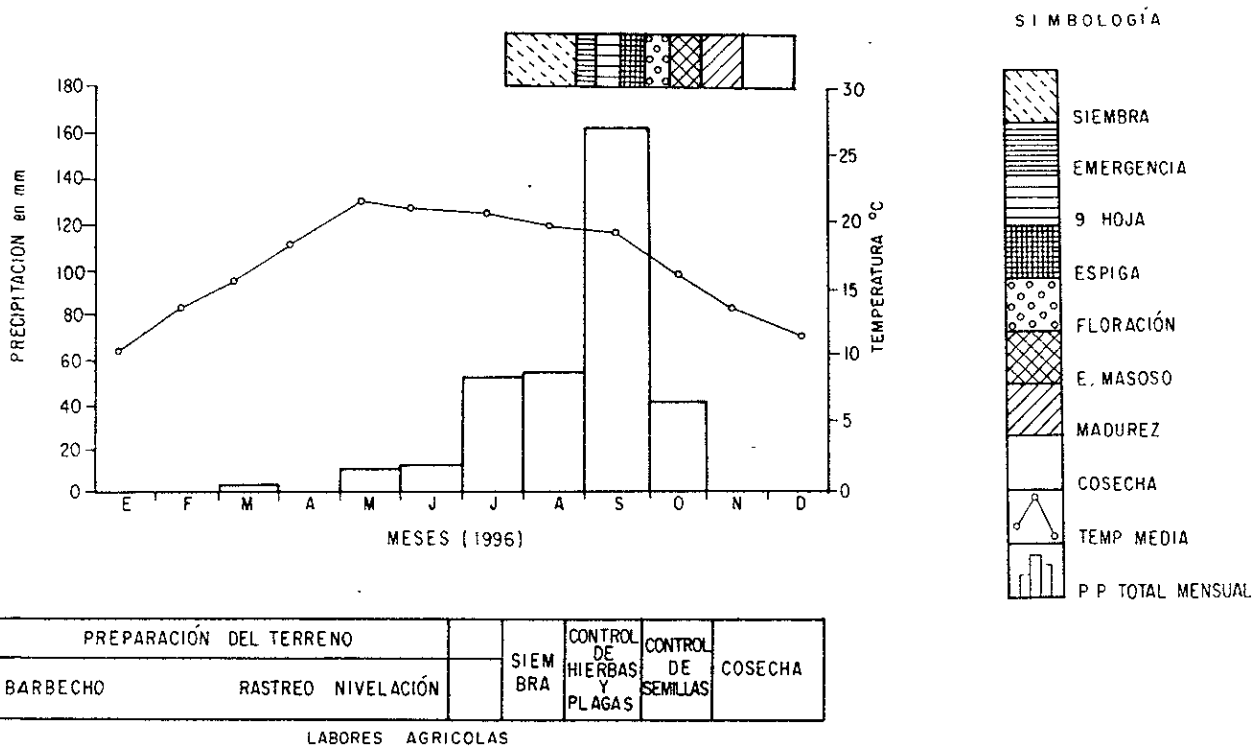


Figura G. Perfil de desarrollo fenológico del maíz

Las labores se iniciaron con la preparación del suelo, la cual fue importante para aerearlo, exponer las plagas al sol y tener una buena cama que favoreció la germinación. El tipo y número de labores dependió de las condiciones del mismo cultivo anterior, tiempo, disponibilidad de maquinaria y economía del agricultor.

Las actividades realizadas fueron: **barbecho**, que consistió en remover la superficie del suelo aproximadamente 25 a 30 centímetros de profundidad, para incorporar los residuos de la cosecha anterior y enriquecer el suelo, a la vez se dejaron al descubierto los huevecillos de plagas para que murieran por acción de las temperaturas altas y bajas. Esta actividad se realizó con bastante anticipación al establecimiento de las lluvias. En las áreas agrícola - temporaleras de la provincia Mesa Central de Guanajuato esta labor se llevó a cabo al finalizar la cosecha del cultivo anterior, en noviembre y diciembre de 1995 y se extendió hasta enero de 1996. Durante los meses en que se realizaron dichas actividades, las temperaturas máximas y mínimas promedio fueron las más bajas registradas en el año con una oscilación muy extremosa, mayor de 22 °C.

Al transcurrir el tiempo, las temperaturas se incrementaron con una oscilación menos extremosa. En febrero y marzo en las áreas agrícolas no se llevó a cabo ninguna actividad, los agricultores esperaban que iniciaran las lluvias para reanudar labores. Fue hasta marzo que se registraron las primeras lluvias (3.8 mm). En los meses subsecuentes abril, mayo y junio la precipitación continuó siendo escasa, hasta entonces se acumularon 27.5 mm, insuficientes para sembrar, pero propicios para continuar la preparación de las áreas agrícolas con las actividades de **rastreo** que se efectuaron poco después del inicio de las primeras lluvias. Con la rastra se fracturaron los grandes terrones de suelo, esto para ayudar a que la semilla germinara sin obstáculo alguno y emergiera más rápido la plántula, asimismo para favorecer el desarrollo de raíces. En algunas áreas se realizó la labor de **nivelación**, que favoreció por un lado el escurrimiento del agua de lluvia y por otro, evitó la acumulación de ésta en partes bajas del terreno. Ambas actividades se realizaron con maquinaria y con tracción animal, generalmente las superficies muy pequeñas utilizaron ésta última.

Las temperaturas máximas y mínimas promedio se incrementaron. En mayo se registró la máxima temperatura (31 °C), con una mínima de 10.3 °C. Las temperaturas medias, fueron de 17.6, 21.6 y 20.5 °C, para abril, mayo y junio, respectivamente.

En la última semana de julio se registraron importantes precipitaciones (51.6 mm). En total se acumularon 79.1 mm, precipitación suficiente, para iniciar la siembra.

Siembra. En temporal se sugiere realizar ésta como límite en la primera quincena de julio o cuando se han acumulado más de 45 mm, ya que en siembras más tardías el cultivo puede ser afectado por heladas. En 1996 la siembra de maíz en la Mesa Central se efectuó en la última semana de julio y 1ª de agosto. Las variedades sembradas para las condiciones de baja precipitación fueron: VS-201, CAFIME y Criollas.

VS-201 es una variedad de ciclo precoz, que florea a los 60 días y tarda aproximadamente 110 días a la cosecha. El grano es color blanco, dentado y semiredondo, la planta alcanza una altura de 1.60 metros.

Cafime es una variedad precoz que florea a los 60 días después de la siembra, y se cosecha aproximadamente a los 115 días. El grano es dentado y ancho, alcanza una altura de 1.50 metros.

Las Criollas son variedad de ciclo precoz, florecen a los 60 días después de la siembra, maduran aproximadamente a los 120 días, y alcanzan altura de 1.50 metros.

Esta labor se realizó con yunta en superficies pequeñas y sembradora mecánica en espacios extensos, en ambos métodos se procuró que la semilla quedara en contacto con el suelo húmedo. Los surcos tuvieron una separación aproximada de 70 a 80 centímetros. Generalmente en la subprovincia Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, donde quedan comprendidos los municipios de San Miguel de Allende, Dolores Hidalgo y San José Iturbide, se utilizó sembradora mecánica que en promedio depositó de 15 a 20 kilogramos de semilla certificada o seleccionada (una semilla cada 29 centímetros), en total más o menos 60 mil plantas por hectárea. Hacia el extremo noreste, en los municipios de Villa Victoria, San Luis de la Paz, Tierra Blanca y Xichú se realizaron las labores de surcado y siembra con yunta y se depositaron 3 semillas por golpe cada 40 centímetros aproximadamente, para posteriormente realizar aclareo (quitar una planta sobrante para dejar dos plantas por cada mata).

Durante la siembra y sobre todo en aquellas grandes superficies que utilizaron mecanización, se fertilizó con la fórmula 50-20-00, para una población de 60 mil plantas por hectárea. La mitad del nitrógeno y todo el fósforo se aplicó al momento de la siembra y el resto del nitrógeno en la segunda escarda (eliminación de malas hierbas).

Las temperaturas máximas promedio en la época de siembra fueron de 28.4 y 26.2 °C y las mínimas promedio 9.6 y 10 °C en julio y agosto respectivamente, mientras que las medias fueron de 20.1 y 19.3 °C.

Después de la siembra y bien establecido el verano, el maíz continuó su desarrollo, se presentó la emergencia aproximadamente a los 6 días y posteriormente la aparición de la 9ª hoja y espiga a los 32 y 60 días, durante éstas primeras etapas de desarrollo y cuando las plantas alcanzaron 20 cm de altura se realizaron las labores agrícolas de **control de mala hierbas y plagas**, en el primer caso fue importante porque se mantuvo limpio el cultivo en las primeras etapas, se evitó la competencia por la luz, agua y nutrimentos y a la vez se favoreció la aereación de la zona radicular. Un importante número de agricultores aplicaron herbicidas y fertilizantes, utilizando los recursos otorgados por Procampo, con anterioridad parte de estos recursos los habían invertido en la compra de semillas y en la realización de algunas labores agrícolas.

Las plagas que atacaron al maíz de temporal fueron: trips (*Frankliniella spp*) y gusano cogollero (*Spodoptera flugiperda*). Los trips son gusanos pequeños que miden de 1.2 a 1.4 milímetros, de color blanco en las primeras etapas de desarrollo y amarillos paja al ser adultos. El ataque se inicia desde la emergencia, dañando las hojas tiernas y el cogollo, a las cuales se les notan unas pequeñas manchas que a medida que se incrementa el ataque, se agrandan y las plantas se van marchitando y retardan su crecimiento. Los trips fueron controlados con Malatión 1 000 E a dosis de 1 litro por hectárea, o Sevín 80 P.H. a razón de 1.5 kg/h mezclados en 250 litros de agua por hectárea (SARH,1986a).

El gusano cogollero, al inicio de su desarrollo, es una pequeña larva de color amarillo oscuro con la cabeza negra, en la edad adulta es de color verde pálido o café oscuro. El mayor daño lo ocasionó durante las primeras cuatro semanas de germinado el maíz. Las larvas se alimentaron de las hojas tiernas del cogollo de las plantas, las cuales al continuar su desarrollo se vieron perforadas, retrasando su crecimiento. El control del

gusano cogollero se realizó con la aplicación de Sevín 5% o Dipterex 4 %, granulado en dosis de 10 kg/h. La aplicación de cualquiera de los insecticidas mencionados se realizó dirigiendo la sustancia al cogollo.

Para caracterizar las condiciones térmicas que se presentaron en los meses de agosto y septiembre, se analizó la distribución de las temperaturas máximas, mínimas extremas y oscilación sobreponiendo la (**Figura F**) al perfil del desarrollo fenológico (**Figura G**).

En los 60 días transcurridos las temperaturas máximas y mínimas promedio fueron de 26.2 y 25.7 °C y la media de 19 y 19.3 °C; la oscilación fue de las más reducidas del año. Las lluvias fueron de 53.6 y 161.8 mm, en agosto y septiembre, respectivamente. La precipitación en septiembre fue la más elevada del año. Hasta esta fase se habían acumulado 773 unidades calor.

La fase de floración se presentó después de los 60 días, obteniendo su fase clímax aproximadamente a los 75 días, que correspondió a la primera quincena del mes de octubre. En el trayecto de esta fase y la siguiente (**estado masoso**) el agricultor con objeto de buscar buenos materiales, para utilizarlos el siguiente ciclo de cultivo llevó a cabo lo siguiente: Seleccionó dentro de la parcela plantas productivas, que a la vez estuvieran rodeadas de plantas fructíferas, éstas fueron sanas, libres de plagas y enfermedades. Con buen tamaño de planta y mazorca. Para estas fechas finales de octubre, principios de noviembre, las temperaturas máximas y mínimas promedio fueron reducidas 23.8 y 25.1; 6.9 y 3 °C respectivamente.

La temperatura media en noviembre fue de 14.3 °C con una precipitación muy reducida (1.4 mm). Cabe hacer mención que en la primera decena de este mes se presentaron las primeras heladas, específicamente el día 9 con una temperatura mínima extrema registrada de -3 °C. Este siniestro marcó el cese del crecimiento del maíz, afectando la producción. El producto fue cosechado posterior a este evento.

Para el caso del frijol en la **Figura H** se muestran las diferentes fases fenológicas, la siembra se realizó a finales julio y principios de agosto; las variedades utilizadas fueron Canario 101 y 107, Negro Querétaro, Bayomex y Criollos. La cosecha se llevó a cabo a fines de noviembre y diciembre.

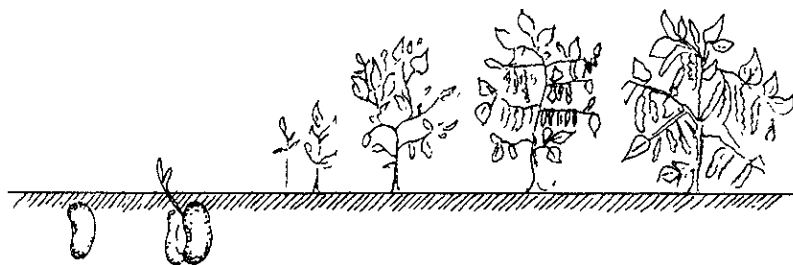
VARIETADES

TEMPORAL

FLOR DE MAYO BAJIO

CANARIO 101 Y 107

CRIOJLO



SIEMBRA EMERGENCIA D GUÍAS FLORACIÓN LLENADO DE V COSECHA

MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
------	-------	-------	--------	------------	---------	-----------	-----------

Figura H. Fases fenológicas del frijol de temporal

Las **Figuras I y J** resultado de información termopluviométrica y datos obtenidos en campo, muestran las labores agrícolas que fueron realizadas durante el ciclo agrícola primavera-verano 1996, igualmente las fases fenológicas del cultivo y el comportamiento que registraron las temperaturas máximas y mínimas promedio, medias y precipitación.

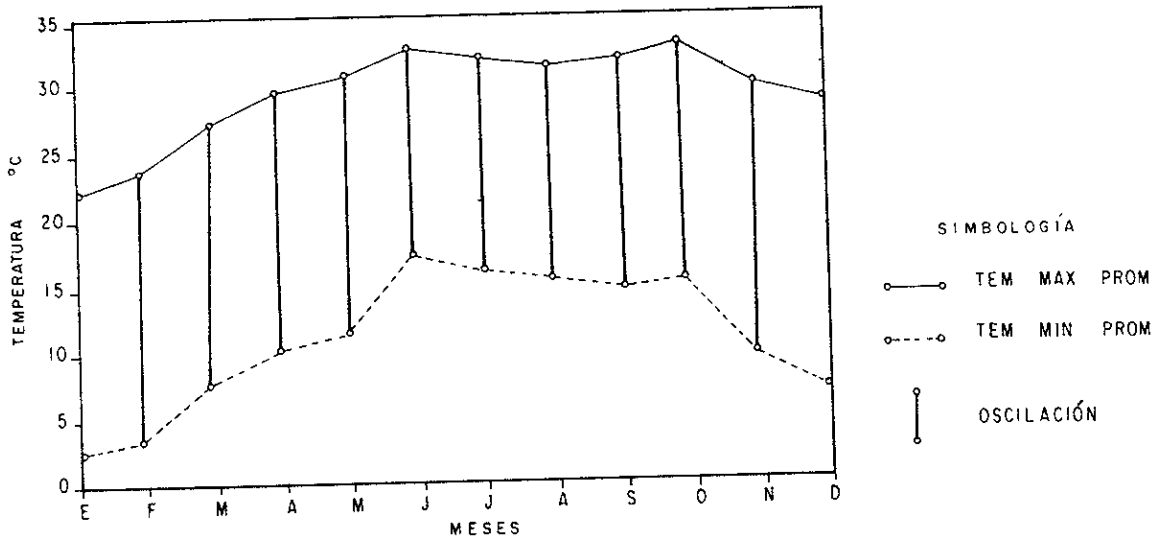
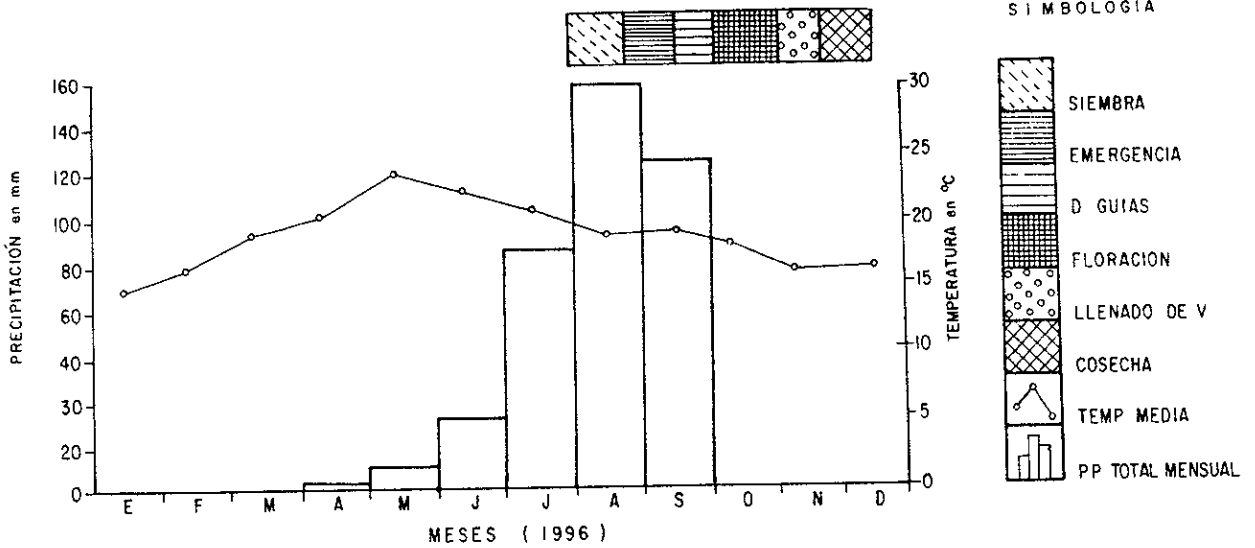


Figura I. Temperaturas máximas, mínimas promedio y oscilación térmica en el ciclo 1996



PREPARACIÓN DEL TERRENO		SIEMBRA	CONTROL DE HIERBAS	COSECHA
BARBECHO	RASTREO NIVELACIÓN			
LABORES AGRÍCOLAS				

Figura J. Perfil de desarrollo fenológico del frijol

Las labores agrícolas realizadas fueron semejantes a las aplicadas en los terrenos destinados a maíz, se inició con la preparación del terreno: **barbecho, rastreo y nivelación.**

Durante los meses en que se llevaron a cabo dichas labores las temperaturas máximas y mínimas promedio fueron las más bajas registradas en el año (23.2 y 4.2 °C) y la oscilación fue muy extremosa 17.9 °C.

Al transcurrir los meses las temperaturas se incrementaron y la oscilación fue menos extremosa. En este periodo en los terrenos agrícolas no se realizó actividad alguna. Los agricultores esperaban el inicio de lluvias para reanudar labores. Fue en abril que se registraron las primeras lluvias (1.5 mm). En los meses subsecuentes mayo y junio la precipitación continuó siendo escasa, hasta entonces se acumularon 36.4 mm.

Las temperaturas máximas y mínimas promedio se incrementaron, fue mayo el que registró la máxima temperatura 32.5 °C, siendo la mínima 15.5 °C. Respecto a la temperatura media ésta fue de 24.0 °C.

En la última semana de julio se registraron precipitaciones de 103 mm. En total se acumularon 139.4 mm. Se inició la siembra de frijol y maíz/frijol asociados en la provincia Mesa Central de Guanajuato. Una de las labores agrícolas realizadas poco antes de la siembra fue la **fertilización**, generalmente el frijol requiere de bajas cantidades de fertilizantes o incluso no se fertiliza.

Algunas de las características de las variedades sembradas (**Canario 101 y 107**): tienen semillas parecidas; color amarillo claro y forma alargada; son variedades precoces pues florecen a los 54 días y maduran a los 95 después de la siembra, son tolerantes al mosaico común y resistentes al chahuixtle; son plantas de mata con 30 centímetros de altura. El **Negro Querétaro** es de semillas color negro brillante y forma ovalada; la planta es de semiguía y alcanza 35 centímetros de altura, de ciclo intermedio, florece a los 67 días y puede cosecharse a los 110 días; tolerante al mosaico común y al chahuixtle; ambas variedades también son utilizadas bajo riego cuya diferencia está en los rendimientos, para los cultivos con riego se esperan 1.5 y 2.0 toneladas por hectárea,

mientras que en temporal si éste está bien distribuido, se producen hasta 400 kilogramos por hectárea.

La siembra se realizó con yunta en superficies pequeñas y sembradora mecánica en espacios extensos sobre todo en el extremo noroeste en donde se localizan los municipios de San Felipe y Ocampo. En ambos métodos se procuró que la semilla quedara en contacto con el suelo húmedo.

Durante la siembra de la variedad tipo semiguía y sobre todo en aquellas grandes superficies que utilizaron mecanización para las diferentes labores agrícolas, se hicieron surcos a una distancia de 70 centímetros y en el fondo de éste se depositaron de 10 a 15 semillas por metro lineal (una semilla cada 8 centímetros aproximadamente). Para variedades tipo mata los surcos se realizaron a una distancia de 60 centímetros, y se depositaron de 15 a 20 semillas por metro lineal. De estas variedades se sembraron aproximadamente 40 kilogramos de semilla por hectárea para obtener una densidad de 115 000 plantas/ha

Las temperaturas en la época de siembra fueron: máximas promedio 28.5 y 26.4 °C y mínimas promedio 14.3 y 14.6 °C en julio y agosto respectivamente, mientras que las medias fueron de 21.4 y 20.5 °C.

Después de la siembra y con lluvias importantes se continuó el desarrollo del frijol. La emergencia se presentó aproximadamente a los 6 días y posteriormente el desarrollo de guías y la floración, esta última aproximadamente a los 60 días

Durante todas las fases de desarrollo del frijol se mantuvo hasta donde fue posible limpio el cultivo para evitar competencia por luz, agua y nutrimentos entre el frijol y la maleza. Por ello se eliminaron las malas hierbas, sobre todo fue muy importante el deshierbe que se realizó durante los primeros 40 días, así se mantuvo el suelo aireado cerca de la zona radicular.

Para caracterizar las condiciones térmicas que se presentaron en septiembre, se analizó la distribución de las temperaturas máximas, mínimas promedio y oscilación térmica, sobreponiendo la (**Figura I**) al perfil de desarrollo fenológico (**Figura J**). En los 60 días

transcurridos las temperaturas máximas y mínimas promedio fueron de 26.7 y 14.7 °C y la media de 20.7 °C; la oscilación térmica más reducida del año (12.1 °C). La lluvia fue de 140 mm, última precipitación del año. En esta fase se acumularon 456.4 unidades calor. Continuó el desarrollo del frijol; durante el llenado de vaina la acumulación de calor fue 837 unidades calor.

En noviembre la temperatura media registrada fue de 15.9 °C. En la primera decena del mes se presentaron las primeras heladas, siniestro que marcó el fin del ciclo de desarrollo del frijol.

Las principales plagas que atacaron al frijol fueron la chicharrita (*Empoasca spp*), conchuela (*Epilachna varivestis*), minador de la hoja (*Liriomyza spp*) y el picudo del ejote (*Apion godmani*). En el ciclo primavera-verano 1996 no se presentaron bajas importantes en la producción por esta causa, ya que en su caso fueron atracasadas con los diferentes productos comerciales.

Las enfermedades que atacaron el cultivo del frijol en el norte de Guanajuato fueron: el mosaico común (*Virus phaseolus*) y chahuixtle (*Uromyces phaseoli*), éstas en general son difíciles de controlar, por tanto lo mas práctico es prevenir su presencia, utilizando variedades tolerantes.

El mosaico común es un moteado de diferentes tonos verdes en las hojas, cuando el ataque es muy fuerte, hay deformación de hojas y de vainas, se caen las flores y se reduce el crecimiento de la planta, ocasionando que los rendimientos sean bajos.

El chahuixtle es una enfermedad que daña principalmente a las hojas del frijol. Los síntomas iniciales de la enfermedad son pequeñas protuberancias blanquecinas, particularmente en el envés de las hojas, éstas a medida que se desarrollan rompen la parte superior de la hoja y liberan las esporas de color rojizo, se forman ámpulas de tamaño variable y un halo clorótico, característica principal de la enfermedad.

Las superficies sembradas, cosechadas y los rendimientos por municipio en el ciclo agrícola primavera-verano 1996 fueron proporcionadas por los Distritos de Desarrollo Rural 001 Dolores Hidalgo y 002 San Luis de la Paz (**Cuadro XXIX**).

Los principales cultivos de temporal en la provincia Mesa Central de Guanajuato fueron maíz y frijol que ocuparon más del 50% de las superficies sembradas. Las superficies sembradas de maíz fueron 14 087 ha; de frijol 22 438 y de maíz y frijol 98 529 ha de las cuales se cosecharon 4 351, 14 779.5 y 63 547 ha, respectivamente. Existió un total de 49 376 5 ha siniestradas, dañadas principalmente por la sequía, heladas e inundaciones. Los rendimientos fueron bajos: de maíz 350 kg/ha y de frijol 250. Los precios medios rurales en ese año fueron de \$ 1 200.00 el maíz y \$ 5 500 el frijol por tonelada

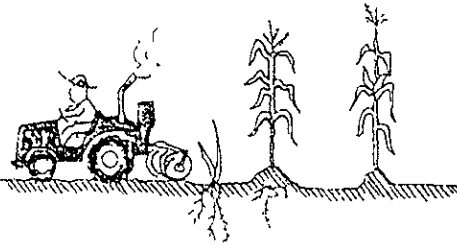
Para 1997 se realizó trabajo de campo en la zona en estudio y se analizó fundamentalmente el manejo que se les dió a los cultivos básicos en el ciclo primavera-verano.

El desarrollo que tuvieron los cultivos de maíz y frijol se muestra en las **Figura K y L**. En ambos casos se sembró a fines de abril, presentándose sólo cuatro fases, hasta principios de julio, el espigamiento en el caso del maíz y la floración en el frijol. Con éstas se concluyó el ciclo. Tal situación se debió al comportamiento que presentaron los elementos del clima: temperatura y precipitación en los primeros meses del año. Los anteriores al relacionarlos con el desarrollo de los cultivos, resultaron: para el caso del maíz las figuras **Figura M y N**; **O y P** para el frijol, mismas que muestran las fases fenológicas y las fechas aproximadas en que se presentaron

Cuadro XXIX. Estadística agrícola 1996

MUNICIPIOS	MAIZ						FRIJOL						MAIZ/FRIJOL					
	SEBRADAS		COSECHADAS		RENDIMIENTOS		SEBRADAS		COSECHADAS		RENDIMIENTOS		SEBRADAS		COSECHADAS		RENDIMIENTOS	
	HAS.		HAS.		TON/HA.		HAS.		HAS.		TON/HA.		HAS.		HAS.		TON/HA.	
ATARJEJA																		
DR. MORA	340		152		0.3		114		19		0.21		3 728		1 972		0.2	
DOLORES HIDALGO	3 800		877		0.350		2 960		2 420		0.250		14 046		10 626		0.250/0.200	
OCAIMPO	1 320		720		0.350		7 100		4 119.5		0.250		7 850		3 980		0.249/0.199	
SAN FELIPE	2 920		420		0.350		3 150		2 260		0.250		19 523		14 598		0.250/0.200	
SAN MIGUEL DE A	1 185		733		0.350		540		540		0.250		18 667		15 261		0.250/0.200	
SAN DIEGO DE LA U	1 850		290		0.350		6 010		4 430		0.250		10 070		7 200		0.250/0.200	
SAN LUIS DE LA P	1 085		622		0.300		1 527		600		0.200		5 497		2 885		0.200	
SN. JOSÉ ITURBIDE	1 028		234		0.300		995		371		0.200		10 849		3 351		0.200	
TIERRA BLANCA													1 118		336		0.250	
SANTA CATARINA													810		260		0.200	
XICHU	210		87		0.300								4 696		2 475		0.200	
VICTORIA	349		216		0.300		42		20		0.200							
TOTAL	14 087		4 351				22 438		14 779.5				98 529		63 547			

FUENTE: DISTRITO DE DESARROLLO RURAL 001 DOLORES HIDALGO Y 002 SAN LUIS DE LA PAZ



VARIETADES

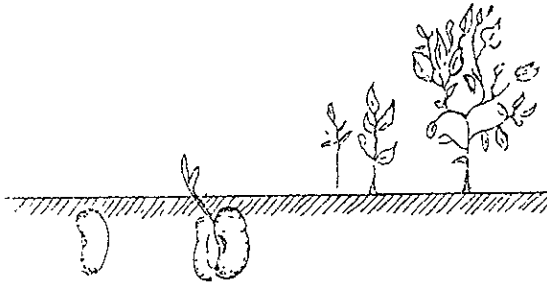
VS-201
CAFIME
CRIOLLO

SIEMB EMER 9º ESPIGA
RA GEN HO
 CIA JA

MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
-------	-------	------	-------	-------	--------	------------	---------	-----------	-----------

MESES. 1997

Figura K. Fases fenológicas del maíz de temporal



VARIETADES

CANARIO 101 Y 107
NEGRO-QUERÉTARO
CRIOLLO

SIEM- EMER D. FLORA-
BA GEN- GUI- CIÓN
 CIA AS

MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
-------	-------	------	-------	-------	--------	------------	---------	-----------	-----------

MESES 1997

Figura L. Fases fenológicas del frijol de temporal

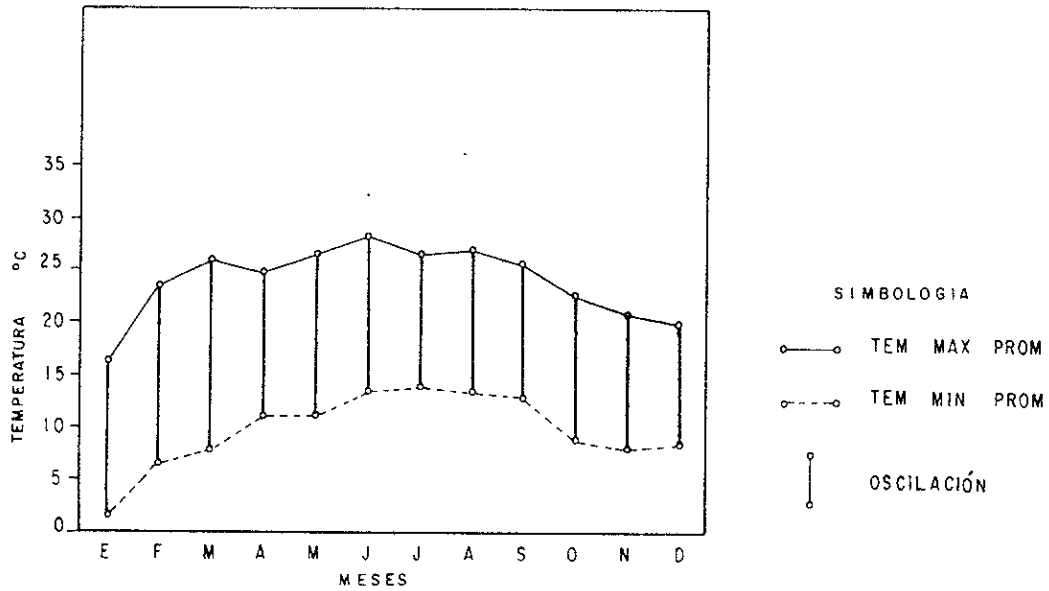
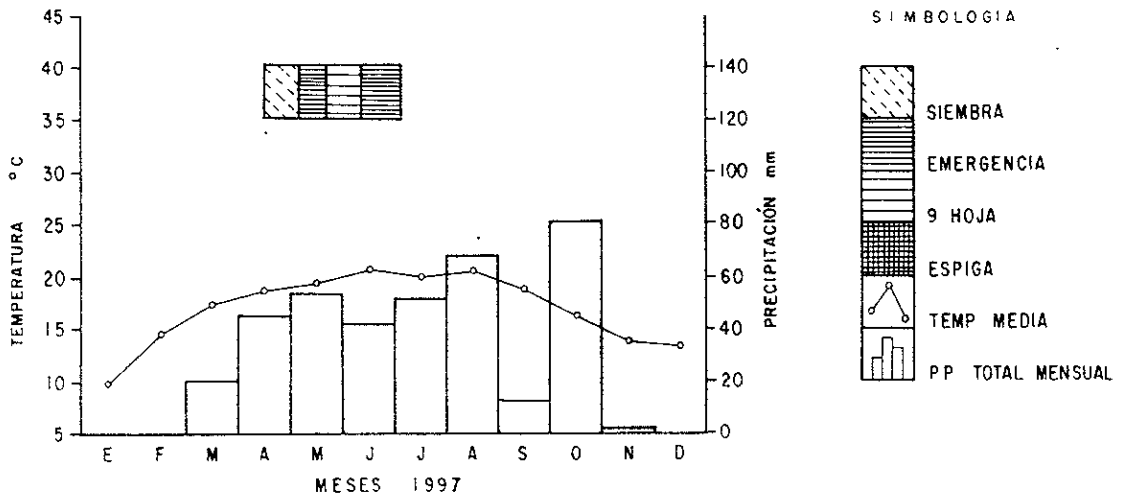


Figura M. Temperatura máxima, mínima promedio y oscilación térmica en el ciclo 1997



PREPARACIÓN DEL TERRENO	SIEM BRA	CONTROL DE HIERBAS
BARBECHO RASTREO NIVELACIÓN		

LABORES AGRÍCOLAS

Figura N. Perfil de desarrollo fenológico del maíz

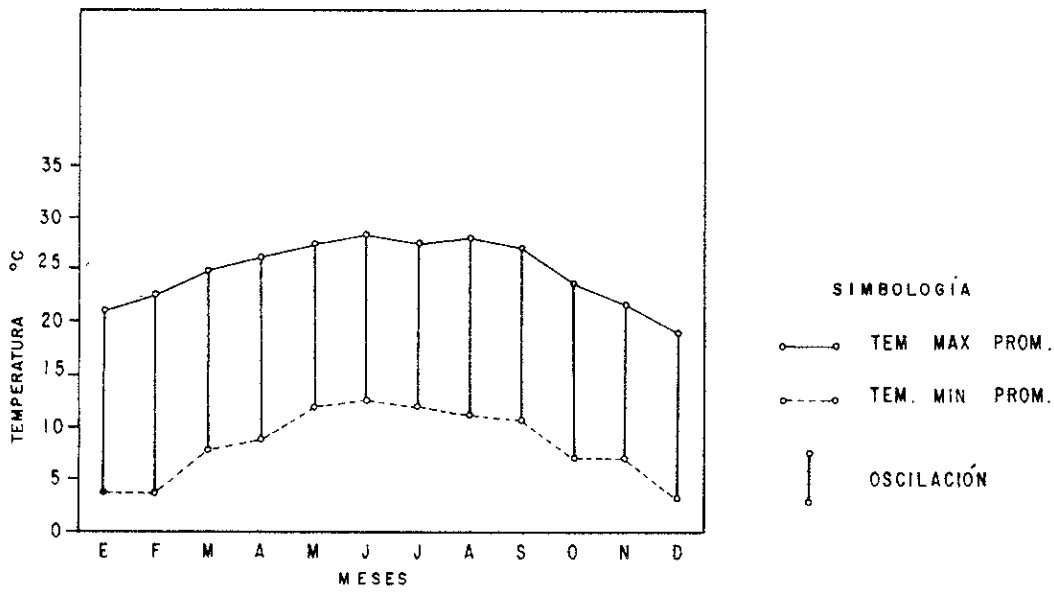
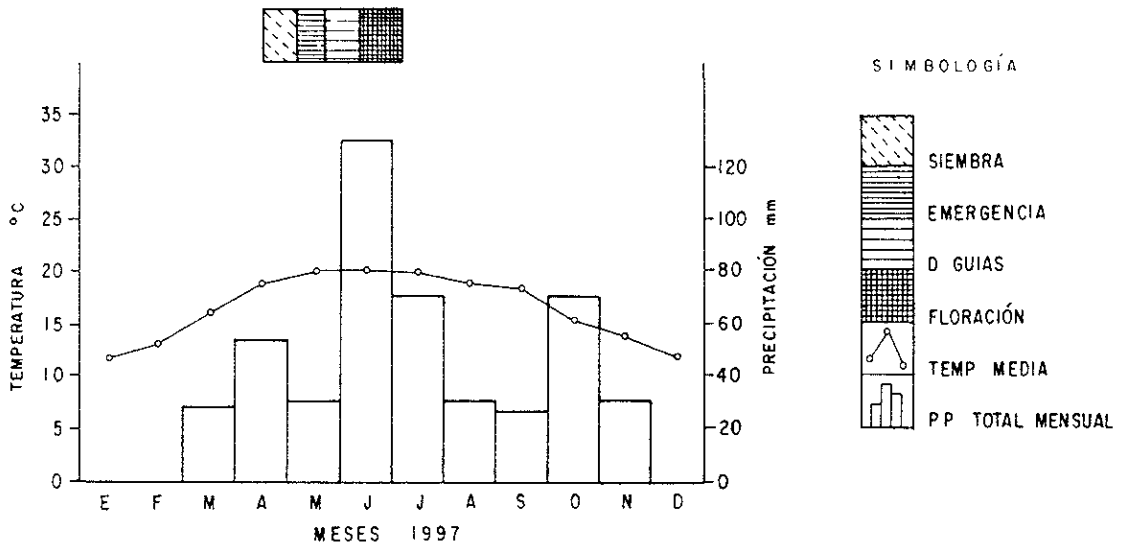


Figura O. Temperatura Máxima, mínima promedio y oscilación térmica en el ciclo 1997



PREPARACIÓN DEL TERRENO	SIEMBRA	CONTROL DE HIERBAS
BARBECHO	RASTREO NIVELACIÓN	

LABORES AGRÍCOLAS

Figura P. Perfil de desarrollo fenológico del frijol

De igual forma que en el ciclo próximo pasado, la actividad agrícola para 1997 se inició con la preparación del terreno, se realizó el barbecho, en noviembre y diciembre de 1996 y en enero de 1997. El rastreo y la nivelación del terreno en febrero y marzo.

En abril debido a la circulación atmosférica que prevaleció en la superficie y niveles medios (0-6 000 msnm) frentes fríos, masas de aire ártico, línea de convergencia al oriente de la Mesa Central, e influencia de aire tropical de ambos océanos, ocasionó lluvias importantes. La humedad en el suelo fue relevante, lo que marcó el inicio del ciclo agrícola, aproximadamente el 80% de las superficies destinadas al temporal iniciaron labores de siembra. Cabe mencionar que aún no estaba establecido el temporal.

La precipitación recibida en esas fechas fue de 68 mm; las temperaturas máxima, mínima promedio y media fueron: 25.7, 11.4 y 18.5 °C respectivamente. Las siguientes fases emergencia y 9ª hoja que es propiamente el desarrollo vegetativo se presentaron con dificultades, no se recibieron lluvias suficientes para sustentar plenamente dichas fases, ya que se registraron 53.3 mm (y según citas anteriores se requerían 170 mm para el buen desarrollo fenológico). Las temperaturas con relación a la fase anterior fueron ligeramente más altas.

Durante la espiga y floración se requiere la máxima precipitación, en el área en estudio, hubo disminución de lluvia y sólo fue de 40.6 mm.

Al sobreponer las Figuras M y N se observó que en las fases referidas existió sequía a la vez que se presentó la máxima temperatura promedio que fue de 28.5 °C y la máxima extrema de 33 °C. La anterior situación marcó el inicio del estrés en el cultivo, señalando el fin del ciclo. En los meses siguientes las precipitaciones fueron reducidas y no ayudaron a que continuara el ciclo.

En la región noreste, abarcando los Llanos de Ojuelos, que es el área con mayor tradición para el cultivo del frijol, se sembró a fines de abril con las variedades Canario 101, 107 y negro Querétaro y las labores anteriormente mencionadas. Las temperaturas fueron 26.5, 9.2 y 19.5 °C, correspondientes a la máxima, mínima y temperatura media. La oscilación en el mes fue de 17 °C. Las fases de germinación y emergencia se

presentaron sin ningún percance, para entonces las temperaturas máximas, mínimas y media fueron: 27.8, 12.1 y 20.4 °C respectivamente

A los 60 días cuando se presentó el inicio de la floración, se registró un total de 134.6 mm en el mes de junio, cuyas temperaturas fueron 28.4, 12.5°C; ligeramente superiores a las del mes anterior, la media no tuvo variación y la oscilación fue de 16.2 °C.

Para el siguiente mes se redujeron considerablemente las lluvias (78.4 mm), por tanto, el ciclo de desarrollo del frijol no se presentó óptimamente. Existió una sequía muy severa de tres meses con valor de 46.59%. Así que, la sequía afectó en forma importante la producción de frijol. La lluvia total en el año fue de 486.6 mm y la lluvia de verano correspondió a 76.2%.

Los cultivos de temporal en la provincia Mesa Central de Guanajuato en 1997 fueron: maíz, frijol y maíz /frijol intercalado, mismos que ocuparon más del 50% de las superficies sembradas. El área cultivada ascendió a 131 876.6 hectáreas de las cuales sólo se cosecharon 56 268, existió un total de 57.3% de superficies siniestradas. **Cuadro XXVII.** La mayor superficie fue ocupada por el frijol con 58 318.4 hectáreas, siguiendo en importancia el maíz con 47 477.2 y por último el maíz/frijol intercalado con 26 081 hectáreas (**Figura Q**), ésta última fue la que reportó mayores superficies siniestradas, en general por la sequía. Los rendimientos fueron muy bajos: maíz de 0.170 a 0.100 kilogramos por hectárea y frijol 0.180 a 0.040 kilogramos por hectárea. Respecto a los precios medios rurales en ese año fueron de: maíz 1 200 a 1 500 pesos y de frijol de 4 000 hasta 6 500 por tonelada.

Cuadro XXX. Estadística agrícola en 1997

MUNICIPIOS	MAIZ			FRIJOL			MAIZ/FRIJOL		
	SEMRADAS HAS	COSECHADAS HAS	RENDIMIENTOS TON/HA	SEMRADAS HAS	COSECHADAS HAS	RENDIMIENTOS TON/HA	SEMRADAS HAS	COSECHADAS HAS	RENDIMIENTOS TON/HA.
ATARJEJA							1,528	50	0 07/0 03
DR MORA	317	39	0 100	115	12	0 060	3,549	171	0 10/0 05
DOLORES HIDALGO	15 956	13 200	0 120	10 752	9 324	0 075			
OCAMPO	5 689,8	2 715	0 150	9 588 2	5 897 2	0 080			
SAN FELIPE	14 451	8 90	0 150	16 806	5 560	0 080			
SAN MIGUEL DE A.	12 526 4	4 632 4	0 170	8 617	3 530 6	0 180			
SAN DIEGO DE LA U	10 742 8	7 42 8	0 125	11 535 2	7 635 2	0 070	5,770	166	0 10/0 06
SAN LUIS DE LA P	950	38	0 150	480	32	0 040	5,093	97	0 05/0 03
SN JOSÉ ITURBIDE	845	38	0 120	425	20		998	84	0 07/0 04
TIERRA BLANCA							827	24	0 09/0 04
SANTA CATARINA							4,358	71 0	0 08
XICHÚ							3,958	286	0 10
VICTORIA									
TOTAL	47 477,2	23 308,4		58 318,4	32 011		26,081	949	

FUENTE. DISTRITO DE DESARROLLO RURAL 001 DOLORES HIDALGO Y 002 SAN LUIS DE LA PAZ

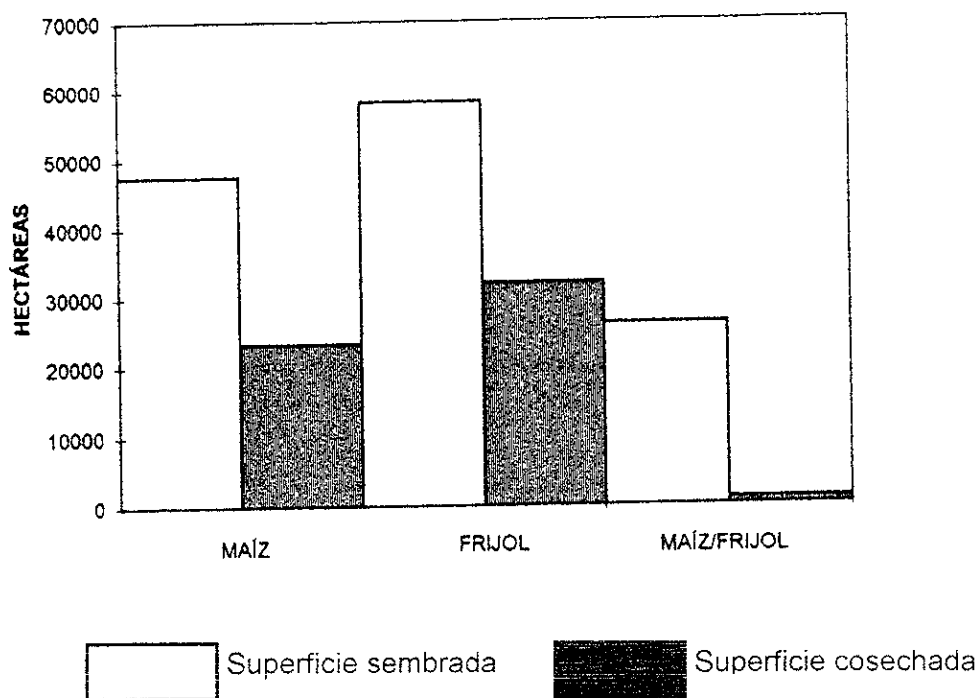


Figura Q. Superficies sembradas y cosechadas en 1997

8.1 Características de las imágenes del satélite noaa y sensor AVHRR

En un principio los satélites NOAA tenían el objetivo de enviar información a la superficie terrestre sobre el estado presente de la atmósfera. El primer lanzamiento de este tipo de satélite fue un 1960 con el TIROS-1, y fue a partir del sexto que se denominó NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration Satellite), lanzado en 1979.

Los satélites NOAA fueron diseñados para ofrecer un ciclo de cobertura muy corto: una imagen cada doce horas. Su altitud orbital es de 833 a 870 km., una imagen cubre una área aproximada de 3 000 km. de lado.

Actualmente estos satélites llevan a bordo un sensor denominado AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) construido para proporcionar imágenes con una resolución de 1.1 Km. (en el nadir), en 5 bandas del espectro.

Características del sensor AVHRR - NOAA (Chuvieco, 1990)

Banda	Amplitud (um)	Región espectral
1	0.58 - 0.68	Rojo
2	0.72 - 1.10	infrarrojo cercano
3	3.55 - 3.93	infrarrojo medio
4	10.30 - 11.30	infrarrojo térmico
5	11.50 - 12.50	infrarrojo térmico

Actualmente el sensor AVHRR por su cobertura temporal se usa en estudios del medio ambiente de pequeña escala. Su amplia cobertura y baja resolución le permite analizar las condiciones de la vegetación en periodos cortos de tiempo y a escala global, que lo hace un instrumento idóneo para estudiar fenómenos dinámicos como la desertificación, la deforestación de zonas inaccesibles, los incendios forestales de gran magnitud, entre otros (Watts y Saiz 1996).

Las imágenes de satélite son una herramienta que permite analizar una zona en repetidas ocasiones. Dependiendo de la resolución temporal de la imagen se pueden realizar estudios multitemporales para reconocer y evaluar variaciones y cambios estacionales en la vegetación, cantidad de biomasa, detección de sequía, etc. (Tucker *et al.*, 1985; Running *et al.*, 1995).

Las técnicas de detección de cambios se basan en el supuesto de que cualquier transformación en la cobertura vegetal dará como resultado una alteración en los valores de reflectancia lo suficientemente grande para ser registrados.

Es conveniente recordar que las imágenes digitales están compuestas de una malla de números, cada una de sus celdas recibe el nombre de pixel y contiene un valor digital. Cada número representa el valor promedio de reflexión de una superficie de la Tierra a determinada longitud de onda.

La variación de los valores digitales contenidos en las imágenes implica analizar el comportamiento reflectivo de diferentes superficies a diversas longitudes de ondas, seleccionar la parte del espectro en la cual diversos elementos (vegetación o cuerpos de agua) se pueden observar con más claridad y realizar operaciones de las bandas correspondientes.

Los índices de vegetación se pueden definir como la combinación de bandas espectrales de una superficie y se utilizan para detectar cambios en la cobertura vegetal. Existe un comportamiento diferente entre la banda visible y la infrarroja cercana, la mayor parte de la luz visible se absorbe y casi la totalidad de la luz infrarroja se refleja y se transmite. El supuesto básico es la absorción de la energía en el espectro visible y la gran reflectividad en el infrarrojo por parte de la vegetación. Estas diferencias forman la base para la definición de los índices de vegetación como función de la irradiación de las bandas visible R1 e infrarrojo R2. El índice más usado es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (Reed *et al.*, 1994):

$$NDVI = R2 - R1 / R2 + R1$$

Este índice toma valores entre -1 y +1 y es, sin lugar a dudas, el más utilizado en las aplicaciones agronómicas de la percepción remota, ya que reúne dos características muy importantes: sencillez matemática y poder de normalización de la respuesta espectral de sistemas vegetales, alcanzando un alto grado de relación con diversos parámetros de interés agrícola, tales como la biomasa y el índice de superficie foliar (LAI), entre otros.

Actualmente diversos estudios han concluido que el análisis de los índices de vegetación derivados de las bandas visible e infrarrojo por el (AVHRR) de los satélites NOAA, constituye una valiosa herramienta para monitorear a escala continental y regional densidad y el vigor del cultivo a lo largo de un ciclo agrícola (Tucker *et al.*, 1985; Sellers 1985; Tucker y Sellers 1986; Bartholomé, 1988; Ehrlich, 1994; Watts y Saiz, 1996; Rasmussen, 1997). Igualmente existe relación entre la biomasa y dichos índices (Anderson, 1993).

Gandía y Meliá (1991) encontraron una relación proporcional entre este índice de vegetación y los valores de precipitación, los cuales resultan útiles para los modelos de predicción de producción, que a menudo se basan en datos de precipitación y sirven también para identificar zonas afectadas por desertificación. Gómez y Valdés (1998) mencionan que los índices de vegetación responden entre 3 y 4 semanas a incrementos en los valores de precipitación. Lo que demuestra la importancia de observar este elemento climático simultáneamente con la vegetación.

Debido a que existe una relación proporcional entre los valores de precipitación, estado de crecimiento del cultivo y valores de los índices de vegetación, se utilizó dicha información para la predicción de producción.

A partir de las imágenes AVHRR de alta resolución diurnas, provenientes del satélite NOAA 14 recibidas en el Laboratorio de Observación de la Tierra (LOT) del Instituto de Geografía de la UNAM, para la época cálida del año 1996 y 1997. Se obtuvieron índices de vegetación normalizada (NDVI) los cuales se combinaron para formar los llamados compuestos libres de nubes. El procesamiento de imágenes consistió en la selección de imágenes, importación, extracción del canal 1 (visible) y 2 (infrarrojo), registro, corrección

geométrica, cálculo del índice de vegetación y obtención de compuestos en dos diferentes área de estudio bajo el sistema Terascan.

La Selección de las Imágenes se realizó utilizando el archivo de fotocopias y fotos del LOT y del Laboratorio de Oceanografía Física, este último del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. A partir de mayo de 1996 a agosto de 1997, mediante el análisis visual de las imágenes recibidas aproximadamente a las 14 horas, se seleccionaron materiales diarios con mínima presencia de nubes y ruido con objeto de que el área en estudio no sufriera distorsiones.

La Importación consiste en copiar la información de la imagen en un archivo que tiene los límites de la zona en estudio.

La extracción del canal 1 y 2 se realizó con el sistema Terascan que permite extraer cualquier banda del archivo bloque, se seleccionaron las bandas 1 y 2.

La corrección geométrica y registro consistió en sobreponer el contorno de la República Mexicana previamente digitalizada a cada una de las imágenes seleccionadas. Mediante el manejo del sistema se puede mover dicho contorno para que en la imagen y zona en estudio se registren coordenadas, valores por área, región, etc. Una vez terminado este paso, se copia nuevamente la imagen anexándole todos los atributos nuevos, denominando a éste, registro de la imagen.

Para el cálculo del índice de vegetación se aplicó la fórmula correspondiente a las imágenes producidas en la etapa anterior.

La obtención de compuestos consistió en agrupar imágenes para así analizar series de tiempo. Los compuestos de NDVI analizados corresponden al periodo agrícola primavera-verano julio-noviembre 1996 y marzo-agosto, 1997. Se analizaron 8 y 10 compuestos por año, los cuales no siempre constan de 15 días de imágenes, sino que se escogieron aquéllas que presentaban nubosidad mínima, quedando así los compuestos entre 6 y 10 imágenes. Posteriormente, se obtuvieron los valores de NDVI a nivel más particular por subregión, sobreponiendo a la imagen la zonificación de las

áreas agrícolas de temporal (Figura R). Nuevamente con los programas de cómputo incluidos con el sistema de recepción, se calcularon los valores de NDVI de las subregiones Llanuras Centrales y Llanos de Ojuelos.

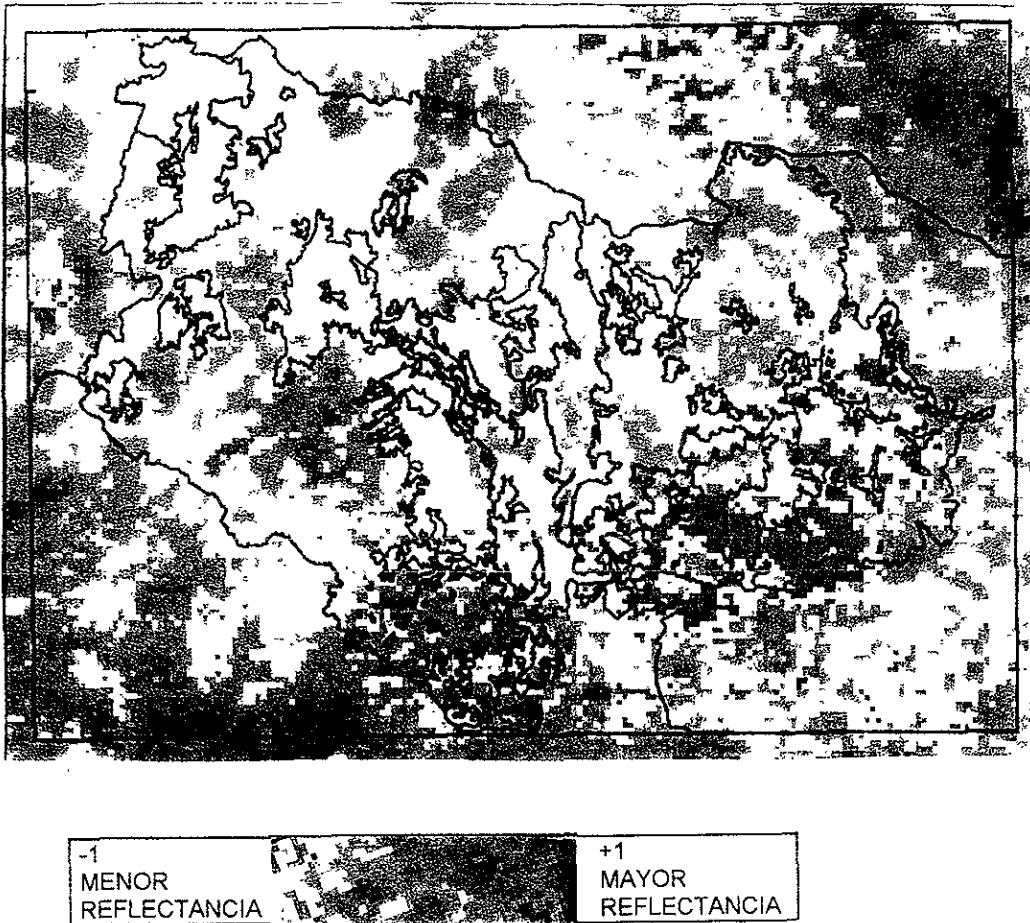


Figura R Índices de vegetación normalizada (regionalización)

8.2 Índices de vegetación 1996

El manejo de las imágenes dio como resultado para 1996 los Cuadros XXXI y XXXII. En términos generales en ambos se aprecia un aumento importante en los valores medios de NDVI en la primera quincena de agosto. Lo anterior se debió a la presencia tanto de precipitación como de materia verde.

Cuadro XXXI. Valores de NDVI en la subprovincia Llanuras Centrales en 1996

FECHA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIANA
Agosto ¹	0.2205	0.3016	0.1627	0.2652	0.2241
Agosto ²	0.2688	0.4532	0.1870	0.3264	0.2695
Septiembre ¹	0.2773	0.0693	0.1914	0.4225	0.2695
Septiembre ²	0.2863	0.0597	0.2265	0.3998	0.3096
Octubre ¹	0.2886	0.0565	0.1678	0.3364	0.3142
Octubre ²	0.32.3	0.0552	0.1901	0.3479	0.2701
Noviembre ¹	0.2649	0.0476	0.2064	0.3535	0.2586
Noviembre ²	0.1987	0.0366	0.1365	0.2487	0.2060

¹ 1a. quincena

² 2a. quincena

Cuadro XXXII. Valores de NDVI en la subprovincia Llanos de Ojuelos en 1996

FECHA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIANA
Agosto ¹	0.0365	0.0054	0.2773	0.0431	0.0360
Agosto ²	0.0167	0.0398	-0.0667	0.6334	-0.0290
Septiembre ¹	0.1424	0.3273	0.0766	0.2057	0.1395
Septiembre ²	0.0995	0.0252	0.0686	0.1427	0.0932
Octubre ¹	0.1709	0.6215	0.2920	0.2502	0.1880
Octubre ²	0.3040	0.0548	0.1508	0.3301	0.3136
Noviembre ¹	0.2519	0.0452	0.2237	0.3535	0.2984
Noviembre ²	0.2452	0.0330	0.1777	0.2831	0.2569

¹ 1a. quincena.

² 2a. quincena.

En el **Cuadro XXXI** se aprecia un aumento en los valores medios de NDVI en la primera quincena de agosto con 0.2205. Anteriores a estas fechas los promedios del índice analizado fueron de 0, e incluso por debajo de éste, por lo que no fueron analizados. A partir de esta fecha los valores de NDVI se incrementan hasta alcanzar el máximo de 0.3203 en la segunda quincena de octubre.

En la subprovincia Llanos de Ojuelos, los valores medios de NDVI presentan altas y bajas, hasta iniciar un aumento constante a partir de la segunda semana de septiembre que se sostiene hasta la primera quincena de noviembre; es en la segunda parte de este mes en que se presenta una considerable reducción del valor analizado (**Cuadro XXXI**).

Finalmente, se conjugaron las informaciones: NDVI, precipitaciones y fechas de las fases fenológicas del maíz y el frijol; éstas dos últimas, fueron anteriormente analizadas, dando como resultado la **Figura S**. En ella se aprecia un aumento en los valores medios de NDVI en la primera quincena de agosto; en general, en la subprovincia Llanuras Centrales el cultivo de maíz se encontraba en la fase de emergencia. A partir de esta fecha aumentó la precipitación y el cultivo continuó su desarrollo, los valores de NDVI se incrementaron hasta alcanzar 0.32 en la segunda quincena de octubre, encontrándose el cultivo en la fase de floración. Posteriormente la precipitación se redujo e igualmente se presentó una reducción en el índice de vegetación; primera quincena de noviembre, fecha en la cual se registraron las primeras heladas que ocasionaron pérdidas en la producción.

En la subprovincia Llanos de Ojuelos se sembró la última y primera semana de julio y agosto respectivamente, debido a la escasa precipitación (menos de 100 mm) recibida en los meses anteriores, no se había iniciado dicha labor. El NDVI presentó valores altos y bajos, hasta presentar aumento en la etapa de emergencia y desarrollo de guías, se presentó un incremento constante a partir de la segunda semana de septiembre y hasta la segunda quincena de octubre, cuando el cultivo se encontró en su fase culminante (llenado de vaina y madurez), con un NDVI de 0.3, hasta dicho momento se recibieron 350 mm de precipitación. Fue en la segunda quincena de noviembre en que se presentó una reducción considerable en los valores de NDVI, como respuesta a las heladas que se registraron (**Figura T**).

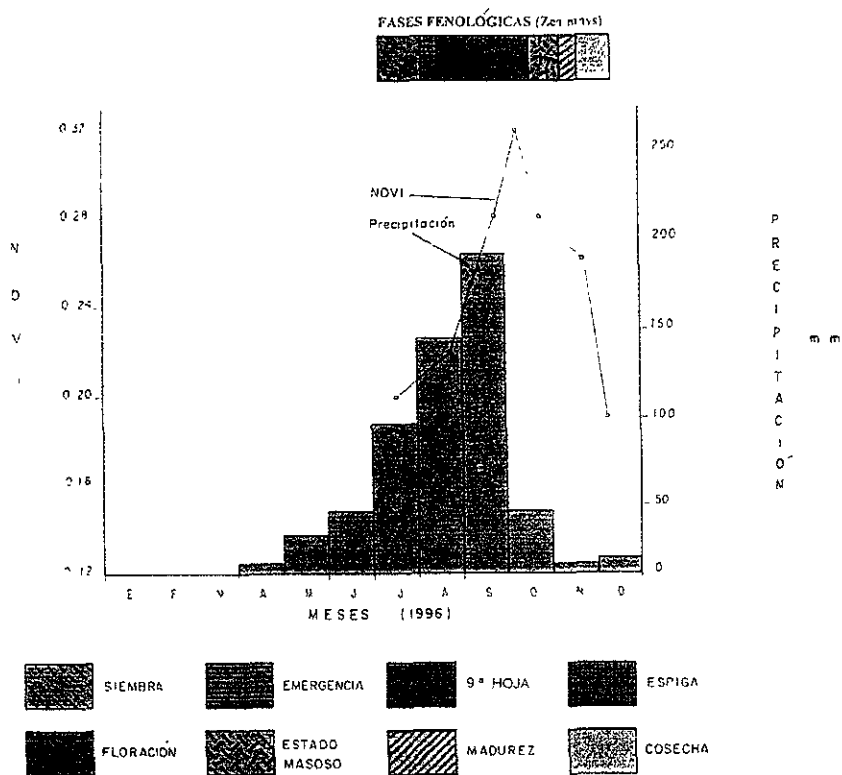


Figura S. NDVI, fases fenológicas y precipitación en las Llanuras Centrales en 1996

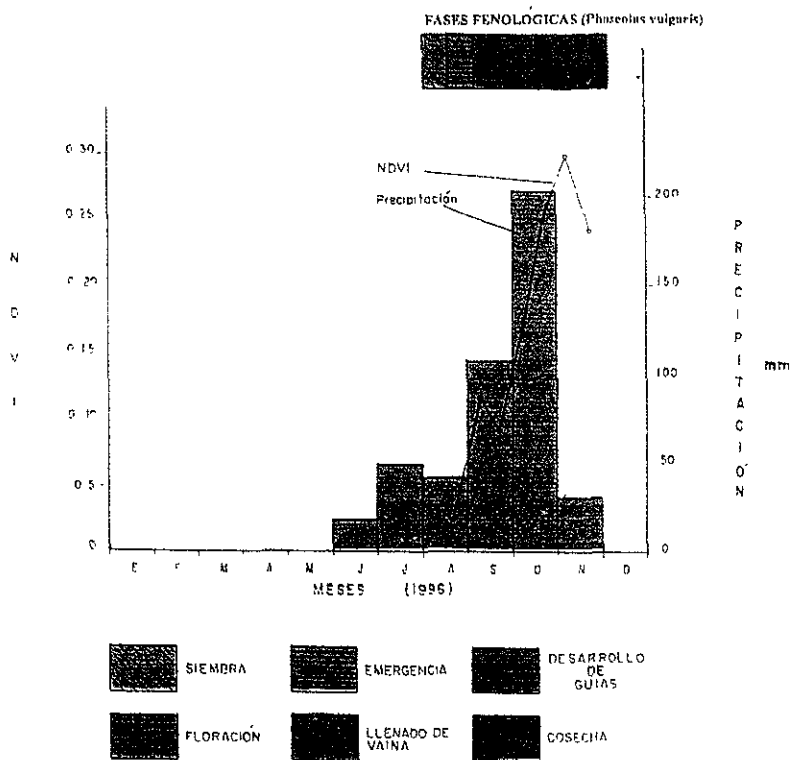


Figura T. NDVI, fases fenológicas y precipitación en las Llanos de Ojuelos en 1996

8.3 Índices de vegetación 1997

En los Cuadros XXXIII y XXXIV producto del análisis de imágenes del satélite NOAA para 1997 se aprecian aumentos mínimos en los valores medios de NDVI en la primera quincena de mayo con 0.1208 y 0.1799 respectivamente para ambas regiones. A partir de esta fecha los valores se incrementan lentamente, quincena a quincena hasta alcanzar el máximo de 0.1982 y 0.2252 en la segunda quincena de junio.

Al conjugar las informaciones: NDVI, precipitaciones y fechas de las fases fenológicas de 1997 dio como resultado la Figura U. En ella se aprecia un aumento en los valores medios de NDVI en la segunda quincena de mayo, en general, en la subprovincia Llanuras Centrales el cultivo de maíz se encontraba en la fase de emergencia. A partir de esta fecha el cultivo continuó su desarrollo lentamente y los valores de NDVI se incrementaron hasta alcanzar sólo 0.1982 en la segunda quincena de junio, encontrándose el cultivo en la fase de espiga. A partir de aquí se presentó una reducción en la precipitación y por tanto en el índice de vegetación, dando como resultado la interrupción del ciclo vegetativo. Existieron precipitaciones importantes en octubre pero los cultivos se encontraban afectados por la sequía que se prolongó por tres meses.

En la subprovincia Llanos de Ojuelos se sembró frijol, la siembra se realizó la primera quincena de mayo, debido a la presencia de lluvias tempranas recibidas en los meses anteriores. El NDVI se incrementó hasta la segunda quincena de junio, cuando el cultivo se encontraba en la fase de desarrollo de guías con un NDVI de 0.22. A partir de aquí se presentaron tres meses de baja precipitación (sequía) lo que afectó considerablemente al cultivo. En octubre se presentaron lluvias importantes por el efecto del huracán Paulina, pero los cultivos se habían reportado como siniestrados en alto porcentaje (Figura V).

Cuadro XXXIII. Valores de NDVI en la subprovincia Llanuras Centrales en 1997

FECHA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIANA
Marzo *	0.0944	0.1212	0.0783	0.3799	0.1212
Abril ¹	0.0993	0.1876	0.1058	0.4987	0.1434
Abril ²	0.1053	0.1929	0.1776	0.6293	0.1929
Mayo ¹	0.1208	0.2212	0.1571	0.6219	0.1958
Mayo ²	0.1536	0.2813	0.1508	0.6887	0.1893
Junio ¹	0.1900	0.1958	0.1584	0.6525	0.1726
Junio ²	0.1982	0.1726	0.1970	0.5644	0.1876
Julio ¹	0.1485	0.1876	0.1355	0.5415	0.1952
Julio ²	0.1266	0.2319	0.1528	0.3565	0.1794
Agosto	0.1030	0.1006	0.0671	0.2155	0.1658

¹ 1a. quincena.

² 2a. quincena.

* Mensual

Cuadro XXXIV. Valores de NDVI en la subprovincia Llanos de Ojuelos en 1997

FECHA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIANA
Marzo *	0.1432	0.5176	0.0986	0.1236	0.1836
Abril ¹	0.1455	0.5259	0.1346	0.2254	0.1726
Abril ²	0.1719	0.6214	0.1620	0.2302	0.1780
Mayo ¹	0.1799	0.6503	0.1695	0.2427	0.1843
Mayo ²	0.1986	0.0356	0.1375	0.2477	0.2150
Junio ¹	0.2136	0.6503	0.2012	0.2882	0.2211
Junio ²	0.2252	0.0270	0.2278	0.2731	0.2359
Julio ¹	0.1726	0.0306	0.1286	0.2093	0.1815
Julio ²	0.1239	0.1439	0.923	0.1516	0.1283
Agosto	0.1011	0.1177	0.9521	0.1247	0.1135

¹ 1a. quincena.

² 2a. quincena

* Mensual

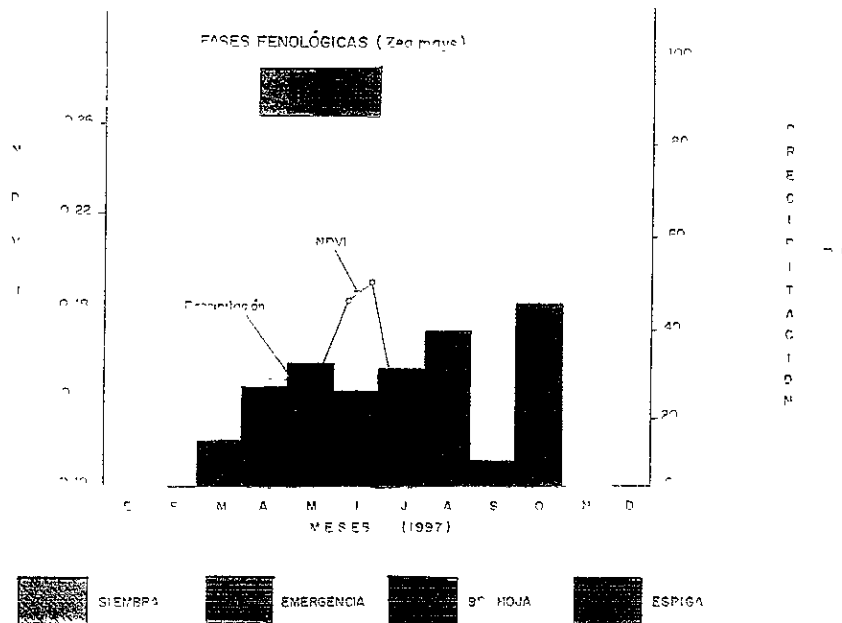


Figura U. NDVI, fases fenológicas y precipitación en las Llanuras Centrales en 1997

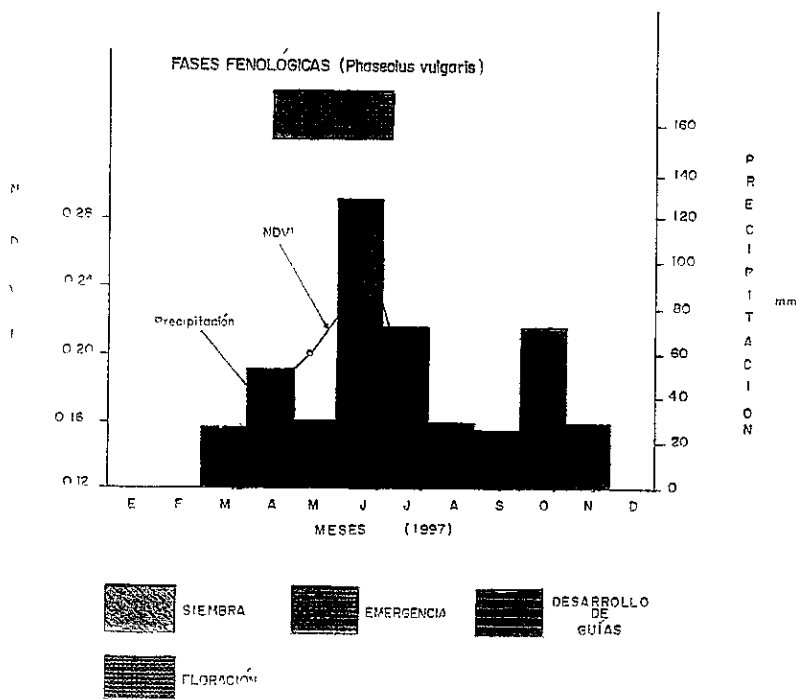


Figura V. NDVI, fases fenológicas y precipitación en las Llanas de Ojuelos en 1997

9.1 Requerimientos termopluviométricos de algunos cultivos

Las plantas sirven como indicadores ecológicos, ya que al crecer y desarrollar sus órganos, a partir de la germinación de la semilla hasta la maduración es posible realizar una interpretación acertada de la forma de sus reacciones fisiológicas frente a la influencia del medio ambiente. El éxito que tenga una planta cultivada, varía dependiendo de factores exteriores al germoplasma de la propia variedad como son: latitud, clima, temperatura, precipitación, fotoperiodo, agua disponible, etcétera.

A continuación, se señala la importancia, contenido nutricional y características termopluviométricas de cultivos exitosos en zonas denominadas marginales por las condiciones adversas de temperatura y precipitación. Estas últimas se correlacionaron con las diversas variables climáticas obtenidas anteriormente, para así determinar las posibles áreas en donde existen posibilidades termopluviométricas para introducir otros cultivos.

El Sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) es un cultivo relativamente nuevo en el panorama agrícola nacional, sustituyendo al maíz y adquiriendo gran importancia, debido a que es un componente fundamental de la alimentación de especies animales productoras de carne, leche y huevo y en consecuencia, un producto determinante en la disponibilidad de proteína animal para consumo humano (Soto, *et al.*, 1992). Aún cuando México es el cuarto productor mundial de sorgo, después de Estados Unidos, India y China, la producción nacional es insuficiente para cubrir la demanda interna, complementándose el faltante con importaciones principalmente del vecino país del norte. Tradicionalmente, el ciclo primavera-verano contribuye con el 70% de la producción, en tanto que el otoño-invierno lo hace con el 30% restante. Las principales entidades productoras de sorgo son: Jalisco, Michoacán, Sinaloa y Guanajuato en el ciclo primavera-verano, y Tamaulipas en el otoño-invierno. Específicamente el Bajío aportó 35.4 y 28.9% en 1985 y 1986 respecto a los totales producidos (INEGI, 1988).

El sorgo es una especie vegetal con hábitos de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un amplio rango según la variedad, en general es de 120 a 140 días, se adapta a diversas condiciones geográficas. Los rendimientos que se obtienen de él son muy variables siendo en promedio del orden de 2.5 ton /ha. Según Robles (1983) el sorgo se puede cultivar desde los 45° N a los 35° S con buenos rendimientos, más al norte o al sur las temperaturas son más bajas, lo que afecta al cultivo. Los intervalos altitudinales más favorables van de 0 a 1 000 msnm, por sus altos requerimiento térmicos raramente se cultiva más allá de los 1 800 msnm. La temperatura óptima para su crecimiento es alrededor de 26.7 °C con una temperatura mínima de 16.0 °C, las temperaturas por debajo de estos rangos no son convenientes, pues su ciclo se alarga y baja su rendimiento. Sin embargo, se han desarrollado variedades de clima templado que se adaptan a temperaturas mínimas de 15.0 °C y la temperatura máxima a la que puede desarrollarse es de 37.5 °C.

Es importante señalar las características fotoperiodicas, es decir, la maduración de la planta se adelanta cuando el periodo luminoso es corto. No obstante, existen diferencias de sensibilidad en cuanto a la longitud del fotoperiodo, debido posiblemente a cierta influencia de la temperatura, así pues en el periodo de crecimiento del sorgo influye tanto la temperatura como el fotoperiodo.

En cuanto a los requerimientos de humedad, además de cultivarse en zonas tropicales y templadas, el sorgo se ha desarrollado exitosamente en regiones áridas. Su capacidad para tolerar sequía, alcalinidad y sales a diferencia de la mayoría de las plantas cultivadas, hace del sorgo un cultivo valioso para zonas marginadas, por su resistencia a bajas precipitaciones entre 400 y 600 mm anuales (Flores, 1985)

El sorgo tiene varias características que le dan resistencia a la sequía: la profusa y amplia ramificación del sistema radicular, una serie de hileras de células higroscópicas que se encuentran a los lados de la nervadura central, lo que causa que las hojas se doblen en lugar de enrollarse, disminuyendo la transpiración, además las hojas del sorgo tienen una capa cerosa que contribuye a hacer a las especies resistentes a la sequía; después que sus primeras hojas se doblan, tiene mayor eficiencia que el maíz en cuanto a consumo de agua se refiere. Ante estas características del sorgo, ya señaladas se

considera que éste puede ser un cultivo alternativo para las áreas que presentan más del 15% de sequía relativa donde el maíz y el frijol pueden verse afectados (Flores, 1987).

El **amaranto** (*Amaranthus, spp.*) es un género que se caracteriza porque comprende plantas herbáceas anuales; monoicas y dioicas. Llegan a medir hasta 1.80 metros de altura y tienen gran diversidad de colores en tallos, hojas, flores y semillas (Cruz, 1994). En los últimos años ha adquirido gran importancia por el alto valor nutritivo que tienen sus semillas y hojas, tanto en cantidad como en calidad. La semilla es buena fuente de proteínas de 12 a 19% en promedio, carbohidratos, lípidos, fósforos y vitaminas. Mientras que el follaje lo es en fibra, calcio, fósforo, hierro, ácido ascórbico, carotenos y proteínas, estos últimos en mayores proporciones en el follaje en comparación con la semillas, según el cuadro siguiente (Bressani, 1988)

Contenido nutricional en semilla y follaje de amaranto

NUTRIMENTO	SEMILLA	FOLLAJE TALLO Y HOJAS
PROTEINA (%)	12.0 - 19.0	14.0 - 33.0
CARBOHIDRATOS (%)	50.0 - 71.8	19.4 - 55.3
LIPIDOS (%)	4.0 - 10.0	1.0 - 4.7
FIBRA (%)	3.2 - 8.0	5.3 - 17.0
HUMEDAD (%)	6.2 - 10.7	4.5 - 6.6
CALCIO (mg/100g)	130.0 - 154.0	1042.0 - 2276.0
FOSFORO (mg/100g)	530.0	497.0 - 760.0
HIERRO (mg/100g)	6.3 - 12.8	7.0 - 57.1
ACIDO ASCORBICO (mg/100g)	1.5 - 4.9	64.0 - 693.0
TIAMINA (mg/100g)	0.09 - 0.90	
CAROTENOS (mg/100g)	0.07 - 0.10	18.3 - 33.7
NIACINA (mg/100g)	1.0 - 2.1	
RIBOFLAVINA (mg/100g)	0.03 - 0.32	

De la planta del amaranto se aprovecha: la hoja, tallo, flores y semilla, de diversas formas. La semilla se emplea para la elaboración del dulce tradicionalmente conocido como "alegría". Recientemente se fabrican harina para enriquecer pan, tortillas, galletas, pastas, tamales, atoles y pinole entre otros. La semilla reventada se usa como cereal y granola. El tallo y hojas frescas en estado tierno se usan como hortaliza, la planta madura se emplea como forraje. Por otro lado, por su forma y colorido las hojas son utilizadas como ornato, sobre todo las especies que poseen colores muy llamativos.

El amaranto tiene una amplia distribución en todas las geoformas: en montañas, planicies, desiertos, riberas de ríos, orillas de lagos, playas y pantanos; en altitudes que van desde el nivel del mar hasta 3 400 msnm, y desde climas fríos hasta cálidos, predomina en zonas templadas y tropicales además en los climas secos y áridos (Reyna,1986).

Las temperaturas más propicias para el desarrollo del amaranto varían entre los 16 y 35 °C. Germina favorablemente entre los 19 y 29 °C, llegando a tolerar hasta 9 °C como mínima y 34 °C como máxima. El crecimiento se detiene a los 8 °C, si la temperatura disminuye a 4 °C la planta sufre daños. El cultivo de amaranto se desarrolla en forma favorable tanto en zonas cálidas como Atoyac, Gro. con 28.9 °C, como en lugares templados e inclusive con incidencia de heladas, como el caso de Tulyehualco y Milpa Alta, D.F. con 14 y 13 °C, respectivamente (Carmona, 1994). En comparación con otros cultivos la producción de éste es aceptable aún bajo condiciones ambientales desfavorables.

El tiempo de duración de la radiación solar o fotoperiodo es de gran importancia para este cultivo. La intensidad luminosa requerida por el amaranto para lograr la máxima fotosíntesis es alta, con sol pleno, debido a ello se clasifican como planta C₄ (Taboada, 2 000).

El requerimiento de agua para el amaranto es variable, va desde bajas precipitaciones como es el caso del amaranto silvestre que con la aparición de las primeras lluvias germina y continúa su ciclo vegetativo sin problemas, hasta las altas precipitaciones, creciendo inclusive en orillas de lagos y riveras de ríos. Cuando la planta se cultiva, requiere de buena humedad en el suelo durante la germinación y crecimiento inicial, pero una vez establecida puede soportar deficiencias de ésta, sin verse afectada en gran medida su producción, pero cuando la lluvia es abundante y el suelo no presenta buen drenaje el cultivo es afectado seriamente.

Las condiciones favorables en algunas localidades del Distrito Federal, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala fluctúan entre 1 250 y 2 470 msnm; y de 13.6 a 21.8 °C de temperatura y precipitaciones de 428 a 1 368 mm y climas: templado

subhúmedo, templado húmedo, semicálido subhúmedo y caliente subhúmedo (Reyna *et al.*, 1994).

Según Carmona (1994) en México se cultiva en sitios con menos de 400 mm de precipitación total anual, siempre y cuando esté bien distribuida durante el ciclo vegetativo. Igualmente hace referencia a diversas poblaciones como Chiconcuac, Edo. de México, Tzintzuntzan, Mich., Amilcingo, Mor., Temoac, Mor., San Miguel del Milagro, Tlax., entre otros, reconocidas por la producción de amaranto, las cuales han presentado el fenómeno llamado de sequía intraestival, que parece no afectar severamente al cultivo.

La Okra (*Hibiscus esculentus* L.) pertenece a la familia *Malvaceae*, comprende más de 82 géneros y unas 1,500 especies, distribuidas en regiones tropicales y subtropicales (Bahena, 1996). Se cultiva principalmente por sus cápsulas tiernas que son la parte comestible del vegetal, de gran calidad nutricional por la cantidad de vitaminas y minerales que contienen. Actualmente, tiene una gran gama de usos ya que se puede utilizar toda la planta desde los tallos hasta los frutos. Las hojas frescas junto con los retoños tiernos, botones florales y los cálices a menudo son consumidos y cocinados frecuentemente como "espinacas" y agregadas a sopas y guisados. Las hojas secas son picadas y/o molidas para almacenarse y ser usadas posteriormente, además se utilizan como forraje para la alimentación de bovinos y se han usado también para adulterar el tabaco. Con el tallo se produce una fibra que se emplea en la fabricación de papel y cordelería (Bahena, *op. cit.*).

Los frutos tiernos pueden ser preparados en sopas, ensaladas, estofados y en varias preparaciones culinarias, inclusive son usadas para el relleno del pavo en tiempo de navidad. Las cápsulas en tiras cocidas en agua o fritas tienen un sabor único y textura mucilaginosas.

Las semillas de los frutos maduros pueden usarse en sopas o en otros platillos como arroz, y secas se utilizan para concentrados de alimento especial para aves de corral; con ellas también se elaboran harinas para preparar pastas para helados, condimentos para ensaladas, sopas, quesos para untar y algunos dulces.

Los frutos son ricos en vitamina A, C y E así como en calcio, que también lo tienen las hojas, las semillas son usadas como una fuente de proteínas (20% y 14% de aceite vegetal y materia seca), además de que contiene 78% de agua, 23% de celulosa, 19.69% de extracto libre de nitrógeno y 4.18% de cenizas (Bahena, 1996). Es fuente de energía tanto a nivel de fruto como de hoja, esto se indica en el siguiente.

Contenido nutricional de la okra

VALOR NUTRITIVO POR 100 gr. CONSUMIDOS		
	FRUTO	HOJA
MATERIA SECA (g.)	10.40	10.00
ENERGÍA (kcal)	31.00	33.00
PROTEÍNAS (g.)	1.80	2.00
CALCIO (mg)	90.00	70.00
HIERRO (mg)	1.00	1.00
CAROTENO (mg)	0.10	0.99
TIAMINA (mg)	0.07	0.10
RIBOFLAVINA (mg)	0.08	0.10
NIACINA (mg)	0.80	1.00
VITAMINA (mg)	18.00	25.00

Los cultivares más comunes y conocidos en el mercado son los siguientes: Clemson spineless, Esmeralda, Lee, Annie Oakley y Prelude, mismos que requieren de 50 a 60 días para madurar. El rendimiento promedio en México oscila entre 7 y 10 toneladas por hectáreas en condiciones óptimas.

La okra es una planta tropical que crece en todos los países de clima cálido y se ha adaptado a condiciones templadas. Los climas cálidos son necesarios para que sus frutos maduren, si no es así se tendría un lento crecimiento y por lo tanto rendimientos reducidos, por esta razón a elevadas altitudes no son favorables para el buen desarrollo del cultivo, se recomienda como altitud máxima 1 500 msnm (Sánchez, 1985)

En general los requerimientos térmicos óptimos varían de 21 a 29 °C, los mínimos 18 °C y los máximos de 35 °C. Según (Bahena, *op.cit.*) es una planta sensible al frío, se adapta a temperaturas altas, siendo las óptimas para la germinación entre 24 y 29.5°C; la temperatura óptima para el desarrollo aéreo es de 28 a 30 °C. Crece mejor en climas

tropicales y necesita una larga estación de noches cálidas. Estudios de Sionit *et al.*, 1981 citado por el autor antes mencionado, mostraron que la okra no es un cultivo productivo a temperaturas medias diurnas-nocturnas de 26 a 20 °C o menos.

Los mejores rendimientos se obtuvieron en siembras de marzo, abril y mayo, cuando la temperatura media y la duración del día fueron máximos. Algunos trabajos marcan que las estaciones con fotoperiodo de 12 h. son aceptables (Serafin, 1991). Igualmente los requerimientos de unidades calor de la okra, cultivada en verano y otoño, donde se incluían varias temperaturas base, se concluyó que la que dio la menor desviación estándar fue la de 6 °C. El promedio de unidades calor acumuladas (para la temperatura base de 6 °C) desde la siembra a la floración, establecimiento de fruto y primera cosecha fue de 799, 848, y 911 unidades calor, respectivamente para el cultivo de verano.

Por otro lado en las fases iniciales del cultivo se requiere de gran precipitación, tolera la sequía, aunque limita su crecimiento.

La relación entre temperatura y fotoperiodo y su efecto sobre 17 cultivares de diferentes localidades fueron estudiados concluyéndose que existe una amplia lista de tipos de respuesta a fotoperiodo y temperatura, además que la temperatura tiene una fuerte influencia en la respuesta de los cultivares al fotoperiodo, por otro lado las temperaturas muy altas retrasan el desarrollo floral tanto en fotoperiodos cortos como largos (Serafin, 1991).

En México los estados productores de okra en orden de importancia son: Tamaulipas, Guerrero, Nuevo León, Guanajuato, Oaxaca y Morelos (Bahena, 1996).

El girasol. (*Helianthus annuus*, L). En el México prehispánico ya era cultivado y usado como alimento. Actualmente se considera como una de las plantas oleaginosas más importantes ya que sus aceites se emplean en la alimentación humana, y con otros usos como la fabricación de pinturas, barnices, lubricantes y abrasivos. El empleo del girasol como planta forrajera para la alimentación animal también se ha difundido ampliamente Padilla y Cino (1985). Aproximadamente el 49 % de la semilla, está constituida por la cáscara. El contenido de aceite, incluyendo el que tiene la cáscara es de

aproximadamente de 25 a 35 %. La masa restante después de extraer el aceite, contiene todavía de un 12 a 15% de éste. La torta empleada para alimentación animal es una fuente importante de proteínas. Es rica en aminoácidos azufrados y escasa en lisina, contiene una elevada proporción de celulosa como puede verse en el cuadro siguiente (Ortegón, 1990).

Contenido nutricional de la torta de girasol

Humedad (%) aprox.	8.3
Energía digestible kcal/kg	3.120
Fibra (%)	13.0
Grasa (%)	7.6
Proteína cruda (%)	36.8
Calcio (%)	0.43
Fósforo útil (%)	0.64
Lisina	1.30
Metionina	0.47
Cistina	0.78
Triptófano	0.45
Treonina	1.09
Isoleucina	1.14
Aminoácidos útiles aprox 85 (%)	

El nombre común y el nombre botánico de esta especie se debe a la característica que tiene la flor de girar hacia el sol durante el día, el movimiento heliotrópico de la flor es provocado por el crecimiento desigual de los costados opuestos del tallo, de lo que resulta una encorvadura hacia el flanco en que el desarrollo es menor. Después de la caída del sol, el tallo gradualmente se endereza, de manera que al amanecer la flor nuevamente se orienta hacia el sol. (SARH, 1982). Esta planta es anual, alcanza 3 metros o más de altura.

El girasol no obstante ser una planta de tipo C_3 , se caracteriza por poseer una alta tasa de asimilación fotosintética Cardinali y Orioli (1987). Cualquier variedad de girasol puede usarse para la producción de forraje, pero existen variedades seleccionadas para la

alimentación de ganado que se distinguen por su rápido desarrollo inicial y abundancia de hojas (Padilla y Cino 1985).

Las variedades de girasol cultivadas en todo el mundo son el resultado de un largo proceso de adaptación a distintos medios ambientales (climas y suelos) y de selección dirigida a obtener plantas más productoras de aceite (Espinosa, 1990).

De las 68 especies de *Helianthus*, la especie *annuus* es la más extendida por todo el mundo existiendo cultivares o subespecies de la misma, usadas como plantas ornamentales, otras como forrajeras, oleaginosas, y otras muchas crecen espontáneamente como plantas silvestres (Alba, 1990). En regiones de lluvia escasa bien distribuida en su ciclo de vida se recomiendan las variedades *Peredovik*, *Vniimk-1646*, *Smena* y *Lenissei* (Gallegos, s/f). Variedades e híbridos investigados bajo condiciones de temporal en Guanajuato son el *Peredovik*, híbrido IS-891, IS-893, IS-8944 y IS-241 (García, et al., 1996).

En términos generales, el periodo vegetativo del girasol varía según la precocidad entre 120 y 150 días. Desde siembra a recolección el girasol presenta las fases: siembra, emergencia, 4-5 pares de hojas, 5 pares de hojas a principios de floración, floración, maduración (Viorel, 1977).

De la emergencia a la aparición de 4-5 pares de hojas puede durar entre 15 y 25 días. La importancia de esta fase depende principalmente de que en ella se produce el enraizamiento de la planta, el cual a su vez condiciona el posterior vigor de la plantación. Cuando tiene de 6 a 8 hojas, temperaturas ligeramente inferiores a 0 °C pueden resultar muy perjudiciales para las plantas. Al final de este período ya se aprecian los esbozos foliares y florales los cuales son afectados por las temperaturas bajas que pueden llegar a inducir deformación en el capítulo y ramificaciones laterales provistas de brotes florales.

De los cinco pares de hojas hasta principios de la floración transcurren aproximadamente de 40 a 50 días, es el crecimiento más activo de la planta. El ritmo de formación de materia seca puede llegar a 200 kg/ha/día. Es también el periodo de máxima absorción

de elementos minerales del suelo. Al comenzar la floración la planta ha formado ya entre el 70 y el 85% de su materia seca total (Alba, 1990).

La fase de maduración puede durar entre 35 y 50 días, es más o menos largo según las condiciones ambientales, ésta comienza con el final de la floración, el incremento de la materia seca de la planta es escaso. Se produce una redistribución de las sustancias asimiladas y acumuladas por la planta en beneficio de las semillas y a expensas de los tallos y hojas. La fase termina al finalizar el llenado de las semillas cuyo peso seco ya no aumentará en el futuro. La humedad de la semilla en el estado de madurez fisiológica es de 30% aproximadamente. Una larga fase de maduración y conservación de una amplia superficie foliar verde durante la misma, así como las condiciones ambientales favorables resultan positivas para el rendimiento de la cosecha y su elevado contenido graso. A partir de la madurez fisiológica la semilla pierde agua hasta alcanzar una humedad de 8 al 9%, momento que resulta óptimo para la recolección.

El girasol requiere clima templado preferentemente y prospera bien donde lo hace el maíz. Para la siembra la temperatura óptima en el suelo es de 8 a 10 °C. Por abajo de 4 °C no llega a germinar, como mínimo necesita más de 5 °C durante 24 horas para iniciar la germinación, las plantas en estado de cotiledón pueden resistir heladas con temperaturas de 4 °C bajo cero durante periodo corto. Esta fase dura de 10 a 30 días dependiendo de la temperatura. Las condiciones en que transcurre esta fase son muy importantes, pues de ella depende el número de plantas por unidad de superficie. Conforme crece la planta disminuye su resistencia a las bajas temperaturas.

El girasol se adapta a un amplio margen de temperaturas, que van desde 25-30 a 13-17 °C máxima y mínima promedio, respectivamente. El margen óptimo de temperaturas es entre 21 y 24 °C.

La mejor temperatura para la floración es de 20-28 °C, ésta fase puede durar de 10 a 12 días, o más si los capítulos son muy grandes o si el tiempo es frío y nublado. Se considera como fecha de floración de una plantación de girasol la que coincide con la apertura del 50% de las flores. En esta fase se materializa el número de flores que se convertirán en semillas. Las temperaturas altas afectan negativamente el rendimiento o

pueden provocar una pérdida importante de producción final, tanto en peso como en contenido graso, así como un cambio en la composición en ácidos grasos del aceite menos ácido linoleico y más ácido oleico, por lo que interesa evitar que la floración coincida con la época de máximas temperaturas (Viorel, 1977).

El fotoperiodo acelera o retrasa el desarrollo del girasol durante la fase de formación de las hojas. La longitud del día durante el periodo de iniciación foliar, puede afectar el número de hojas o retrasar el momento de iniciación de las yemas florales. Algunas variedades de girasol pueden retrasar o adelantar hasta 15 días la fecha de floración como respuesta al fotoperiodo. Cuando se inicia la fase reproductiva, la luz deja de tener influencia sobre la planta como factor fotoperiódico y empiezan a tener importancia su intensidad y calidad, como factores determinantes del rendimiento (Alba, 1990).

Por otro lado, el girasol es una planta poco eficiente en el aprovechamiento del agua cuando dispone de ella en abundancia. Los estomas de sus hojas permanecen abiertos en las horas de máximo calor, y transpiran elevadas cantidades de agua con una producción de materia seca relativamente escasa. El girasol posee un gran potencial fotosintético especialmente en sus hojas jóvenes, pero al mismo tiempo consume elevadas cantidades de agua y tiene altas tasas foto-respiratorias con grandes pérdidas de sustratos orgánicos carbonados. Para producir de dos a tres kilos de materia seca, el girasol consume 1 m³ de agua, con el mismo consumo de agua la soja o el sorgo producen de cuatro a seis kilos de materia seca (Alba, 1990).

En condiciones de escasez de agua, el cultivo se muestra muy eficiente en su aprovechamiento. Su sistema radicular profundo le permite extraer agua del subsuelo a una profundidad a la que otras especies no pueden llegar. Además el girasol dispone de una serie de mecanismos fisiológicos que le permiten mantener los estomas abiertos en condiciones de estrés hídrico y, por tanto, pueden seguir fotosintetizando y acumulando materia seca (Espinosa, 1990).

La disponibilidad de agua es de gran importancia por su influencia en su iniciación foliar. La escasez de agua en el suelo reduce el número de esbozos foliares formados en esta fase y, como consecuencia, el de hojas de la planta en el futuro, y el rendimiento final. El

exceso de agua hará que el sistema radicular no profundice. El principio de la floración marca el comienzo del periodo de máxima sensibilidad de la planta a la falta de agua. Un estrés hídrico en esta fase puede afectar directamente a los órganos reproductivos, reduciendo el número de semillas por capítulo debido a una fecundación defectuosa o al aborto de flores. Asimismo, se produce un descenso en el contenido de aceite de las semillas (Ortegón, 1990).

El periodo que va desde 20 días antes a 20 días después del comienzo de la floración es el más crítico en lo que a necesidades de agua se refiere, de manera que una sequía severa en este periodo puede causar una pérdida del rendimiento de 30% reduciéndose el contenido de aceites entre 7 y 8% y la cantidad de las semillas entre 20 y 30% (Alba, 1990).

Otro factor que tiene influencia positiva sobre el rendimiento son el número de días transcurridos entre la floración y la madurez fisiológica y la conservación de la máxima superficie foliar verde hasta éste momento. Existen variedades de ciclo corto, mediano y largo según el número de unidades calor acumuladas a determinada fase (Alba, 1990).

Unidades calor acumulados a las fases de floración y madurez en el girasol

Variedad	Unidades calor acumulados a floración	Unidades calor acumulados a madurez fisiológica
Ciclo corto	1,275	2,115
Ciclo medio	1,461	2,344
Ciclo largo	1,515	2,417

Por otro lado el girasol tiene facilidad para adaptarse a cualquier tipo de suelo y produce cosechas satisfactorias bajo condiciones que otro cultivo resultaría desfavorable. Según Padilla y Cino (1985), este cultivo se adapta a suelos de mediana consistencia, permeables, profundos, ricos especialmente en fósforo, no soporta la alta acidez y su mejor pH está comprendido entre 6 y 6.5, se considera una planta mejoradora del suelo.

El Triticale (*Triticum spp.* X *Secale cereale*, L.) es un género vegetal creado por fitogenetistas al cruzar trigo con centeno. El nombre se acuñó mediante el uso del prefijo de *Triticum* y del sufijo *Secale*. El caso del triticale, más que curiosidad biológica, encierra un valor socioeconómico en ambientes ecológicos menos favorecidos ofrece la posibilidad de obtener altos rendimientos, calidad nutritiva, por su tolerancia a la sequía y a suelos pobres, y resistencia a las enfermedades típicas del centeno.

En México, el entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas trabajó en colaboración con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. El triticale se sigue mejorando en el INIFAP generalmente con el propósito de formar variedades de amplia adaptación, insensibles a la duración del día, con habilidad para desarrollarse en suelos ligeros, con genes de enanismo, de paja corta, resistentes al acame, con resistencia a enfermedades, con excelente tipo de grano y de alto rendimiento. Las líneas de triticale tienen, en su contenido de proteínas, un mejor balance de aminoácidos que sus progenitores. Las investigaciones se continúan para hacer de este híbrido un nuevo cultivo para las zonas de temporal en las que el factor limitante de las plantas cultivadas es la escasez de agua (SARH, 1982).

La necesidad de ingresos económicos de los habitantes de las zonas semiáridas, los ha orillado a buscar opciones para solventar su economía, tal es el caso del aprovechamiento de la vegetación natural y dentro de ésta se encuentran las siguientes especies:

El orégano (*Lippia berlandieri* Schauer), es una importante hierba aromática que se encuentra en México y crece como una especie silvestre. Se desarrolla sobre suelos pedregosos, en matorrales desérticos micrófilos asociados a *Larrea spp.* Su uso como condimento y hierba curativa, empezó desde las antiguas culturas mexicanas y continúa hasta nuestros días. Recientemente la recolección y el procesamiento de hojas de orégano han llegado a tener gran importancia económica ya que el 90% del total de la producción se exporta. En México se estima que el orégano ocupa alrededor de 35 millones de hectáreas (Castillo, 1991).

El nombre de orégano se refiere más propiamente a un sabor que a una planta en particular, ya que existen especies de la familia de las Labiadas tales como: *Origanum heracleoticum*, *Origanum vulgare*, *Origanum onites*, que son comercialmente cultivadas. La especie *Lippia graveolens* de la familia Verbenaceae, crece en México y es vendida como orégano mexicano (Cavazos, 1991).

Las hojas secas de orégano son usadas para saborizar pescado, carnes rojas y aves, omelettes, frijoles; para hacer té y otros platillos, especialmente pozole, pizzas, espagueti, condimento de las salsas picantes y de los chiles encurtidos en vinagre, además usada como hierba medicinal.

La especie de orégano *Lippia berlandieri* Schauer es la más importante desde el punto de vista económico. Es un arbusto aromático de 2 a 3 m de alto. Las hojas son de oblongas a elípticas de 1 a 6 cm de largo y de 5 a 30 mm de ancho. El orégano generalmente florea de julio a septiembre. Esta especie habita en climas secos y semisecos sobre lomeríos, valles, arroyos y mesetas, en altitudes que van de 980 a 2 500 msnm en matorrales desérticos. Los sitios donde crece el orégano presentan suelos de 5 a 35 cm de profundidad, una textura franco arenosa (50-60% arena, 20-30% limo, 10-25% arcilla), el pH varía de 5.8 a 6.5, la conductividad eléctrica de 0.3 a 0.4 mmhoms/cm y la materia orgánica de 3.0 a 4.5%. Los valores de fósforo varían de 7 a 12 ppm (Melendez, et al., 1991).

La vegetación natural donde se encuentra esta especie es de matorral subinerme. La flora asociada con el orégano es: El estrato herbáceo que incluye zacatales tales como *Bouteloua filiformes*, *B. curtipéndula*, *Rinchelytrum roseum*, *Botriochloa saccharoides*, *Muhlenbergia monticola*, *Aristida adscencionis*, así como también numerosas herbáceas.

El estrato arbustivo, en el cual el orégano es el dominante, entre *Mimosa biuncifera*, *Stevia rhombifolia*, *Brickellia veronicaefolia* y *Agave spp* (Cavazos, 1991).

La Chía (*Salvia hispanica* L). es una planta herbácea, anual de un metro o más de altura. Los nahuas usaban la palabra Chía o Chían para designar aquellas especies, cuyas semillas mostraba un alto contenido de aceite y mucilago, las usaban como

alimento, medicina y en sus ceremonias. Actualmente el fruto de dicha especie tiene gran utilidad y múltiples aplicaciones (Hernández, 1989)

Del los frutos de la chía se extrae aceite de alta calidad utilizado en la industria de las pinturas; además sus frutos presentan una cantidad aceptable de proteína y elementos minerales para ser utilizados en la alimentación humana o animal; las propiedades de su mucílago pueden ser útiles en el tratamiento de enfermedades gastrointestinales y los altos contenidos de ácidos linolénico de sus frutos, son una fuente energética rápidamente utilizable.

El fruto o su harina mezclados con agua o también, cocida y tomada en atoles, es eficaz contra diferentes enfermedades tales como: fiebres, diarreas, estreñimiento y regulación de la secreción biliar.

Los frutos puestos en agua se hinchan rápidamente y se rodean de una capa mucilaginosa; este mucílago se forma del agrandamiento y rompimiento de las células hidratadas de la capa epitelial. En 15 minutos son capaces de absorber agua equivalente a 5 ó 6 veces su peso.

Según las condiciones ecológicas que presenten las áreas, son los contenidos y calidad de los aceites; así que dentro de una misma especie se encuentra variaciones como se muestra en el siguiente cuadro (Hernández, 1989).

Contenido de aceites, proteínas y ácidos grasos en el fruto de *Salvia* spp.

ESPECIE	CONTENIDO (%)					
	ACEITE	PROTNA	ACIDO GRASO SATURADO	OLEICO	ACIDO GRASO LINOLEICO	INSATURADOS LINOLÉNICO
Salvia hispanica L.	34.0		8.1	0.7	45.2	39.3
Salvia hispanica L.	24.3	22.8	8.0	4.0	26.0	54.1
Salvia hispanica L.			8.7	4.3	28.2	58.8
Salvia hispanica L.	25.0		8.2	0.8	48.6	42.2
Salvia hispanica L.	31-38					58.1
Salvia hispanica L.	38.5	26.5		9.0	18.4	61.6

Las diversas especies de chía crecen en climas templados y cálidos de las regiones del centro y sur de México. También se les encuentra en los estados de California, Arizona y Nuevo México. En México, la región donde se encuentra el mayor número de especies de chía (*Salvia hispanica* L.) es la vertiente del Pacífico, y más concretamente, en la zona de transición ecológica ubicada entre los 500 y 1700 msnm, además sostiene que, las condiciones ecológicas donde crecen estas poblaciones, son las más recomendables para el mejor desarrollo de las formas cultivadas. Las altas temperaturas influyen en el contenido y composición del aceite en la semilla, a mayor temperatura se genera un menor contenido de aceite, mayor concentración de ácido oleico y menor síntesis de ácido linoléico (Hernández, 1989).

Se necesita como mínimo que exista una precipitación mensual inicial de 50 mm para que existan las condiciones propicias para establecer la siembra. La escasa precipitación en las fases de floración y llenado del fruto, dañan el desarrollo final de la planta. Las lluvias abundantes y temperaturas bajas durante la germinación y primera etapa de desarrollo de la chía, retardan el crecimiento. Un ambiente húmedo o lluvias frecuentes durante la floración, perjudican la polinización; en cambio un tiempo caluroso y despejado desde el principio del crecimiento hasta la madurez de los frutos, favorece su desarrollo e incrementa los rendimientos; aunque las temperaturas altas, pueden reducir el porcentaje de aceites en el fruto.

En general, la siembra se debe realizar cuando no hay peligro de heladas y procurando que la cosecha no coincida con la época de lluvia; además, debe haber humedad en el suelo durante la germinación.

En las áreas agrícolas de temporal de Tierra Caliente, Guerrero, las superficies agrícolas de temporal las destinan a la siembra de maíz, pero también cultivan en pequeñas porciones chía, generalmente se siembra en junio, florea en septiembre, se llena en octubre y se cosecha a fines de noviembre.

Los suelos más apropiados para chía, son los arenosos o arcillo-arenosos; bien drenados y de fertilidad media; en suelos humíferos, pero con cal, prosperan bien; en

cambio en suelos con exceso de nitrógeno, se produce mucho follaje y baja la producción de flores y frutos.

En la actualidad, es posible adquirir pequeñas cantidades de chía en algunos mercados del centro, sur y occidente de México. También se puede recolectar de algunas poblaciones silvestres, para consumir como bebida refrescante, sobre todo, en la época de cuaresma.

El alto costo que tiene el aceite de chía, es lo que ha despertado recientemente el interés por esta planta ya que existen evidencias de que en la época prehispánica se encontraba ampliamente difundida y utilizada para muchos fines.

Para iniciar la explotación de cualquier especie de la vegetación natural, se debe tomar en cuenta la distribución, ecología, inventario y técnicas para iniciar su aprovechamiento racional.

En la actualidad, existe gran preocupación por rescatar y re- evaluar las especies útiles de origen mexicano, con el propósito de planificar mejor su uso, manejo y conservación; a la vez que funjan como un complemento alimenticio y fuente para adquirir algún ingreso.

10.1 Relación temperatura y precipitación con la distribución y rendimientos del maíz y frijol

En la presente investigación se analizó el comportamiento de los indicadores termopluviométricos, en la Mesa Central de Guanajuato, los cuales fueron fundamentales para identificar las zonas limitantes para el desarrollo del maíz y frijol, ya fuera por exceso o déficit de calor o de agua.

Lo anterior, se obtuvo mediante la sobreposición de información de indicadores térmicos y de precipitación analizados de mayo a octubre y los rendimientos medios obtenidos en maíz y frijol, éstos últimos proporcionados por los Distritos de Desarrollo Rural: Dolores Hidalgo y San Luis de la Paz, Guanajuato.

La Mesa Central se extiende de los 1 800 a 2 500 msnm, las zonas agrícolas se ubican de 1 800 a 2 000 m, y por tanto, se encuentran dentro de los rangos altitudinales adecuados para la buena adaptación y desarrollo del maíz y frijol.

En general, las temperaturas medias, máximas y mínimas registradas en junio y julio indicaron que las áreas agrícolas correspondientes a: la subprovincia Llanos de Ojuelos (noroeste), inmediaciones de Ocampo, Tres Encinos y San Felipe; Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato (porción centro-este), Dolores Hidalgo, Peñuelitas, Los Rodríguez, San Miguel de Allende y San José Iturbide representaron las condiciones térmicas óptimas para el desarrollo de las primeras fases fenológicas de los cultivos analizados: siembra, germinación, crecimiento vegetativo y desarrollo de guías, ésta última en frijol.

En los meses siguientes las temperaturas no fueron las adecuadas para el desarrollo de las fases: espiga, floración, llenado de vaina, estado masoso, lechoso y madurez, ya que siempre fueron ligeramente menores a las señaladas como óptimas.

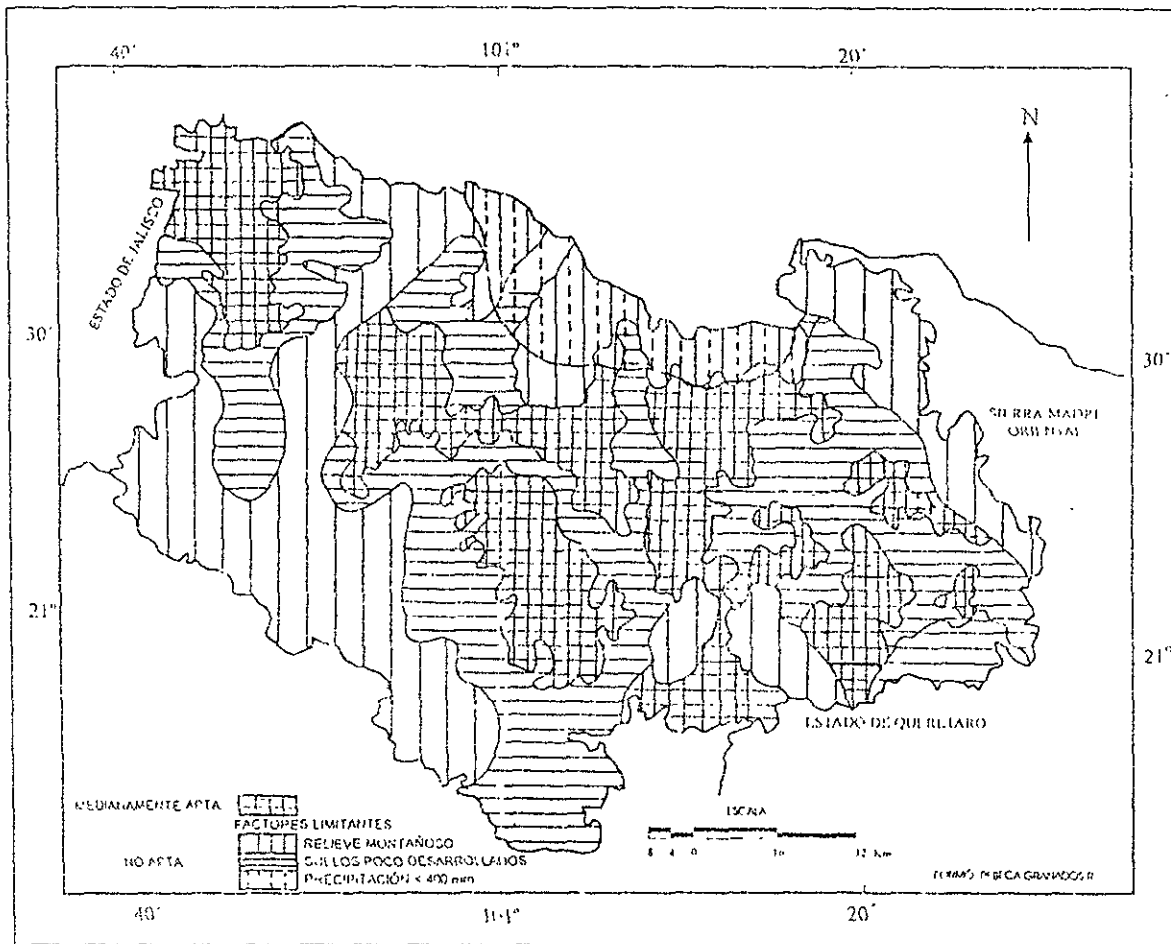
Por lo mismo, en dichos meses los valores de las unidades calor fueron ligeramente inferiores. Las nictotemperaturas indicaron noches templadas siempre tenuemente menores a las recomendadas. En cuanto a las temperaturas diurnas en las zonas agrícolas éstas fueron las óptimas, para todas las fases fenológicas de los cultivos.

En general para las variedades recomendadas, los valores térmicos fueron los adecuados para el buen desarrollo de los cultivos de mayo a septiembre. Sin embargo, el análisis de las temperaturas mínimas extremas indicaron que éstas fueron inferiores a las señaladas como límites mínimos, sobre todo en octubre donde se registraron temperaturas mínimas extremas de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, estas condiciones frías representan un riesgo para los cultivos, debido a la presencia de las primeras heladas.

Respecto a las precipitaciones éstas no fueron igualmente generosas, ya que las registradas resultaron ser inferiores a las marcadas como necesarias para el buen desarrollo, sobre todo a partir del crecimiento vegetativo. Las variedades propuestas para adaptarse a dichas condiciones de precipitación y producir como máximo 400 kg/ha de maíz son las variedades: Cafime, VS-201 y Criollo, 500 kg/ha para las variedades de frijol Canario, 101 y 102, Negro-Querétaro y Criollo. Por lo anteriormente analizado, las áreas agrícolas de la Mesa Central de Guanajuato se clasificaron como medianamente aptas.

Al resto del área de la provincia se le clasificó como no apta, y las limitantes directas fueron las condiciones altitudinales: zonas montañosas superiores de 2 500 msnm con pendientes pronunciadas que predominan en las sierras: Santa Bárbara, Guanajuato, El Cubo y Jacales y los cerros: Gordo, Derrumbado y Alto; y los factores termopluviométricos, como bajas temperaturas y precipitaciones reducidas (**Mapa 55**).

Existen otros elementos ecogeográficos que influyen en el buen desarrollo de los cultivos, entre ellos el suelo, pero fueron la distribución y la cantidad de precipitación los responsables directos en los años analizados de los bajos rendimientos que presentaron los cultivos básicos: 350 kg/ha en maíz y 250 kg/ha en frijol respectivamente.



Mapa 55. Zonas de aptitud agroclimática para el maíz y frijol de temporal

10.2 Relación temperatura y precipitación con requerimientos termopluviométricos de algunos cultivos

Para poder llevar a cabo sugerencias para una mejor adaptación de cultivos al medio, fue importante el análisis de distribución de temperatura y precipitación en el tiempo y el espacio, además de conocer los requerimientos termopluviométricos de algunos cultivos, mismos que fueron fundamentales para determinar los factores limitantes para el desarrollo óptimo de los mismos y así determinar zonas con más posibilidades de prosperar.

Mediante la sobreposición de información de los indicadores térmicos y pluviométricos analizados de mayo a octubre y los requerimientos térmicos y de lluvia de determinados cultivos que actualmente han prosperado en zonas de escasa precipitación (sorgo), cultivos que formaban parte de la dieta de la población (amaranto y girasol), cultivos exóticos que recientemente han cobrado gran importancia (okra), variedades manipuladas hasta nivel de ingeniería genética (triticale) y además, de enfocar la atención a recursos tradicionales (chía y orégano) que siempre se han utilizado, ofreciendo grandes perspectivas económicas, se determinaron zonas potenciales con diferentes niveles de aptitud.

En la provincia Mesa Central de Guanajuato, el cultivo del sorgo ocupó en 1985 166 516 ha sembradas y 143 210 cosechadas con un rendimiento de 2.8 Ton/ha (SARH,1986b). En 1995 particularmente en las superficies correspondientes al Distrito de Desarrollo Rural de Dolores Hidalgo ocupó sólo 78 ha de riego, mismas que fueron cosechadas (INEGI, 1996).

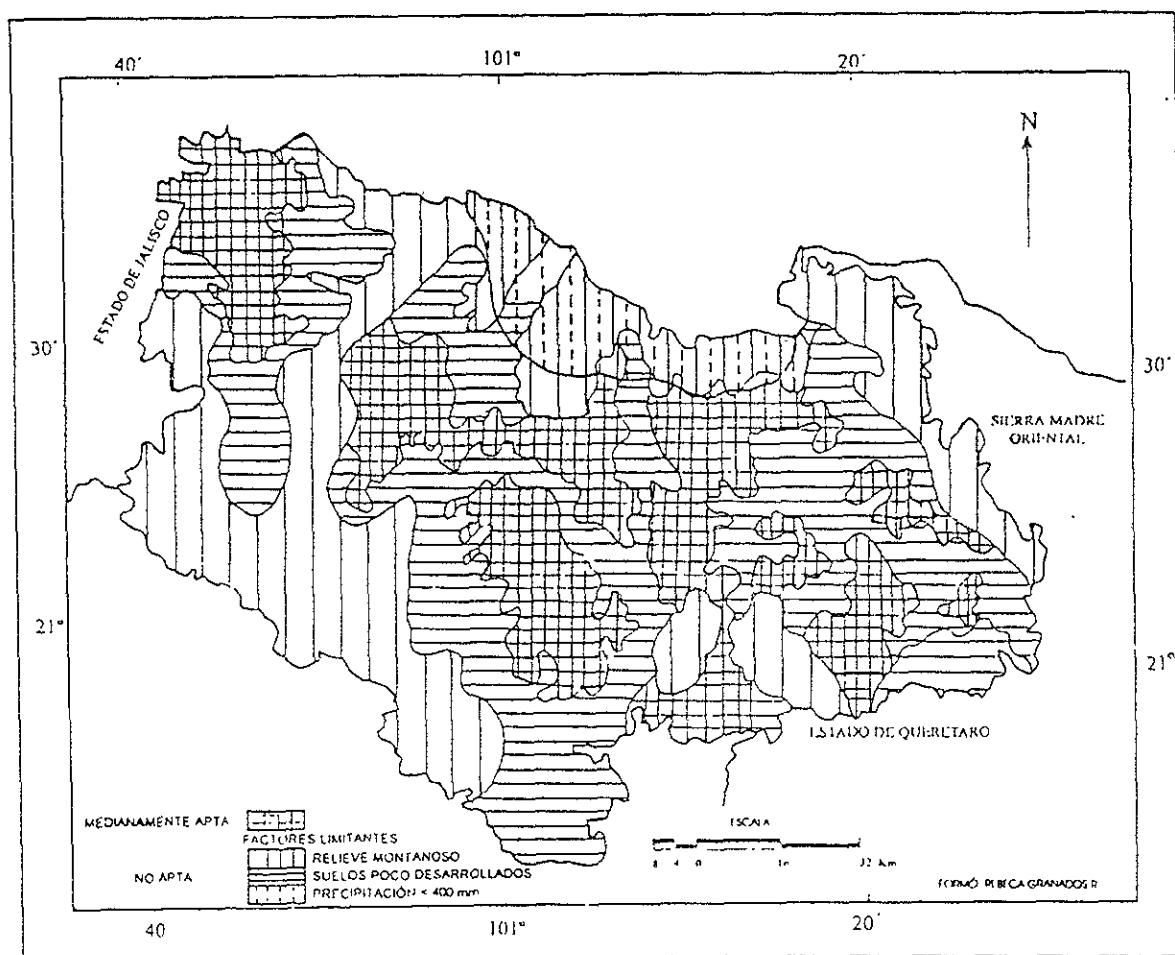
En los ciclos agrícolas analizados no existieron superficies dedicadas a sorgo, debido al conocimiento reducido por parte de los agricultores de las bondades del cultivo, a pesar de la cercanía que existe con la zona productora de gran importancia El Bajío y por no pertenecer éste a los cultivos susceptibles del apoyo económico Procampo.

En cuanto a condiciones latitudinales, las áreas agrícolas de la Mesa Central se encuentran dentro de la amplia zona de adaptación propuesta para su cultivo, condición necesaria para recibir las cantidades óptimas de horas luz. La provincia presenta altitudes ligeramente superiores a las marcadas como óptimas.

En tanto que por las necesidades térmicas, el área en estudio se encuentra por debajo de los valores marcados como óptimos para el desarrollo del ciclo vegetativo, pero los híbridos BJ-102T y BJ-103T además de adaptarse a condiciones templadas, son capaces de tolerar sequías y precipitaciones de 400 mm, con rendimientos probados en promedio, de 3.3 Ton/ha. En el ciclo 1985 en la región se lograron rendimientos de 2.8 Ton/ha (SARH,1986b).

Por las características que requieren dichos híbridos, las condiciones medias de temperatura y precipitación de la zona y experiencias de producciones anteriores, indican que en general, las zonas agrícolas de temporal en esta provincia guanajuatense son medianamente aptas para albergar este cultivo (**Mapa 56**). El factor limitante de mayor peso que impediría que dicho cultivo se desarrollara óptimamente sería de acuerdo a los registros de los últimos años la precipitación, irregular y escasa.

Al resto del área de la provincia se le clasificó como no apta, siendo responsables directos de esta condición factores ajenos a los termopluviométricos, tal como: zonas montañosas superiores de 2 500 msnm, con pendientes pronunciadas y suelos poco desarrollados.



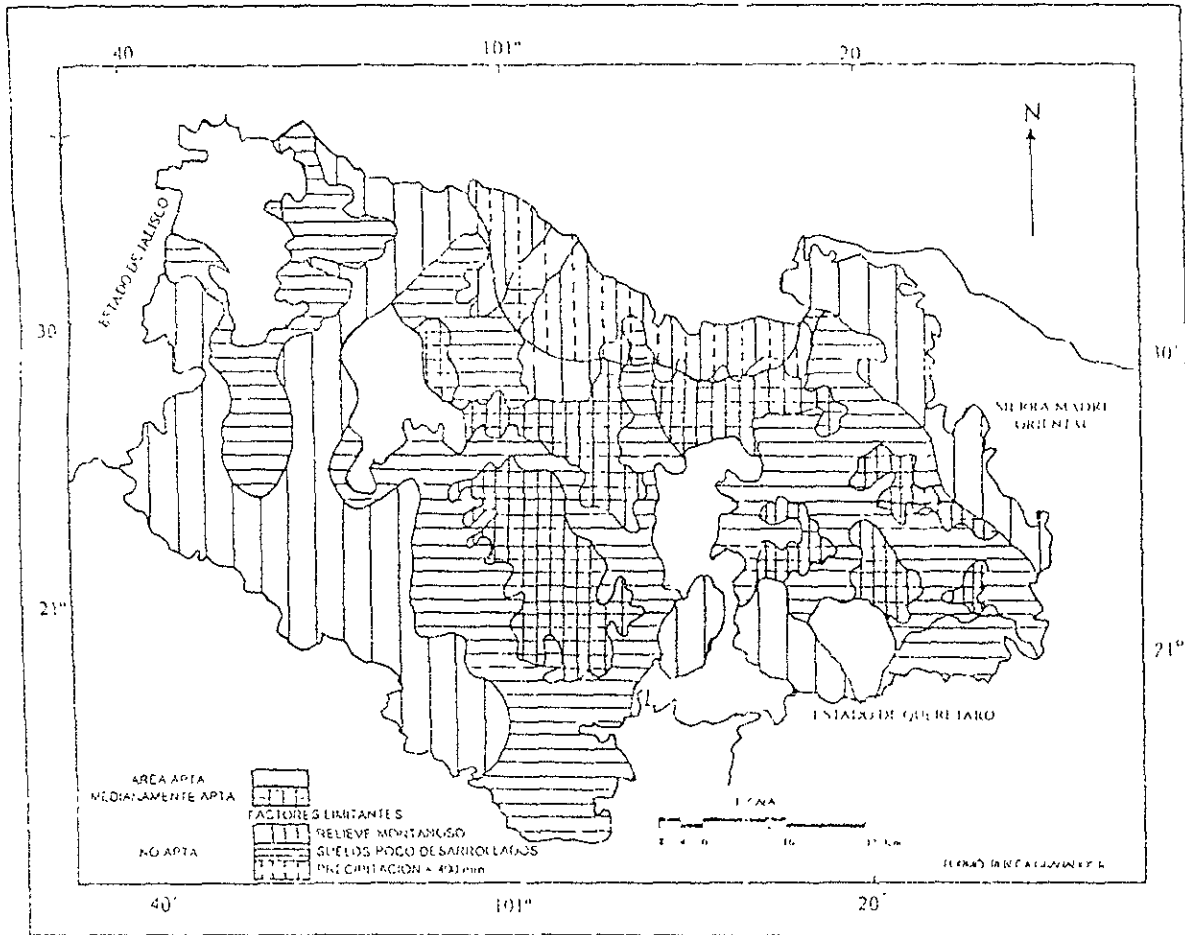
Mapa 56. Zonas potencialmente útiles para el cultivo del sorgo

Debido a la amplia adaptación altitudinal que presenta el amaranto y por requerir temperaturas y precipitaciones que se encuentran en las zonas agrícolas de la Mesa Central, éstas representan áreas potenciales para siembras de este relativamente nuevo cultivo.

En estudios previos y muy particulares (Reyna y Flores, 1988), donde además de analizar la temperatura y la precipitación se adicionaron las características del suelo, dieron como resultado amplias zonas potenciales en el norte de Guanajuato.

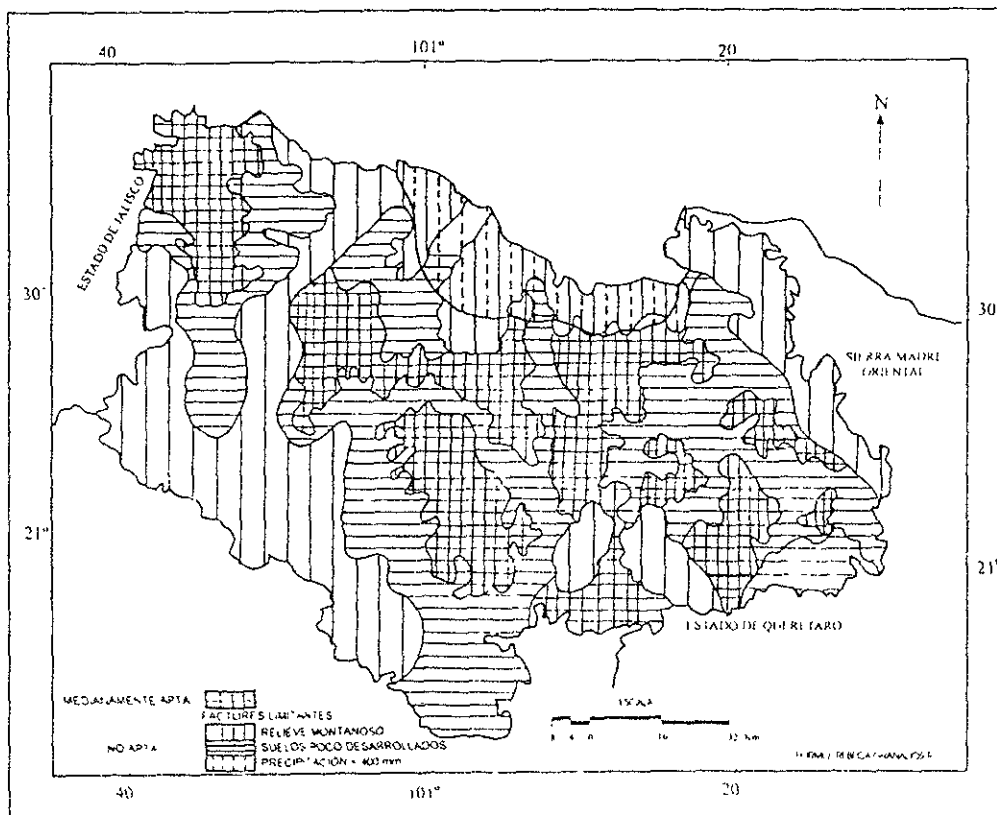
Ahora bien, mediante la sobreposición de información de los indicadores térmicos y pluviométricos con los requerimientos térmicos y de precipitación del amaranto se obtuvieron las siguientes zonas potenciales: 1) hacia el noroeste y este de la provincia, ubicadas en los municipios de Ocampo y San Felipe. 2) pequeñas porciones de la subprovincia Valles Paralelos del Suroeste de la Sierra de Guanajuato, hacia el sur de Ibarra 3) En la porción centro-este en lo que propiamente es la subprovincia de Llanos y Sierras del Norte de Guanajuato, ocupando parte de los municipios de San José Iturbide y de San Luis de la Paz, así como de las llanuras de Allende y superficies pequeñas en Dolores Hidalgo. A las anteriores áreas se les consideró como aptas para la introducción del amaranto como cultivo potencial que podría beneficiar al campesino temporalero. En general, el resto de la provincia se clasificó como no apta, siendo el relieve montañoso, suelos poco desarrollados y precipitaciones menores a 400 mm los factores limitantes (**Mapa 57**).

Por las características altitudinales, temperatura y precipitación que requieren las variedades e híbridos de girasol adaptados a condiciones templadas y principalmente para obtener follaje *Peredovik*, híbrido IS-891, IS-893, IS-8944 y IS-241; se concluyó que las zonas de temporal ubicadas por un lado en la porción noroeste donde se localiza una pequeña porción de la Subprovincia Llanos de Ojuelos en cercanías de las poblaciones Ocampo y San Felipe. Por otra parte, en la parte central en lo que propiamente es la subprovincia de Llanos y Sierras del Norte de Guanajuato, y en las llanuras de Allende y Dolores Hidalgo son medianamente aptas para introducir este cultivo (**Mapa 58**).



Mapa 57. Zonas potencialmente útiles para el cultivo del amaranto

Es difícil la obtención de semilla de girasol ya que este cultivo requiere gran intensidad luminosa para realizar su actividad fotosintética y de transpiración mayores en relación a otros cultivos, además al poseer un gran potencial fotosintético consume elevadas cantidades de agua, la escasez de ésta en el suelo reduce el número de esbozos foliares e incluso reducido contenido de aceite y como consecuencia, el futuro y el rendimiento no son favorables. Por otro lado, el girasol requiere un suelo mayor a 89 cm debido a las características de su sistema radicular profundo, condición que no se tiene en la provincia y por lo tanto este sería otro factor limitante.



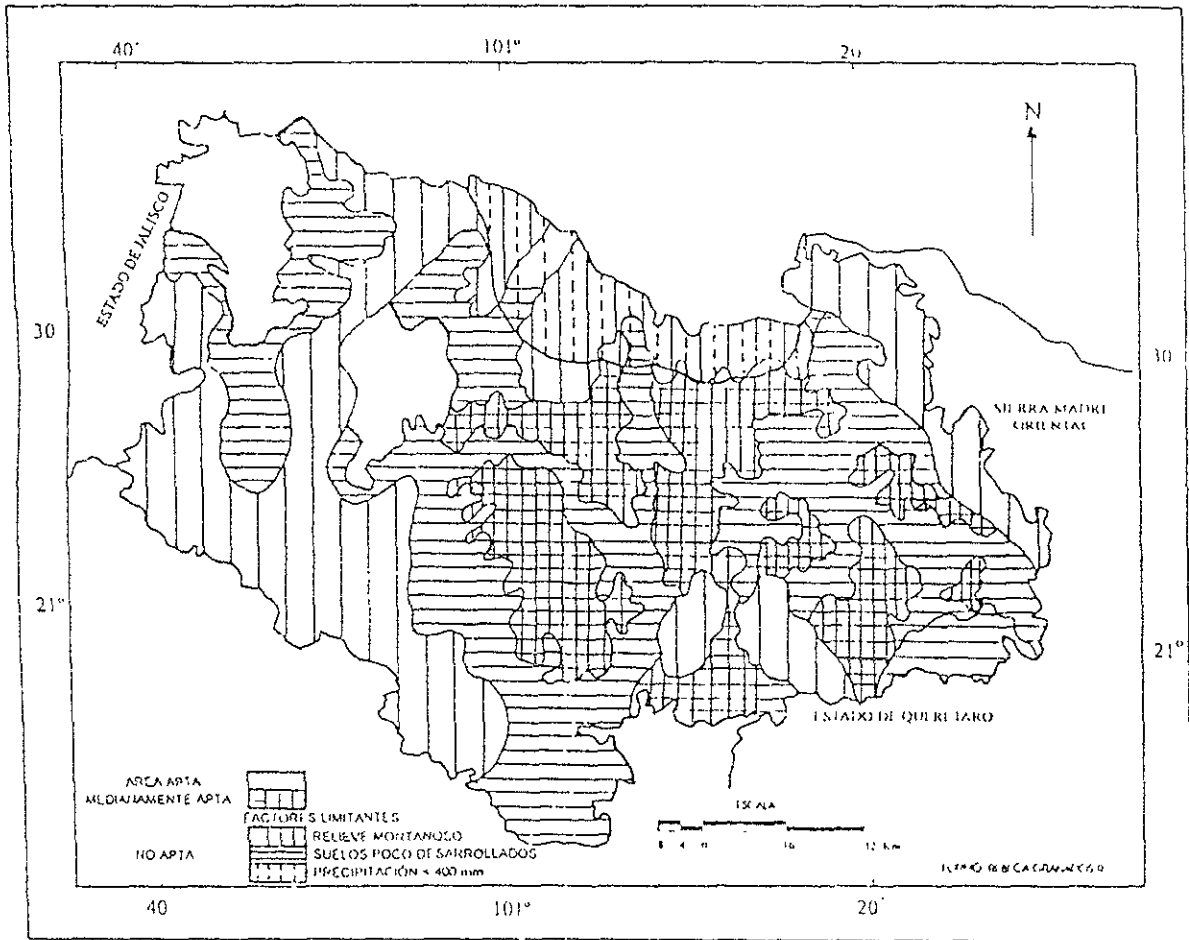
Mapa 58. Zonas potencialmente útiles para el cultivo del girasol

La okra es un cultivo de reciente explotación y requiere condiciones climáticas específicas, que no se presenta en la zona de estudio.

En términos generales y por las características que presenta la provincia sobre todo por las precipitaciones escasas en los años analizados, al área en estudio se le clasificó como apta y medianamente apta, para la introducción del triticale (**Mapa 59**).

Mediante la sobreposición de información topográfica y principalmente de los indicadores térmicos y pluviométricos con los requerimientos del cultivo en cuestión, se obtuvieron las siguientes zonas 1) la porción noreste correspondiente a los municipios de Ocampo y San Felipe clasificada como zona apta, debido a que las precipitaciones recibidas en los últimos años, aunque bajas, sí reunieron los requerimientos pluviométricos necesarios para la producción del triticale. 2) la porción centro que engloba a la subprovincia de Llanos y Sierras del Norte de Guanajuato, ocupando parte de los municipios de San José

Iturbide, San Miguel de Allende, Dolores Hidalgo y San Diego de la Unión, consideradas como medianamente aptas, debido a que los requerimientos de precipitación en los últimos años no se reunieron.



Mapa 59. Zonas potencialmente útiles para el cultivo del triticale

Además de buscar cultivos alternativos que coadyuven a la economía de los agricultores de la Mesa Central, es necesario enfocar la atención en los recursos nativos que desde siempre se han utilizado, ofreciendo importantes perspectivas alimentarias y económicas.

Productos de nueva introducción y variedades que forman parte de la vegetación nativa, pueden constituir una fuente de recursos siempre y cuando su explotación este bajo un enfoque agrícola que proponga nuevas estrategias y que, al mismo tiempo, cubra satisfactoriamente las necesidades nutricionales y económicas de la población y genere efectos positivos sobre el ambiente con la finalidad de crear una agricultura cada vez más autosostenible.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Después de cuantificar y analizar los diversos indicadores agroclimáticos en el tiempo y el espacio en la zona estudiada, haber observado el desarrollo de los ciclos agrícolas 1996-97 y entendido las condiciones prevalecientes de la atmósfera en dicho periodo, además de haber resumido los requerimientos termopluviométricos de algunos cultivos se concluye que dos de las hipótesis que se plantearon al inicio del proyecto se comprobaron. En primer lugar los cultivos básicos maíz y frijol se siembran sin considerar si se satisfacen las necesidades térmicas y de precipitación, propiciado con ello bajos rendimientos. Por otro lado, el comportamiento que presentó la precipitación pluvial fue el elemento climático que ocasionó bajos rendimientos en los cultivos.

En cuanto a la tercera hipótesis, de los cultivos analizados son pocos los que medianamente responderían a las condiciones termopluviométricas existentes en la Mesa Central de Guanajuato, así que para el cambio de uso del suelo en esta provincia se requeriría de un amplio estudio interdisciplinario.

El análisis histórico de la precipitación y particularmente el realizado en 1996 y 1997 indicó, que fue el elemento del clima más variable e impredecible, no fue abundante, ni tuvo la distribución adecuada para sostener una regular agricultura de temporal. En 1996 hubo un enorme retraso en el inicio de las lluvias y por tanto, una drástica sequía, para luego recibirse la precipitación cuando ya prácticamente terminaba el ciclo agrícola. En 1997 la dinámica fue totalmente diferente, existieron lluvias tempranas, seguidas de una sequía prolongada y posteriormente abundantes lluvias. En ambos casos, las fases fenológicas de maíz y frijol se vieron alteradas y aunque en diferentes momentos, el estrés provocado por la sequía dió lugar a una baja respuesta en la producción.

La aplicación de la tecnología de sensores remotos permitió identificar los cambios paulatinos que presentaron las áreas sembradas de maíz y frijol, igualmente con el análisis del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) se dedujo que fue la precipitación el factor del clima determinante sobre el desarrollo y producción de los cultivos.

Dada la relación que existe entre estado de crecimiento del cultivo, precipitación y valores de los índices de vegetación puede ser considerada como una medida aproximada de productividad de la planta, por tanto, esta tecnología puede ampliarse tanto para otros cultivos, como para otras regiones y no sólo para conocer dicha relación, sino para el pronóstico de cosechas y pago de seguros en caso de siniestros.

El análisis del comportamiento de los indicadores agroclimáticos en el tiempo y el espacio y los requerimientos termopluviométricos de los cultivos, dieron como resultado en la zona estudiada, zonas aptas para la introducción del amaranto; áreas medianamente aptas para el desarrollo de maíz y frijol; medianamente aptas para albergar los híbridos de sorgo BJ-102T y BJ-103T; áreas agrícolas en la cercanías de las poblaciones Ocampo, San Felipe, Llanuras de Allende y Dolores Hidalgo son medianamente apta para introducir girasol forrajero y por último la provincia se clasificó como no apta para la introducción de la okra.

La ubicación de las zonas agroclimáticas tiene mucha concordancia con el relieve, se detectó que las condiciones medianas para la agricultura de temporal y algunos de los nuevos cultivos tendrían perspectivas adecuadas en áreas con relieve plano o de lomeríos poco pronunciados, particularmente en la subprovincia Llanos de Ojuelos (noroeste), inmediaciones de Ocampo, Tres Encinos y San Felipe, Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato: Dolores Hidalgo, Peñuelitas, Los Rodríguez (porción central); San Miguel Allende y San José Iturbide, éstas últimas localizadas al sur y sureste.

La producción agrícola de temporal en la provincia estudiada se caracteriza por obtener producción de grano para la alimentación de la población a nivel regional, los rendimientos obtenidos por hectárea en los últimos años han sido bajos, lo anterior se debe en gran parte al sistema de monocultivo y a las condiciones meteorológicas prevalecientes en los últimos años. Esto en última instancia, significa un gran esfuerzo por parte de los agricultores con resultados poco alentadores. Por tanto, se propone ampliar el número de cultivos y así contribuir a mejorar su economía y alimentación.

Consideraciones finales

En primer lugar es importante señalar el peso que tuvo la información de las estaciones termopluviométricas para llevar a cabo esta investigación, ya que si no existiera la medición de dichos parámetros no se podría llegar a un conocimiento sólido de las condiciones climáticas, independientemente de esta temática, resulta útil para la planeación de actividades económicas, tales como las agropecuarias y forestales por tanto, es importante que la red de estaciones funcione eficientemente.

El estudio fue realizado siempre pensando en los agricultores temporaleros, quienes a pesar de obtener poca remuneración por su gran esfuerzo se mantienen siempre firmes en sus labores agrícolas esperando que el ciclo próximo sea mejor. A estos agricultores cuyas producciones son reducidas pero importantes para la alimentación regional y estatal, se desea que esta investigación sea útil y les ayude a encontrar soluciones para hacer una agricultura cada vez más próspera.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, S. G. (1993), *Las regiones agrícolas del estado de Guanajuato*, Universidad Autónoma de Chapingo. México, 318 p
- Aguilar, S. G. (1995), "Diferenciación agroclimática en la región Queréndaro-Morelia", *Serie Varia*, núm. 13, Instituto de Geografía, UNAM, México, 70 p.
- Aguilar, G. R. (1996), *Índices agroclimáticos derivados de la temperatura en el estado de Guanajuato*, Campo Experimental Norte de Guanajuato CIFAP-GTO., INIFAP. SARH (Mimeografiado), 26 p.
- Aguilar, G. R. (1987), *Riesgos e incertidumbre agrícola en Guanajuato*, Campo Experimental Norte de Guanajuato CIFAP-GTO., INIFAP. SARH (Mimeografiado), 15 p.
- Alba, O. A. (1990), *El cultivo del girasol*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 158 p.
- Álvarez, A. (1990), *Zonificación agroecológica de la soya (Glycine max L.) Merrill en condiciones de temporal con dos niveles de inversión en la República Mexicana*, Tesis Doctoral, Colegio de Posgraduados, Montecillos, México, 459 p.
- Amador, O. (1989), *Respuesta a los rendimientos a factores relacionados con la producción de maíz de temporal en el área agrícola de Tejupilco. Edo. de México*, Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 220 p.
- Anaya, G. M. (1994), "La desertificación en México, estudio de caso", en *Memorias del Primer Taller de Estudios del País: México ante el Cambio Climático*, Cuernavaca, Mor., 18 a 22 abril, INE, U.S. Contry Studies Program, CIC. y CCA, pp. 167-173.
- Anderson, G. L., J. D. Hanson y R. H. Hass (1993), "Evaluating landsat mapper derived vegetation indices for estimating above-ground biomass on semiarid rangelands", *Remote Sensing of the Environment*, 35:11-27.

Arteaga, R. R. (1985), "Caracterización agrometeorológica de las condiciones de temperatura", *Memorias de la 1^{er} Reunión Nacional de Agroclimatología*, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, pp. 2-27.

Aspe, P. (1993), *El camino mexicano de la transformación económica*, Fondo de Cultura Económica, México, 217 p.

Bahena, G. M. E. (1996), *Fenología y regionalización de dos cultivares de okra (*Hibiscus esculentus* L.) en Xalostoc, Morelos*, Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México, 53 p.

Barradas, V. L. (1994), *Instrumentación biometeorológica*, Ediciones Científicas Universitarias, La Tecnología en el Siglo XX, 113 p.

Bartholomé, E. (1988), "Radiometric measurements and crop yield forecasting. Some observation over millet and sorghum experimental plots in mali", *International Journal of Remote Sensing*, 9:1522-1539.

Bacsó, N. (1967), *Introducción a la agrometeorología*, Instituto del Libro, La Habana, Cuba, 322 p.

Bassols, B. A. (1980), *Geografía económica de México*, Trillas, México, 431 p.

Bonner, J. Y A .W. Galston, (1961), *Principios de fisiología vegetal*. Colección Ciencia y Técnica, Ed. Aguilar, México, 485 p.

Bressani, R. (1988), "Las proteínas del grano de amaranto", *Investigaciones Recientes sobre Amaranto*, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 23-44.

Calva, J. L. (1993), *Alternativas para el campo mexicano*, Fontamara, UNAM, México, 165 p.

Campo Agrícola Experimental del Norte de Guanajuato (1983), "Guía para la asistencia técnica agrícola", Área de Influencia del Campo Agrícola Experimental del Norte de Guanajuato, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 114 p.

Cardinali, F.J. y G.A. Orioli (1987), "Efecto de variaciones de la intensidad lumínica sobre el rendimiento de plantas de girasol", *V Reunión Técnica Nacional de Girasol*, Secretaría de Ciencia y Técnica del Ministerio de Educación y Justicia, Bahía Blanca-Provincia de Buenos Aires, pp. 29-34.

Carmona, J. M. E. (1994), *Condiciones edafoclimáticas observadas durante el desarrollo del cultivo de amaranto en Chalco, Edo. de México*, Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 90 p.

Castillo, Q. D. (1991), "Distribución y ecología del orégano en el municipio de General Cepeda, Coahuila", *Estado Actual del Conocimiento sobre el Orégano en México*, Primera Reunión Nacional Sobre Orégano, Bermejillo, Dgo., 25-27 de junio de 1990, México, 349 p.

Cavazos, D. J. R. (1991), "Características ecológicas y producción de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) en poblaciones naturales", *Estado Actual del Conocimiento sobre el Orégano en México*, Primera Reunión Nacional Sobre Orégano, Bermejillo, Dgo., 25-27 de junio de 1990, México, 349 p.

Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío (1980), *Informe 78*, CENGUA. SARH. INIA. Celaya, Gto., México, 75 p.

Cervantes, R. E. (1990), "Producción de semillas: problema básico para la autosuficiencia", *El Cotidiano*, núm. 34, pp. 27-33.

Chuvieco, E. (1990), *Fundamentos de teledetección espacial*, Editorial Rial, Madrid, 453 p.

Coll-Hurtado, A. (1982), *¿Es México un país agrícola? Un análisis geográfico*, Siglo XXI Editores, México, 99 p.

Cruz, O. J. A. (1994), *Respuesta del cultivo del amaranto a 5 niveles de fertilización nitrogenada en el campo experimental de la UAEM*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM, México, 96 p.

De Fina, A y A. C. Ravelo (1973), *Climatología y fenología agrícola*, EUDEBA, Buenos Aires, Argentina, 281 p.

Durán, M. A. (1971), *La pobreza rural en una zona agraria crítica*, Centro Nacional de Productividad, México, 280 p.

Ehrlich, D., J. E. Estes y A. Singh (1994), "Applications of NOAA - AVHRR 1 Km. Data for environmental monitoring", *International Journal of Remote Sensing*, **15**:145-161.

Espinosa, P. N. y M. Morales (1990), *Guía para cultivar girasol en el estado de Oaxaca*, SARH, INIFAP, Oaxaca, México, 25 p.

Esteva, G. (1988), "El desastre agrícola: adiós al México imaginario", *Comercio Exterior*, vol. 38, núm 8: 662-672.

Eternod, A. (1983), *Influencia de los factores naturales en la distribución de la vegetación en el centro-este de Querétaro*, Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 71 p.

Flores, E. M. (1985), "Efectos de la sequía intraestival en la producción de maíz, frijol y sorgo en Michoacán", *Memorias del X Congreso Nacional de Geografía*, Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, tomo I, Morelia, Mich., pp. 113-126.

Flores, E. M. (1987), *Comportamiento y distribución de la temperatura y la precipitación durante la época estival y su influencia en la agricultura de temporal del estado de Michoacán*, Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 199 p.

Frére, M. y G. Popov (1980), *Pronóstico de cosechas basado en datos agrometeorológicos*, Organización de las Naciones Unidas para La Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, 66 p.

Fuentes, Y J. L. (1989), *Iniciación a la meteorología agrícola*, Ministerios de Agricultura, Pesca y Alimentación, España, 195 p.

Gallegos, B. C. y T. Velazco (s/f), *El cultivo del girasol en la Mesa Central*, SAG, Departamento de Extensión Agrícola, Chapingo, México, 34 p.

Gandía, S. y J. Meliá (1991), *La Teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales*, Curso de Postgrado, Recursos Renovables: Agricultura, Universidad de Valencia, Unidad de Teledetección, Valencia, España, 325 p.

García, E. (1973), *Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen*, 2ª.,ed., UNAM, México, 249 p.

García, E. (1997) *Carta de Climas México*, Escala 1:1,000,000, Conabio/Estadigrafía.

García, E., R. Vidal, L. M. Tamayo, T. Reyna, R. Sánchez, M. Soto y E. Soto (1974), *Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su evaluación. Guanajuato*, Instituto de Geografía y Comisión de Estudios del Territorio Nacional, México, 76 p.

García, N. H. (1988), *Zonificación agroecológica de los principales cultivos bajo riego en el estado de Guanajuato*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México, 245 p.

García, N. H., C. Mejía, R. García, R. Chacón y A. González (1996), *Zonas potenciales para la producción de las principales especies vegetales en el estado de Guanajuato*, SAGAR, INIFAP, CIFAG, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto.

García, N. H., J. Blanco, R. Moreno, M. L. Villers y R. García (1999), "Potencial agrícola del distrito de desarrollo rural 004, Celaya, Guanajuato, México. Una aplicación del enfoque de límites de transición gradual (fuzzy) utilizando SIG", *Investigaciones Geográficas*, Boletín núm 38, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 69-83.

Gómez, G., R. Vidal y G. Valdés (1998), "Estado de la vegetación como respuesta a la precipitación usando AVHRR: monitoreo multiespectral". *Resúmenes IX Reunión Nacional Selper-México*, 8 y 9 octubre, Zacatecas, Zac., México, V5 p.

Gómez, R. J. (1981), *Método climático De Fina en la aplicación de la agricultura en el estado de Aguascalientes*, Facultad de Filosofía y Letras, Colección Cuadernos, UNAM, México, 119 p.

Gómez, R. J. (1987), "El desarrollo de la agoclimatología una necesidad en el México de hoy", *Memoria, 1er Simposium Nacional de Meteorología*, IPN, OMM, pp. 29-36.

Gómez, R. J. (1991), "Agroclimatología y espacio geográfico en el noreste del estado de Morelos", *Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, CXLVII, México, 275 p.

Gordillo de Anda, G. (1990), "La Inserción de la comunidad rural en la sociedad global. Hacia un nuevo modelo de desarrollo para el campo", *Comercio Exterior*, México, vol. 40 núm. 9: 803-815.

Granados, R. R. (1987), "Algunas consideraciones sobre los fenómenos meteorológicos y su importancia en la planeación agrícola", *Memoria, 1er Simposium Nacional de Meteorología*, IPN, OMM, pp. 17-27.

Griffiths, J. F. (1985), *Climatología aplicada*, Publicaciones Culturales, 154 p.

Hernández, C. M. E. (1989), "Influencia de la temperatura en las etapas fenológicas del café", *Boletín*, núm 20, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 43-70.

Hernández, G.J. A. (1989), *Efecto de la fecha de siembra, densidad de población y competencia de maleza en el rendimiento de chía (Salvia hispanica L.)*, Tesis de Maestría en Ciencias, Especialista en Genética. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México, 128 p.

Hernández, G. A. L. (1997), *Efectos de la sequía intraestival en el cultivo del maíz en el estado de Morelos*, Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 100 p.

Hernández, X. E. (1988), "La agricultura tradicional en México", *Comercio Exterior*, México, vol. 38, núm, 8: 673-678.

INEGI (1988), *Abasto y comercialización de productos básicos, sorgo*, CONASUPO-PRNAL- SCFI-SISVAN, México, 72 p.

INEGI (1996), *Anuario estadístico del estado de Guanajuato*, Gobierno del Estado de Guanajuato, México, 472 p.

Izaguirre, M. (1979), *Geografía moderna del estado de Guanajuato*, Gobierno del Estado de Guanajuato, 78 p.

Izaguirre, M. y C. Domínguez (1987), *Mesoclimas de cada municipio del estado de Guanajuato*, Observatorio Astronómico y Meteorológico, Universidad de Guanajuato, México, 123 p.

Jáuregui, O. E. (1979), "Algunos aspectos de las fluctuaciones pluviométricas en México en los últimos cien años", *Boletín*, núm 9, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 39-63.

- Knochenhauer, G. (1990), "La modernización del agro en México", *Comercio Exterior*, México, vol. 40, núm. 9: 830-837.
- Labrador, M. J. y C. A. Guiberteau (1990), *La agricultura ecológica*, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid, España, 30 p.
- Larcher, W. (1995), *Physiological Plant Ecology*, Springer, Germany, 506 p.
- López, G. J. (1997), "Ecocultivos de zonas áridas", en *Recursos Naturales, Planeación Integral*, Trillas, pp. 141-145.
- López, P. A y L. H. Serrano (1994), *Aporte a la difusión de información sobre agricultura sostenible*, Tesis Doctoral de Ingeniero Agrónomo, Colegio de Posgraduados, Montecillos, México, 567 p.
- Lugo, CH. (1990), *Modernización del sector agropecuario mexicano*, Instituto de Proposiciones Estratégicas, México, 139 p.
- Maderey, R. L. E. (1980), "Intensidad de la precipitación en el Valle de México", *Boletín*, núm 10, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-54.
- Mándor, B (1967), *Introducción a la agrometeorología*, Instituto del Libro, La Habana, Cuba, 322 p.
- Melendez, G. R., R. Ortega y R. Reséndiz (1991), "Estado actual del conocimiento sobre el orégano en México", *Primera Reunión Nacional sobre Orégano, Bermejillo, Dgo.*, México. 25-27 de junio de 1990, 349 p.
- Mosiño, P y E. García (1966), "Evaluación de la sequía intraestival en la República Mexicana", *Conferencia Regional Latinoamericana*, Unión Geográfica Internacional, tomo III, pp. 500-615.

Mosiño, P y T. Reyna (1989), "La interrupción del alisio, por recurvatura de los ciclones tropicales en el Golfo de México, causas parciales de la sequía intraestival", *Memorias de la Segunda Reunión Nacional de Agroclimatología*, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Irrigación, pp. 315-323.

Olmedo, C. B. (1988), "Crisis en el campo mexicano", *Cuadernos de Economía*, UNAM, México, 58 p.

Ortegón, M. A., A. Escobedo, J. Loera, A. Díaz y E. Rosales (1990), *El girasol*, Trillas, 192 p.

Ortiz, S. C. (1987), *Elementos de agroclimatología cuantitativa*, 3ª ed., Departamento de Suelos, UACH, Chapingo, México, 185 p.

Padilla, C., T. E. Ruiz y D. M. Cino (1985), *El girasol (Helianthus annuus, L) como planta forrajera*, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, Dirección de Información Científico-Técnica, La Habana, Cuba, 51 p.

Palacio, J.L. P y L. G. Luna (1993), *Sistemas de información geográfica, introducción al manejo del Integrated Land and Water Management Information System (ILWIS)*, versión 1.3, Instituto de Geografía, UNAM, México, 65 p.

Patiño, A. M. C. y V. L. Barradas (1997), "El manejo sustentable de los recursos naturales: una reflexión", *La Ciencia y el Hombre*, Universidad Veracruzana, México 27:87-101.

Paz, S. F. (1991), "La sin razón de la crisis agrícola", *Problemas del Desarrollo, Revista Latinoamericana de Economía*, vol, XXII, núm 84, enero - marzo, México, pp. 63-85.

Pérez, R. (1990), *Producción de maíz (Zea mays L.) en condiciones de temporal atrasado y heladas tempranas en Chapingo*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 387 p.

Rasmussen, M. S. (1997), "Operational yield forecast using AVHRR-NDVI data: reduction of environmental and inter-annual variability", *International Journal of Remote Sensing*, 5:1059-1077.

Reed, B. C., F. J. Brown, D. VanderZee, T. R. Loveland, J. W. Merchant y D. O. Ohlen (1994), "Measuring phenological variability from satellite imagery", *Journal of Vegetation Science*, 5:703-714.

Reyna, T. T. (1970), *Relaciones entre la sequía intraestival y algunos cultivos de México*, Instituto de Geografía, Serie Cuadernos, UNAM, México, 79 p.

Reyna, T. T. (1986), "Requerimientos climáticos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en México", *Primer Seminario del Amaranto*, Chapingo, México, pp. 81-89.

Reyna T. T y R. Granados (1987), "Estimación climática en Querétaro para la planeación del cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp)", *Memorias del Coloquio Nacional del Amaranto*, Querétaro, Qro., Gobierno del Estado de Querétaro, IDEAS, pp. 42-52.

Reyna T. T y M. Flores (1987), "Zonas climáticas potencialmente útiles para el cultivo del amaranto (*Amaranthus*) en el estado de Guanajuato", *Memorias del Coloquio Nacional del Amaranto*, Querétaro, Qro., Gobierno del Estado de Querétaro, IDEAS, pp. 30- 42.

Reyna T. T y M. Flores (1988), "Regionalización potencial para el cultivo del amaranto en Guanajuato", *Investigaciones Recientes sobre el Amaranto*, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 17-22.

Reyna, T. T. (1993), "Amaranto y Quinoa: cultivos alternativos de importancia alimenticia", *GEO-UNAM* vol, 2, núm. 4, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 6-13.

Reyna, T. T y E. Carmona (1994), "Caracterización pluviométrica y distribución del *Amaranthus* spp en México", *Investigaciones Geográficas*, Boletín núm. 29, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 67-93.

Reyna, T. T., J. M. Fernández, T. López y A.L. Hernández (1997), "Zonificación pluviométrica para el cultivo del *Amaranthus spp* en la provincia de Pinal del Río e Isla de la Juventud, Cuba", *Investigaciones Geográficas*, Boletín núm 35, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 135-154.

Ríos, Q. I. (1997), *Hacia la producción orgánica de frijol (Phaseolus vulgaris L.) inoculado con Rhizobium en Chapingo, Estado de México*, Tesis Ingeniería en Agroecología, Chapingo, México, 79 p.

Robles, S. R. (1983), *Producción de granos y forrajes*, Limusa, México, 608 p.

Romo, J. R. (1985), *Zonas con potencial agroclimático para la producción de cinco oleaginosas bajo temporal en la República Mexicana*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 283 p.

Ruiz, V. J. (1985) "Metodología para la investigación de los efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimientos de los cultivos", *Memorias de la I Reunión Nacional de Agroclimatología*, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, pp. 52-60.

Running, S. W, T. R. Loveland, L. L. Pierce, R. R. Nemani y E. R. Hunt Jr. (1995), "A remote sensing based vegetation classification logic for global land cover analysis", *Remote Sensing of Environment*, 51:39-48.

Sánchez, B. J. N. (1985) " El cultivo de la Okra (Hibiscus esculentus L. Abelmoschus esculentus M.)", Tesis de Ingeniero Agronomo, Universidad Autónoma de Guerrero, Escuela Superior de Agricultura, Iguala Gro, Mexico, 95 p.

SARH (1982), *Ciclos de cultivos. Diagramas de las principales especies vegetales con las cuales se efectúan investigaciones agrícolas en México*, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, pp. 4-90.

SARH (1979), *Inventario de áreas erosionadas en el estado de Guanajuato*, Secretaria de Agricultura y Operación, Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, 55 p.

SARH (1983), *Inventario de áreas erosionadas en el estado de Hidalgo*, Secretaria de Agricultura y Operación, Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, 57 p.

SARH (1984), *Cultivos básicos*, Manual para Educación Agropecuaria, núm. 8. Area: Producción Vegetal, Trillas, México, 72 p.

SARH (1986a), "Guía para cultivar maíz de temporal en el norte de Guanajuato", Folleto para productores núm 4, INIFAP, CIAB Y CAENGUA, 14 p.

SARH (1986b), "Estadística", Aseguradora Nacional Agrícola y Ganadera S.A. Ramo Agrícola, Guanajuato, Gto, 90 p.

SARH (1990), "Programa nacional de modernización del campo, 1990-1994" *Comercio Exterior*, México, vol. 40, núm. 10: 987-1008.

SARH (1993), "Guía para cultivar frijol de riego y temporal en Guanajuato", *Folleto de Productores*, núm. 2, INIFAP, CIAB Y CAENGUA, 25 p.

SAGAR (1997a), "Centro de Estadística Agropecuaria", México, 67 p.

SAGAR (1997b), "Programas y proyectos en apoyo al campo" Centro de Estadística Agropecuaria, 359 p.

SEP (1983), "Maíz" *Manual para Educación Agropecuaria*, núm. 8, Area: Producción Vegetal, Trillas, México, 56 p.

SPP (1980), *Síntesis geográfica de Guanajuato*, México, 198 p.

Sellers, P. J. (1985), "Canopy reflectance photosynthesis and transpiration," *International Journal of Remote Sensing*, 6:1335-1372.

Serafin, J. J. de J. (1991), *Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y sus componentes de la okra (Abelmoschus esculentus (L) Moench)*, Tesis, Centro de Estudios Profesionales, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, México, 134p.

Soto, M. C., L. Fuentes y A. Coll-Hurtado (1992), *Geografía agraria de México*, Instituto de Geografía, UNAM, 273 p.

Taboada, S. M.(2000), *Propuesta de regionalización agroclimática para el cultivo de amaranto (Amaranthus cruentus L.) en el estado de Morelos, México*, Tesis de Maestro en Ciencias (Biología), UNAM. 101 p

Terrones, R. R. (1988), *Elementos climáticos en el estado de Guanajuato*, SARH, INIFAP, CIFAG, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México, 63 p.

Terrones, R. R. (1989a), *Riesgos climáticos de importancia agrícola en el estado de Guanajuato*, SARH, INIFAP, CIFAG, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México, 138 p.

Terrones, R. R. (1989b), *Análisis de las condiciones de humedad en el estado de Guanajuato*, Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH, INIFAP, CIFAG, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto, México, 135 p.

Terrones, R. R. (1990), "La distribución de la lluvia en el estado de Guanajuato". *Memorias Análisis de la problemática del agua y perspectivas para la modernización de su uso en la agricultura de Guanajuato*. SARH,INIFAP y FIRA, Celaya Guanajuato México pp. 58-68.

Tivy, J. (1990), *Agricultural ecology*, Longman Scientific Technical, New York, 288 p.

Torres, R. E. (1983), *Agrometeorología*, Diana, México, 149 p.

Torres, T. F. y Trápaga D. Y. (coords.) (1997), *La agricultura orgánica. Una alternativa para la economía de la globalización*, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México, 196 p.

Tucker, C. J., C. L. Vanpraet, M. J. Sharman y G. V. Ittersum (1985), "Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in Senegalese Sahel; 1980-1984", *Remote Sensing of Environment*, **17**:233-249

Tucker, C. J. y P. J. Sellers (1986), "Satellite remote sensing of primary production", *International Journal of Remote Sensing*, **7**:1395-1416.

Villalpando, I. F. (1985), *Metodología de la investigación en agroclimatología*, Curso de Orientación para Aspirantes a Investigadores del INIFAP, SARH, INIFAP, México, 183 p.

Villalpando, I. F. (1988), "*Elementos climatológicos en el estado de Guanajuato*", SARH, INIFAP, Celaya, Guanajuato, México, 63 p.

Villalpando, F. y E. García (1993), *Agroclimatología del estado de Jalisco*. Universidad de Jalisco, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Lab. Bosque la Primavera, 79 p.

Viorel, V. A. (1977), *El girasol*, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, 379 p

Volke, H. V. (1987), *Agricultura de subsistencia y desarrollo rural*, Trillas, México, 157 p.

UNAM. (1985), *Memorias de la 1er. Reunión Agroclimática*, Facultad de Filosofía y Letras, División de Estudios de Posgrado, Departamento de Geografía, UNAM, México, 313 p.

UNAM. (1999), Indicadores económicos regionales. *Boletín trimestral del Departamento de Geografía Económica*. Instituto de Geografía, UNAM, México, Vol.1 núm 3, pp. 13-15.

Watts, C. y J. A. Saiz Hernández (1996), "Monitoreo del desarrollo de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora, usando imágenes NOAA-AVHRR", *Investigaciones Geográficas*, Boletín núm 33, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 51-61.

Wilsie, C. P. (1966), *Cultivos, aclimatación y distribución*, Acribia, Zaragoza, España, 490 p.

Yúnez, N. A. (1988), *Crisis de la agricultura mexicana, Reflexiones teóricas y análisis empírico*, FCE, México, 208 p.