

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, DEP.

AGROCLIMATOLOGIA Y ESPACIO GEOGRAFICO EN EL NORESTE DEL  
ESTADO DE MORELOS.

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL  
GRADO DE DOCTOR EN GEOGRAFIA  
PRESENTA EL MAESTRO  
JUAN CARLOS GOMEZ ROJAS

MEXICO, D.F. 1988.

Ilnamikilistli ika Don Pablo Carrizal

Ipan ceki yankuitliti in cicitlaltin oksepa nenemiske  
In ilhuikak, uan titonamiskiske, titekiske in tlahli  
Uan tikinpixkaske in xochikuahli in momil.

A la memoria de Don Pablo Carrizal

En algún Fuego Nuevo los astros volverán a moverse y nos  
re encontraremos para trabajar la tierra y recoger los frutos de tu huerto.

## INDICE

	Página
Agradecimientos	
Introducción	1
1. Climatología	16
1.1. Radiación Solar	16
1.2. Temperaturas.....	26
1.2.1. Temperatura media del mes más frío	26
1.2.2. Temperatura media del mes más cálido	28
1.2.3. Temperatura media anual	29
1.3. Vientos	29
1.4. Humedad relativa, nubosidad, precipitación y evaporación	40
1.5. Climas	52
2. Fenología y Agroclimatología	59
2.1. Uso del suelo	59
2.2. Fenología agrícola	72
2.3. Parámetros lumínicos	78
2.3.1. Intensidad luminosa	86
2.3.2. Duración lumínica	89
2.3.3. Calidad de la luz	96
2.4. Parámetros térmicos	97
2.4.1. Termoperiodismo	98
2.4.2. Unidades calor e índice heliotérmico	111
2.4.3. Horas – frío	122
2.4.4. Heladas	136
2.5. Factores hídricos	140
2.6. Balance agroclimático del noreste de Morelos	170

	Página
3. La realidad socioeconómica	176
3.1. La apropiación del suelo en Morelos	176
3.1.1. La excepción del noreste del Estado	187
3.2. La población	192
3.3. Economía y agricultura	208
3.4. La marginación en el noreste de Morelos	222
Reflexiones y sugerencias finales	231
Anexo I. Cálculo de Radiación solar	241

## AGRADECIMIENTOS

A lo largo de cinco años de investigación, tanto en gabinete como en campo, he necesitado la ayuda de gran número de personas que, ya sea por sí mismas o facilitándome el apoyo de una institución, hicieron posible la terminación de la presente obra.

Ahora vienen a mi mente imágenes de esas personas, de esos cinco años, en diferentes lugares, de cómodas oficinas de la bulliciosa ciudad de México, de los campos del noreste de Morelos, de sus inhóspitas y abruptas veredas.

En el plano institucional, agradezco a la UNAM y en particular a la Facultad de Filosofía y Letras el haberme brindado los elementos básicos para esta investigación. El Dr. José G. Moreno de Alba, entonces Director de dicha Facultad, amablemente accedió a brindar el apoyo de un ayudante y dos becarios, el acceso a Cómputo Académico y facilidades en los gastos de viáticos. Ayuda que continuó prestando el actual Director Mtro. Arturo Azuela.

El gobernador del Estado de Morelos, Dr. Lauro Ortega, brindó una carta de apoyo a la investigación que permitió una más fácil y amplia colaboración con los presidentes municipales y comisariados ejidales de Yecapixtla, Ocuituco y Tetela del Volcán.

En lo que podría llamar como la primera etapa de la investigación me ayudaron estrechamente mis alumnos Ulises Chacón, Armando Flores, Felipe García y Jaime Martínez. Felipe, además, prestó su casa en Tetela del Volcán para facilitar el trabajo de campo. Juntos logramos un buen equipo de trabajo, tanto de campo como de gabinete, y, quizá sin proponérselo claramente, un grupo de estudio, que tenía su seminario cada sábado por la noche, después de que cada uno había realizado sus tareas en el campo, fue ésta una experiencia pedagógica única, fruto del entusiasmo, la responsabilidad y camaradería.

En esta etapa tuvo lugar as primeras entrevistas y encuestas con autoridades municipales y campesinos, la recopilación meteorológica y su ardua tarea de capturar los datos a computadora, que no cesó sino muy al final de la investigación.

Posteriormente las necesidades de cada unos de estos colaboradores dieron fin a este voluntarioso inicio, fue entonces cuando se logró el apoyo oficial de un ayudante: Celedonio Zaldívar, y dos becarios, Alejandro D' Luna y Gerardo Palacio. A Zaldívar se le debe la aplicación del método de pronóstico de cosechas de la FAO (o balance hídrico), labor que realizó a lo largo de un año con una disciplina y constancia en las necesarias visitas al campo, digna de encomio.

D' Luna y Palacio continuaron ayudándome con la captura de datos a la computadora, que en momentos se volvió un trabajo de Sísifo; cuando la información fue tomando forma colaboraron también en la elaboración de cuadros, gráficas, figuras y mapas. Desde que se integraron a la investigación hasta su culminación, siempre mostraron su ánimo de trabajo.

En cuanto al trabajo de computación, fue planeado y asesorado por el geógrafo Luis Miguel Morales Manilla, Coordinador de Computación del Instituto de Geografía; con él inicié hacia 1948, el estudio de los métodos de requerimiento de frío invernal de los árboles caducifolios hasta que logramos la invención de uno nuevo, que nos ha arrojado resultados más objetivos y que se presenta en esta investigación, por lo que su colaboración fue doble y de una gran valía.

Hacia mediados de 1986, queriendo comprobar sobre el terreno los datos arrojados por el cálculo de la radiación solar para la región del Popocatépetl, en función a los cambios vegetacionales según la orientación, junto con el Mtro. Jaime Márquez Huitzil hicimos una serie de recorridos por el poniente y sur del volcán tomando fotografías de la vegetación según su altura, logramos llegar a la cima del volcán por el lado poniente y a una altitud de 4 200 msnm (caminando a partir de los 2 200 m) en la vertiente sur. Fue una labor dura y fatigosa, por desgracia el material fotográfico se malogró, pero quedaron las constancias de la distribución vegetal según la orientación del volcán.

En el estudio fenológico de caducifolios fue muy valiosa la colaboración del campesino Don Pablo Carrizal, de 1983 a 1986 su huerto sirvió como campo de observación, además él y su esposa me brindaron la hospitalidad de su casa en Hueyapan, de tal suerte que gracias a ellos tuve elementos directos para conocer la vida cotidiana campesina y comprender las hondas raíces en que ésta se asienta. La amistad con Don Pablo y su esposa nos llevaron a concebir planes y proyectos conjuntos, que se vieron violentamente truncados el 18 de noviembre de 1986 cuando, en un incidente, tres narcotraficantes ebrios asesinaron al viejo Don Pablo, al poco tiempo que fue a Hueyapan me enteré no sólo de que los asesinos estaban libres sino que tenían amenazados de muerte a los familiares de Don Pablo e incluso a mí, y no eran simples palabras.

Conocí en esta región de Morelos la apacibilidad, belleza y la lucha de la naturaleza por preservar la vida, pero también conocí la violencia del campo mexicano.

Por otra parte, quisiera agradecer a la Dra. Laura Elena Maderey Rascón su asesoría y estímulo a todo lo largo de la investigación, Al Doctor Ernesto Jáuregui Ostos la revisión del trabajo y sus especiales sugerencias en cuanto a los asuntos climáticos, a la Dra. Raquel Guzmán Villanueva su

revisión, básicamente en el estilo, a la Dra. Martha Cervantes Ramírez todas sus apreciaciones y en particular las respectivas a los aspectos biológicos y fenológicos, al Dr. Luis Fuentes Aguilar sus apreciaciones y sugerencias, lo mismo que al Dr. Genaro Correa Pérez y al Mtro. Ramón Sierra Morales no sólo sus apreciaciones en la investigación sino también el haberme facilitado, como Jefe de la Oficina de Cálculo Climatológico de la SARH, información meteorológica de la región estudiada, por desgracia el terremoto de 1985 impidió seguir contando con la información de esa dependencia; sin embargo, la información faltante fue proporcionada por el personal del Servicio Meteorológico Nacional, a quienes agradezco sus atenciones. De igual manera a los encargados de las estaciones meteorológicas de Yecapixtla, Ocuituco, Huecahuaxco y Hueyapan.

Desde la gestación del proyecto de investigación de esta obra y a todo lo largo del proceso de investigación, dialogué mis ideas, hipótesis y planes con el Dr. José Luis Patiño Rojas quien con su amplio criterio me daba sus puntos de vista al respecto y no dejó de impulsarse moralmente en la consecución de la investigación, mi agradecimiento y respetos a tan noble persona.

Por último quisiera agradecer al Ing. Román Gómez Monroy su apoyo en la cartografía final; a la Sra. Margarita Gómez el mecanografiado borrador y a la Sra. Rosa Sibata el mecanografiado final; tampoco olvido a mis alumnos que cuando fue necesario lancé a los pueblos del noreste de Morelos a realizar encuestas, a todos ellos gracias por su ayuda voluntaria.

No me resta sino, como no está de sobra en estos casos, señalar que si bien la ayuda recibida fue amplia, la responsabilidad de lo aquí escrito es únicamente mía.

México, D.F., agosto de 1988.

## I N T R O D U C C I O N

“Fue Orfeo a buscarla al Hades y mediante su música se abrió paso ...Se le entrega la esposa , y va dirigiéndola bajo la condición de que no debe volver el rostro, sino cuando llegue a la luz del sol. Hace lo mandado, pero al buscar a su esposa ve que se perdió para siempre”.

Orfeo, el mitológico personaje griego, no puede mirar directamente a su amada pues ésta entonces desaparece; así, en la investigación científica si miramos “lo que ya es de por sí”, lo que se considera acabado, se nos desaparece, pierde su sentido y su poder.

No podemos mirar nuestros objetos de amor, de conocimiento directamente, estamos obligados a estructurar, a organizar extraños lenguajes que den cuenta de ellos.

Orfeo quiso mirar a su amor sin intermediarios con el lenguaje puro, de la mirada que aborda directamente, que penetra. Mirada que desea satisfacer inmediatamente su deseo.

La historia, los ojos del hombre, nos ha enseñado que se conoce en la medida en que somos capaces de rodear, descifrar, seducir, imaginar y soñar. He aquí nuestro reto, conocer incorporando fantasías y sueños, realidades y necesidades, de tal manera que nos sean útiles para que otros rodeen, sueñen, descifren y recreen con nosotros.

El conocimiento en la llamada época moderna es un continuo descubrir, despejar incógnitas, a diferencia de la época antigua en que el conocimiento tenía su valor por su tradición (como lo señala Luis Villoro). El quehacer científico moderno si bien aspira a la verdad lo hace mirando a ésta como una estrella polar que le sirve de guía, pero a la que es imposible acceder, la Verdad es la “amada que desaparece”, sólo existe el conocimiento empírico que varía.

Por ello el defecto de las “definiciones” (quizá un mal necesario) pues limitan y mutilan el objeto de estudio a ciertos cauces y sentidos, pero lo peor sucede cuando alguien toma al pie de la letra una definición, cayendo en el dogmatismo científico y paralizando así la búsqueda del conocimiento.

Vayan estas palabras hacia la intención de esta obra *Agroclimatología y espacio geográfico en el noreste del Estado de Morelos*.

Ahora bien por qué estudiar la agroclimatología (digamos de ella en principio: las relaciones clima-cultivo) y la geografía (también en principio: la conjugación de relaciones físicas y humanas y su resultado en el espacio) de dicha región.

Desde 1980, se inició el estudio del área de Cuautla y Amecameca, precisamente para apreciar los cambios agroclimáticos a diferentes altitudes para 1983 se decidió centrarse al estudio específico del "noreste de Morelos" (básicamente la franja que va del poblado de Yecapixtla al de Hueyapan), donde en muy pocos kilómetros, en la horizontal, de este a oeste, se encuentran cambios altitudinales que van desde los 1,500 hasta los 2,300 msnm aproximadamente, concentrándose en esos márgenes la agricultura de la región, aunque la frontera agrícola se extiende hasta los 3,000 msnm inclusive.\*

En ese espacio se encuentran climas desde semitropicales hasta templado-fríos, que propician una gran variedad de cultivos (no menos de 30 especies entre cereales, hortalizas, flores y frutales), lo cual llevó a pensar en que la dinámica con que se interrelacionan los elementos y factores climáticos debía ser muy compleja y variada, lo que conforma múltiples agroclimas.

El eje de esta dinámica está dado en buena medida por la posición geográfica de la región respecto al volcán Popocatepetl, eminencia de más de 5 500 msnm, cuyas estribaciones y accidentes de relieve cubren buena parte de la región de estudio, que constituye una barrera meteorológica de primer orden; pendientes y orientación sur de la región tienden a favorecer la radiación solar y, en consecuencia, a modificar los demás elementos climáticos.

Había un incentivo mayor para estudiar la región noreste de Morelos: su riqueza agroclimática contrasta con la pobreza general de sus habitantes ¿por qué sucede así, si el medio natural se muestra benigno?

Existen algunas investigaciones sobre determinados poblados de la región y sobre rubros muy particulares (Arias y Bazán, 1979; Friedlander, 1977; Martínez Marín, 1984) pero ninguno plantea el problema social regional en relación a los recursos naturales, por lo que éste es el primer estudio en que se propone demostrar como el clima, un recurso natural, favorece una riqueza y variedad agrícola que, aunque es un espacio pequeño, pudiera ser fuente de bienestar para todos los habitantes de la región noreste de Morelos.

Aunque el clima tiene un valor en la producción agrícola, desde el planteamiento de la investigación se tenía el convencimiento de que son los factores socioeconómicos los que primordialmente la modelan. Insistir en un

---

\* Cabe aclarar que en el estudio, con fines agroclimáticos, se tomó convencionalmente la región de Morelos comprendida entre los 18°50' a 19°00' de latitud norte y 98°50' a 98°53' longitud oeste, pero para el análisis socioeconómico se tomaron completos los municipios de Yecapixtla, Ocuilco y Tetela del Volcán.

determinismo climático o físico, en general, es no tener idea del papel transformador permanente del hombre, desde la revolución agrícola, sobre la naturaleza y sobre su propio ámbito social, es no tener idea de lo que es el ser humano.

Mas esto tampoco significa caer en el otro extremo e ignorar el papel del clima en la agricultura (mucho planes de desarrollo agrícola en el mundo han fracasado por ello). Es necesario recordar, a manera de ejemplo, que mucha de la tecnología agrícola elaborada para medios de clima templado no ha funcionado adecuadamente en climas tropicales; dejar a un lado el papel del clima en los planes de desarrollo agrícola es, pues, caer en un grave error.

Naturaleza y sociedad marchan juntas, así, a la complejidad climática del noreste de Morelos, se suma la complejidad social. Es la sociedad la que hace a la agricultura; se puede tener un determinado potencial agroclimático pero el producto de la tierra, bajo ese potencial, no será el mismo en una sociedad primitiva, que en una sociedad altamente tecnificada.

Se considera, entonces, que son la cultura y la economía de una sociedad quienes determinan, en una primera instancia, el tipo de agricultura a realizarse.

Se puede apreciar en las diversas comunidades del noreste de Morelos como tienen, en mayor o menor medida, una mentalidad mágico-religiosa que proyectan hacia los fenómenos naturales; para ellos el azar o el destino propician la buena o mala cosecha, el hombre poco o nada puede hacer para cambiar los asuntos de la vida, cuando más esperar.

Por otra parte las autoridades gubernamentales implementan políticas agrícolas que suelen ser ajenas a los intereses de la comunidad y a su cosmovisión, toman todavía, en buena medida, una actitud paternalista hacia el campesino, en ocasiones no exenta de manipulaciones extra producción agrícola.

Todo lo anterior origina un mayor recelo campesino hacia las actitudes gubernamentales (por mas bien intencionadas que sean) y una actitud de desprecio hacia el campesino por sectores de la burocracia gubernamental.

La real y efectiva comunicación con los campesinos y una labor de verdadera educación (no dádivas, ni extensionismo) como lo señala Freire (1983) son la vía para el éxito del bienestar y transformación en el campo.

La agricultura es puente primigenio de esa interacción naturaleza-sociedad. Clima-vegetación-sociedad puede verse como una relación

eminentemente geográfica y dinámica, la agroclimatología por lo tanto también es geográfica (como agronómica y biológica), para los fines de este estudio la definimos (ese mal necesario) como "el estudio de la influencia del clima sobre las plantas cultivadas por los hombres y de la influencia recíproca de éstos, según su grado de desarrollo económico cultural, sobre el clima; ya sea aprovechándolo o modificándolo, directa o indirectamente con fines agrícolas".

Si la agroclimatología es geográfica ¿por qué diferenciar en el título de la investigación agroclimatología de geografía? Básicamente para recalcar que no se trata de un simple estudio de las relaciones clima-cultivos en una región, se ha intentado hacer geografía en el sentido de comprender las diferencias espaciales de una región, en base al análisis del peso que otros elementos no climáticos sino sociales (población, cultura y economía básicamente) juegan en esa diferenciación.\*

Se considera que la esencia de la geografía está en ofrecer un panorama, lo más amplio posible, de la realidad manifestada en el espacio; como Raynaud (1976) se piensa que ello no se logra con la mera yuxtaposición de conocimientos, sino estableciendo e indicando las ligas que unen la realidad, y que la unidad de la geografía se conserva cuando se tiene un problema o asunto a tratar y en torno de él "integrar un gran número de conocimientos en función de una dominante (el problema o asunto), es decir, de un fin determinado y de un objeto definido" Reynaud (op. cit.).

Contra las críticas de "enciclopedismo" a la geografía globalizadora que intenta "aprender lo real en su totalidad" cabe decir que develar la realidad es encontrar caminos de libertad, como cita Freire (op. cit.): "Es exactamente en sus relaciones dialécticas con la realidad (que se va concibiendo) el proceso de constante liberación del hombre". Parcializar el conocimiento implica entender menos la realidad. Se considera que el potencial liberador y por tanto de transformación que ofrece la geografía al hombre no ha sido captado por una gran mayoría de los propios geógrafos.

Parcializar el conocimiento, por muy noble que sea el fin, sin reintegrar los resultados al todo de la realidad objetiva y difundirlos no es lo propio o adecuado; hablar fácil y tajantemente de ciencias y humanidades, es no favorecer el fin último del conocimiento: el bienestar social y seguir propiciando la explotación del hombre por el hombre.

---

\* Se puede considerar que el estudio del suelo era ineludible en este estudio, mas sin embargo, muchos de sus aspectos quedan comprendidos en el Balance hídrico de la FAO, tales como capacidad de campo, puntos de marchitez y capacidad de almacenamiento.

Por eso entonces interesa no separar la naturaleza de la sociedad, entender y explicar las relaciones clima-cultivos es importante, pero sería mejor darlas en función de las sociedades que las practican.

Ahora bien para lograr investigar la agroclimatología y el espacio geográfico del noreste de Morelos era menester:

- a) Precisar la dinámica de los elementos y factores del clima en la región.
- b) Establecer tanto la fenología de los principales cultivos como la regionalización agroclimática.
- c) Analizar y diagnosticar los aspectos socioeconómicos en función de la agricultura.

De esta manera el Capítulo I de la investigación está dedicado a la climatología de la región, que sienta la base para entender y explicar la agroclimatología y fenología agrícola de la misma. Aquí se analiza la importancia de la radiación solar no sólo por su valor climático sino también por su trascendencia en procesos de la geografía física y de la vida en general. El cálculo de la intensidad de radiación solar se llevó a cabo para una región más amplia que la de estudio con el objeto de demostrar que la intensidad en ésta era, en general, mayor que en las zonas vecinas; así fue, aquella resultó ser muy alta, tanto a nivel nacional como mundial; el noreste de Morelos cuenta, pues, con un potencial de radiación solar muy grande, que el hombre no ha sabido aprovechar. Para este punto se elaboró un mapa que no existía para la región.

En cuanto a temperaturas, se trabajaron las temperaturas medias del mes más frío, del mes más cálido y los promedios anuales, aquí comienza a apreciarse cómo los factores locales (por no decir puntuales), marcan diferencias marcadas de temperatura entre poblados que aparentemente no debían tenerla, lo que indica la dialéctica espacio-tiempo, tal parece que a menor espacio es mayor la importancia del tiempo (por lo menos para la climatología de la región), también comenzaron a configurarse las diferencias térmicas.

No registrándose datos locales de presión se pasó al estudio de los vientos, aquí se destacó de nuevo la complejidad de la región y la importancia de factores locales, así en el patrón de vientos se apreció que éstos llegan tanto de l Pacífico como del Golfo (lo que favorece la pluviosidad de la región y a la propia agricultura).

En el siguiente punto se agrupa: humedad relativa, nubosidad, precipitación y evaporación, y se analiza el comportamiento de estos elementos a partir de la Circulación General de la Atmósfera, se destaca la

alta pluviosidad de la región, su régimen de lluvias de verano, el fenómeno de la llamada canícula.

En el último apartado: climas en base a la clasificación de Koeppen modificada por García se establecen los tipos climáticos de la región, que son tres, pero se notó que en la realidad la clasificación no parece muy significativa, siendo quizá más conveniente hablar de mesoclimas y no de macroclimas.

En el capítulo 2: fenología y agroclimatología se indica el uso de suelo de la región en general y en lo agrícola por municipios, destacándose el cultivo de cereales (aproximadamente el 80% de la región) como una guía para comprender el tipo de agricultura y sus posibles causas.

En el punto dos se establece el calendario agrícola (fenológico) de una serie de nueve cultivos representativos de la región, de los cuales se obtuvieron sus parámetros lumínicos, destacándose el papel de la duración del día o fotoperíodo y señalando la importancia agroclimática de la intensidad luminosa y de la calidad de la luz; así como sus parámetros térmicos: termoperiodismo, unidades calor e índice heliotérmico, horas frío (para las especies que las requieren) y heladas.

En un quinto punto: factores hídricos, se tomó como base el maíz para conocer sus necesidades hídricas con base en el método de pronóstico de cosechas de la FAO. Fue muy significativo apreciar que poco más de una tercera parte del agua de lluvia es aprovechada únicamente por el cultivo; por lo que existe un excedente de agua, en general y en promedio, para la región de dos terceras partes que se desaprovecha.

Hubiera sido de desear contar con los calendarios fenológicos para todos o la gran mayoría de los cultivos de la región, sin embargo obtenerlos por observación directa significaba un trabajo gigantesco, no sólo de equipo sino también de recursos económicos. No obstante para los 9 cultivos se utilizaron entrevistas y cuestionarios (de manera directa o indirecta) que fueron lo suficientemente confiables para subregionalizar el área de estudio en 3; dándonos una subregión de agroclima semitropical (sandía, jitomate, sorgo y otros), otra de agroclima templado fresco (con café, aguacate e higo) y una tercera templada fría (con pera, manzana, tejocote, capulín). Esta tercera zona es por desgracia la más pequeña, y donde, aparentemente, más variedad de cultivos rentables se pueden establecer.

Por otra parte, al establecer el "Balance agroclimático" de la región se pudo constatar que, en general los cultivos de la región satisfacen sus requerimientos lumínicos, térmicos e hídricos, con lo que quedó demostrado el alto potencial agroclimático del noreste de Morelos.

Además, para los nueve cultivos se indican sus necesidades climáticas, información tan escasa en nuestro país, que puede servir de referencia en otras regiones donde se encuentren estos cultivos o se quieran introducir algunos de ellos; por lo que los agroclimogramas incluidos de las estaciones meteorológicas estudiadas, serán de gran utilidad.

En el tercer capítulo, la realidad socioeconómica, el propósito es el de explicar cómo los factores socioeconómicos han modelado el paisaje agrario. Por principio, el punto 1, la apropiación del suelo en Morelos, enmarca la situación general del estado en la lucha por la tierra, bajo una perspectiva histórica que permite ir apreciando como el noreste de Morelos, por su geografía, ha estado al margen de las grandes transformaciones socioeconómicas. Al hablar de "La excepción: el noreste del Estado", se ha fijado más la atención en los poblados de Ocuituco y Tetela, por ser estos más complejos y conflictivos, cabe decir que el cultivo de la mariguana es común en esas zonas y representa un gran problema.

En el punto 2, la población, se realiza un análisis de su crecimiento por municipio, se hace hincapié en que parte de la población es indígena nahua su relación con la agricultura, así como el papel que juegan las religiones (católica y sectas protestantes) en la "tradición" agrícola de la región. Se hace también un somero análisis de índices de bienestar: alimentación, vestido, vivienda, salud y educación con el fin de comenzar a establecer la relación entre potencial agroclimático y realidad social.

En el punto 3 Actividad agrícola y economía, se muestra como el mayor porcentaje de la población económicamente activa (PEA) se dedica a labores agrícolas y se descubre que un muy bajo porcentaje de esa población recibe ingresos y tiene que sostener de 4 a 6 personas.

Se observa también como gran parte de los trabajadores agrícolas no perciben ingreso por su labor; de tal suerte que la presión sobre la tierra es fuerte sin existir posibilidades de reparto agrario, el análisis de la tenencia de la tierra así lo demuestra; también se tratan asuntos de productividad y mercado. No siendo, por cierto, el panorama económico de la región muy halagador.

El punto 4 del capítulo se refiere a la marginación del noreste de Morelos basado en datos de Geografía de la Marginación (Coplamar 1982). En este punto se establece que los 3 municipios estudiados mas otros del oriente de Morelos están clasificados como de alta marginación, con ello se corroboran las apreciaciones hechas a lo largo del mismo, sobre todo del punto de vista histórico (por lo menos en 5 siglos) al que el colonialismo interno hacia el noreste no ha permitido que los recursos naturales, entre ellos los propiciados por el clima, sean aprovechados dentro de la región.

Por último en: Reflexiones y sugerencias finales, se recapitula un poco los asuntos tratados, se intenta reflexionar sobre ideas, teorías, métodos y sopesar la validez de la hipótesis de la investigación, siendo difícil afirmar categóricamente y por ahora que el potencial agroclimático puede ser la fuente de bienestar para todos los habitantes del noreste de Morelos; dos verdades son ciertas: la riqueza agroclimática y las pautas de carácter histórico que han marcado la marginación y que habrán de corregirse en el futuro.

En cuanto a la metodología y técnicas empleadas, la base para el estudio de la climatología y agroclimatología de la región se obtuvo de 8 estaciones meteorológicas, de las cuales 6 están ubicadas dentro de ésta y 2 fuera de Morelos, una en Puebla y otra en el Estado de México, por desgracia no todas contaban con más de 10 años de observaciones, éstas no siempre se realizaron con la debida regularidad, normatividad y exactitud debidas, amén de que la mayoría de las estaciones no están emplazadas como lo dictan las normas de la Organización Meteorológica Mundial. Las estaciones se conocieron al principio de la investigación (parte de la información meteorológica se obtuvo directamente de ellas) y se consideró que a pesar de las limitaciones la investigación debía y podía realizarse; que las condiciones ideales, o por lo menos muy favorables, para emprender un estudio climático riguroso en base a las estaciones meteorológicas son difíciles de encontrar en México.

Al final de la investigación se comprueba que, con todo, los resultados climáticos y agroclimáticos obtenidos caen dentro de la realidad objetiva.

Con el afán de tener mayor exactitud en los resultados climáticos y establecer de la misma manera los requerimientos agroclimáticos de los cultivos, se trabajó con información meteorológica diaria procesada en computadora, por diversas vicisitudes se tuvo que volver a procesar la información, al final se habían capturado y generado un millón de datos aproximadamente que había que resumir como se muestra en los capítulos 1 y 2.

Respecto al método utilizado, en general, se apegó al llamado método científico, pero no se consideró inconveniente, por el contrario, apegarse a aspectos metodológicos de la geografía existencial, para comprender la actitud campesina cuando así lo requirió el asunto, experiencia que valió la pena y que sirvió de base para la comunicación con el campesino.

En cuanto al método científico, se fueron utilizando métodos particulares según el asunto tratado, así, por ejemplo, se empleó el sistema

de clasificación climática de Koeppen para determinar los climas, o el método de Estrada-Cajal para hacer lo mismo con la radiación social.

En agroclimatología se usaron los "índices agroclimáticos" en vez de alguna clasificación agroclimática, precisamente por lo pequeño del área de estudio, donde la clasificación muy probablemente hubiera homogeneizado áreas que en la realidad tiene agroclimas diferentes, así fue hasta el punto de llegar a convencer de que, precisamente por su posición en la variada superficie terrestre, cada punto es único e irrepetible.

También representa un problema metodológico el recabar información general, cartográfica, meteorológica, de productividad, etc., para una región relativamente pequeña como lo es el noreste de Morelos; es paradójico (hasta falaz) que a escalas menores (superficies mayores) se consiga mayor información que a escalas mayores (superficies pequeñas), luego, ligado al problema de "escala" se nota el contraste al manejar la "realidad" en mapas 1:50 000, que al manejarla en el trabajo de campo, escala 1:1; o sea, en esto de la escala se cae en un problema geográfico por excelencia, ya que el geógrafo percibe y penetra la realidad y aún se atreve a modificarla sobre un mapa, según la escala a que trabaje. He ahí el peligro del trabajo exclusivo en gabinete y la necesidad vital para el geógrafo del trabajo de campo.

## CAPITULO 1

## C L I M A T O L O G I A

Todo el mundo habla del clima  
pero nadie hace nada por  
modificarlo.

O. Wilde.

1.1. *Radiación Solar*. El estudio de la radiación solar sobre la superficie terrestre o geósfera ofrece una amplia gama de posibilidades para llegar a los más íntimos descubrimientos acerca de la naturaleza de los procesos físico-geográficos tan trascendentes como la circulación atmosférica y la oceánica y, por si fuera poco, a todos los procesos de vida.

La radiación terrestre es insignificante para los anteriores hechos, basta decir que en el balance de energía Tierra Sol, este último aporta el 99.98% de la energía térmica.

La radiación solar, que es un conjunto de ondas electromagnéticas de diferente longitud que llega a la Tierra y donde la atmósfera sólo permite el paso de ciertas longitudes de onda e impide el paso de otras, iniciando así el balance de energía, o sea que: "Del 100% de la radiación solar un 23% es reflejada inmediatamente al espacio por las nubes, un 4% por el aire, el polvo y el vapor de agua y un 4% por la propia superficie terrestre. Las nubes absorben un 3%, el aire un 21% y la tierra un 45%" (Sellers, 1965), de este último porcentaje un 16%, aproximadamente, es irradiado en forma de ondas térmicas, determinando en buena medida la temperatura del aire en el planeta, un 22% se consume en la evapotranspiración, un 5% va para el intercambio molecular-turbulento entre la superficie terrestre y la atmósfera y tan solo el 2% de la radiación solar genera la vida en el planeta a través de la fotosíntesis" (cifras modificadas ligeramente de Riábchikov, 1976). Pero todo este balance de energía está distribuido de tal forma que propicia la existencia de las formas de vida existentes, de tal manera que "si la atmósfera no retuviere la energía que logra, la temperatura de la tierra descendería unos 40°C, con lo que la vida sería prácticamente imposible" (Barry y Chorley, 1985).

Por lo anterior queda plenamente justificado el estudio de la radiación solar en la climatología y más particularmente en la bioclimatología y agroclimatología.

Hacia el ecuador se recibe una cantidad de energía solar 2.5 veces superior a la de los polos, sin embargo, la transferencia horizontal de

energía consigue una, aunque no tan marcada, distribución de calor en el planeta; ahora bien, es de nuestro interés mencionar lo siguiente:

Un efecto especial observado en la recepción de radiación a diversas latitudes es que las temperaturas máximas de la superficie de la tierra no se registran en el ecuador, como sería de esperar, sino en los trópicos. Existe un cierto número de factores que hay que tener en cuenta. La migración aparente del Sol en el cenit es relativamente rápida durante su paso sobre el ecuador, pero su velocidad disminuye a medida que se aproxima a los trópicos. Entre 6°N y 6°S los rayos del Sol permanecen casi verticales durante sólo 30 días de los equinoccios de primavera y otoño, por lo que no hay tiempo suficiente para almacenar calor en la superficie y originar altas temperaturas. *Por el contrario, entre los 17.5° y los 23.5° de latitud los rayos del Sol caen verticalmente durante 86 días consecutivos en el período del solsticio.*

Este período de mayor duración, junto con el hecho de que en los trópicos los días son más largos que en el ecuador, son la causa de que *las zonas de máximo calentamiento están más cerca de los trópicos que del ecuador.* En el hemisferio norte este desplazamiento hacia el polo de la zona de máximo calentamiento viene acentuado por el efecto de la "continentalidad". (Los subrayados son nuestros)

El párrafo anterior de Barry y Chorley (1985) indica que México en sus latitudes tropicales viene siendo, entre otras regiones, una de las más ricas en cuanto a calor generado, los mapas a nivel mundial de "radiación solar recibida en la superficie terrestre" (de Budyko, 1963, del *Atlas Teplovago Balansa*), "radiación infrarroja reflejada" (de Vonder Haar y Soumi, aparecido en "Science", vol. 163, 1969) y de "radiación neta anual" (basada en el de Budyko), presentado por A.N. Strahler y A.H. Strahler (1978), comprueban que no solamente hacia sus partes tropicales, sino también en la región norte del país la radiación suele ser de las más altas del mundo; México tiene así un recurso energético natural inagotable que no se ha sabido aprovechar debidamente.

Ahora bien, hay que considerar, respecto a lo anterior, que existen factores más locales o particulares que elevan o disminuyen el efecto calórico a lo largo del país, así, si bien es cierto que el trópico potencialmente recibe más energía debemos considerar que ésta misma pone en juego el conjunto temperatura-presiones-vientos-humedad-nubosidad, que limitan ese potencial, mas sin embargo, en las transferencias de energía ayudan a que exista una humedad apreciable en la región, mientras que en el norte del país las condiciones son diferentes, la radiación neta suele ser superior pero hay limitaciones de humedad

básicamente, los hechos anteriores influyen gradualmente en la distribución de la vida en general dentro de la República Mexicana.

Otro factor de gran importancia en la captación de energía lo constituye la orientación del terreno, las pendientes orientadas hacia el sur en el hemisferio norte reciben mayor cantidad de energía que cualquier otras, debido a la posición (aparente) del Sol a lo largo del año, así la vertiente sur del Sistema Volcánico Transversal incluyendo, por supuesto, la Sierra Nevada, recibe tanto por latitud (como lo señalan Barry y Chorley) como por su orientación un potencial energético de gran valía, aunado a ello tenemos que a mayor altitud mayor energía porque la capa de aire es menor, de ahí que la región del noreste de Morelos situada en la vertiente sur del volcán Popocatepetl presente, tanto por latitud como por orientación y en algunas partes por su gran altitud, un elevado potencial energético, que llega a ser el doble de los valores medios recibidos en gran parte de Europa y de los Estados Unidos.<sup>1</sup>

Para señalar y demostrar los valores de radiación del noreste del Estado de Morelos se trabajó una región más amplia que cubre los alrededores del volcán Popocatepetl, tanto la zona de estudio en Morelos, como zonas de Puebla, y del Estado de México, con lo cuál se permitió establecer una comparación entre ellas en base a su latitud, orientación del terreno, grado de pendiente y declinación solar a lo largo del año, cabe aclarar que la radiación solar visible presenta tres características fundamentales: intensidad, calidad y duración, de ellas la intensidad es calculada más frecuentemente por medio de fórmulas al igual que la duración, la calidad (espectro) se conoce por medio de instrumentos (actinógrafos) que en México son muy escasos.<sup>2</sup>

Lo que comúnmente se calcula de estos tres elementos es la intensidad que se mide normalmente en calorías por centímetros cuadrados por minuto ( $\text{kcal/cm}^2/\text{min.}$ ), este parámetro se suele hacer sinónimo de radiación solar (o insolación).

En este estudio se ha calculado la intensidad o radiación solar de la región Popocatepetl a partir de las fórmulas de Milankovitch (1920), Estrada (1985), Cooper y para los días recomendados por el Klein citados por

---

<sup>1</sup> Según Budyko, citado por Barry y Chorley (1985), Europa recibe entre 60 a 160  $\text{kcal/cm}^2/\text{año}$ , mientras estados Unidos entre 60 hasta 180  $\text{kcal/cm}^2/\text{año}$ .

<sup>2</sup> De estas tres características de la radiación y en particular de la luz visible se habla con mayor detalle en el apartado de "Factores lumínicos" en el capítulo segundo en relación a su importancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Estrada. Las fórmulas y los resultados mensuales por orientaciones y pendientes aparecen en el Anexo I de este estudio.

Para vaciar los datos al mapa 4 "Radiación solar" en la región Popocatepetl fue necesario establecer un mapa base topográfico (mapa 2), de donde se dedujeron las propias orientaciones del terreno y uno de pendientes (mapa 3) para poder vaciar la información calculada al mencionado mapa de "Radiación solar". En este mapa se observa que efectivamente gran parte de la región del noreste de Morelos presenta la mayor radiación respecto a toda el área calculada: 216.1 a 224.4 kcal/cm<sup>2</sup>/año, compartiendo este privilegio con algunas zonas cercanas a Atlixco, Pue. Y con otras hacia Nepantla, Méx.,<sup>3</sup> la segunda zona en intensidad bordea primordialmente a la primera, cubriendo también partes de Puebla y Morelos en la zona particularmente estudiada, sus valores anuales van de 210.3 a 216 kcal/cm<sup>2</sup>/año. La tercera zona en intensidad corresponde a todas las regiones planas de la región y tiene un valor anual de 210.2 kcal/cm<sup>2</sup>/año, las partes de menor altitud del noreste de Morelos tienen esta característica. La cuarta zona de intensidad se ubica básicamente en las laderas suaves del este y occidente del Popocatepetl, sus valores se encuentran entre los 171 a 210.1 kcal/cm<sup>2</sup>/año. La quinta zona de intensidad comprende en gran parte a la vertiente occidental del Popocatepetl, dentro del Estado de México, en pendientes medias de 24°. La sexta zona en intensidad, la de valor más bajo, se halla en el cráter del volcán extendiéndose hacia la orientación norte, noreste y noroeste casi hasta una altitud de 4 800 msnm y otra porción con esta intensidad se halla hacia la región del Ventorrillo, en el volcán, extendiéndose hacia el sureste en pendientes de 45°.

En cuanto a su distribución estacional en toda la región del Popocatepetl se observa una mayor insolación en otoño y verano, invierno y la primavera (normalmente en ese orden) esto podría explicarse en relación a las temperaturas de la siguiente forma: en otoño se aprecian temperaturas más altas que en verano y menor nubosidad y precipitación lo que permite dichas temperaturas, mientras que en verano hay una menor temperatura por la presencia de nubosidad y lluvias que disminuyen la insolación (aquí no se cumple el que en los solsticios se concentra mayor energía que en otra época). En invierno la insolación puede ser mayor pero las temperaturas más bajas también por la presencia de nubosidad de los frentes fríos, y en primavera aunque la insolación es menor, la casi ausencia de nubosidad permite temperaturas más elevadas que en invierno.

---

<sup>3</sup> En general los resultados aquí obtenidos son un 10% más bajos que los obtenidos por Klaus (1970) para la zona adyacente en Puebla, y se pueden comparar con los obtenidos por Jáuregui (1978) siendo los valores también semejantes.

Particularizando a la zona de estudio del noreste de Morelos el patrón general es de mayor a menor intensidad en la forma siguiente: otoño, invierno, verano y primavera; en principio puede parecer extraño pero no lo es si consideramos que la posición o latitud, orientación de los terrenos en la región y declinación solar provoca que el Sol esté en una posición propicia para abastecer la gran cantidad de energía en otoño cuando, en general, las condiciones meteorológicas permiten una mayor insolación, aunque las temperaturas no sean las más elevadas del año. En invierno la situación es semejante provocando alta insolación aunque ya las masas de aire frío provocan nubosidad que baja al mínimo las temperaturas anuales de la región, en verano se recibe insolación de "tercer grado" más sin embargo hay que considerar que la duración astronómica del día y la mayor presencia cenital del Sol permite una cantidad de energía que aunque aparentemente baja es lo suficiente activa para mantener elevadas temperaturas y provocar procesos de la circulación general de la atmósfera que favorezcan las lluvias en esta época. Por último en primavera la insolación es la más baja pero por la ausencia casi total de nubosidad y otros elementos de pérdida de energía calórica se propicia el inicio de un nuevo ciclo biológico en la naturaleza.

No cabe duda que el estudio de la radiación solar es complejo y complicado y que descubrir sus procesos internos y los que provoca son de sumo interés para el desarrollo de la Geografía; en México es urgente hacer más estudios al respecto, la labor pionera de investigadores como Jáuregui (1978) etc., debe continuarse. Por otra parte es de llamar la atención que un mínimo porcentaje de la radiación eche a andar la cadena de la vida, lo que no debe pasar desapercibido en estudios más especializados de bio y agroclimatología, así como en los llamados "estudios de caso", aquí, por ejemplo, se demuestra de entrada el potencial energético de la región del noreste de Morelos.

## 1.2 Temperaturas

1.2.1 *Temperaturas medias del mes más frío.* La temperatura media del mes más frío se presenta normalmente en la región de estudios entre los 16° y los 17°C. En términos generales, los valores aquí encontrados no corresponden a los encontrados por Vidal (1980). Básicamente porque ella considera a la temperatura media como resultado del análisis de tres mapas: el de promedios anuales (medias del mes más frío, suponemos), las mínimas del mes de enero y las mínimas absolutas del período. Aquí hemos querido respetar la idea original de García (1984) en sus *Modificaciones al sistema de Koeppen*. Y por lo tanto sólo hemos considerado la temperatura

media del mes más frío.<sup>4</sup> El dato de mínimas de enero se utilizará en el capítulo 2 para referirnos a los umbrales térmicos de los cultivos.

En el mapa de temperaturas medias del mes más frío (mapa 6) se observa que la isoterma más elevada, de 16°C abarca los poblados de Yecapixtla, Ocuituco y Achichipico (hasta 2 100 msnm), o sea, que gran parte del área de estudio queda entre los 18 y 16°C de temperatura. Los 14°C de temperatura alcanzan hasta los 2 300 msnm bajando hacia el sur a los 2 100 msnm, metiéndose por la barranca del Amatzinac. Encontrándose en esta franja los poblados de Huecahuaxco, Tetela y Alpanocan (mapa topográfico).

Es de hacer notar desde este momento que la presencia de la barranca del Amatzinac, o más precisamente su amplia cabecera y su profundidad, aunada a que hacia el este de ella se encuentran importantes estribaciones del Popocatepetl provocan un cambio en el comportamiento de las isotermas, que tienden a penetrar a menores altitudes por esta región, provocando de hecho una especie de vaguada (por vientos catabáticos de montaña) y prácticamente dividiendo a la región del noreste de Morelos en dos zonas, cuyo gradiente térmico es diferente.

La isoterma de 12°C va hacia los 2 500 msnm, penetrando hacia el sur hasta los 2 300 msnm, formando parte de la mencionada vaguada, que en este caso es fría.

Los 10°C se encuentran en lo general a los 2 900 msnm, bajando hasta los 2 700 msnm en la vaguada.

Los 8°C se encuentran hacia los 3 100 msnm, ya no formando parte de la vaguada. Los 6° se encuentran hacia los 3 500 msnm, aproximadamente, y los 4°C corresponden a los 3 900 msnm en lo general, y los 2°C hacia los 4 100 msnm aproximadamente. Hasta aquí la zona de estudio en altitud.

1.2.2 *Las temperaturas medias del mes más cálido.* Estas se distribuyen de la siguiente forma:

Entre 24 y 22°C hasta los 2 000 msnm, cubriendo los poblados de Achichipico y Yecapixtla. Los 20°C llegan hasta los 2 300 msnm, y en algunas partes, hacia el sur, hasta 2 000 msnm. Cubren los poblados de Huecahuaxco, Ocuituco y Tetela. Los 18°C se presentan a los 2 500 msnm,

---

<sup>4</sup> Aunque esto hizo ver, al aplicar la propia clasificación climática, que los diferentes valores no siempre se ajustaban a los rangos dados por García para un tipo de clima.

bajando hasta los 2 100 msnm en la zona sur. Esta franja cubre los poblados de Ecatzingo y Alpanocan.

Los 16 y 14°C son de los más afectados por la influencia de la barranca del Amatzinac y las estribaciones del Popocatepetl, los 16°C van hacia el occidente a los 2 700 msnm, pero bajan hasta los 2 300 msnm, cubriendo parte de Hueyapan, mientras que los 14°C van por los 2 900 msnm, bajando hasta los 2 700 msnm.

Los 12°C corresponden a la cota de 3 100 msnm y ya no la afecta la famosa vaguada. Los 10° se encuentran hacia los 3 500 msnm, los 8°C hacia los 3 900 msnm; los 7°C hacia los 4 000 msnm y los 6°C hacia los 4 500 msnm (mapa 7).

1.2.3 *Temperaturas Medias Anuales.* La franja entre 22 y 20°C llega casi a los 1 600. Aunque en ciertas condiciones presenta "islas" hacia los 1 900 msnm.

Los 18°C se dan básicamente a los 2 000 msnm, los 16°C corren hacia los 2 400 msnm, pero varían en altitud según la posición, así en Ecatzingo sí se conservan en los 2 400 msnm, pero en Alpanocan bajan hasta los 2 100 msnm; comenzando aquí la ya mencionada vaguada.

Los 14°C corren en el occidente por los 2 900 msnm, pero hacia la cabecera del Amatzinac bajan hasta los 2 400 msnm. Los 12°C se presentan hacia los 3 000 msnm, llegando a formar "islas" dentro de la vaguada, correspondientes a las partes altas de los cerros. Los 10°C se presentan hacia los 3 200 msnm, los 18°C lo hacen hacia los 3 600 msnm, y los 6°C hacia los 4 000 msnm (mapa 8).

1.3 *Vientos.* Al hablar de vientos debemos considerar que un punto de la superficie terrestre está regido por vientos regionales (macros) y vientos locales (micros), en la región de estudio los primeros están representados, por una parte, por los alisios y por otra por los vientos del oeste, menos fuertes que los primeros; ambos son modificados por factores locales, en este caso el principal factor es el topográfico. Todo este conjunto va configurando los patrones de vientos locales de la región, como se explica a continuación.

Por su posición, hacia el centro – sur de la República Mexicana el Estado de Morelos se encuentra en la zona tropical del planeta y es en consecuencia dominada por los vientos alisios provenientes del Golfo de México con dirección NE-SW, sobre todo en el verano y parte del otoño acompañados de climas tropicales (García, 1980). Sin embargo para Vivó

(1948) los vientos alisios y los provenientes del Pacífico tienen como frontera natural la Sierra Nevada, y particularmente el Volcán Popocatepetl y sus estribaciones ya en el Estado de Morelos, lo cual significa que tanto recibe la influencia de vientos del Golfo como del Pacífico,<sup>5</sup> posición que hemos ratificado en el presente estudios y de cuyas consecuencias para la agricultura se habla más adelante.

La circulación de los vientos en el noreste de Morelos aunque parece responde en principio y en lo general a las presiones circundantes y con la consecuencia de la circulación general y regional de la atmósfera a lo largo del año,, es en buena medida modificada por los factores locales, que en la región en general, a pesar de lo pequeño del área, son hartos complejos. Estos hechos originan una zonificación interesante del patrón de vientos.

De los factores locales de interés en el comportamiento de los vientos cabe mencionar, con cierta jerarquía, la situación o posición del lugar respecto al relieve, luego y en íntima relación con lo anterior, a la orientación del lugar; y en el plano regional factores más generales pero no menos importantes como la latitud, la longitud y la altitud del lugar.

De tal suerte que como señalan Barry y Chorley (1985) "Es preciso recordar... que la dirección del viento no constituye guía alguna para conocer la configuración del campo de presión en las latitudes bajas".

Lo anterior significa que en la región, al encontrar la presencia de moles tan importantes como el volcán Popocatepetl, la sierra del Chichinautzin (que aunque al margen de la región tiene una influencia en el patrón de vientos, como se podrá apreciar más adelante) en contraste con las tierras bajas (1 600 msnm) de la depresión del Balsas, se tiene una situación heterogénea en cuanto al origen y dirección que toman los vientos, que es un factor a su vez de la forma de la presencia de humedad en la región y sus consecuencias en la agricultura.

La orientación de cualquier localidad respecto al relieve, que como se ha apreciado no es homogénea, influye enormemente, también, en el por qué y cómo de los vientos, pudiendo ello causar un patrón de vientos complejos o bien simples.

La latitud dentro de la región de estudio puede significar también el tipo de patrón de vientos, su relación con la presencia de determinada humedad y resultados agrícolas; lo mismo podría decirse de la longitud.

---

<sup>5</sup> Se pueden consultar los mapas de vientos dominantes en enero y julio de la Geografía de México del mencionado autor.

La altitud juega también un papel importante dentro del comportamiento de los vientos en la región, pudiendo decirse que aquélla es un elemento más en la complejidad de los vientos.

La situación del lugar respecto al relieve, su orientación, latitud, longitud y altitud son los factores que conjugados determinan el patrón de los vientos en las diferentes localidades de la región.

Los vientos de la región durante la primavera<sup>6</sup> son predominantemente, tanto por su frecuencia como por su intensidad, del norte al noreste (cuadro 1.1 "Frecuencia e intensidad de vientos").

Se puede observar en el mapa respectivo (9) que el comportamiento de la rosa de los vientos es diferente en las 8 localidades estudiadas, siendo posible agruparlas, así Yecapixtla (... "lugar donde es atrapado el viento" según algunos y "Boca de viento" según otros) y Achichipico presentan un patrón semejante con una mayor frecuencia e intensidad de los vientos del norte y en segundo y tercer términos los del este y noreste, las demás direcciones son menos significativas.

Este comportamiento responde a la influencia que tienen las masas de aire provenientes del norte en esta época del año y que encuentran lógica cabal en estos dos lugares situados ambos en dirección norte-sur correspondiente a un corredor entre el valle de Amecameca al norte y el valle de Cuautla al sur. Dicho corredor está limitado hacia el este por la sierra de Chichinautzin y al oeste por las estribaciones y falda del volcán Popocatepetl; encontrándose la parte más estrecha de dicho corredor a la altura de Nepantla, Estado de México, por tanto los vientos dominantes encuentran un camino natural por donde correr, los del noreste y este responden a los vientos dominantes (del norte) dirigidos a más direcciones por la influencia del volcán Popocatepetl, como un mecanismo de viento de montaña.

Huecahuaxco y Ecatzingo (que significa "El vientecito",<sup>7</sup> según algunos estudiosos del náhuatl), no presentan una clara predominancia de los vientos del norte muy posiblemente por su cercanía a la sierra Nevada

---

<sup>6</sup> Para la elaboración de la rosa de los vientos por estación del año se han tomado los meses de enero, febrero y marzo para el cálculo de invierno, abril, mayo y junio para primavera, julio, agosto y septiembre para verano y octubre, noviembre y diciembre para otoño.

<sup>7</sup> Se puede apreciar en el cuadro de "Frecuencia e Intensidad de los vientos" que en Ecatzingo soplan los vientos con mayor intensidad de la región, por lo que el diminutivo en náhuatl es una forma típica de expresión.



en toda su ladera oriental que provoca vientos de norte a sureste. Hacia el oeste la existencia de algunas prominencias provocan vientos variables en esa dirección.

La posición de Tetela, poblado localizado en una pendiente norte-sur, provoca en primavera una marcada frecuencia y mayor intensidad, respecto a otras direcciones de vientos del norte, noreste y noroeste.

Alpanocan, por su ubicación presenta también características muy particulares, no sólo son importantes los vientos del norte, noreste y noroeste, sino también los del sureste y noreste; Alpanocan se halla situado en la fuerte pendiente oriental de la barranca del río Amatzinac<sup>8</sup> la pendiente occidental es también muy pronunciada lo que puede explicar el comportamiento de los vientos.

En Hueyapan hay un predominio muy marcado de los vientos del suroeste y aunque no responde a las condiciones de circulación dominante en la región, posiblemente el hecho de que la estación meteorológica este ubicada al borde de un barranco, provoque un fenómeno muy local.

Por último, Ocuituco se caracteriza por el altísimo porcentaje de calmas (70%), fuera del corredor Achichipico-Yecapixtla y de las estribaciones y accidentes de las localidades que tiene al norte y al este, ocupa el centro ladera entre Yecapixtla y Tetela, de tal suerte que parece estar protegida de los vientos no solamente en primavera, sino prácticamente a lo largo de todo el año.

En verano (mapa 10) ni el patrón, ni la zonificación regional de vientos cambia significativamente, excepto si consideramos su intensidad; los vientos dominantes, que siguen siendo del norte, son ahora más intensos, lo que puede verse con la acción más firme de los vientos alisios que además vienen cargados de humedad. Los vientos del sur también traen su porcentaje de humedad, este aspecto se tratará con más detalle en el apartado de precipitación junto con su significado para la agricultura y respecto a la importancia climática en cuanto a que pueda modificar la concepción del origen de la sequía intraestival en el régimen pluviométrico en el noreste y centro del país.

---

<sup>8</sup> El río Amatzinac es el único perenne de la región, producto del deshielo del Popocatepetl ya hacia los 3 000 msnm es permanente su corriente a él, se van uniendo otras corrientes, todo el conjunto ha labrado profundos cauces que hacen de esta cuenca, entre los 3 000 y 2 000 msnm, una zona muy accidentada.

En el otoño (mapa 11), al igual que en las estaciones precedentes, patrón y zonificación no se modifican grandemente, la intensidad sigue en ligero aumento en los vientos dominantes, sin embargo la humedad de los vientos desciende significativamente, y otros elementos del clima como la temperatura, marcan el giro que en otoño se va dando en el paisaje general, como la madurez en el maíz y frutales (sobre todo de zonas altas y "frías"), y el comienzo de la caída de las hojas en los caducifolios.

Durante el invierno el patrón de vientos y la zonificación se mantienen (ver mapa 12) semejantes al otoño, incluso las intensidades son muy semejantes, ya no aumentan; la poca humedad que traen los vientos, provienen de los famosos "nortes" y prácticamente no son útiles a la agricultura, respecto a ello es la época de mayores limitantes, poca humedad en general y frío en algunas partes que impiden una doble cosecha al año.

En síntesis se puede apreciar cierta zonificación de los vientos dentro de la región de estudio pero no existen cambios bruscos ni un giro marcado en el comportamiento de los vientos de una estación del año a otra como sucede en las latitudes altas septentrionales o en el sureste asiático con los monzones; de esta manera el mapa (13) de "Valores medios anuales" es significativo del estado general de los vientos (en frecuencia e intensidad) a lo largo del año.

#### *1.4 Humedad relativa, nubosidad, precipitación y evaporación.*

A nivel nacional Vivó (1948) presenta que la humedad relativa oscila entre 50 y 70%, para esta área de estudio, que en la época fría del año la humedad disminuye por la presencia de masas frías y secas provenientes del norte o por el descenso de masas secas calientes de la alta atmósfera; a diferencia de la época cálida en la que la humedad relativa es alta por la presencia de aire caliente y húmedo. Estas diferencias de humedad influyen en la evaporación, la nubosidad, en el tipo de precipitación.

La nubosidad, siguiendo al mismo autor, es básicamente de dos tipos de acuerdo a la época del año; a) la que está asociada con la invasión de masas de aire frío y seco, y b) la que está con las masas cálidas y húmedas. Fuera de las regiones costeras y montañosas tropicales, el noreste de Morelos forma parte de una región de muy alta nubosidad: superior a los 120 días anuales, según datos del Atlas del Agua.

La evaporación real por su parte presenta un comportamiento paralelo al de la precipitación; mayor hacia la época húmeda y menos hacia

la seca, al existir una alta humedad en la región y una alta insolación, la evaporación resulta en consecuencia alta también.

A la par que la humedad relativa y la nubosidad, la precipitación en lo general responde a la circulación general de la atmósfera a lo largo del año, ya que es la época de noviembre a abril cuando la faja subtropical de alta presión con los alisios se desplaza hacia el sur; mientras que los vientos del oeste, poco húmedos, son interceptados por la Altiplanicie Mexicana, en pleno invierno al que corresponden las penetraciones de las masas frías del norte de América en la Altiplanicie y oriente de México, en algunos casos recogen humedad del Golfo y precipitan aunque el significado de estas lluvias es prácticamente nulo para la agricultura, todo este fenómeno se deja sentir en el noreste de Morelos, debido a su proximidad limitante con la Altiplanicie. Por el contrario, en el semestre restante (de mayo a octubre), el desplazamiento hacia el norte de la zona subtropical de alta presión hace que prácticamente todo el país quede bajo la influencia de los alisios, como lo señala García (1983). Sin embargo las ondas del este, los ciclones tropicales, tanto del Pacífico como del Golfo y perturbaciones menores del Pacífico también influyen en el régimen pluviométrico del sur y centro del país, incluyendo el noreste de Morelos (fig. 1.1); es así que en esta zona tenemos un régimen de lluvias de verano con una alta precipitación respecto a la media nacional, pues de acuerdo a García (1983) tendríamos en México una precipitación de primer orden superior a los 3 600 mm (en cuatro zonas dispersas), luego una de segundo orden con más de 1 600 mm (en las partes montañosas de la vertiente del Golfo) y una zona de tercer orden, entre los 1 200 y 1 500 mm en la vertiente sur del Sistema Volcánico Transversal, al noreste de Morelos, exceptuando sus partes bajas planas, corresponde a este orden, pues su precipitación rebasa los 1 200 mm. Las características del régimen pluvial de cada una de las estaciones estudiadas se pueden apreciar en las gráficas ombrotérmicas que se encuentran adelante.

El régimen pluviométrico de la región, a excepción de Yecapixtla y Ecatzingo (ésta en grado insignificante) presenta la llamada canícula,<sup>9</sup> esa disminución de la lluvia en verano haciendo que se presenten dos máximos de lluvia en esa estación con una disminución que García y Mosiño (1966)

---

<sup>9</sup> El nombre de canícula fue dado por los romanos a la estrella Sirio (can, canícula), la más brillante del cielo, en la antigüedad la salida de Sirio por el horizonte era al mismo tiempo que el Sol, llamándose a esta época *período Helíaco* de Sirio, esto ocurría hacia el 23 de junio y coincidía por consiguiente, con el solsticio de verano, la época más calurosa del año (en el hemisferio boreal). Actualmente, debido a la precesión de los equinoccios, la aparición de Sirio se sitúa en agosto. En término medio el período en que los calores son más fuertes en las latitudes templadas se sitúa ahora entre el 23 de julio y el 2 de septiembre en el hemisferio boreal.

llaman sequía intraestival o de medio verano. Según dichos autores esta característica del régimen pluvial se debe a un "retorno al invierno", como lo señala Vidal (1980), ya que los vientos alisios que están depositando humedad en el territorio mexicano son obstruidos por una vaguada en la tropósfera media de baja presión (y por tanto fría) que tiene su origen en los Estados Unidos y se proyecta hacia la Altiplanicie Mexicana y vertiente del Golfo.

En dicha tesis hay una aparente contradicción o paradoja: ¿Por qué si estamos en pleno verano, caluroso, *canicular* (recordemos lo que esto significa) puede presentarse una vaguada de baja presión? ¿Cuál es la causa de este hecho?

Existe otro hecho irrefutable que se ha observado al estudiar el noreste de Morelos, acerca del comportamiento bimodal del régimen pluvial en las zonas intertropicales y es el siguiente: el régimen puede ser mixto, o sea, recibir humedad tanto del Golfo como del Pacífico. Esto explicaría no sólo la bimodalidad sino también el que la disminución de la lluvia no sea necesariamente de medio verano (para ser más exactos en agosto) sino, como se puede apreciar al estudiar el régimen de lluvias en varias partes donde se presenta dicha disminución, ésta se presenta no necesariamente en agosto, sino también en julio (o se puede presentar a lo largo de los dos meses), o incluso en septiembre, y es variable también de un año a otro. La propia aleatoriedad de las lluvias, depende de la situación atmosférica en cada océano y por lo tanto ésta es la causa de que el período de disminución varíe año con año.

Por otra parte, esta segunda explicación, es más propia para las zonas centrales del país; en conversación con el meteorólogo José Camilo Sosa se coincidió que dicha explicación también es aplicable a Puebla.

Es posible que el Altiplano Septentrional sufra su sequía de verano por este mismo hecho aunque en porcentajes diferentes a los encontrados para Morelos.

Ahora bien, cuál puede ser la causa primaria, la fuente que eche a andar todo este mecanismo de la sequía relativa o de verano, como sería más correcto llamarle, si se quiere conservar el término sequía por su esencia y dejar el tradicional de canícula por su connotación térmica, de tal suerte, que respetando la milenaria tradición se debería conservar el término. Se ha dicho que el paso del Sol por el cenit dos veces en el año en la zona intertropical es la causante de este hecho, Sosa en un trabajo inédito explica a grandes rasgos lo siguiente: La declinación solar entre mediados de julio y de agosto provoca, en ese paso, la desaparición de las

depresiones tropicales tanto del lado del Golfo como del Pacífico, esto explicaría, según Sosa, por qué la precipitación disminuye en esa época.

Concluyendo, sin lugar a dudas los planteamientos de García y Mosiño en 1966 y Jáuregui en 1969 vinieron a llenar un vacío en los estudios de la climatología de México, su explicación es interesante, por desgracia no parece que otros climatólogos y meteorólogos mexicanos se han interesado por profundizar en este asunto.

En cuanto a la evaporación se encuentra en términos generales, con resultados lógicos (aunque bien pudiera no ser todo lo preciso deseable por los aspectos señalados en la Introducción respecto a las estaciones meteorológicas); pueden presentarse aparentes irregularidades entre un mes y otro en una misma estación, pero de una estación a otra y considerando sus posiciones geográficas, los valores mensuales y el total anual parecen lógicos (cuadro 1.2), ya que las estaciones de baja altitud y mayores temperaturas presentan una mayor evaporación (Yecapixtla, Achichipico y Ocuituco), el resto de las estaciones con una evaporación menor hasta llegar a Alpanocan con el valor anual más bajo, situado entre Hueyapan y Tetela (pero unos 100 msnm debajo de éstas) es el eje a partir del cual se diferencia básicamente el noreste de Morelos en 2 grandes zonas físicas (y en muchos aspectos humanos).

Es digno de mención que si se toma el principio de la relación evaporación – precipitación todas las estaciones resultarían con un índice seco (exceptuando cuatro 4 meses de junio a septiembre). Sin embargo utilizando el método de García (1982) sobre gráficas ombrotérmicas la situación cambia. Ya se verá en el capítulo 2 como el uso de la evaporación nos lleva a análisis más precisos de las relaciones agua-suelo-planta, de donde se puede adelantar que los indicadores climáticos, como tales, o sea valores simples, poco dicen en relación a la agroclimatología, ya que ésta necesita sobre todo índices (relación de indicadores) que arrojen mayor luz acerca de las relaciones clima-planta; sin dejar de ser la climatología el punto de partida para buenas investigaciones agroclimáticas.

1.5 *Climas*. En la región del noreste del Estado de Morelos se presentan tres tipos fundamentales de climas, de acuerdo a la clasificación de Koeppen modificada por Enriqueta García. Se eligió esta clasificación por considerar que lo pequeño del área de estudio ameritaba un trabajo a más detalle como el de García. Sin embargo, los resultados obtenidos no son todo lo coincidentes con las características vegetacionales que se esperaban. Por otra parte, se debe recordar que en los estudios agroclimáticos son de utilidad las clasificaciones climáticas, para definir el microclima ya que prestan un buen servicio pues nos dan la base para conocer las condiciones

térmicas, pluviométricas generales que se encontrarán a lo largo de la investigación (cuadro 1.3).

Según García, en el área de estudio se tienen los siguientes tipos y subtipos climáticos (mapa 14):

Siguen cuadros pag. 53 y 54

a) (A) C (w''<sub>2</sub>)(w) ig o sea, clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, el más húmedo de los subhúmedos, presenta canícula, es isotermal y la temperatura máxima se presenta antes del solsticio de verano. Ocupa desde las partes bajas del área, llegando hasta los 1 900 msnm, y en ocasiones hasta los 2 000 msnm. Se localizan en esta área Yecapixtla, Achichipico y Ocuituco, aunque cabe señalar que sobre el terreno es sensible la diferencia entre Yecapixtla y Ocuituco, ya que Yecapixtla es más caluroso y seco, mientras Ocuituco es menos caluroso y más húmedo, clima muy semejante al de Cuernavaca, mientras que Yecapixtla se aproxima más al de Cuautla (mapa 14).

b) C (w''<sub>2</sub>)(w) big o sea, clima templado con temperatura media anual entre 12 y 18°C, las del mes más frío mayor de -3°C y las del mes más cálido mayor de 6.5°C. El símbolo (w<sub>2</sub>) indica lluvia de verano y pertenece al más húmedo de los subhúmedos, presenta canícula, es isotermal y marcha de la temperatura tipo Ganges. Este clima cubre un área entre los 1 900 hasta 3 100 msnm. Sin embargo para Vidal (1980) cubre una extensión entre 2 200y 2 800 msnm, datos que no coinciden con los obtenidos, habrá que considerar que la autora se basó en el mapa de climas de DETENAL escala 1: 250 000, mientras que en este estudio se utilizó una escala 1:50 000. En dicha zona climática se encuentran los poblados de Ecatingo, Huecahuaxco, Tetela del Volcán y Alpanocan, en ella se aprecia como esta clasificación "homogeiniza" el clima sobre todo si consideramos que nos une partes notoriamente diferentes entre sí como son la parte sur de la ya mencionada vaguada y su parte norte.

c) C (w''<sub>2</sub>)(w)(b') i, o sea, semifrío, el más húmedo de los subhúmedos, con canícula, la temperatura del mes más caliente entre 6.5 y 22°C e isotermal. Se encuentra a altitudes entre 3 000 – 3 100 msnm, hasta los 4 200 msnm aproximadamente, sin embargo, Vidal (1980) lo sitúa entre los 2 800 y los 4 000 msnm. Es una zona prácticamente despoblada.

d) ETHw, o sea, frío con lluvias en verano. Se encuentra a partir de los 4 200 msnm aproximadamente, mientras que para Vidal (1980) y García (1983) se da a partir de los 4 000 msnm. García lo considera en base al

Cuadro 1.2 Evaporación real en el noreste de Morelos, medida en tanque clase A

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Achichipico	120.3	134.2	190.7	211.6	191.4	143.7	132.1	113.5	93.3	116.1	117.3	98.8	1663.
Alpanocan	91.4	99.4	136.4	177.2	123.3	76.2	89.1	101.9	71.8	88.8	105.2	84.0	1134.5
Ecatzingo	94.7	100.5	158.3	165.3	136.6	111.0	92.2	87.7	67.7	85.9	88.3	83.5	1274.3
Huecahuaxco	96.5	119.7	162.2	195.8	130.3	111.9	94.8	96.9	82.4	86.5	96.7	82.3	1416.3
Hueyapan	81.1	104.8	156.2	163.3	135.7	95.4	94.3	92.8	77.6	82.4	70.4	78.1	1272.1
Ocuituco	112.4	139.3	209.8	225.3	199.5	119.4	165.6	93.9	74.6	105.7	97.7	95.1	1677.4
Tetela	108.1	129.8	207.8	198.9	176.4	122.5	111.1	94.8	65.5	73.8	90.4	93.4	1444.6
Yecapixtla	137.9	166.9	228.1	239.3	229.3	153.7	135.7	130.1	114.8	128.7	126.8	123.5	1883.8

Cuadro 1.3 Temperaturas medias, precipitación y tipos de clima según el sistema de Koeppen modificado por García, en el noreste de Morelos.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM. ANUAL	TIPO DE CLIMA
Alpanocan	T <u>14.5</u>	15.0	17.1	<u>18.1</u>	17.3	16.2	15.7	15.8	15.7	15.6	15.1	14.9	15.9	C(w'' <sub>2</sub> )(w) big
	P 8.2	18.6	4.2	15.2	161.7	204.6	203.8	222.3	253.4	97.6	0	0	1138.7	
Achichipico	T 17.7	18.2	20.4	22.6	22.8	22.3	21.0	20.9	20.9	20.4	19.3	18.3	20.4	(A)Cw'' <sub>2</sub> (w)ig
	P 23.5	8.9	12.2	37.1	67.5	225.4	204.7	255.0	192.5	142.6	6.5	16.4	1179.1	
Ecatzingo	T 14.8	15.1	17.1	18.9	18.5	17.9	16.4	18.7	18.1	18.0	17.0	12.3	17.3	C(w'' <sub>2</sub> )(w)bi'g
	P 15.5	5.2	9.9	22.4	134.1	239.8	239.6	270.1	274.6	96.1	9.9	1.9	1210.3	
Huecahuaxco	T 14.4	14.9	15.4	18.5	17.9	17.6	16.5	16.7	16.6	16.6	16.2	17.0	16.6	C(w'' <sub>2</sub> )(w)big
	P 8.3	15.7	11.7	31.2	105.4	238.7	310.5	280.8	309.	137.3	13.1	1	1251.	
Hueyapan	T 14.6	13.1	14.1	15.2	16.3	16.3	16.0	15.7	15.8	14.8	12.9	12.6	14.6	C(w'' <sub>2</sub> )(w)big
	P 12.7	14.5	6.7	27.5	99.9	244.1	301.0	215.1	263.2	53.4	35.4	1.9	1204.1	
Ocuituco	T 16.9	17.1	19.3	21.5	21.9	19.7	17.8	18.4	18.6	18.6	17.7	16.9	18.8	(A)Cw'' <sub>2</sub> (w)ig
	P 14.5	12.6	7.9	21.8	51.8	223.6	233.5	158.2	244.3	82.7	28.8	0.7	1100.9	
Tetela	T 15.2	16.0	18.4	20.0	19.9	18.6	17.6	17.3	17.2	16.7	16.3	15.4	17.4	C(w'' <sub>2</sub> )(w)big
	P 20.4	7.4	23.5	34.3	68.5	218.4	211.8	275.2	275.4	137.8	14.4	14.3	1299.6	
Yecapixtla	T 16.4	18.1	20.6	22.2	22.6	20.8	19.6	19.4	19.3	19.3	18.7	17.8	19.5	(A)Cw <sub>2</sub> (w)i'g
	P 6.3	1.7	6.2	24.2	69.9	218.3	231.5	234.9	205.7	84.7	15.6	2.2	1108.0	

gradiente térmico tomado a partir de la estación Campamento Hueyatenco a 3 557 msnm, en las laderas occidentales del Iztaccíhuatl que ya no hay propiamente vegetación arbórea (Koeppen la considera como de tundra), y en México algunos prefieren denominarla como "pradera de alta montaña" (matorrales, rosas de las nieves o cardos, algas, musgos y líquenes). Esta apreciación puede ser válida para ciertas partes de la Sierra Nevada, pero en su vertiente sur, donde la insolación es mayor, es lógico pensar que se encuentran temperaturas más elevadas que en otras orientaciones, y por lo tanto diferente vegetación. Esto se puede comprobar directamente ya que aproximadamente a los 4 100 msnm de altura la vegetación arbórea se iba enrareciendo y comienza aparecer la pradera de alta montaña, no habiendo ya árboles a los 4 200 msnm.

En síntesis la clasificación de Koeppen modificada por García nos da una buena base para explicarnos el comportamiento climático y la distribución de la vegetación, se ha aplicado con esta idea, aunque se encontró con que al hacerlo no siempre sus rangos (sobre todo de temperaturas medias anuales, medias más frías del año y más calurosas) indican con exactitud un tipo de clima, de ahí creemos la necesidad de combinar varios mapas, como lo hizo Vidal, para sacar otro determinado y poderla ajustar a las normas de García.

También hay que considerar que dentro de la ciencia es necesario el reduccionismo en aras del formalismo, perdiéndose por tanto la unicidad de un hecho, y en climatología y agroclimatología se ha podido apreciar el alto significado de esto.

## CAPITULO 2

## FENOLOGIA Y AGROCLIMATOLOGIA

Okzeppa yuhkan yez, okzeppa  
 Yuh tlamamiz in ikim, in kanin.  
 ("Otra vez así sera, otra vez  
 así estarán las cosas en algún  
 tiempo, en algún lugar").  
 Pensamiento nahua.

2.1 *Uso del suelo.* En el noreste del estado de Morelos encontramos más de una treintena de especies agrícolas, la mayoría de ellas árboles frutales. Como se aprecia y confirma en el capítulo anterior las diferencias altitudinales provocan diversos tipos de clima que, aunque en una clasificación macroclimática no aparecen muy diferenciados, en la realidad se presentan zonas vegetacionales bien definidas. En la mayoría de los casos ocupan áreas más pequeñas y que como se verá en este capítulo corresponden a microclimas o mesoclimas.

Se ha tomado como altitud inferior convencional la de 1 500 msnm, mientras que la superior corresponde al límite de la frontera agrícola 3 000 msnm; este cambio altitudinal de kilómetro y medio se da en 20 km. En la horizontal, seguramente pocas regiones en el mundo presentan condiciones tales que permiten la existencia de productos tropicales como el mango hasta templados y fríos como la manzana.

Para realizar el inventario de productos agrícolas y uso del suelo en general, se recurrió a las más diversas fuentes como las oficiales (Dirección General de Informática y Estadística Sectorial de la SARH), Programa Operativo 1987 de la Unidad de Documentación, Información y Análisis de la Secretaría Particular del Gobierno del Estado de Morelos, y a la Dirección General de Estadística (ya desaparecida), encuestas y entrevistas con campesinos y la observación personal de campo. Por otra parte se analizó el uso del suelo a partir de 1971, desgraciadamente para 1986 la información disponible es sumamente parcial.

Antes de comenzar el estudio del uso del suelo, cabe aquí señalar nuevamente que el propósito esencial no fue estudiar tanto a los municipios de Yecapixtla, Ocuituco y Tetela del Volcán como tales (374.8 km. en total según este autor) sino a la región que dentro de ellos es representativa de grandes contrastes agroclimáticos, dicha región estaría mayormente representada a lo largo de las cabeceras municipales hasta llegar a Hueyapan, como se puede apreciar en el perfil de uso de suelo y ello

explicaría también por qué no toda la superficie de los municipios está cubierta por los mapas presentados en este estudio, ya que sólo se analiza una área de 280 km<sup>2</sup> (aproximadamente).

Sin embargo como los datos estadísticos vienen dados a nivel municipal en este punto se empleó dicha información para los análisis necesarios que a continuación se presentan.

Del uso del suelo en general el cuadro 2.1 muestra los principales usos, el área que cubren y el porcentaje respectivo, los datos corresponden a 1970 por no haber encontrado información confiable para otros períodos. Si bien es lógico pensar que las cifras han cambiados éstas se pueden considerar representativas y como punto de partida para el estudio. En el cuadro aparece primero el municipio de Yecapixtla, por ser el de menor altitud, ya que más de la mitad de su territorio estaba ocupado por la agricultura (aunque en el cuadro 2.2 la "superficie sembrada" no coincide con el valor de "uso de suelo agrícola" del primer cuadro).<sup>10</sup>

En Yecapixtla, después de la agricultura predominan los pastos inducidos en casi una tercera parte y sólo hay pequeñas porciones de bosques y tierras improductivas.

Según las estadísticas de la SARH para 1980 la superficie sembrada era de 5 862 ha. lo que representa el 59.5% de la superficie del municipio (o 33% según datos obtenidos por este autor), cifra semejante a la de 10 años atrás; para 1986 según datos del gobierno del Estado, la superficie sembrada fue de 8 626 ha. o sea el 87.6% de la superficie municipal, (48.6% según esta autor), el crecimiento en 6 años parece exagerado, mientras que la meta del gobierno estatal para 1987 fue la de cubrir 10 422 ha.

Para Ocuituco, intermedio en cuanto a altitud, según los datos oficiales de la D.G.E. para 1970, la superficie agrícola predomina en aproximadamente la mitad del territorio municipal (mientras que para este autor ocupaba el 42.8%), le siguen en extensión los bosques en una cuarta parte del territorio, y las tierras improductivas eran un 3% ligeramente superior a los pastos, los cuales ocupan el 10% del territorio.

Para 1980 la superficie cultivada apenas aumentó en 200 hectáreas y para 1986 se mantendría casi igual.

---

<sup>10</sup> Valga esta primera diferencia para señalar las subsiguientes para este rubro y que representan un problema pues diferentes organismos ofrecen datos diferentes para un mismo aspecto, lo que dificulta seriamente el análisis de la realidad poniendo al buen criterio del investigador la decisión final en dicho análisis.

Cuadro 2.1 Uso del suelo en los municipios del noreste de Morelos, 1970.

Municipio	Total	Superficie									
		Agrícola (has.)	%	Bosques (has.)	%	Pastos (has.)	%	Improduc. % (has.)	%	Otros (has.)	%
Yecapixtla	9 851.2	6 032.7	61.2	437.4	4.4	2 961.8	30.1	394.1	4	25.2	0.2
Ocuituco	8 217.8	4 350.8	52.9	1 938.1	23.5	828.1	10	1 099.3	13.4	1.5	0.2
Tetela	5 720.7	2 229.9	39.0	2 752.2	48.1	382.1	6.6	353.5	6.2	8.0	0.1
Total	23 789.7	12 613.4	51.0	5 127.7	25.3	4 172.0	15.5	1 846.9	7.9	42.7	0.1

Fuente: Dirección General de Estadística, SIC.

Para Tetela, según la misma fuente, la mayor parte del municipio (48.1%), está cubierto de bosques (principalmente de coníferas y luego pino-encino de acuerdo al mapa de uso del suelo) luego se encuentra la superficie agrícola con un 39%, posteriormente, con valores alrededor del 6% tanto pastos como tierras improductivas.

En los tres municipios el porcentaje dedicado a "otros" usos es ínfimo.

Para 1980 la superficie agrícola, según los datos de la SARH creció poco más de 100 has., pero para 1986 fueron 6 816 has., tan sólo de los ocho principales cultivos, dicho valor representa un área 19% mayor que la reportada para la extensión del municipio según la fuente de la DGE de la otrora SIC, o bien el 71% tomando los datos de este autor Gómez para la superficie del municipio, aún así dicha cifra parece alta.

En síntesis se presentan serios problemas al definir el uso del suelo, en lo general, ya sea por variar los indicadores de las fuentes: respecto a las superficies municipales; o respecto a los propios datos de uso del suelo y, en consecuencia en determinar los porcentajes de las diversas ocupaciones del suelo.

No siendo posible cuantificar dichos valores se pueden afirmar, sin embargo, que la ocupación o uso del suelo se presenta efectivamente en esos grandes rubros (uso agrícola, bosques, etc.) y en los sitios donde lo señalan los múltiples recorridos de campo.

Respecto al uso del suelo estrictamente agrícola, los cuadros 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 nos ofrecen un panorama detallado y al parecer más confiable que para el uso del suelo general.

En 1980 la SARH reporta 19 cultivos para el noreste de Morelos, sin embargo se aprecia que algunos reportados para 1970 no aparecen en 1980 y tampoco en 1986; de acuerdo a la información recabada en campo la lista de cultivos debía ser mayor, incluyendo cultivos como plátano, mango, limón, chirimoya, sandía, melón, camote, tomate, cacahuate, haba, anona, cempasúchil y trigo que a veces se han reportado y aunque se les suele dedicar poca extensión, pueden tener un significado agroclimático importante o clave.

Otro aspecto importante a mencionar es que el uso del suelo en el noreste de Morelos no responde a un mismo patrón de unidad productiva, lo que seguramente dificulta la contabilidad de las superficies sembradas, pues sobre todo hacia las partes montañosas de Ocuituco y Tetela, ricas en frutales, estos se hayan en pequeños huertos (familiares) donde se alternan

sin un cierto orden todo tipo de cultivos en una agricultura que podríamos llamar tradicional que sirven a la dieta familiar, casi exclusivamente.

Por el contrario en las zonas más bajas de Ocuituco y Yecapixtla las unidades de producción suelen estar planeadas, las dedicadas a la fruticultura siguen las indicaciones de los manuales y guías en esa área y su función es más bien comercial, a diferencia que las montañosas, el cultivo de cereales y hortalizas también suele organizarse en función del mercado, el monocultivo llega a ocupar extensiones considerables.

Cuadro 2.2 Uso del suelo agrícola en el municipio de Yecapixtla para 1971, 1980 y 1986.

1971 ha.		1980 ha.		1986 ha.	
1. Maíz	2 400	Sorgo	2 714	Sorgo	3 635
2. Jitomate	596	Maíz	2 475	Maíz	3 573
3. Aguacate	40	Jitomate	392	Jitomate	855
4. Café	20.6	Frijol	120	Tomate	314
5. Guayaba	10	Durazno	42	Maíz-frijol	103
6. Limón	9	Aguacate	35	Frijol	68
7. Ciruelo	5	Higo	28	Café	60
8. Camote	12	Café	27	Camote	10
9. Plátano	5	Frijol-Maíz	22	Cacahuate	5
10. Higo	1	Ciruella	8		
11. Mango	1	Toronja	1		
12. Durazno	0.5				
13. Mamey	1				
14. Sandía	16				
15. Melón	10				
16. Nuez de Castilla	1.5				
17. Toronja	0.5				
TOTAL 3 129.1 ha.		5 862 ha.		8 623 ha.	

Cuadro 2.3 Uso de suelo agrícola en el municipio de Ocuituco para 1971, 1980 y 1986.

1971 ha.		1980 ha.		1986 ha.	
1. Maíz-frijol	1 595	Frijol-maíz	3 417	Maíz	2 700
2. Higo	110	Higo	221	Maíz-frijol	1 585
3. Jitomate	86	Jitomate	220	Sorgo	230
4. Café	76	Durazno	192	Jitomate	61
5. Durazno	50	Aguacate	139	Tomate	10
6. Pera	30	Sorgo	100		
7. Perón	10	Café	76		
8. Membrillo	10	Tejocote	51		
9. Capulín	5	Pera	38		
10. Chirimoya	5	Perón	33		
11. Manzano	3	Capulín	20		
12. Tejocote	2	Manzano	14		
13. Plátano	1	Nuez de	12		
14. Mango	1.0	Castilla			
15. Limón	0.5	Membrillo	9		
		Ciruella	5		
		Zapote blanco	3		
		Frijol	1		
TOTAL 1 984.5		4 551		4 586	

Cuadro 2.4 Uso del suelo agrícola en el municipio de Tetela del Volcán para 1971, 1980 y 1986.

1971 ha.		1980 ha		1986 ha.	
1. Maíz-frijol	3 090	Frijol-maíz	1 366	Maíz-frijol	2 917
2. Durazno	190	Durazno	397	Aguacate	1 865
3. Tejocote	130	Aguacate	163	Durazno	830
4. Aguacate	30	Higo	83	Pera	399
5. Higo	25	Tejocote	65	Maíz	361
6. Haba	25	Capulín	57	Higo	338
7. Capulín	22	Perón	44	Jitomate	60
8. Membrillo	22	Manzano	35	Cempasurul	46
9. Pera	16	Membrillo	23		
10. Perón	11	Nuez de	22		
		Castilla			
11. Manzano	10	Zapote	21		
		negro			
12. Ciruela	8	Ciruella	15		
13. Chirimoya	8	Pera	5		
14. Nuez de	5	Café	3		
Castilla					

15. Limón	5	Zapote blanco	2		
16. Anona	1				
17. Café	1				
TOTAL 1 334		2 301		6 816	

Cuadro 2.5 Uso de suelo agrícola para el noreste de Morelos, 1980.

1. Frijol-maíz	4 805 ha.
2. Sorgo	2 814 ha.
3. Maíz solo	2 475 ha.
4. Durazno	631 ha.
5. Jitomate	612 ha.
6. Aguacate	337 ha.
7. Higo	332 ha.
8. Frijol solo	121 ha.
9. Tejocote	116 ha.
10. Café	106 ha.
11. Capulín	77 ha.
11. Perón	77 ha.
12. Manzano	49 ha.
13. Pera	43 ha.
14. Nuez de Castilla	34 ha.
15. Membrillo	32 ha.
16. Ciruela	28 ha.
17. Zapote negro	21 ha.
18. Zapote blanco	5 ha.
T O T A L	12 415 ha.

Los párrafos anteriores nos dan a priori una idea del hecho de que a pesar de la abundancia de cultivos existentes y aun de la posibilidad de introducir otros más, la tendencia parece ser a extender determinados cultivos en detrimento de otros. Este aspecto, que responde más a cuestiones económicas, será analizado a mayor detalle en el siguiente capítulo, de momento se señala el hecho y se pasa a indicar la distribución de los cultivos para luego poderlos analizar, desde el punto de vista de sus requerimientos agroclimáticos.

La mayor superficie agrícola de la región, para 1980, esta ocupada por maíz y frijol intercalados, luego siguen en importancia el sorgo y el maíz solo. Estos tres cultivos ocupan las 4/5 partes de la superficie agrícola de la región, mientras catorce frutales reportados abarcan casi el 13% (casi cada frutal cubre el 1% de las tierras agrícolas de la región) y una hortaliza, el jitomate, ocupa el 4.9%.

A nivel municipal encontramos que sorgo, maíz y frijol (aunque éste en mínima medida) cubren el 90% de la superficie agrícola en Yecapixtla, o sea que los encontramos a lo largo y ancho del municipio; aproximadamente un 7% se cultiva de jitomate, éste sobre todo hacia el noreste del municipio; a lo largo de la carretera Cuautla-Chalco y de la cabecera hacia Achichipico. De hecho esta zona jitomatera de Yecapixtla y Ocuituco es parte de la importante región productora de jitomate del Estado.

Los frutales ocupaban en 1980, apenas un 3% de la superficie agrícola y para este año los 6 tipos de frutales reportados ocupaban en teoría media hectárea cada uno.

En Ocuituco, para el mismo año, el 75% del uso de suelo agrícola lo ocupaban el maíz y el frijol intercalados, el sorgo apenas ocupaba un 2% de dicho uso, sin embargo este cultivo ha ido ocupando cada vez mayor espacio tanto en Yecapixtla como en Ocuituco, sobre todo a partir de la década de los 70s como producto de la ganaderización del agro mexicano.

El jitomate ocupa el 4.8%, mientras que los 13 frutales reportados ocupan el 18% de la superficie agrícola.

Tanto el jitomate como el sorgo se siembran sobre todo hacia el sur de la cabecera municipal, en terrenos más bien planos, mientras que los frutales son más propios hacia el norte y este de dicha cabecera, en terrenos no tan planos.

En 1980 para Tetela del Volcán, la proporción entre tierras dedicadas a maíz y frijol, por una parte, y frutales por la otra no parece ser tan desproporcionada, el 59% se dedica a lo primeros y el restante 41% a los catorce cultivos reportados.

Por cuestiones históricas que se mencionaran más adelante, en Tetela ha predominado el uso comunal y la muy pequeña propiedad de la tierra por lo que la existencia de los ya mencionados huertos ha sido, en cierta forma, un modo de vida ancestral y común en el municipio. Sin embargo existen diferenciaciones marcadas en cuanto a los cultivos, según sea la parte del municipio, alrededor de la cabecera aparte del maíz y frijol, se encuentran frutales tales como el durazno criollo, durazno de guía, aguacate e higo fundamentalmente, mientras que en Hueyapan y el resto del municipio amén de maíz y frijol se tienen frutales tales como el tejocote, capulín, perón, manzano y membrillo.

Dicha diferenciación es eminentemente climática y parece estar dada por la altitud y la vaguada fría que penetra hacia Hueyapan en invierno.

Cabe mencionar en este apartado la existencia de dos cultivos que por su naturaleza no aparecen en las estadísticas: la mariguana y la amapola, su difusión parece estar delimitada a zonas montañosas entre Tetela y Ocuituco a manera de triángulo cuyas vértices estarían en Huecahuaxco -Hueyapan-Alpanocan, este no es el poblado poblano (aunque también parecen cultivarse ahí) sino un paraje del mismo nombre a unos 3 000 msnm de altitud entre los límites de Morelos y México.

Respecto a otros tipos de vegetación no agrícola en la región, se encuentran los siguientes:

a) Pastizal inducido, hacia el sur de Yecapixtla y en la parte oeste de Ocuituco, se localiza en zonas de clima semitropical entre los 1 500 y 1 900 msnm dedicado a la actividad ganadera. (Entre los géneros de gramíneas predominan *Muhlenbergia*, *Aristida* y *Setaria*).

b) Selva baja caducifolia, predomina en el sur de Ocuituco y se extienden manchonaes hacia el sur de Tetela y de Yecapixtla, ocupando fundamentalmente el clima (A)C semicálido, en cuanto a altitud se ubica en la región entre los 1 550 hasta cerca de los 2 000 msnm ya muy perturbado, entre sus especies se tienen el anajote (*Bursera Sp* y *Bursera fagaroides*) y algunas convolvuláceas del género *Ipomoea*.

De acuerdo a la Síntesis Geográfica de Morelos, S. P. P. (1981) sus elementos dominantes son: pastos de las especies *Muhlenbergia*, *Aristida* y *Setaria*, caahuate (*Ipomoea munucoides*), tepame (*Acacia pennatula*), *Mimosa sp.* y *Opuntia sp.*

Localizados en clima templado se encuentran:

c) Bosque de encino-pino, entre los 1 900 y 2 000 msnm de altitud, entre Ocuituco y Tetela.

d) De pino-encino (entre los 2 200 a 2 600 msnm) con encino (*Quercus sp*) y madroño (*Arbutus xalapensis*) básicamente en Tetela y

e) Bosque de coníferas localizado en el municipio de Tetela a partir de los 2 400 msnm como límite inferior se presenta el bosque de coníferas, o de oyamel (según lo clasifica INEGI), además del encino y madroño, oyamel o cedro, ocote. Hacia los 2 800 msnm; hay un predominio de oyamel, luego hacia los 2 950 msnm aparece el *Abies religiosa* que impera hasta los 3 850 msnm, para dar lugar al *Pinus Hartwegii* (4 000 msnm) que poco a poco se va enrareciendo para dar lugar al último tipo vegetacional.

f) Pastizal de alta montaña que llega hasta los 4 200 msnm de altitud aproximadamente (ver mapa y perfil).

2.2 *Fenología agrícola*. Para algunos autores como Azzi, la fenología estudia la influencia del medio ambiente sobre los cambios periódicos de los seres vivos, para otros como De Fina y Ravelo (1973) la definición es más restringida, la fenología, para éstos, es "la rama de la ecología que estudia los fenómenos periódicos de los seres vivos y sus relaciones con las condiciones ambientales tales como la temperatura, luz, humedad, etc." De hecho De Fina y Ravelo consideran al clima como esas "condiciones ambientales".

Por otra parte se puede hablar de una fenología vegetal y de una fenología animal, dentro de la primera se encuentra la llamada fenología agrícola, que es la que aquí interesa.

Dado que el concepto de fenología está íntimamente ligado al de agroclimatología, es difícil saber donde termina una y comienza la otra; aunque fenólogos (biólogos), por una parte y agroclimatólogos (agrónomos, geógrafos) por otra, han desarrollado sus teorías, conceptos y métodos, en la práctica estas se han agrupado en un todo, de tal suerte que es difícil estudiar la agroclimatología sin incluir a la fenología y viceversa, siendo así que si se quisiera en este solo apartado cubrir la influencia del clima sobre los cultivos sería necesario incluir todos los parámetros climáticos resultando el estudio fenológico prácticamente toda la investigación. Por lo que se ha optado por señalar aquí los conceptos generales de la fenología (estrictamente hablando) y el comportamiento de los cultivos de la región (sus cambios periódicos), dejando así espacio para hablar de los parámetros lumínicos, térmicos y acuosos, señalando las exigencias meteorológicas y las zonas de amplitud de utilización de los cultivos.

El lapso de la vida total de una planta, constituye su período vegetativo. Dicho período que comprende una etapa de crecimiento, en sentido cuantitativo, y uno de desarrollo, en sentido cualitativo; es decir, sufre cambios que suelen ser relativamente violentos y se aprecian en el exterior de la planta estos cambios reciben el nombre de *fases fenológicas*.

El tiempo entre una fase fenológica y otra recibe el nombre de *subperíodo vegetativo o etapa fenológica*.

El investigador italiano Girolamo Azzi ha sido uno de los primeros en detectar el valor que tiene conocer las etapas o subperíodos, dado que el crecimiento y desarrollo de las plantas no es uniforme, debe existir una correspondencia entre éstos y la marcha de los elementos climáticos. Esto quiere decir que a cada subperíodo corresponden determinadas temperaturas, lluvias, luz, etc.

Aun más a lo largo de la vida de una planta se presentan uno o más *períodos críticos* dentro de los cuales la planta es muy sensible al

comportamiento climático; prácticamente todas las especies vegetales presentan un período crítico durante la floración, por ejemplo.

Resulta, pues, imprescindible determinar las fases y subperíodos de los vegetales para luego conocer sus "requerimientos climáticos" o "exigencias meteorológicas" y poder llevar a cabo sugerencias para una mejor adaptación de los cultivos al medio. En el campo geográfico es posible cartografiar la fecha en que sucede una fase, o sea, elaborar las llamadas cartas *isófanas*,<sup>11</sup> las de siembra y cosecha permiten, sobrepuestas a las climáticas, determinara las condiciones de todo el período vegetativo, así como la zona de amplitud de utilización de un cultivo y las regiones de desarrollo óptimo; con las cartas de cada fase se pueden determinar los requerimientos climáticos cardinales (umbrales y óptimos) para cada subperíodo, que, como lo señala la bibliografía corriente, es lo más indicado.

Ahora bien, dado que una fase es una apreciación exterior de la planta no hay un acuerdo o convención plenamente aceptada acerca de cuáles son las fases de las diversas plantas (cereales, hortalizas, árboles caducifolios, etc.) La Organización Meteorológica Mundial (1985) propone fases a observar y normas de observación, algunos países tiene incluso una tradición en observaciones fenológicas y redes de *huertos fenológicos* donde se realizan dichas observaciones (España, Cuba, por ejemplo).

Por desgracia en nuestro país ni existe un criterio definido o consenso para llevar a cabo observaciones fenológicas, ni una tradición institucional de ellas y la popular se ha ido perdiendo, por lo que en México no se dispone, salvo casos aislados, de información sobre las fases y subperíodos de los muy diversos cultivos con que cuenta el país y por ende no se conocen los requerimientos climáticos de aquéllos.

Es una lástima que en México no se haya entendido el papel tan importante que juega el clima en la agricultura. Es por ello que en estudios como el presente no existan grandes posibilidades de establecer analogías que permitan señalar que permitan señalar el grado de confiabilidad de los resultados obtenidos.

Por otra parte los calendarios agrícolas aquí expuestos, con sus fases y subperíodos, están elaborados en función de encuestas, entrevistas y en algunos casos de la observación directa. No ha sido posible establecer las fases y subperíodos de todos los cultivos, señalados en el apartadode uso

---

<sup>11</sup> *Isófana*, línea que une puntos donde una fase comienza en la misma época; para la floración la isófana se denomina *isoante*. El término isófana parece ser una mala traducción del inglés *isophene*, según lo hace ver la Dra. Martha Cervantes (comunicación personal) lo correcto en español debía ser la palabra isofena, sin embargo el peso de la costumbre se ha impuesto y conservado el término isófana.

de suelo, por algunas de las mismas razones ahí expuestas: la poca extensión de un determinado cultivo y su dispersión, además de la propia desinformación de los agricultores respecto al crecimiento y desarrollo de sus cultivos, salvo raras excepciones, hacen que resulte cierto el refrán aquel de que "al nopal lo van a ver sólo cuando tiene tunas".

Mas aquí el análisis cartográfico (tan útil y metodológicamente geográfico y sin embargo a veces tan criticado) entre la carta de uso del suelo y las climáticas y agroclimáticas, arrojarán luz acerca de la situación que guardan los cultivos.

Los calendarios agrícolas, en torno a las fases, de algunos de los principales cultivos del noreste de Morelos están contenidos en el cuadro 2.6.

2.3 *Parámetros lumínicos.* En el primer capítulo se mencionaron los aspectos generales de la radiación solar y su importancia para la climatología y la existencia de la vida en el planeta.

Respecto a las plantas, el estudio de la radiación solar y de manera más exclusiva del espectro visible son tres los aspectos que interesan: intensidad, duración y calidad de la luz.

Según Alonso y Quintero (1980) "los dos primeros son de más importancia en condiciones naturales, pues tiene un mayor rango de variación en tiempo y en espacio", cabría agregar que, además, son más fáciles de conocer o calcular, mientras que para determinar la calidad de la luz se requiere de instrumental sofisticado difícil de encontrar en un observatorio meteorológico y prácticamente inexistente en una simple estación. Pasemos a analizar cada uno de estos aspectos en el noreste de Morelos.

2.3.1. *Intensidad luminosa.* Las plantas reaccionan a la intensidad luminosa a través de morfología, fisiología y en su distribución especial por especies.

De acuerdo a la intensidad se modifica la forma de la planta. Alonso y Quintero (op. cit.) nuevamente señalan que "en general, podemos señalar que la alta intensidad luminosa (en comparación con la baja) induce en las plantas las características morfológicas siguientes: tallos gruesos, entrenudos cortos, xilema bien desarrollado, hojas más pequeñas y más gruesas, estomas más pequeñas y numerosas, cutícula y pared celular más gruesa, cloroplastos en menor número, mejor desarrollo del tejido de empalizada y peor del esponjoso, mayor relación raíz-parte aérea".

En términos de utilidad agrícola, en zonas de alta intensidad como el noreste de Morelos, ésta se puede regular con mallas con el fin de desarrollar mejor aquella parte de la planta más benéfica para el hombre,

Cuadro 2.6 Fenología de algunos cultivos en el noreste de Morelos

MAIZ<sup>12</sup>

Municipio o localidad	Época de siembra	Inicio de amacollamiento	Inicio de espigamiento	Madurez fisiológica	Cosecha
Yecapixtla	20 jun	20 jul	15 ago	25 sept	20 nov
Ocuituco	5 jun	5 jul	15 ago	25 sept	25 nov
Tetela	5 jun	30 jun	27 ago	7 oct	15 dic
Huecahuaxco	25 may	15 jun	15 ago	15 nov	2 ene
Hueyapan	16 abr	25 may	15 ago	25 sept	20 dic

## SORGO

Municipio o localidad	Época de siembra	Inicio de amacollamiento	Inicio de espigamiento	Envainado	Cosecha
Yecapixtla	1 jun	30 jun	30 ago	30 sep	15 nov
Ocuituco	1 jun	30 jun	30 ago		15 dic

## JITOMATE

Municipio o localidad	Época de siembra	Germinación o emergencia	Trasplante	Floración	Inicio de fructificación	Plena	Cosecha
Yecapixtla	25 abr	3 mayo	10 mayo	25 mayo	10 jun	25 jul	5 ago o 15 oct

## HIGUERA

Municipio o localidad	Aparición de nuevas hojas	Aparición de inflorescencia	Maduración del fruto	Caída de las hojas
Ocuituco	18 nov	20 feb	25 abr	30 ago
Tetela	18 nov	20 feb	25 abr	30 ago

## AGUACATE

Localidad	Aparición de nuevas hojas	Floración plena	Fructificación	Maduración
Ocuituco				
Tetela	15 oct	15 may	15 abr	15 ago

## MANZANO

Localidad	Fin de letargo	Floración		Maduración	Inicio de letargo
		Inicio	Plena		
Hueyapan	1 mar	25 mar	15 abr	15 ago	1 nov

<sup>12</sup> Las cartas 16 a 20 muestran las isófanos (isofenas) del maíz en la región.

## TEJOCOTERO

Localidad	Fin de letargo	Floración		Maduración	Inicio letargo
		Inicio	Plena		
Hueyapan	1 feb	1 mar	25 mar	1 nov	1 dic

## PERA PARAISO

Localidad	Fin de letargo	Floración		Maduración	Inicio letargo
		Inicio	Plena		
Hueyapan	1 dic	1 ene	25 mar	15 jun	15 sep

## PERA DE LECHE

Localidad	Fin de letargo	Floración		Maduración	Inicio letargo
		Inicio	Plena		
Hueyapan	1 dic	1 ene	1 mar	30 may	15 sep

sean las hojas, el tallo o cualquier otro órgano. Sin embargo en la región de estudio solamente en los viveros del Estado parece llevarse a cabo esta práctica, entre los agricultores comunes no se tiene idea de los beneficios que les podría acarrear.

La intensidad luminosa es también fundamental para la actividad fotosintética y la transpiración. De hecho, para que exista la fotosíntesis, ésta debe ser superior a la energía que se pierde por la respiración, el límite en que fotosíntesis y respiración se igualan recibe el nombre de "punto de compensación", dicho valor requiere en términos generales entre un 6 y un 14% de luz solar plena (luz recibida con cielo despejado). Por lo tanto a partir de dichos valores la planta puede tener un excedente energético que se traduce en un mejor crecimiento vegetativo y por ende diferenciación morfológica e inducción para la reproducción.

El valor óptimo para la fotosíntesis se haya alrededor del 25% de la luz solar plena.

La intensidad condiciona la cantidad de biomasa; en agricultura se habla de "materia seca" y se han elaborado métodos, como el de la FAO, para determinar los valores óptimos para la fotosíntesis en función de la materia seca obtenida. Así se han establecido cuatro grupos de cultivos en función de la intensidad de radiación solar, temperatura, tasa máxima de crecimiento y eficiencia en el uso del agua (cuadro 2.7).

Cuadro 2.7 Requerimientos para la eficiencia fotosintética en diversos cultivos.

Característica	GRUPO DE CULTIVO			
	I	II	III	IV
Tipo de fotosíntesis	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>
Tasa de fotosíntesis a sat. de luz y temp. óptima (mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> /h)	20-30	40-50	70-100	70-100
Temp. óptima (°C) para fotosíntesis máxima	15-20	25-30	30-35	20-30
Intensidad de radiación solar a fotosíntesis máxima (cal/cm <sup>2</sup> /min)	0.2-0.6	0.3-0.8	1.0	1.0
Tasa máxima de crecimiento q/m <sup>2</sup> /día	20-30	30-40	30-60	40-60
Eficiencia en el uso del agua (g/g)	400-800	300-700	150-300	150-350
Cultivos importantes:	Trigo Frijol Papa Café Garbanzo Girasol	Frijol (trop) Soya Arroz Algodón Naranja Limón	Sorgo Maíz Caña Mijo Pastos	Sorgo Maíz Mijo Pastos

Como se podrá apreciar, en el noreste de Morelos existen algunos de los cultivos señalados en los cuatro grupos del cuadro por lo que cabe decir que se presentan las condiciones para el óptimo desarrollo fotosintético de una amplia gama de cultivos. Concentrar el 80% de la producción en maíz y frijol y no explotar mayormente más de veinte especies agrícolas, representa un desperdicio de energía que repercute en los niveles de bienestar de la población del área.

Los valores de intensidad en la región varían a lo largo del año y del espacio de 0.2 a 0.8 cal/cm<sup>2</sup>/min (valores estimados) y las temperaturas extremas varían también espacial y temporalmente de los 0°C a más de 30°C por lo que en principio los 2 primeros grupos de cultivos parecen ser los óptimos y los grupos III y IV menos importantes. Las condiciones socioeconómicas parecen ser la causa de que en la agricultura de la región los grupos III y IV sean los más importantes.

En cuanto a la influencia de la intensidad luminosa en la distribución de las especies se suele dividir a las plantas según sus necesidades lumínicas en heliófilas y esciófilas, las primeras necesitan una amplia exposición a la radiación solar hasta llegar, incluso, a la luz solar plena; dentro de este grupo se hallan la inmensa mayoría de las plantas cultivadas en el noreste de Morelos, especialmente el maíz, el jitomate y el sorgo.

Dentro del segundo grupo se encuentran aquellas plantas que requieren una intensidad luminosa baja, en el caso del café que también encontramos en el noreste de Morelos.

2.3.2 *Duración lumínica*. La duración lumínica diaria recibe el nombre de *fotoperíodo* y la reacción de las plantas a éste el de *fotoperiodismo*. En otros términos el fotoperíodo también es la "duración astronómica" del día.

El fotoperiodismo se manifiesta entre otras de las siguientes formas:

- Inducción floral (cambio del estado vegetativo al reproductivo).
- Época de floración de cada especie.
- Distribución geográfica de las especies.
- Entrada y salida de la dormancia.
- Condicionamiento del crecimiento y desarrollo.

Desde el siglo pasado se observó que la duración del día inducía la floración y con ciertos rangos de duración aparecía la floración plena, esto en algunas especies como los frutales pomáceos y drupáceos se haya también asociado al rompimiento de la dormancia, después del cual comienza la floración.

De esta manera se deduce que el fotoperíodo actúa como mecanismo de relojería; o bien, que la planta cuenta con un reloj biológico que le indica cuándo debe realizar determinadas funciones.

En el caso de la floración, se ha precisado que no es la luz sino la oscuridad la que induce la floración; ya que si durante el día se sombrea u oscurece la planta, la floración ni se adelanta ni se atrasa, mas por el contrario, si por la noche se ilumina la planta, aunque sea por un breve lapso, la floración se retrasa; esto llevó a De Fina (1973) a proponer el término de *escotoperiodismo* para designar este fenómeno, aunque aceptaba que lo "consagrado" del concepto de fotoperiodo haría difícil el cambio.

Para la dormancia, la duración astronómica del día al provocar la caída de las hojas va adecuando al árbol a sobrevivir y evitar las bajas

temperaturas invernales. Se sabe que conforme avanza el otoño las sustancias inhibitoras del crecimiento van sobrepasando a las promotoras y que en determinado momento se forma un "anillo sellador" de calosa en el peciolo de las hojas que evita el paso de nutrientes a la hoja hasta hacerla caer, sin embargo es un misterio el por qué a determinada duración astronómica del día comienza la caída de las hojas. Se puede considerar la siguiente hipótesis: *para llevar a cabo la fotosíntesis es necesario superar el punto de compensación, lo cual no sucede cuando comienzan a caerse las hojas debido a que la declinación solar hace variar la calidad de la luz, no existiendo las longitudes de onda suficientes para realizar dicho proceso.*

Pudiera parecer que es la intensidad la que disminuye y no alcanza a superar el punto de compensación, mas sin embargo al observar las tablas de intensidad a lo largo del año se nota fácilmente que sus valores no varían como para ser las causantes de la ausencia de la fotosíntesis.

El fotoperíodo existente por la duración astronómica del día puede "alargarse" en las fases lunares de cuarto creciente y luna llena, afectando sobre todo algunas hortalizas, la lechuga, el rábano y la cebolla no logran una buena calidad en esas condiciones. Por el contrario, en cuarto menguante se logran mejor.

En función de la duración del fotoperíodo es que se ha hablado de "plantas a día largo" y "plantas a día corto", las primeras necesitan para florecer que la duración del período diurno sea superior a un mínimo crítico (normalmente varía entre 12 hrs. Y 14 hrs.), como ejemplos están el trigo, la avena, papa, espinaca y betabel.

Las plantas a día corto para florecer necesitan que la duración del período diurno sea inferior a un máximo crítico (igualmente variable entre 12 y 14 hrs.), de este tipo se encuentran el maíz, el sorgo y el tabaco.

Sin embargo por lo dicho para la inducción floral esta clasificación cada vez es menos usada, además por la acción selectiva del hombre y la adaptación de las especies a lo largo de la historia de la agricultura las plantas a día corto propias de regiones tropicales se han ambientado a altas latitudes y viceversa, las plantas a día largo lo han hecho a zonas de baja latitud, son el caso del maíz y el trigo, respectivamente.

Siendo la duración astronómica del día fundamental para la inducción floral y la dormancia es que se presentan la gráfica 2.1 y los cuadros 2.8 y 2.9 que indican el fotoperíodo y su duración a lo largo del año, en el noreste de Morelos. El cuadro 2.8 con la duración media del día por cada decena mensual, es un resumen de los datos de fotoperíodo diario calculado para esta investigación; como los cambios diarios son mínimos en esta latitud no se considera conveniente incluir ese listado. Y por tanto se recomienda para

Cuadro 2.8 Duración astronómica del día en el paralelo 19° (método gráfico)

Decena	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1ª	10.95	11.3	11.78	12.23	12.80	13.13	13.05	12.65	12.2	11.60	11.15	10.93
2ª	10.98	11.5	12.0	12.50	12.95	13.23	12.90	12.50	12.0	11.40	11.07	10.86
3ª	11.2	11.75	12.13	12.66	13.05	13.15	12.80	12.35	11.85	11.30	11.0	10.90

Cuadro 2.9 Fotoperíodos en horas y decimas necesarios para la inducción floral e inicio y fin de dormancia para algunos cultivos del noreste de Morelos.

CULTIVO	Inducción floral	Inicio de Dormancia	Fin de Dormancia
Maíz	12.62	--	--
Sorgo	12.35	--	--
Jitomate	13.0	--	--
Higuera	11.6 <sup>13</sup>	--	--
Aguacate	11.5	--	--
Manzano	12.1	11.2	11.7
Tejocotero	11.7	11.0	11.2
Pera Paraíso	10.9	12.1	11.1
Pera de Leche	10.9	12.1	11.1

<sup>13</sup> Considerando que es de floración "oculta".

otras investigaciones que se realicen para latitudes intertropicales y bajas el uso de valores por decena, ya que los cambios diarios de la duración astronómica del día no son tan marcados como en las altas latitudes y se requiere trabajos con datos diarios.

El cuadro 2.9 precisa los valores de fotoperíodos necesarios para la inducción floral y para la entrada y salida de dormancia.

Analizando el cuadro 2.9 podemos deducir en general que esas variedades están adaptadas a día corto. Los valores obtenidos para inicio y término de dormancia para el manzano y tejocotero parecen indicar, algo que se insinúa en la bibliografía corriente sin estar claro, que el fotoperíodo necesario para entrar en dormancia debe ser igual o semejante al de su salida, lo cual suena lógico; mas para las dos variedades de pera no sucede de la misma manera, podría estar mal la información recopilada, pero en muchos casos así fue reportada y así se transcribe. En este segundo caso cabría por el contrario, la hipótesis de que el fotoperíodo necesario para entrar en dormancia no es necesariamente el mismo que para salir de ella, y en consecuencia es otro factor fundamental (¿la temperatura?) que influye en el estado de dormancia.

No teniendo anteriores referencias para requerimientos lumínicos de estos cultivos en el país, puede ser que los datos aquí señalados estén equivocados o no ser los más exactos, mas no habiendo ninguna información considero oportuno y necesario dar a conocer los resultados con el fin de que en el futuro se confirmen o bien sirvan de referencia para obtener mejores logros.

Respecto a la influencia de la duración astronómica del día en la distribución de los cultivos, es lógico pensar que éstos se distribuyen según aquélla, mas por lo que se aprecia en la zona investigada, esto parece ser cierto a gran escala, o bien, no existir una relación tan directa, ya que en el noreste de Morelos coexisten especies muy diferentes, en un corto espacio, donde la duración astronómica del día no es una variable digna de tomarse en cuenta dado que lo corto del espacio da para la zona el mismo fotoperíodo (las diferencias serían de milésimos).

**2.3.3 Calidad de la luz.** Se entiende por calidad de la radiación la proporción relativa de las diversas longitudes de onda que componen la radiación solar recibida, en cuanto a la calidad de la luz visible "se divide, a su vez, en los diferentes colores correspondientes a determinados rangos de longitudes de ondas (desde el violeta, entre 390-455 milimicras, hasta el rojo, entre 620-760 milimicras). Esta región, en su conjunto, en la naturaleza da el color blanco", Alonso y Quintero (op. cit.). Se sabe que la calidad de la luz es fundamental para el proceso fotosintético, las longitudes de onda violeta-azul y naranja-rojo son mayormente absorbidas por las hojas de los

vegetales, mientras que las ondas amarillo-verdes son reflejadas, de ahí el color verde de la vegetación. Como las "ventanas atmosféricas" varían según la inclinación de los rayos solares es que se atreve a postular en el punto anterior la hipótesis de la caída de las hojas en función a la calidad de la luz.

Por otra parte se considera que muchos fenómenos fisiológicos de las plantas están en íntima relación con la intensidad y calidad lumínicas lo que dificulta diferenciar el papel de cada una.

La calidad e intensidad de la luz en el noreste de Morelos tienen una presencia importante, ello deducido de la alta intensidad, que juega un papel predominante en la presencia vegetacional, su variedad y fisiología; es necesario determinar con cierta precisión su real papel para planear, evaluar y aprovechar mejor los recursos florísticos de la región.

*2.4 Parámetros térmicos.* Las características que puede presentar un régimen térmico en cuanto a "altas" o "bajas" temperaturas no convierten a éstas en efectos positivos o negativos sobre la planta, depende del propio régimen y del tipo de planta para precisar que tan benéficas o perjudiciales son las altas o bajas temperaturas.

Habrán plantas propias de la termofase positiva (período de altas temperaturas), como el maíz, sorgo y jitomate, que según la clasificación de Burgos (citado por De Fina, 1973) son consideradas paratermocíclicas.

Otras más propias de la termofase negativa (período de bajas temperaturas), como los cereales de hábito invernal, llamadas atermocíclicas y finalmente, plantas que son estimuladas tanto en la termofase negativa como en la positiva, sean estas las plantas bianuales y perennes como las caducifolias (termocíclicas).

Las altas temperaturas normalmente presentan un estímulo para los vegetales que se valoran a través de los métodos de constante térmica, que se verán adelante.

Las bajas temperaturas, por su parte, son estimulantes a ciertas plantas y en cierta medida; su efecto se cuantifica a través de las llamadas horas frío, mientras que los efectos perjudiciales son típicamente representados por las heladas (aunque no únicamente, pues puede haber daño por frío que no llega a helada).

*2.4.1. Termoperiodismo.* La variación de la temperatura ya sea anual, diaria o aperiódica se denomina termoperíodo y la reacción que las plantas presentan a éste recibe el nombre de termoperiodismo.

La característica del termoperíodo es que presenta dos "fases" una positiva que corresponde a las altas temperaturas y otra negativa que corresponde a las bajas temperaturas.

De hecho el termoperíodo corresponde al régimen térmico y a la oscilación que ésta presenta, así que en este apartado se hará referencia al termoperíodo anual y a las oscilaciones térmicas mensuales y su relación con el crecimiento y desarrollo de las nueve plantas que se mencionaron al hablar de uso de suelo.

En la gráfica 2.2 se presentan los termoperíodos anuales de las ocho estaciones meteorológicas trabajadas, forzando un poco el asunto se puede establecer un modelo termoperiódico común a la región. La termofase negativa llega a su máxima expresión hacia diciembre y enero; a partir de febrero la temperatura comienza a elevarse hacia la termofase positiva, que se alcanza normalmente en abril; luego la temperatura se mantiene elevada hasta junio en que desciende ligeramente, seguramente por la aparición de la temporada lluviosa de julio hasta septiembre (o incluso octubre), en que la temperatura se mantiene prácticamente estable para luego precipitarse a la termofase negativa.

Es posible establecer un símil entre el comportamiento de la temperatura anual y una geoforma, donde diciembre y enero corresponderían al valle; febrero y marzo a una ladera; abril, mayo y junio formarían la cima montañosa y julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre serían el piedemonte correspondiente. Todo esto quiere decir que el comportamiento del termoperíodo anual del noreste de Morelos se aparta de un modelo típico de una zona de mayor altitud, aquí el resto de los elementos y factores climáticos contribuyen decididamente a conformar este tipo de termoperíodo.

La posición geográfica provoca que la temperatura media mensual más alta se presente antes del solsticio de verano en un tiempo cercano a la época en que se originan las temperaturas más bajas, de tal suerte que la tasa de incremento de temperatura de febrero a abril sea sumamente alta, en términos agrícolas podría ser favorable para el crecimiento de cultivos anuales siempre y cuando se dispusiera de agua de riego, y aunque se ha dicho a los pobladores, sobre todo de Ocuituco, Yecapixtla y Achichipico que no existen posibilidades para ello, lo cierto es que si existen disponibilidades como se verá al hablar de parámetros hídricos, de tal suerte que en estas partes del noreste de Morelos pudiera pensarse en dos ciclos de cultivos al año.

El establecimiento de las siembras de maíz, frijol, sorgo y jitomate en las partes antes señaladas y en otras más de la región, hacia junio provoca un desperdicio de energías (unidades calor) que se tiene antes de ese mes,

aunque en la acción combinada de temperaturas y lluvias la que determina el establecimiento de las épocas de siembra, o bien, como en Hueyapan la humedad del suelo; por lo que se reitera la importancia de riego para la región, que podía establecerse por medio de pequeñas obras, dada la fisiografía.

En cuanto a los termoperíodos de las estaciones observadas y a los cultivos se deduce lo siguiente: (Cuadro 2.10).

Para el maíz, cultivo que se tiene a lo largo y ancho de la zona, aunque seguramente las variedades "criollas" se han adaptado a las particulares condiciones de cada localidad; resulta que, para las cuatro localidades más estudiadas en cuanto a su fenología se tiene: a) en Hueyapan se siembra con una temperatura media de 14.8°C (mediados de abril) con una oscilación de 19.5°C el amacollamiento se logra hacia los 16.3°C (segunda decena de mayo) con una oscilación de 17°C, el espigamiento se obtiene a 15.6°C (mediados de agosto) con una oscilación de 13°C y la madurez hacia los 16°C (segunda decena de septiembre) con una oscilación de 13°C.

Para Tetela del Volcán y Ocuituco a 17.6°C en la primera y 21°C en la segunda (esto a principios de junio), y una oscilación de 10°C, el amacollamiento se da a 18.3°C en la primera y 18.6°C en la segunda (principios de julio) con una oscilación de 10.5°C, el espigamiento a 17.3°C en la primera y 18.3°C en la segunda (mediados de agosto) con una oscilación de 10°C.

Para Yecapixtla la siembra se realiza hacia los 20.6°C (segunda decena de junio) con una oscilación de 10°C, el amacollamiento aproximadamente a los 19.6°C (segunda decena de julio) con una oscilación de 8.5°C, el espigamiento hacia los 19.4°C (mediados de agosto) con una oscilación de 11.5°C y la madurez por los 19.3°C, (hacia fines de noviembre) con una oscilación de 11.5°C.

Como se puede apreciar los umbrales del maíz son de los más amplios y ya que éste se siembra en toda la región se elaboraron mapas fenológicos de los mismos (mapas 16 a 20).

Tomando en cuenta el ciclo vegetativo de las variedades que se han considerado representativas de la región, y las localidades extremas donde se les puede encontrar con cierto grado de abundancia y buenos rendimientos (hechos observados en el estudio de campo) se ha señalado en el cuadro 2.10 los umbrales *térmicos* y la oscilación bajo la que se lleva a cabo cada fase vegetativa. De esta forma los umbrales *térmicos* para el sorgo y jitomate, se tomaron en función de Achichipilco, la temperatura umbral más alta, y Ocuituco temperatura umbral más baja; la oscilación es

Cuadro 2.10 Características termoperiódicas en fases fenológicas de algunos cultivos del noreste de Morelos.<sup>14</sup>

## JITOMATE

	Epoca de siembra	Nacencia	Floración	Fructificación		Cosecha Inicio
				Inicio	Plena	
	25 abril	3 mayo	25 mayo	10 jun	25 jul	5 ago
Umbrales	21.5°-	21.7°-	21°-	20.3°-	18.1°-	18.2°-
Térmicos	22.2°-	22.3°-	22.5°-	22.4°-	20.9°-	20.9°-
Oscilación media	15.0°-	15.0°	13.8°-	10.4°-	9.8°-	9.8°-

## SORGO

	Epoca de siembra	Inicio de amacollaje	Influrescencia	Grano	Madurez	Cosecha
	1º jun	30 jun	30 ago	30 sep	30 oct	15 nov
Umbrales	21°-	19°-	18.5°-	18.6°-	18.3°-	18.7°-
Térmicos	22.5°-	21.7°-	20.9°-	20.6°-	20°-	19.3°-
Oscilación media	12.6°-	10.7°-	10.2-	9.8°-	11.6°-	12.3°-

## HIGUERA

	Aparición de nuevas hojas	Influrescencia	Maduración del fruto	Caída de las hojas
	18 nov	20 feb	25 abril	30 ago
Umbrales	16.3°-	16.3°-	20°-	17.3°-
Térmicos	17.6°-	17°-	21.5°-	18.5°-
Oscilación media	13.7°-	15°-	13.8°-	10°-

## AGUACATE

	Aparición de nuevas hojas	Floración plena	Fructificación	Maduración
	15 oct	15 marzo	15 abril	15 agosto
Umbrales	16.7°	18.3°	20°	17.3°
Aerónicos	18.6°	19.3°	21.1°	18.3°
Oscilación media	11°	15°	15°	10°

<sup>14</sup> Nota: los umbrales térmicos se refieren a las temperaturas medias en que se suele dar la fase, mientras que el valor de la oscilación es el que suele girar alrededor de esa temperatura en la fecha de la fase.

## MANZANO

	Fin de letargo	Floración		Maduración	Inicio letargo
		Inicio	Plena		
	1 marzo	25 mar	15 abr	15 agosto	1 nov
Umbrales	13.5°	14.4°	15.2°	15.7°	14°
Térmicos	15.2°	16.6°	18.5°	16.6°	16.5°
Oscilación media	18.5	19°	19°	12°	13°

## TEJOCOTERO

	Fin de letargo	Floración		Maduración	Inicio letargo
		Inicio	Plena		
	1 feb	1 mar	25 mar	1 nov	1 dic
Umbrales	13°	13.5°	14.4°	14°	12.7°
Térmicos	14.5°	15.2°	16.6°	16.5°	16.5°(?)
Oscilación media	18.7°	18.5°	19°	13°	17°

## PERA PARAISO

	Fin de letargo	Floración		Maduración	Inicio letargo
		Inicio	Plena		
	1 dic	1 ene	25 mar	15 jun	15 sep
Umbrales	12.7°	12.7°	14.4°	16.3°	15.8°
Térmicos	16.5°	15.6°	16.6°	17.7°	16.6°
Oscilación media	17°	17.3°	19°	12°	12°

## PERA DE LECHE

	Fin de letargo	Floración		Maduración	Inicio letargo
		Inicio	Plena		
	1 dic	1 ene	10 mar	30 may	15 sep
Umbrales	12.7°	12.7°	13.9°	16.3°	15.8°
Térmicos	16.5°	15.6°	15.3°	17.7°	16.6°
Oscilación media	17°	17.3°	19°	16°	12°

el valor medio entre Achichipico, Yecapixtla y Ocuituco, lugares donde se dan estos cultivos.

De la misma manera se procedió para los umbrales térmicos y oscilación en el caso de la higuera y aguacate, tomando como umbral máximo a Ocuituco y mínimo a Tetela.

Para el manzano, tejocotero y peral (paraíso y de leche) se consideró a Huecahuaxco umbral máximo y Hueyapan como mínimo; aunque hay que tomar con reserva los datos climáticos y fenológicos del primer sitio, pues los climáticos no son muy confiables por la calidad de las observaciones y los fenológicos por su escasez.

Para Hueyapan, si bien los datos climáticos pueden considerarse no muy confiables por el poco tiempo que tiene funcionando la estación

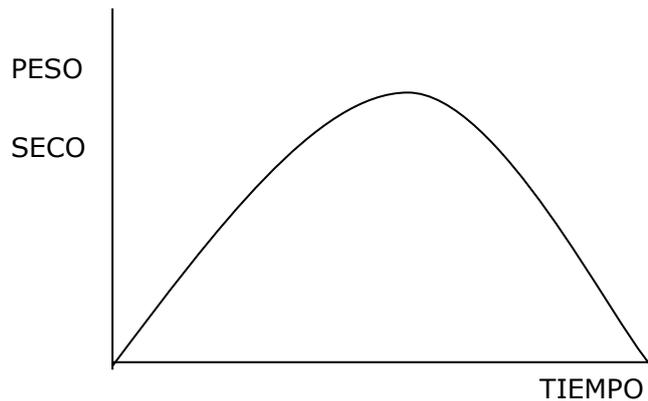
meteorológica, la información fenológica, recogida en campo directa e indirectamente, es suficientemente confiable para sí y es útil como indicador climático.

Algunos autores al hablar del termoperíodo incluyen en este aspecto las temperaturas máximas *maximorum* y mínima *minimorum*, aquí no se han incluido por considerarlas, en realidad, poco representativas ya que son únicamente dos valores dentro de una gran serie de datos que pueden abarcar muchos años y que por tanto desde el punto de vista agrícola pueden tener un significado de poca monta ya que la probabilidad de que dos valores sean lo suficientemente perniciosos debe ser sumamente baja.

Más representativas se han considerado las temperaturas medias máximas en abril (mes más cálido) y las temperaturas medias mínimas de enero (mes más frío) que se pueden apreciar en los mapas 21 y 22; ya que por su ocurrencia, su probabilidad de presentarse es mayor y por tanto su importancia agrícola digna de tomarse en cuenta, así un breve análisis de estas temperaturas respecto del comportamiento fenológico de los cultivos estudiados lleva a concluir que no son lo suficientemente altas para dañar las plantas (aún más en cultivos como el sorgo, jitomate y maíz las temperaturas óptimas de crecimiento suelen estar sobre los 30°C) ni lo suficientemente bajas para perjudicarlas (ni siquiera alcanzan valores de 0°C que dañan en alguna medida los cultivos).

Así, en función al termoperíodo encontramos dentro de la región noreste de Morelos, tres subregiones agroclimáticas; la primera delimitada entre Yecapixtla (que parte antes de los 1 600 msnm) y Ocuituco (hasta antes de los 1 900 msnm); la segunda entre Ocuituco y Tetela del Volcán (hasta los 2 200 msnm inclusive) y la tercera arriba de los 2 200 msnm cubriendo principalmente las localidades de Huecahuaxco y Hueyapan donde existen cultivos con requerimientos de frío.

De los datos anteriores en conjunto se desprende algo bien conocido en agroclimatología: que el crecimiento y desarrollo de un vegetal se comporta en términos estadísticos como una campana de gaus donde el eje de las "x" corresponde al tiempo y el de las "y" a los requerimientos agroclimáticos en función al crecimiento y desarrollo (gráfica 2.3).



Gráfica 2.3 Comportamiento teórico del crecimiento y desarrollo vegetativo (en base a Fuentes Aguilar).

En cuanto a la temperatura las condiciones para el crecimiento de la planta, de la siembra a la floración, es necesario un comportamiento de alta tasa de incremento en el termoperíodo que en términos de unidades calor implica una amplia acumulación y la idea del crecimiento exponencial del vegetal (de ahí el método exponencial de unidades calor).

Hacia la madurez es notoria la estabilización de la temperatura al igual que la fisiológica, y hacia la termofase negativa el declive de la actividad vegetativa.

Para el análisis genérico sobresale, también en este estudio, algo de lo cual no se tiene información por la bibliografía corriente: los árboles frutales requieren una alta oscilación térmica para su floración, mayor que en el resto de las fases, mas esto no está claro para los cereales (sorgo y maíz) y las hortalizas (jitomate).

Será interesante en el futuro, estudiar para otros cultivos este hecho y ratificarlo o rectificarlo. De ser válido sería un parámetro más al estudiar el tan crítico período de la floración; pudiera ser, que la alta oscilación térmica estimulara la floración y, por otra parte, no fuese la causante de lo delicado de dicho proceso.

Dejando a un lado el comportamiento genérico y pasando a las particularidades es posible apreciar como los diferentes ritmos de los cultivos dentro de una misma zona se comportan bajo un patrón propio, no sujeto a un "determinismo climático", por otro lado esto es difícil de

precisar, pues no todas las plantas se comportan exactamente igual respecto a la marcha climática (en este caso térmica).<sup>15</sup>

Así, tenemos que el higo y el aguacate encuentran buenas condiciones para su desarrollo entre Ocuituco y Tetela, pero sus fases no son en las mismas fechas, a pesar de la gran semejanza climática, y sus propias fases llegan a tener diferencias cualitativas como en el caso de la inflorescencia en la higuera.

Algo similar sucede entre el manzano, tejocotero y peral (paraíso y de leche), aunque propios de una zona templada y caducifolios todos ellos, su comportamiento ante el mismo clima no es igual, cada uno de ellos presenta un ritmo de vida propio (aún entre las dos variedades de peral se presentan diferencias).

Considerando la variedad climática y de cultivos que hay en la pequeña región del noreste de Morelos es de hacer notar, además, que los cultivos, o si se quiere cada cultivo, están adaptados a condiciones climáticas (térmicas, hídricas, etc.) muy singulares y propias, así el sorgo y el jitomate, de los que hemos tomado como representativos de la región, requieren temperaturas más altas, y por tanto, un mayor consumo de energía; mientras que el higo y el aguacate requieren menos energía, hasta que cultivos como el tejocotero, manzano y peral se dan bien, a relativamente bajas temperaturas, o aún más las requieren (como se verá al hablar de horas frío) y por tanto su consumo energético a lo largo de su crecimiento y desarrollo es bajo.

En los párrafos anteriores se desprende que la adaptación es un fenómeno que parte de la naturaleza intrínseca de cada especie y en donde se ponen en juego el ritmo de ésta con el ritmo climático entre otros factores. Estos fenómenos propician una riqueza y variedad vegetal no sólo en el espacio sino también en el tiempo, lo que permite la persistencia, perennidad y sobrevivencia de la vida en el planeta en circunstancias naturales cuyo significado profundo el hombre debe conocer, las prácticas de monocultivo representan un debilitamiento en la cadena trófica; el hombre en el futuro deberá tener un concepto más amplio del papel que juega la agricultura en la vida del planeta.

2.4.2 Unidades calor e índice heliotérmico. Desde hace más de dos siglos Réamur (citado por De Fina y Ravelo, 1973) observó que las plantas

---

<sup>15</sup> Estos son aspectos autoecológicos muy poco estudiados; el determinismo en las plantas existe sólo que es en función de factores extrínsecos (clima, suelo y otros) e intrínsecos (código genético, recombinación genética, variaciones individuales, etc.).

necesitan una cierta cantidad de calor para llegar a su madurez. Réamur sumó las temperaturas medias diarias, excluyendo las inferiores a 0°C, y obtuvo la suma de temperaturas que requieren diversos cereales para alcanzar la madurez, a estas sumas (aparentemente fijas) se les dio el nombre de constante térmica.

Posteriormente se fue apreciando que la constante térmica no era todos los años la misma y que además variaba de un lugar a otro, al surgir dudas acerca de la validez de este parámetro como lo había ideado Réamur, se conservó la idea de que las plantas debían requerir cierta cantidad de calor para alcanzar su madurez; por lo que se pensó en idear otros métodos más exactos, así surgieron, entre otros, los métodos residual, exponencial y termofisiológico.

El método residual considera que el crecimiento y desarrollo<sup>16</sup> de cualquier planta no se inicia a los 0°C, sino que cada especie, y aún cada variedad, lleva a cabo sus funciones a partir de una determinada temperatura, la cual recibe el nombre de cero vital o cero fisiológico y todo grado de temperatura encima de dicho valor se considera una unidad calor.

Así por ejemplo, se considera que en el territorio de México el sorgo inicia su crecimiento a partir de los 15°C, mientras el maíz lo realiza a partir de los 10°C.

A pesar de que el método residual arrojó mejores resultados que el llamado directo de Réamur no había aún una gran exactitud de una región a otra, entonces se consideró que el crecimiento de las plantas obedece a reacciones físico-químicas y que de esta manera debía tratarse el asunto, lo cual supone que a un aumento de 10°C el crecimiento se duplica.

Para conocer la constante térmica o unidades calor por este método se emplea la fórmula siguiente:

$$U.C = \sum \frac{(t_i - 4.5)}{10}$$

Donde:

U.C., unidades calor

---

<sup>16</sup> Se habla aquí de crecimiento y desarrollo como dos conceptos diferentes pero complementarios, el primero debe ser entendido como un crecimiento vegetativo que implica básicamente cambios cuantitativos, mientras el segundo implica la realización de la reproducción en la planta, cambios cualitativos, que permiten la sobrevivencia de la especie; pero que no se logra si no existe un previo y determinado crecimiento.

Ti, temperatura media diaria

#### 4.5, temperatura mínima para el crecimiento

El método anterior, denominado exponencial, presenta también limitaciones de uso pues considera que a mayor temperatura mayor crecimiento lo cual es relativo, ya que ha determinado valor superior la planta en vez de incrementar su crecimiento lo mantiene igual, o bien, lo decremента.

El método fisiológico o termofisiológico se elaboró en base a experiencias prácticas observadas en el crecimiento del maíz y aunque se le reporta como más exacto, su uso se limita al maíz. El método está basado en la respuesta fisiológica a las diferentes temperaturas con lo cual se elaboraron tablas para relacionar ambos parámetros, aunque Brown (1976) elaboró una fórmula para este método, que es la siguiente:

$$U.C. = (y \text{ max} + y \text{ min}) / 2$$

Donde:

$$y \text{ max}, 1.85 (T \text{ max}-10) - 0.026 (T \text{ max}-10)^2$$

$$y \text{ min}, T \text{ min} - 4.4$$

El método residual, que arroja un mayor grado de exactitud y es menos complejo que el exponencial, suele ser el más usual, por lo menos en nuestro país, razón por la cual se ha elegido en esta investigación (cuadro 2.11) para determinar los requerimientos de calor en los ocho cultivos que se han venido delimitando en sus requerimientos agroclimáticos.

Cabe señalar aquí que el uso y determinación de parámetros agroclimáticos resulta de gran utilidad en la agricultura pues permite entre otras cosas: a) Aconsejar la introducción o el reemplazo de alguna variedad de acuerdo a las disponibilidades, en este caso, térmicas de una región, y b) Pronosticar la cosecha; ya que si se van cubriendo los requerimientos agroclimáticos conocidos para cada etapa fenológica se puede saber de antemano qué tipo de cosechas esperar.

Ahora bien, dado que ningún método sobre constante térmica arroja los mismos resultados, para una misma variedad en diferentes regiones. Se llegó a considerar, acertadamente, que el uso exclusivo de la temperatura sin tomar en cuenta la aunada influencia de la duración astronómica del día,

Cuadro 2.11 Unidades calor mensuales en el noreste de Morelos (sobre 10°).

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Yecapixtla	200.6	232.5	327.75	367.6	389.17	324.8	294.9	312.6	280.0	252.4	260.7	222.5	3 464.12
Ecatzingo	148.1	147.4	221	265.13	262.8	237.5	199.6	270.7	252.5	247.7	210.56	195.1	2 657.8
Alpanocan	139.7	144.0	220.5	242.0	225.75	185.75	177.1	179.6	170.6	174.75	152.75	150.8	2 163.3
Hueyapan	74.5	88.75	128.25	157.4	195.4	189.1	185.9	175.8	174.7	151	88.5	80.3	1 689.6
Tetela	160.5	170.78	259.89	299.5	306.0	259.5	236.6	228	215	208	186.4	167.2	2 697.3
Achichipico	239.9	234.7	296.2	369.7	397.6	369.2	341.6	313.7	327.4	324.12	278.31	259.1	3 812.3
Huecahuaxco	137.22	144.8	207.95	254.8	243.82	229.18	201.98	208.32	199.35	206.6	186.92	217.5	2 438.46
Ocuituco	215.3	199.71	288.8	344.75	369.5	292.4	253.1	260.5	257.8	271.7	231.9	215.7	3 201.9
SUMA	1 315.82	1 362.64	1 950.34	2 300.9	2 390.04	2 087.4	1 806.38	1 949.2	1 877.35	1 836.3	1 596.0	1 508.2	22 114.2
PROMEDIO	164.5	170.3	243.8	287.6	298.7	260.9	225.8	243.6	234.6	229.5	199.5	188.5	2 764.3

que varía según la mayor distancia latitudinal, era un equívoco, ya que no es lo mismo una temperatura media de 15°C con una duración astronómica media del día de 10 hrs., que esa misma temperatura con una duración del día de 15 hrs., indudablemente el efecto sobre el crecimiento de la planta será diferente, por lo que ya se refirió al hablar de la influencia de la luz en las plantas (básicamente una mayor actividad fisiológica), de tal manera que Geslin en 1944 (citado por De Fina y Ravelo, 1973) y Azzi (1959) idearon, separadamente, métodos simples y semejantes para conocer la "constante heliotérmica".

Azzi, según sus propias palabras, calcula dicho valor de la siguiente forma "la suma de los productos diarios de la duración del día en minutos multiplicada por la temperatura (media) en grados centígrados", como se puede suponer el resultado final da una enorme cifra de varios dígitos, por ejemplo 934 700 para el desarrollo del trigo en Italia.

Geslin facilita el manejo de la información pues el promedio de la duración astronómica del día, expresado en horas y centésimos, lo multiplica por la suma de temperaturas medias diarias y el resultado lo divide entre cien. Así su índice heliotérmico (IH),<sup>17</sup> como él mismo lo denomina resulta sencillo y fácil de manejar.

Dadas las razones indicadas para el manejo de la constante térmica, aquí no se emplea para el cálculo del índice heliotérmico la temperatura media diaria del método directo sino las temperaturas bases del método residual, en general se toma 10°C como cero vital (excepto para los casos de sorgo y jitomate que se emplean 15°C) y sobre esa temperatura se aplica el método de Geslin.

Los nueve cultivos para los cuales se han calculado valores medios de unidades calor (U.C.) o constante térmica la duración astronómica media del día (D.A.M.D.) y el índice heliotérmico (I.H.) o unidades fototérmicas para las diferentes fases (establecidos convencionalmente, pero tratando de ajustarse a los lineamientos de la Organización Meteorológica Mundial) y para las principales localidades del área de estudio han arrojado resultados que parecen lógicos (por lo menos se deja ver esa cierta constante a la que se aspira) y que, al igual que con otros parámetros, que van indicados en esta investigación, se espera sirvan de base para posteriores ratificaciones o rectificaciones útiles para la planeación agrícola.

---

<sup>17</sup> En algunas bibliografías a la constante heliotérmica o índice heliotérmico se le denomina también "unidades fototérmicas".

Los resultados obtenidos están en el cuadro 2.12, del cual se pueden obtener algunas deducciones y comentarios. En el caso del maíz la base para elaborar el calendario fenológico se tomó de observaciones directas para las cuatro localidades reportadas en el año de 1986 (mayor información se ofrecerá al hablar de los parámetros hídricos) con información en base a encuestas y entrevistas se obtuvieron las fechas medias para las fases fenológicas señaladas. Se considera que las unidades calor y el índice heliotérmico para alcanzar las fases fenológicas son lógicas, por su semejanza en las cuatro localidades, aunque quizá los datos medios para iniciar el espigamiento tanto en Hueyapan como en Tetela parezcan no tener el grado de exactitud deseable, sin embargo, es evidente que la madurez del maíz en el noreste de Morelos se alcanza alrededor de los 900 U.C. y que el índice heliotérmico se ubica hacia un valor de 115 I.H.

Es interesante constatar como las necesidades heliotérmicas son muy semejantes, lo que obliga a establecer las épocas de siembra y de cosecha en cada lugar de acuerdo a sus muy particulares circunstancias (básicamente térmicas).

También es notorio apreciar cómo a pesar de quedar en un tipo de clima C(w<sub>2</sub>)(w)big según la clasificación de Koeppen modificada por García, las diferencias agroclimáticas entre Tetela del Volcán y Hueyapan son muy marcadas a pesar de contar con una altitud casi igual y estar muy cerca (5 km en línea recta aproximadamente), como lo demuestran los hechos de que en Hueyapan el maíz necesita un mes y medio para completar su ciclo biológico y el existir variedades frutales como el tejocotero, manzano y peral, que no se dan tan bien en Tetela como en Hueyapan.

Del sorgo, se puede considerar que su establecimiento en Yecapixtla y sur de Ocuituco representa casi la frontera agrícola de su cultivo pues con trabajos logra 817 U.C. para su madurez, Terrones (1985) experimentando con dos grupos de variedades de sorgo reporta la necesidad de 773 U.C. para un grupo y 866 para otro.

Los calendarios fenológicos para la higuera y el aguacate son los mismos de Ocuituco y Tetela, lo cual puede no ser totalmente cierto; sin embargo sí se puede afirmar que ambos cultivos se dan en dichas localidades bastante bien en cuanto a madurez y abundancia, pero es difícil encontrarlos así, debajo de Ocuituco y sobre Tetela.

En los mapas 2.3 y 2.4 "Unidades calor disponibles de junio a octubre" y "Unidades calor disponibles anualmente" se puede apreciar respecto a los requerimientos térmicos de los diferentes cultivos que éstos, tanto anuales como perennes, disponen incluso de demasiada energía.

Cuadro 2.12 Unidades calor (U.C.), duración astronómica media del día (D.A.M.D.) e índice heliotérmico (I.H.) para las diferentes fases de algunos cultivos del noreste de Morelos.

MAIZ

	Yecapixtla	Ocuituco	Tetela	Hueyapan
Época de siembra	20 jun	5 jun	5 jun	16 abr
Inicio de amacollaje	20 jul	5 jul	30 jun	25 may
U.C.	298.5	270.9	263.0	236.2
D.A.M.D.	13.5	13.17	13.17	12.72
I.H.	40.3	35.6	34.6	30.0
	Yecapixtla	Ocuituco	Tetela	Hueyapan
Inicio de espigamiento	15 ago	15 ago	27 ago	15 ago
U.C.	559.5	542.6	660.0	734.2
D.A.M.D.	12.6	12.8	12.7	12.9
I.H.	70.5	69.4	83.8	95.0
Madurez	25 sep	25 sep	7 oct	25 sep
U.C.	949.1	887.7	958.0	970.5
D.A.M.D.	12.18	12.26	11.9	12.18
I.H.	115.6	108.8	114.0	118.2
Cosecha	20 nov	25 nov	15 dic	20 dic
U.C.	1 445.6	1 395.6	1 382.0	1 290.9
D.A.M.D.	11.4	11.4	11.1	11.16
I.H.	164.8	159.1	153.4	144.0

SORGO EN YECAPIXTLA Y OCUITUCO (t. base: 15°C).

	Época de siembra	Inicio de amacollaje	Inflorescencia	Grano masoso duro	Madurez	Cosecha
	1 jun	30 jun	30 ago	30 sep	30 oct	15 nov
U.C.	--	200	515	665	817	880
D.A.M.D.	--	13.2	12.7	12.0	11.4	11.1
I.H.	--	26.4	65.4	79.8	93.1	97.7

JITOMATE EN YECAPIXTLA Y OCUITUCO (t. base: 15°C)

	Siembra	Nacencia	Floración	Fructificación		Cosecha
				Inicio	Plena	
	25 abr	3 may	25 may	10 jun	25 jul	5 ago
U.C.	--	58	223	335	599	655
D.A.M.D.	--	12.8	12.9	13.0	13.0	12.9
I.H.	--	7.42	28.76	43.55	77.87	84.49

## HIGUERA

	Ocuituco	Tetela
Aparición de nuevas hojas	18 nov	18 nov
Inflorescencia	20 feb	20 feb
U.C.	665	524
D.A.M.D.	11.11	11.11
I.H.	73.88	58.21
Maduración	25 abr	25 abr
U.C.	1 298	1 083
D.A.M.D.	12.06	12.06
I.H.	156.53	130.06
Caída de hojas	30 ago	30 sep
U.C.	2 431	2 163
D.A.M.D.	12.86	12.86
I.H.	312.62	278.16

## AGUACATE HASS Y FUERTE

	Ocuituco	Tetela
Aparición de nuevas hojas	15 oct	15 oct
Floración plena	15 mar	15 mar
U.C.	11.43	919
D.A.M.D.	11.23	11.23
I.H.	128.36	103.2
Inicio de fructificación	15 abr	15 abr
U.C.	1 315	1 199
D.A.M.D.	12.37	12.37
I.H.	162.60	148.31
Maduración	15 ago	15 ago
U.C.	2 532	2 265
D.A.M.D.	12.92	12.92
I.H.	327.13	292.63

## MANZANO EN HUEYAPAN

	Fin de dormancia	Floración		Maduración	Inicio de dormancia
		Inicio	Plena		
	1 mar	25 mar	15 abr	15 ago	1 nov
U.C.	--	102.5	207	737.0	1 150
D.A.M.D.	--	120	12.36	12.9	11.8
I.H.	--	12.3	25.6	95.0	135.7

## TEJOCOTERO EN HUEYAPAN

	Fin de dormancia	Floración		Maduración	Inicio de dormancia
		Inicio	Plena		
	1 feb	1 mar	25 mar	1 nov	1 dic
U.C.	--	88.7	191.0	1 254	1 342

D.A.M.D.	--	11.5	12.0	12.5	11.2
I.H.	--	10.2	22.92	156.7	150.3

#### PERA PARAISO EN HUEYAPAN

	Fin de dormancia	Floración		Maduración	Inicio de dormancia
		Inicio	Plena		
	1 dic	1 ene	25 mar	15 jun	15 sep
U.C.	--	80.3	11.5	818	1 362
D.A.M.D.	--	10.9	39.79	12.8	12.6
I.H.	--	8.75	346	104.7	172.0

#### PERA DE LECHE EN HUEYAPAN

	Fin de dormancia	Floración		Maduración	Inicio de dormancia
		Inicio	Plena		
	1 dic	1 ene	10 mar	30 may	15 sep
U.C.	--	80.3	286.5	725.3	1 362
D.A.M.D.	--	10.9	11.3	12.5	12.7
I.H.	--	8.75	32.4	90.6	172.0

Por otra parte en relación con el período lluvioso la distribución de las unidades calor es menor que en los meses no lluviosos y cambia también de un lugar a otro, por lo que las épocas de siembra y cosecha varían según las características climáticas (y seguramente también edáficas) de cada localidad.

Finalmente, en el futuro y con fines de planeación, cuando se conozcan los requerimientos de unidades calor de cada cultivo se podrán establecer los cultivos más idóneos para cada lugar. El mapa de "Unidades calor disponibles anualmente" a la par que el cuadro "Unidades calor por mes" podrán servir para ello.

Se observa que los cultivos de la región utilizan mucho menos energía de la disponible, habrá que estudiar si esto es agroecológicamente lógico y normal o si se puede tomar más energía del medio y obtener un mejor beneficio de la naturaleza.

2.4.3 *Horas frío.* Así como el estímulo de altas temperaturas es imprescindible para lograr el crecimiento y desarrollo de los vegetales, así también, para determinadas especies, como los frutales de hoja caduca en invierno (drupáceos y pomáceos) y cereales de hábito invernal, es necesario el estímulo de bajas temperaturas tanto como un medio de adaptación al frío y las heladas como para lograr el buen desarrollo de las yemas hacia la primavera. Según Garcidueñas y Rovalo (1985). En muchas especies, las horas frío y las horas de luz son decisivas para determinar el paso al

siguiente estado fásico, el estado reproductor, es decir para iniciar la floración”.

Como se puede apreciar aquí se ratifica que es necesaria la presencia de la luz para que la floración se lleve a cabo, pero también la presencia de bajas temperaturas en invierno (termofase negativa del termoperíodo).

Gómez y Morales (1984) realizaron un análisis de los diversos métodos de cálculo de horas frío en función a la apreciación de que los diversos métodos aplicados en una misma localidad y en un mismo período solían arrojar resultados diversos, lo cual llevó a pensar que: había un método más apegado a la realidad o bien todos diferían de ella.

En principio se encontró con que se considera hora frío a toda aquella temperatura igual o inferior a 7°C, este dato está basado en el comportamiento del durazno y de ahí se extrapolo a las demás especies y variedades que requieren frío otoñal-invernal, de ahí que esa cifra es meramente convencional y no necesariamente todas las variedades comienzan el estímulo por frío a esta temperatura, hipotéticamente puede ser por encima o por debajo de ese valor.

Luego, tal parece que el conteo de necesidades de frío se ha realizado para todas las variedades a partir de los 7°C y la bibliografía corriente publica tablas de horas frío por variedad.

Parece también que dichos valores se obtienen observando el comportamiento fenológico de los árboles desde la caída de las hojas hasta la reactivación de las yemas foliares y florales, considerando que dicho proceso se da de principios de noviembre a finales de febrero, de ser el termógrafo el que vaya registrando las horas frío, y entonces, supuestamente, las horas frío se llevan a cabo de noviembre a febrero en todas las localidades donde se dan los caducifolios invernales; esto quizá sea lo normal en la mayoría de los lugares donde se presenta el fenómeno en Estados Unidos y Europa y se ha convenido nuevamente en establecer el cálculo convencionalmente a todo el mundo lo cual puede ser un grave error, por lo menos quien esto escribe tiene pleno conocimiento de que en la cuenca de México y en las partes altas del noreste de Morelos esto no sucede así, ya se verá más adelante.

Como no siempre se dispone de termógrafo para calcular las horas frío se han ideado una serie de métodos, en diversas latitudes, básicamente a partir de la relación del comportamiento de la temperatura con el número de horas frío de alguna manera inferido. Al uso del termógrafo para este cálculo se le conoce como método directo, mientras que a los métodos de

relación se les denomina métodos indirectos y se pueden clasificar en métodos de cálculo diario y métodos de cálculo mensual.

De los primeros el más conocido en nuestro medio es el de Crossa-Raynaud, cuya fórmula es la siguiente:

$$H_f = \frac{7-m}{M-m} \times 24$$

Donde:

$H_f$  = horas frío diarios

$M$  = temperatura máxima diaria

$m$  = temperatura mínima diaria

Es de notar que en diversos libros de fruticultura y otros sobre el tema la fórmula aparece de la siguiente manera:

$$H_f = \frac{7-M}{M-m} \times 24$$

Si los diversos autores de estos libros se hubieran tomado la molestia de aplicarla así, se hubieran dado cuenta que el resultado es completamente ilógico; tal parece que alguien cometió un primer error al copiarla y todo mundo lo siguió.

Entre los métodos de cálculo mensual es muy conocido el de Da Mota, autor brasileño, cuya fórmula es la siguiente:

$$H_f = 485.1 - 28.52 x$$

Donde:

$H_f$ , cantidad mensual de horas frío

$X$ , temperatura media mensual

Existe un método, el de Weinberger, en que establece una correlación entre el número de horas frío y el promedio de temperaturas medias de los meses de diciembre y enero Muñoz Santamaría, citado por Calderón (1983) estableció una tabla donde señala para la temperatura media de diciembre-enero la cantidad de horas frío acumuladas, que ha sido seguido por el propio Calderón y Reyna. Ambos consideran que la mejor forma para conocer las horas frío en la República Mexicana es obtener el valor según el

método Da Mota y promediarlo con Weinberger; esto es una aberración científica, pues aunque ambos métodos arrojen resultados muy semejantes, algo anda mal cuando uno de ellos trabaja con cuatro meses y el otro con dos y se obtienen resultados semejantes. Calderón (*op. cit.*) en base a las experiencias de Muñoz Santamaría señala: "Que los métodos de Da Mota y Weinberger, especialmente el primero, son los que proporcionan la estimación más cercana a la realidad (sic) de efecto efectivo del frío sobre los árboles en un lugar dado. El uso de estos métodos se recomienda para el cálculo de horas frío en aquellos lugares subtropicales de altura en que se cuente con datos de temperaturas medias de los meses de invierno..."

En realidad hay que tener mucho cuidado con esa recomendación y esclarecer plenamente por qué se hace.

Otro método conocido pero menos empleado es el del estadounidense Sharpe, también correlativo y mensual, quien establece una tabla entre temperaturas media mensual y horas frío, que se da a continuación en el cuadro 2.13.

Cuadro 2.13 Método de horas frío de Sharpe.

Temperatura media mensual en °C	Horas frío acumuladas en el mes
7.8	395
8.9	353
10.0	311
11.1	270
12.2	230
13.3	190
14.4	152
15.6	115
16.7	79
17.8	47
18.9	23
20.0	0

El inconveniente de este método, como se apreciará más adelante, es que arroja valores demasiado altos respecto a la realidad.

En el análisis emprendido por Gómez y Morales se utilizaron los diversos métodos para el observatorio meteorológico de Ciudad Universitaria, D.F. viendo que ninguno parecía acercarse demasiado al resultado obtenido por el conteo mensual (en el termógrafo de dicho observatorio). Se pensó en idear un método más efectivo, una primera idea para esto surgió al elaborar gráficas, a semejanza de las del termógrafo, donde se colocaron las temperaturas máxima, mínima y ambiente diarias y luego se unieron con líneas, a continuación se contabilizaron las horas frío

de esta manera y se vio que la diferencia era mínima; a esta forma de calcular las horas frío se le denominó semidirecta, sin embargo, por ser un trabajo muy laborioso se pensó en matematizar el modelo de lo que surgieron las fórmulas siguientes:

1º Si la temperatura ambiente es mayor a 7°C entonces se aplica la fórmula

$$H_f = 17 + \frac{17 TMA - 119}{tm - TMA} - \frac{Tm - 7}{TA - tm}$$

2º Si la temperatura ambiente es menor o igual a 7°C entonces:

$$H_f = 1 + \frac{42 - 6ta}{TM - TA} - \frac{17 tm - 119}{TMA - tm}$$

Donde:

Hf: horas frío

TMA: temperatura máxima del día anterior

TM: temperatura máxima

TA: temperatura ambiente a las 8 am.

tm: temperatura mínima

Los valores numéricos son constantes.

Los resultados obtenidos deben tomarse en su valor absoluto, y para su más práctica aplicación puede disponerse de una calculadora programable o bien de una computadora.

Los resultados de la aplicación de los diversos métodos, con once años fueron los siguientes (cuadro 2.14)

Cuadro 2.14 Comparación de los diversos métodos de cálculo de horas frío para Ciudad Universitaria, D.F.

METODO	Resultado promedio en horas - frío	Porcentaje de error respecto al termógrafo
Directo	590	0 %
Gómez-Morales	526	10.9 %
Da Mota	467	21.4 %
Crossa-Raynaud	471	20.2 %
Sharpe	784	32.9 %

Cabe señalar que de los 11 años muestrados respecto a Crossa-Raynaud, el método Gómez-Morales estuvo más próximo a la realidad y Da Mota

solamente una vez fue más efectivo que el resto, lo que indica que Da Mota puede oscilar en sus resultados de un año a otro y dar un promedio "engañoso" con fines de planeación frutícola.

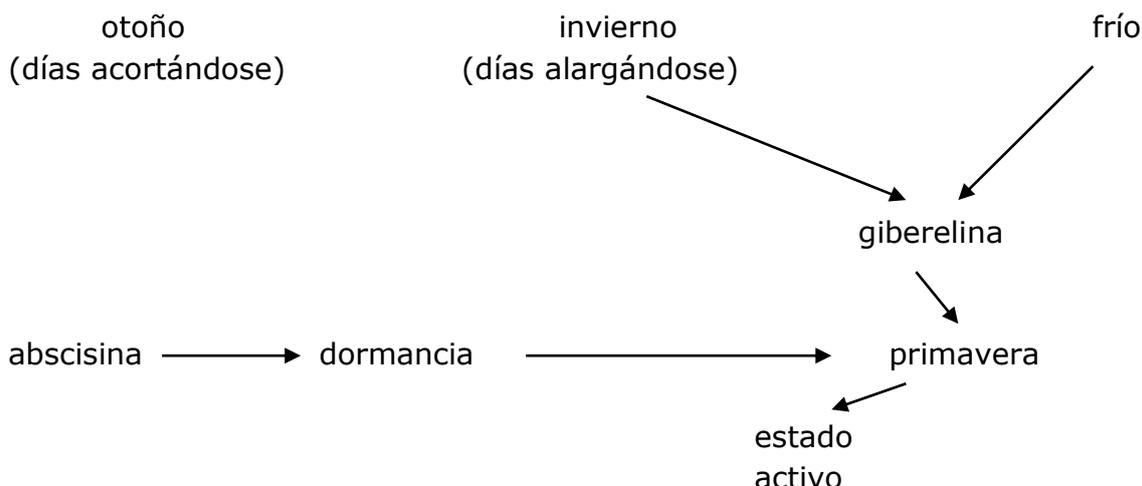
Ahora bien, si cada método ha sido probado y aprobado en su lugar de origen, ello está indicando que el comportamiento de los caducifolios, independientemente de los elementos de cálculo que se han convertido en "convencionales", responde a una serie de factores ambientales conjuntos, donde como señalan Garcidueñas y Rovalo la termofase negativa y la duración de la luz juegan un papel primordial, de tal suerte que los métodos directos e indirectos tan sólo reflejan un elemento; el *térmico* que tiene que ver con la dormancia pero no dan razón del proceso bioquímico que se lleva a cabo en las plantas, como señalan los mismos autores: "En realidad el período de frío... no induce directamente a la floración, pero si es determinante para que ocurran cambios fisiológicos que llevan al desarrollo de las flores".

Una hipótesis que relaciona los aspectos físicos (temperatura y luz) con los fisiológicos indica que al irse acortando los días durante el otoño la cantidad de hormonas tales como las auxinas y gibarelinas, y quizá otras como la vernalina o florigén van disminuyendo, mientras que el nivel de hormonas inhibitoras, abscisina y compuestos fenólicos, probablemente, van en aumento. Durante los meses fríos la planta va metabolizando los inhibidores, para posteriormente, después del 21 de diciembre, al volverse a alargar los días comienza la síntesis de hormonas estimulantes<sup>18</sup> hasta que al romperse el equilibrio inhibidores estimulantes, a favor de estos últimos, comenzará el desarrollo de las yemas al que ayuda, por supuesto, la temperatura cada vez más alta al terminar las horas frío. Esto se podría representar: según la fig. 2.1.

Fig. 2.1 relaciones físico-químicas en los caducifolios. (Basado en Garcidueñas y Rovalo).

---

<sup>18</sup> Sin embargo esta hipótesis tendrá que explicar cómo a bajas temperaturas invernales se lleva a cabo la síntesis de hormonas estimulantes, cuando lo lógico es que sea el calor quien las promueva, esto es un hecho eminentemente químico.



Siguiendo esta línea de investigación los propios Gracidueñas y Rovalo (*ibid*) indican que "esta explicación está de acuerdo con lo observado en mucho frutales, los cuales, si el invierno es siempre frío, satisfacen su requerimiento termoperiódico con menos horas frío que cuando el invierno alterna días fríos y cálidos, pues en estos las hormonas termolábiles serían destruidas con lo que bajaría su nivel y tomaría más horas frío volver a elevarlo".

Esto es muy probablemente lo que sucede en las partes altas subtropicales del territorio nacional donde se encuentran noches frías con días cálidos, cuyas temperaturas rebasan los 20°C, ya que según Da Mota sobre 18°C de temperatura media mensual pueden conservarse las horas frío o según Sharpe a 20°C de temperatura media mensual no las hay.

Aquí podría estar el meollo de la explicación de que los métodos de cálculo de horas frío presentan tales diferencias unos de otros y que quizá no importa que se este calculando con buena exactitud las horas frío, si éstas van disminuyendo en la planta por la alta oscilación térmica, y aunque se está calculando correctamente un fenómeno físico (la temperatura) no se está haciendo con lo termofisiológico, de tal manera que exista la necesidad de profundizar en estudios botánico-fisiológicos.

Así el estudio de las horas frío en nuestro medio deberá comprender la acción de la oscilación térmica en las plantas y la respuesta fenológica, no olvidando que la agroclimatología es el estudio, observación y análisis de relaciones físicas y biológicas simultáneamente.

Toda esta aparente introducción puede parecer larga al hablar del comportamiento de las horas frío en el noreste de Morelos, máxime si este es un rubro poco representativo en la región, sin embargo de todo lo que se

ha hablado anteriormente tiene su verdad en la zona de estudio, o más precisamente en las partes donde se presentan caducifolios de invierno.

La teoría y sus normas o convencionalismos son una cosa y la realidad suele mostrar un panorama completamente diferente esto se corroboró, a lo largo de la investigación. En Hueyapan, donde se tuvo un estrecho contacto en la observación fenológica fue una sorpresa (al principio no muy agradable por cierto) ver que el comportamiento de las diferentes variedades, especies y aún árboles de una misma variedad llevaban hacia el invierno y primavera ritmos vitales totalmente independientes unos de otros, la caída de las hojas y la floración no era exactamente como lo dicen los libros, se debió aceptar la realidad y tratar de captar todo lo que sucedía con estos árboles, a lo largo de la investigación se optó por no querer "abarcarlo todo" pues era una labor imposible y fijar la atención en las variedades más comunes o fáciles de observar y así se quedó con cuatro variedades caducifolias.

Sorpresa también fue que fuera de lo esperado a lugares cercanos no siempre los comportamientos agroclimáticos eran semejantes, así por ejemplo, entre Tetela del Volcán y Hueyapan tan cercano y casi a la misma altitud, la climatología agrícola es casi totalmente diferente; se consideró que de no ser por las circunstancias meteorológicas tan diferentes durante el invierno en Hueyapan no se presentarían horas frío y la existencia de caducifolios en la región sería excepcional.

Hay otras incógnitas que despejar: Hueyapan presenta el mayor valor de horas frío de la región, pero en Huecahuaxco, Ecatzingo y Tetela se presentan caducifolios con presencia baja de horas frío.

Se podrá decir que el método escogido para el cálculo de las horas frío, el Gómez-Morales, no era el más propio para la región, dados los resultados arrojados, pero como ante la evidencia de su mayor efectividad demostrada en el caso la Ciudad Universitaria y ante las deficiencias de los otros aplicarlos sin mayor explicación, aun así para el caso de Hueyapan se presentan los resultados de Gómez-Morales, Da Mota, Weinberger y Sharpe.

Ahora bien no todos los métodos se aplicaron a todas las poblaciones fruteras caducifolias porque hubiese sido trabajo para otra tesis, con los varios resultados obtenidos en Hueyapan se considera que el trabajo científico es suficientemente válido.

Considerando lo convenido de que las horas frío se contabilicen de noviembre a febrero se encuentra el siguiente panorama: Achichipico 1.8

h.f. (anuales); Yecapixtla 9 hrs.; Ocuituco 7.2 hrs.; Alpanocan 12.7 hrs. Y Hueyapan 338.4 hrs.

Estos son los resultados para todas las estaciones trabajadas, mas no hay que alarmarse por los valores tan bajos de algunas estaciones ya que corresponden a agroclimas cálidos, en realidad los caducifolios son más importantes en Hueyapan y Huecahuaxco, aunque los hay en menor escala en Tetela, Alpanocan y Ecatzingo.

Según otros métodos, en Hueyapan debe haber 479 horas frío, de acuerdo a Da Mota, 935 horas frío según Weinberger (recordando que sólo considera diciembre y enero) y 810 según Sharpe.

Como parámetro se puede señalar que, según la bibliografía, la pera paraíso requiere entre 400 a 500 horas frío, por lo que el método de Da Mota sería el más atinado, pero si se recuerdan las observaciones hechas anteriormente al método y la recomendación de promediarlo con Weinberger el asunto cambiaría radicalmente. Por otra parte vuelve apreciarse cómo los resultados de Da Mota parecen ser muy aleatorios, en Ciudad Universitaria eran un 10% más bajos que Gómez-Morales, ahora en Hueyapan están 42% arriba, se podría decir que es el segundo método aleatorio pero si se toma en cuenta que "imita" la temperatura diaria (para mejor y más detallada información véase Gómez-Morales, 1984) y que Da Mota hace el cálculo mensual, la probabilidad de error es mayor en este último método. De Sharpe se confirma que arroja resultados demasiado altos.

Respecto a los requerimientos de frío otoño-invernal de los cuatro cultivos considerados para Hueyapan tenemos el cuadro 2.15, en el se pueden apreciar que los valores arrojados son muy dispares, la época de dormancia no siempre es la tradicional, ésta fue obtenida por observaciones directas y entrevistas con los campesinos, mientras no se compruebe lo contrario se presentan tales fechas de dormancia.

A pesar de las parentescas o reales disconformidades el hecho es que el manzano criollo, el tejocote, las peras paraíso y de leche, el capulín, el nogal, el membrillo y otros caducifolios alcanzan una buena madurez, calidad y son comunes en la región de Hueyapan.

El reto está abierto para ajustar la teoría a la realidad y no al revés.

2.4.4 *Heladas*. Por toda una serie de factores de los que se ha venido hablando a lo largo de este trabajo, tales como altitud, orientación de la pendiente, latitud, intensidad de la radiación solar y en consecuencia

Cuadro 2.15 Requerimientos de horas frío según diversos métodos en algunos cultivos de Hueyapan.

MANZANO

Inicio de dormancia:	1 nov.
Fin de dormancia:	1 mar.
Horas frío (Gómez-Morales):	338.4
Horas frío (Da Mota):	479
Horas frío (Weinberger):	935
Horas frío (Sharpe):	810

TEJOCOTERO

Inicio de dormancia:	1 dic.
Fin de dormancia:	1 feb.
Horas frío (Gómez-Morales):	172.7
Horas frío (Da Mota):	258
Horas frío (Weinberger):	935
Horas frío (Sharpe):	435

PERA PARAISO

Inicio de dormancia:	15 sep.
Fin de dormancia:	1 dic.
Horas frío (Gómez-Morales):	77.5 <sup>19</sup>
Horas frío (Da Mota):	115
Horas frío (Weinberger):	467.5
Horas frío (Sharpe):	185

*Pera de leche*: valores idénticos a la pera paraíso.

---

<sup>19</sup> A pesar de lo señalado, respecto a que esta variedad de pera requiere unas 400 h.f., y que esta cantidad arroja el método Gómez-Morales (de noviembre a febrero) en la realidad el período de dormancia parece requerir otra cantidad de frío.

temperatura, las heladas no son un fenómeno común al noreste de Morelos, el límite en que aparecen es relativamente alto si se le compara con otras regiones geográficas cercanas, ya que éste se encuentra normalmente hacia los 1 950 msnm.

El número medio anual de heladas en Ocuituco es de cero (a 1 900 msnm) en Huecahuaxco, considerando los datos de temperatura (a 0°C) a partir de 1981 cuando se instaló un termómetro en la localidad no se registraron heladas (ello a 2 060 msnm), a diferencia que los datos reportados por los observadores de la estación que registraron un promedio anual de 28 heladas, algunas de ellas a los once grados centígrados (i) por lo que se prefirió hacer caso omiso de esta información.

En Ecatzingo, Estado de México, a 2 420 msnm se registra un promedio de 25 heladas anuales.

Tetela del Volcán a 2 200 msnm presenta un promedio de 8.4 heladas anuales, mientras que Hueyapan a unos 5 km. de distancia horizontal aproximada y una altura ligeramente mayor registra un promedio anual de 36 heladas; curiosamente, Alpanocan, situado entre las dos localidades anteriores, no registra heladas.

Respecto a las fechas de primera y última helada que son las que más interesan a la agricultura, ya que por ubicarse a los extremos del grueso del fenómeno pueden presentarse sorpresivamente en una etapa o fase vegetativa en que perjudique seriamente al cultivo, en el caso de la primera helada pueden tener lugar cuando la cosecha no está plenamente asegurada, en algunos casos aunque la madurez haya sido lograda, el efecto de la helada puede consistir en dañar la simple apariencia del fruto, bajando su valor comercial.

En el caso de las heladas tardías su efecto puede ser más dañino, pues puede presentarse el caso de que se presenten durante la floración, de tal suerte que al perderse las flores se pierde también el posible fruto y la cosecha, incluso puede suceder que una intensa helada tardía mate todo un huerto o plantación, borrando el trabajo y esfuerzo de años de un agricultor. Aunque por fortuna, el fenómeno de las heladas no parece ser tan peligroso en el noreste de Morelos.

Remitiéndose a los hechos se presenta a continuación el cuadro 2.16 sobre fechas de primera y última helada extremas con un porcentaje del 80% de probabilidad (obtenido por el método de frecuencias acumulativas) y el período libre de heladas al mencionado porcentaje.

Cuadro 2.16 Primera y última helada y período libre de heladas al 80% de probabilidad en el noreste de Morelos.

Estación	1ª helada extrema	1ª helada al 80%	Ultima helada extrema	Ultima helada al 80%	Período libre de heladas al 80%
Hueyapan	16 nov	16 nov	27 mar	25 feb	263 días
Huecahuaxco	?	?	?	?	?
Ecatzingo	13 nov	13 nov	11 mar	18 feb	247 días
Tetela	4 nov	1 dic	26 feb	23 feb	281 días

En relación a los cultivos manejados en el presente estudio respecto a la presencia de heladas que indica el anterior cuadro, se tiene lo siguiente:

Para Hueyapan el manzano no tiene posibilidades de sufrir daños por helada, ni aún extremas, ya que su actividad vegetativa del 1º de marzo al 1º de noviembre escapa al fenómeno, su dormancia se da en el período de heladas.

En el tejocotero sucede prácticamente lo mismo, aunque la dormancia termina hacia el 1 de febrero, el inicio de floración sí puede verse afectado. Para el caso de las dos variedades de pera existentes la floración está mayormente expuesta a heladas, aunque en el trabajo de campo no se apuntó por parte de los campesinos este peligro.

En el caso del maíz las heladas se presentan después de la madurez aunque antes de la cosecha.

Para Ecatzingo y Huecahuaxco si consideramos que las épocas en que se presentan las fases de esos cultivos son las mismas o cercanas a las de Hueyapan los riesgos son iguales que en esta localidad.

En Tetela la higuera corre el riesgo igual o mayor al 80% de no probabilidad de que ocurra la primera helada cuando están apareciendo las primeras hojas, lo cual quiere decir que dos de cada diez años esta fase puede alterarse por helada, igual sucede con la inflorescencia.

El aguacate no presenta en su ciclo vegetativo perjuicios por helada, al igual que el maíz, aunque la cosecha se verifica durante la época de heladas.

En el mapa 25 "número promedio de heladas anuales" se puede apreciar cómo gran parte de la región de estudio está libre de heladas y cómo, en general, las zonas agrícolas presentan un bajo número de éstas, lo cual hace diferir los resultados obtenidos en esta investigación de los

presentados por DETENAL en su *Síntesis geográfica del Estado de Morelos*, ya que en dicha obra hacia la zona de Ocuituco se presentan heladas (en esta investigación, repetimos, no se encontró en los registros meteorológicos indicio alguno de helada), mientras que hacia la franja Tetela-Hueyapan el número de heladas para DETENAL es casi el doble del que aquí se encontró.

**2.5 Factores Hídricos.** El agua juega un papel vital en la vida de las plantas, hasta el grado de que en algunas constituye el 95% del total del contenido de su masa. Las plantas toman (absorben) y pierden (evapotranspiran) agua continuamente.

Las funciones del agua en las plantas son múltiples y cumplen diversos papeles, Sutcliffe (1979), señala entre otras las siguientes:

- a) El agua es el constituyente esencial del protoplasma.
- b) El agua participa directamente en gran número de reacciones bioquímicas de las plantas.
- c) El agua es una fuente de iones (hidróxilo), los cuales proveen electrones para las reacciones lumínicas.
- d) El agua es un solvente gracias al cual muchas otras sustancias son disueltas y así pueden reaccionar químicamente en el protoplasma.
- e) Como solvente el agua transporta sustancias en el xilema (vasos leñosos) y floema (vasos liberianos) y probablemente también a lo largo del citoplasma de las células.
- f) Gran cantidad del agua en las plantas está contenida en grandes vacuolas dentro del citoplasma o por encima de las células, lo que ayuda a mantener la rigidez o turgencia de toda la planta. Al perderse la turgencia el crecimiento cesa.
- g) Las pérdidas y ganancias del vacuoma celular de la planta, son responsables de una variedad de movimientos dentro de ella, en las estomas, en las hojas y flores, que son una respuesta a la temperatura.
- h) Existe una delgada capa de agua alrededor de cada célula de la planta que permite la difusión de gases (CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>) dentro y fuera de las células y el movimiento de sales minerales desde el suelo por las raíces.
- i) El agua actúa como un termostato por su alto calor específico y hace posible que la planta absorba una gran cantidad de radiación solar sin elevar grandemente su temperatura; aún más debido al calor latente, la transpiración actúa refrescando a la planta y permitiéndoles disipar el calor tomado como radiación solar.
- j) El agua es un medio que favorece la fertilización, así como la dispersión de esporas, frutas y semillas.
- k) Las plantas acuáticas, sumergidas o parcialmente sumergidas encuentran su soporte en el agua.

Con el agua, se cierra la trilogía de los factores más importantes en la agroclimatología; por lo que es necesario conocer como se distribuye en el tiempo y en el espacio de estudio, y el papel intrínseco que juega dentro de los cultivos. Dado que el proceso de la absorción-evapotranspiración es fundamental para determinar el estado de la planta dentro de esta investigación, se aplicó el Método de pronóstico de Cosechas del a FAO, inventado por Frere y Popov, directamente, en 1985 para tres de las localidades en estudio, Yecapixtla, Ocuituco y Hueyapan, e indirectamente para esas mismas localidades pero especialmente para Tetela (cálculo para 1977, año considerado seco a nivel nacional), pues en 1985 ya no existía estación meteorológica en dicha localidad.

Dado lo relativamente complejo del método y la necesidad de realizar observaciones de campo cada diez días aproximadamente solamente se realizó la aplicación de dicha metodología para el maíz que, por otra parte, se cultiva en toda la región del noreste de Morelos y que puede servir de indicador agroclimático de ella.

Respecto a la distribución del agua en el tiempo y en el espacio de la zona investigada, es indispensable como base para comprender el por qué del tipo de cultivos, la zonificación agrícola de la región y el uso del suelo (en su vertiente temporal).

Ya en el capítulo primero se indicaron algunas características pluviométricas de la región, se vio que se ubica dentro del tercer rango de pluviosidad (en orden de mayores a menores en regímenes de lluvia elevado) a nivel nacional y que recibe aguas tanto del pacífico como del Golfo, factores ambos que hacen a la región privilegiada a diferencia de gran parte del país.

Ahora bien, a otro nivel las llamadas gráficas ombrotérmicas establecen una relación entre la marcha de la temperatura anual y el tipo de régimen pluviométrico, García (1983) estableció modificaciones de dichas gráficas para que se adaptaran mejor a las condiciones de humedad del país. Según estas gráficas puede haber meses secos, que son aquellos cuya pluviosidad está por debajo de la línea de la temperatura; meses húmedos los cuales presentan una pluviosidad por encima de la línea de temperatura hasta los 100 mm. de lluvia y los muy húmedos los cuales rebasan los 100 mm. de precipitación.

En el noreste de Morelos, elaboradas las gráficas ombrotérmicas de las ocho estaciones meteorológicas trabajadas (gráficas 2.4 - 2.11), se observa que en todas ellas existe un régimen muy húmedo de mayo a octubre y seco de noviembre a abril, prácticamente, los valores en los

meses más húmedos suelen estar entre los 250 y 300 mm., los menos húmedos alrededor de 200 mm. La canícula es más notoria en Hueyapan, Huecahuaxco y Ocuituco para agosto, mientras que en Tetela, Alpanocan y Achichipico lo es para julio, si la canícula perjudica o no al maíz se establecerá más adelante al tratar el método de Pronóstico de Cosechas de la FAO.

Si bien el régimen pluviométrico es semejante en las diversas localidades de la región, no sucede lo mismo con el régimen térmico. Achichipico y Yecapixtla presentan las temperaturas más altas, les sigue Ocuituco, que parece ser el límite superior de la zona cálida, Huecahuaxco, Tetela y Alpanocan presentan regímenes más fríos, al igual que Ecatingo, aunque el régimen de este último es poco homogéneo, finalmente Hueyapan presenta la marcha anual de temperatura más fría.

Los párrafos anteriores permiten suponer que si las temperaturas en las diversas localidades de la región fuesen semejantes, al tener similar régimen pluviométrico, la agricultura sería homogénea (por supuesto en cuanto a tipos de cultivos, dejando a un lado los aspectos socioeconómicos que incidieran en el uso del suelo). No siendo así es el régimen de temperatura quien marca, en lo físico, la zonificación agrícola de la región de la que se ha hablado en los apartados anteriores de este capítulo.

Otra forma de relacionar régimen térmico y pluviométrico es a través de los llamados climogramas, donde en el eje de las "x" se coloca la precipitación y en el de las "y" la temperatura, se anotan los puntos de un mismo mes y luego se unen con líneas a los subsecuentes, se obtiene así una figura dada para una estación meteorológica que difiere de cualquier otra estación. Sin embargo, también encontramos semejanzas que permiten señalar las similitudes de una estación a otra, así, elaborados los climogramas respectivos del noreste de Morelos (gráficas 2.12 - 2.19) se confirma lo establecido con las gráficas ombrotérmicas, se puede observar que Achichipico, Yecapixtla y Ocuituco presentan una figura (climograma) similar; Tetela es semejante como figura pero sus temperaturas son más bajas; Ecatingo y Huecahuaxco son similares; les sigue Alpanocan, hasta llegar a Hueyapan cuya figura es muy diferente (por temperaturas) al resto de los climogramas.

Esto lleva a reflexionar que si cualquier otra localidad de la República presenta una gráfica ombrotérmica o climograma lo más semejante al de una localidad del noreste de Morelos se podrían aconsejar la implantación de cultivos de una región a otra con probabilidades de éxito semejante, éste es un método simple y básico para recomendar cultivos.

Respecto al Método de Pronóstico de Cosechas basado en datos agrometeorológicos de la FAO, ingeniado por los investigadores M. Frére y G. G. POPOV (1980), señala entre sus objetivos los siguientes:

Las precipitaciones y de información climatológica, para el cálculo desde necesidades de agua de los cultivos. Estos dos tipos de datos se combinan para establecer el balance hídrico de los cultivos”.

“Al tiempo que resulta más exacto que una comparación entre precipitación real y precipitación normal (media), el método sigue siendo suficientemente sencillo como para usarlo con facilidad, sin necesidad de equipos sofisticados. Se sirve de una cantidad mínima de datos reales y de algunas informaciones climatológicas que pueden ser reunidas antes de la fase directamente “operativa”...Por último, el método ha sido formulado de tal manera que asegura un seguimiento cualitativo de las condiciones de los cultivos en etapas sucesivas y permite preparar evaluaciones cuantitativas de rendimiento, siempre que se disponga de suficiente información sobre rendimientos agrícolas correspondientes a las regiones consideradas. La precisión de estas evaluaciones mejorará a medida que se acerque la época de cosecha”.

En cuanto a los “principios básicos del método” su publicación misma señala que éste se basa en el balance hídrico acumulativo registrado a lo largo de la estación de crecimiento completo de un cultivo dado, establecido por periodos sucesivos de diez días (8, 9 u 11 según el mes).

El balance hídrico que busca finalmente el método, es la diferencia entre la precipitación que ha recibido el cultivo y el agua pérdida en éste y por el terreno, el agua retenida por el terreno debe ser también incluida en el cálculo. El cálculo del balance hídrico se efectúa en un formulario especial, del cual se reproduce a continuación uno (cuadro 2.17) cuyo contenido corresponde a Hueyapan, ciclo agrícola primavera-verano 1985, que aunque se repetirá en el Anexo 2 de esta obra, se utilizará aquí para ir explicando el manejo de los parámetros requeridos por el método.

Este sistema de pronóstico de cosecha fue diseñado pensando en los países subdesarrollados y particularmente en donde el agua presenta una limitante para la agricultura. Por lo tanto, el método no toma en cuenta directamente la temperatura que condiciona el crecimiento del cultivo, sin embargo, la temperatura intervendrá indirectamente de tres maneras en el



balance hídrico:

1º se notará antes que nada en la duración del ciclo de crecimiento, que por lo general depende directamente de la temperatura (esto ya ha sido señalado para el noreste de Morelos al hablar del comportamiento fenológico del maíz).

2º La temperatura del aire interviene también directamente en el cálculo de la evapotranspiración potencial, y en este sentido influye en el balance hídrico acumulativo.

3º Las temperaturas extremas pueden tener importancia en algunas zonas climáticas, especialmente por lo que se refiere a las heladas.

Por lo que respecta a la definición de variables y su concatenación para llegar al final del balance hídrico, se tiene lo siguiente:

a) *Precipitación normal* (Pn) Esta variable se refiere a la precipitación "normal" (media) por decena mensual, calculada en base a series climatológicas a largo plazo, de las estaciones escogidas.

La precipitación normal aparece como información para indicar la fecha *normal* de comienzo de la estación de las lluvias y su duración normal. Asimismo de una idea del grado de desviación de la precipitación real o actual, indicada en el renglón siguiente, respecto a la normal.<sup>20</sup>

b) *Precipitación actual* (Pa). La precipitación actual representa la lluvia total caída en cada decena del mes. El valor de la precipitación se redondea al milímetro más cercano, eliminando las lloviznas breves que no tienen importancia para la agricultura. En el otro extremo, amplias cantidades de precipitación registradas durante la decena penetran en el terreno y aseguran la recarga del almacenamiento hídrico del suelo hasta el nivel establecido para la estación dada. Cualquier cantidad de agua penetrada en el terreno, más allá de este umbral, percolará hasta las capas más profundas del mismo y será eliminada del balance hídrico. Puesto que el exceso de lluvias provoca un desequilibrio de éste, ello repercute en el rendimiento de la planta, reduciendo tres unidades al índice final por cada 100 mm que se consideraran aguas en exceso.

c) *Número de días con lluvia* (da). La observación de la cantidad de días de lluvia en la decena permitirá comprender mejor la distribución de la lluvia durante el período. Por ejemplo, una precipitación total de 150 mm que

---

<sup>20</sup> Como en esta investigación se quiso conocer la relación balance hídrico-rendimiento para otros años diferentes a 1985, fecha en que se aplicó el método directamente en campo, la precipitación normal se consideró más bien como precipitación actual, por eso no aparece en su renglón aunque de hecho es la misma que la "precipitación *actual*".

caen un sólo uno o dos días, implicará un nivel de lluvias gravoso e ineficaz, probablemente bastante dañino para los cultivos, que la misma cantidad de lluvia caída a lo largo de ocho días, que les resultará más provechosa. Del mismo modo, una precipitación total de 30 mm que cae en un solo día puede significar una considerable sequía durante una decena, especialmente si en dos decenas sucesivas se registran dos lluvias de este tipo, una al comienzo de la primera decena y la otra al final de la segunda.

Por esta razón, si se registra un día aislado de lluvias durante el período, se deberá indicar la fecha exacta.

d) *Evapotranspiración potencial* (ETP). La evapotranspiración potencial, tomada como referencia para el presente trabajo, es la cantidad máxima de agua que puede ser evaporada por una capa uniforme de césped corto y compacto, cuando la previsión de agua es ilimitada, tal como la definió Penman en 1948.

Para el cálculo de la ETP Frére y Popov proponen se aplique el método de Penman pero este requiere de datos tales como: presión atmosférica, presión de vapor de agua o humedad relativa, duración de la insolación, etc., datos que en las estaciones meteorológicas del área de estudio no se pueden obtener directamente por la carencia de aparatos necesarios. Aunque en algunos casos, si se pueden calcular mediante fórmulas o tablas, cada uno de estos parámetros. Sin embargo, por este medio los resultados pueden ser poco confiables, por lo que mejor se recurrió al análisis de fórmulas menos complejas que la de Penman para calcular la ETP, fórmulas que no por eso dejan de ser confiables.

Aunque los mismos Frére y Popov sugieren un método de cálculo empírico (que ha dado muestras de confiabilidad) y que consiste en determinar los valores de evaporación (Ev) obtenidos con un tanque evaporímetro Pan A, los cuales se multiplican por un factor de 0.70 o de 0.75 para así obtener los valores de ETP.

Para esta investigación se consideró adecuada la fórmula de Grassi, que señala:

$$ETP = C \cdot Ev$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración

Ev: Evaporación media en tanque Pan A

C: Coeficiente de ajuste adimensional

Fue interesante descubrir, que por ejemplo, para Yecapixtla el valor de C es de 0.75, por lo que lo aconsejado por Frére y Popov coincide con lo descubierto por Grassi.<sup>21</sup>

c) *Coefficiente del cultivo (kc)* Como se ha visto en los párrafos anteriores, la ETP se produce en una capa tupida de vegetación corta, durante el período de crecimiento completo. Sin embargo, los cultivos, especialmente los anuales, atraviesan numerosos períodos desde el nacimiento hasta la madurez.

Estos períodos pueden ser considerados como las etapas fenológicas, pero también, de un modo convencional, Frére y Popov consideran tres períodos.

El primer período de la vegetación comienza con el nacimiento de la planta y va hasta la aparición de los órganos de reproducción (espiguillas en caso del maíz). Durante este período la evapotranspiración real máxima de cultivo es una fracción de la evapotranspiración potencial de referencia.

Esta fracción, que aumenta desde 0.3 en el momento del nacimiento hasta 0.9 – 1.0 en el período de espigamiento, es el coeficiente del cultivo.

El segundo período se caracteriza por una capa compacta y uniforme del cultivo y abarca un lapso desde 20 días antes hasta aproximadamente 30 días después de la floración. Durante este lapso, el coeficiente del cultivo es caracterizado por valores de 1.0 o incluso levemente superiores hasta 1.1 o 1.2.

El tercer período principal de desarrollo del cultivo comienza con la formación del grano. Durante este período, el grano se desarrollará y madurará, mientras que el aparato vegetativo se irá marchitando. Las exigencias de agua de cultivo disminuirán de 0.9 hasta alrededor de 0.4 – 0.5 en el momento de la madurez.

Para calcular esta variable existen varias fórmulas empíricas de diferentes autores, por lo que se tuvieron que analizar algunas que cita Ortiz Solorio (1984), entre las menos complejas que se compararon están la de Hargreaves, Grassi y Palacios; se optó por la Grassi para mantener un mismo criterio de trabajo. Dicha fórmula es la siguiente:

$$Kc = 0.04053 + (0.03089C) - 0.000237C^2$$

Donde:

---

<sup>21</sup> Para mayores detalles acerca de la fórmula de Grassi y otros más referentes a la obtención de índices que determinan las variables del método de balance hídrico, se puede consultar a Zaldívar (1987).

Kc: Coeficiente del cultivo

C: representa la edad del cultivo en por ciento

Para calcular C se procedió de la siguiente forma:

1º Según el período habitual de siembra y cosecha se obtuvo el número de días del ciclo vegetativo del cultivo, por ejemplo: para Yecapixtla fue de 178 días.

2º Conocido el período vegetativo (178 días) y los días que llevaba el cultivo de sembrado a una fecha determinada, 82 días por ejemplo, se obtuvo "C" de la siguiente forma:

Si se sembró el 11 de julio se desea conocer la edad del cultivo para el 31 de agosto, se cuentan los días que hay del 11 al 31 de los respectivos meses (82 días) y se hace la siguiente operación:

$$C = \frac{82}{178} \times 100 = 46\%$$

Por lo tanto, la edad del cultivo al 31 de agosto fue del 46%.

Las gráficas 2.20 – 2.22 muestran el coeficiente del cultivo del maíz en tres localidades del noreste de Morelos.

f) *Necesidades hídricas del cultivo* (NH). Para determinar las necesidades hídricas del cultivo, se multiplica la evapotranspiración potencial correspondiente a la decena, por el coeficiente del cultivo de dicha decena. Y así sucesivamente por decena hasta el final del período vegetativo con el objeto de efectuar la suma y obtener el total de las necesidades hídricas (NH).

g) *Diferencia entre precipitación actual y necesidades hídricas del cultivo* (Pa – NH). Indica la cantidad de agua disponible para los cultivos, sin tener en cuenta el agua almacenada en el terreno que se tratará en el siguiente inciso. En base a esto las necesidades hídricas pueden variar de acuerdo con el período de desarrollo del cultivo.

h) *Reservas hídricas del suelo* (Rs). Se refiere a la cantidad de agua almacenada en el suelo que puede ser inmediatamente aprovechada por el cultivo. En otras palabras es la reserva hídrica entre la capacidad de campo del suelo y el coeficiente de marchitez.

Las características físicas del suelo influirán también en la capacidad de retener el agua, a igual profundidad del mismo. La proporción de arcillas y suelos de arena gruesa hace que la retención hídrica de éstos, por unidad

de profundidad sea diferente. Por ejemplo: "una capa de 50 cm. de suelo arenoso retendrá probablemente menos de 30 mm de agua disponible, mientras que la misma profundidad de arcilla puede retener de 60 a 80 mm" Frére y Popov (1980).

Considerando la premisa anterior los autores citados han convenido que como "en los primeros estadios de crecimiento el kc de los cultivos es relativamente pequeño, la disponibilidad de agua existente en el suelo será suficiente, por lo tanto se ha considerado una cantidad fija de agua almacenada de 30 mm." Es decir, cuando el suelo dispone de esta lámina mínima de agua se puede sembrar.

A las reservas hídricas del suelo también es apropiado llamarlas "capacidad de almacenamiento de agua del suelo" (CA), este valor se calculó para las localidades del área utilizando la fórmula de Aguilera (1980).

Para satisfacer los datos que la fórmula requiere se utilizaron los estudios agrológicos respectivos de los que se obtuvieron los valores de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente, ello gracias a la Subdirección de Agrología en Morelos.

La fórmula de Aguilera es la siguiente:

$$L = (P_{Sc} - P_{s\ pmp}) \cdot D_a \cdot P_r$$

Donde:

L: Lámina de retención máxima en cm. igual a  $R_s$  o  $C_a$ .

$P_{s\ cc}$ : Porcentaje de humedad a capacidad de campo

$P_{s\ pmp}$ : Porcentaje de humedad a punto de marchitez permanente

$D_a$ : Densidad aparente

$P_r$ : Profundidad radicular en cm.

i) Exceso y déficit hídrico (E/D). Este renglón indica el exceso y déficit (señalados con signo menos) referidos en la capacidad de almacenamiento hídrico del suelo. El exceso se refiere a toda cantidad de agua que supera un determinado nivel de almacenamiento.

El déficit se refiere a toda necesidad de agua que supere por debajo del nivel cero del almacenamiento hídrico. Es decir "si la diferencia entre la lámina precipitada y las necesidades hídricas ( $P_a - N_H$ ) resulta negativa, se considera que la planta tomará agua de las reservas del suelo, pero cuando no hay ( $R_s=0$ ), entonces quedará un resultado negativo (déficit)", Torres Ruiz (1983).

j) *Índice (I)* El llamado índice agrometeorológico señala, en porcentaje, la amplitud con que se satisfacen las exigencias hídricas del cultivo, según el cálculo acumulativo de cada diez días a todo lo largo del período vegetativo.

El índice se calcula de la siguiente forma: se supone que el comienzo del ciclo de crecimiento la siembra tiene lugar cuando la disponibilidad de agua en el terreno es de por lo menos 30 mm (según el método), entonces se considera que el índice tiene un valor de 100 y permanece en 100 para las decenas sucesivas, hasta que en el renglón de exceso y déficit (E/D) aparezca un exceso por encima de la capacidad de almacenamiento (CA), o bien un déficit.

Ahora bien si durante una decena se produce un exceso que supere la capacidad de almacenamiento se le restan tres unidades al índice, y queda en 97 y así permanece hasta que se produzca un nuevo período crítico que bien podría ser el caso contrario, es decir, que se presente un déficit. Así se tendrá que si después de dos decenas las reservas hídricas descienden hasta cero y además se presentara, por ejemplo, un déficit de -20 mm para una decena determinada, el índice será de 92 ya que las necesidades hídricas totales de 400 mm vieron afectado su valor de 97 a 92, este nuevo valor se calcula del siguiente modo:

Se divide -20 mm entre el total de las necesidades hídricas que fueron para este caso 400 mm. y el resultado se multiplicó por 100, el resultado indica en que porcentaje las necesidades hídricas del cultivo no fueron satisfechas y a la vez cuantas unidades se le restaron al índice.

Es el caso:

$$\frac{-20}{400} \times 100 = -5\% \text{ luego } 97-5=92\%$$

El procedimiento del cálculo se repite cuantas veces lo amerite una decena, teniendo en cuenta que el índice comienza en 100 y de ahí en adelante puede permanecer igual o disminuir, una vez afectado el índice no podrá volver a tener un resultado mayor al obtenido.

Al final de la estación de crecimiento, el índice agrometeorológico reflejará el esfuerzo acumulativo soportado por el cultivo a través de los excesos y déficits de agua. Y por lo general este índice tiene estrecha relación con el rendimiento final del cultivo, al menos que algunos elementos perjudiciales, que no toma en cuenta el método, se hayan presentado durante el crecimiento del mismo, como fuertes vientos, plagas o inundaciones entre otros.

Como ya se mencionó hacia el principio el método se aplicó con los datos de precipitación media como si hubiese sido la real o actual para años anteriores a 1985, los resultados, que se pudieron obtener por contar con información, se encuentran en el cuadro 2.18 de donde se observa claramente que no hay, usando el método así, una relación directa entre el índice y los rendimientos.

Cuadro 2.18 Rendimiento tonelada/hectárea de maíz de temporal contra índice agrometeorológico, para Yecapixtla, Ocuituco y Tetela, 1975-1983.

Yecapixtla		Ocuituco		Tetela del Volcán		
Año	Rend. t/ha	Indice	Rend. t/ha	Indice	Rend. t/ha	Indice
1975	1.94	100	3.65	-----	1.80	100
1976	1.64	100	3.41	-----	1.63	85
1977	1.81	97	0.76	-----	0.72	100
1978	2.10	100	-----	-----	-----	-----
1979	1.28	100	-----	-----	-----	-----
1980	0.71	100	-----	-----	-----	-----
1981	2.68	91	2.68	97	-----	-----
1982	-----	-----	0.51	100	-----	-----
1983	0.43	-----	0.50	94	-----	-----

Analizando la situación se consideró que el método no toma en cuenta los períodos críticos del cultivo; que la efectividad de la lluvia, por tanto, varía de una época de crecimiento a otra, con lo cual un exceso o un déficit no debe bajar siempre el índice en una proporción constante.

Así, considerando que el maíz presenta un período crítico, como lo señala Wilsie, respecto al agua cuatro semanas antes del espigamiento; se ideó correlacionar la precipitación durante ese período. Por otra parte, con el rendimiento y por otra la precipitación total con el rendimiento, se empleó la fórmula de la recta para obtener dicha correlación, para corroborar los resultados anteriores se estableció un coeficiente de correlación ( $r$ ) y un coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

Los valores obtenidos se muestran en el cuadro 2.19

Cuadro 2.19 Resultados de ecuaciones de regresión que relacionan precipitación contra rendimiento.

Estación	Precipitación total de las cuatro semanas anteriores al espigamiento contra rendimiento.	Precipitación total desde la siembra hasta el espigamiento contra rendimiento.
Yecapixtla	$r = 0.9971$ $r^2 = 0.9942$	$r = 0.9837$ $r^2 = 0.9676$
Ocuituco	$r = 0.9918$ $r^2 = 0.9836$	$r = 0.9430$ $r^2 = 0.8893$
Tetela	$r = 0.9886$ $r^2 = 0.9774$	$r = 0.9886$ $r^2 = 0.9774$

Como se podrá apreciar el uso de ecuaciones de regresión ( $r$ ) y coeficiente de determinación ( $r^2$ ) explican casi en un 100% la variación de los rendimientos en Yecapixtla y Ocuituco en base a la lluvia de las cuatro semanas precedentes al espigamiento.

Lo anterior corrobora la importancia de los períodos críticos en el desarrollo de los cultivos y nos hace reflexionar acerca de la aplicación del método de manera indirecta.

Por otra parte en la *aplicación directa* el valor del índice siempre correspondió a las expectativas de la cosecha, en Yecapixtla a un índice de 100 correspondieron 2.6 ton/ha, en Ocuituco a igual índice correspondió 2.185 ton/ha y en Hueyapan en iguales condiciones el rendimiento fue de 2.171 ton/ha.

La fig. 2.2 muestra los requerimientos de calor e hídricos del maíz en cuatro localidades del noreste de Morelos, si se promedia las necesidades hídricas del maíz en la región obtenemos que son necesarios 378 mm de agua para satisfacer las necesidades del cultivo, mientras que el promedio de lluvia en la región es de 992 mm *para el ciclo vegetativo solamente*, lo que quiere decir, al menos teóricamente, que hay un sobrante de 614 mm, o sea que poco más de la tercera parte del agua del temporal tan solo se aprovecha por el maíz.

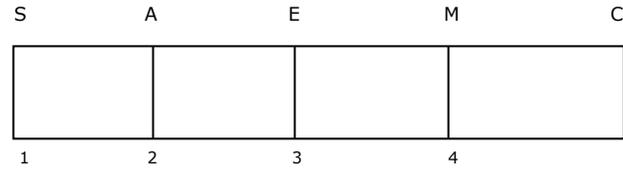
El sorgo en otras partes aledañas de Morelos, según Terrones (1985) requiere entre 332 y 357 mm, poco menos que el maíz, con lo que se puede concluir que hay agua en exceso en el noreste de Morelos y altas

Subperíodo U.C. N.H. P.mm.

Acumuladas-

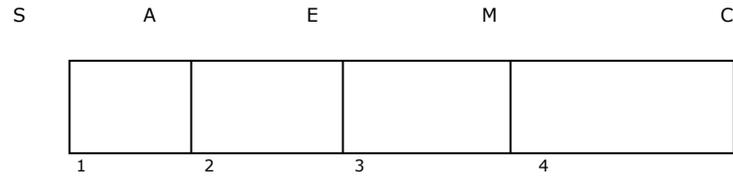
YECAPIXTLA

Subperíodo	U.C.	N.H.	P.mm.
1	298.5	47	203.6
2	559.5	121	373.0
3	949.1	249	660.6
4	1475.6	425	757.6



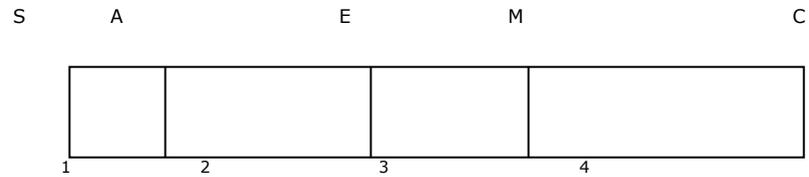
OCUITUCO

1	270.9	333	204.0
2	542.6	127.3	443.0
3	887.7	225.8	727.0
4	139.56	3663	858.6



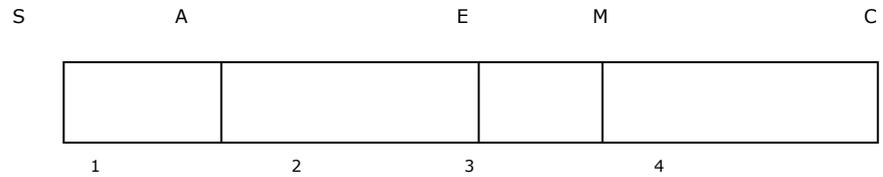
TETELA

1	263.0	37.5	294.0
2	660.0	170	719.0
3	958.0	231	1106.0
4	1387.0	346	1216.0



HUEYAPAN

1	236.2	49.0	106
2	734.2	198.5	770.5
3	970.5	276.5	1020.0
4	129.9	376.0	1137.5



ENE. FEB. MAR. ABR. MAY. JUN. JUL. AGS. SEPT. OCT. NOV. DIC.

Fases:  
S Siembra  
A Inicio de amacollaje

E Inicio de espigamiento  
M Madurez  
C Cosecha

Subperíodos:  
1 Nacencia  
2 Amacollaje  
3 Espigamiento  
4 Madurez

U.C. Unidades Calor sobre 10°C  
N.H. Necesidades hídricas de la planta en mm.  
P.mm. Precipitación en mm.

capacidades de almacenamiento en el suelo, lo que lleva a considerar que debe plantearse un mejor aprovechamiento del vital líquido. Los campesinos de la región han pedido en repetidas ocasiones que se les dote de riego y se les ha dicho que no hay posibilidades para ello, aquí se aprecia que no hay razones climáticas que impidan la creación de sistemas de riego que permitan el establecimiento de siembras otoño-invierno y otro uso de suelo en general que beneficie a la población de la región.

2.6 *Balance agroclimático del noreste de Morelos.* Según de Fina, son indispensables ciertas condiciones para el buen éxito de los cultivos; si éstos se toman como punto de partida y referencia para evaluar una región desde el punto de vista agroclimático. Para el caso del noreste de Morelos y de acuerdo con De Fina se tiene que las condiciones respecto a las plantas son las siguientes:

1) *Satisfagan sus exigencias propias en horas de frío.* Este parámetro es propio de las regiones templadas y frías, así que no sería lógico aplicarlo a toda la región del noreste de Morelos pues gran parte es cálida. Sin embargo, en Hueyapan, Huecahuaxco y aún en Tetela se presentan caducifolios que requieren de horas frío (aproximadamente diez especies). El hecho es que cumplen con sus requerimientos de frío pero su distribución geográfica e importancia económica no son muy significativos. Mas algo reluce a primera vista, la gran gama de cultivos que existen en la pequeña región del noreste de Morelos.

2) *No mueran por efecto de fríos excesivos.* Otra vez es necesario recordar que existe una zonificación agroclimática en la región, hay una agricultura continua desde los 1 500 msnm hasta los 2 300 msnm aproximadamente, luego hay manchones hasta los 3 000 msnm donde se alcanza la frontera agrícola; las heladas no se presentan sino hasta los 1 950 msnm esto quiere decir que más o menos el 50% del territorio está libre por completo de heladas y "fríos excesivos", el resto del territorio como se vio en el apartado de "heladas", las presenta de manera moderada: en poca cantidad y las fechas de primera y última helada no afectan las funciones vegetativas fundamentales de los diferentes cultivos. Los fríos en la región alta apenas alcanzan los 0°C.

3) *Dispongan, en el año, de cierto período mínimo libre de heladas.* Como ya se mencionó en el punto anterior las fechas de primera y última helada en las diferentes localidades no causan graves perjuicios a las plantas, aún a un 80% de período libre de heladas los cultivos no se ven afectados.

4) *Acumulen una determinada suma de temperaturas medias diarias.* O sea que se dispongan de las unidades calor suficientes para el buen desarrollo de los cultivos. No hay problema, la zona agrícola del noreste de Morelos "ofrece" en la época lluviosa desde 1 400 hasta 600 u.c., lo que permite que

cultivos fríos como la manzana o el tejocote dispongan de calor necesario para su bien desarrollo hasta tropicales como el mango o la sandía.

5) *En ciertas fases del desarrollo, en especial durante la fructificación, hallen temperaturas convenientemente elevadas.* Al hablar de fenología de los cultivos y del termoperiodismo, se pudo apreciar como algunos cultivos llegan a su fase de floración cuando la tasa de crecimiento de temperatura es más alta (hacia abril y mayo) lo cual favorece una buena floración luego la fructificación se da cuando las temperaturas se mantienen altas (las gráficas de coeficiente del cultivo, en el apartado anterior de este capítulo, muestran como el maíz llega al espigamiento en la época calurosa de agosto).

6) *No sean dañadas o destruidas por calores excesivos.* Cuando se hablo del termoperiodismo se mencionó el comportamiento de las temperaturas medias máximas de abril y se hizo ver que no son lo suficientemente altas para perjudicar a los cultivos, y que aún más para cultivos como sorgo, jitomate y maíz los óptimos de crecimiento se logran por encima de los 30°C, los cuales no son muy característicos de la zona.

Por otra parte parece que ciertas plagas y enfermedades son favorecidas por altas temperaturas lo cual parece perjudicar mas a cultivos establecidos en su límite inferior altitudinal, propensos a soportar mas calor que el normal, como podría ser el caso de las agallas en las hojas de aguacate en Ocuituco, que incluso son más abundantes en la parte de la copa que recibe mayor insolación.

7) *Encuentran a disposición de sus raíces en el curso de sus diferentes fases, una cantidad satisfactoria de agua.* Con la aplicación del Método de Pronóstico de Cosecha, igual llamado de Balance Hídrico se pudo comprobar, para el caso del maíz que en las diversas localidades estudiadas prácticamente no se presentan carencias de agua a lo largo del ciclo vegetativo, en el caso de Hueyapan, que es el de ciclo más largo (abril a diciembre) y cubre la mayor parte del año, no se presentaron deficiencias, ni excesos de agua. Haya que mencionar que la capacidad de almacenamiento de los suelos es elevada, ya que, a nivel nacional, para las regiones semiáridas oscila alrededor de los 100 mm; para algunas partes bajas del estado de Morelos oscila entre los 150 mm y en el noreste de la entidad parece permanecer arriba de los 300 mm y aún más de 400 mm., lo que ayuda en mucho la presencia de la vegetación, aún en la época seca.

Esto habla positivamente de la estructura física del suelo para retener el agua.

Por otra parte no hay que olvidar, que por su posición geográfica, los deshielos del Popocatépetl favorecen en la región ya sea por escurrimientos

superficiales o subterráneos, de hecho los mantos freáticos no son muy profundos.

Esto junto con las 2/3 partes de lluvia que no son aprovechadas por los cereales conduce a pensar en la serie viabilidad de irrigación, sobre todo hacia las zonas menos accidentadas de la región como el sur del municipio de Ocuituco, será mejor aprovechar las aguas en la producción agrícola y no verlas contaminarse y ser inservibles en las zonas bajas del estado.

8) *Pueden recibir oportuna y eficientemente los tratamientos culturales. Por no dificultar los trabajos tiempo demasiado seco o húmedo.* En el noreste de Morelos no son las condiciones atmosféricas las que pueden dificultar las labores agrícolas, sino mas bien aspectos socioeconómicos, como por ejemplo la falta de crédito oportuno para realizar la siembra (algunos funcionarios de Banrural no creen que la siembra de un cereal tiene un período para realizarse, fuera del cual no tiene mucho sentido cultivar). Otro aspecto contrario es la necesidad que tienen los campesinos de transportarse a grandes distancias hasta sus parcelas lo que les puede impedir realizar las labores agrícolas oportunamente o cuidarlas.

9) *A lo largo de todo su desarrollo hallen condiciones adecuadas respecto a los restantes elementos climáticos, aparte de los términos y pluviométricos, como pueden ser la duración astronómica del día, intensidad de la radiación solar, humedad de la atmósfera, evaporación, nubosidad, etc.*

Por lo que respecta a la duración astronómica del día no parece haber problemas, los aproximadamente treinta cultivos de la región son una muestra de su adaptabilidad a ella.

La intensidad de la radiación solar global es otro elemento importantísimo en la región, que es una de las que mayor intensidad recibe a nivel no solo nacional, sino incluso mundial, la relación que guarda con la actividad fotosintética y la creación de biomasa la convierte en una región con alta capacidad para mantener vegetación y un potencial que también puede ser aprovechado indirectamente en pro de la agricultura.

La humedad atmosférica, la evapotranspiración y la nubosidad no parecen representar problemas serios a la agricultura, hasta donde se supo. Ocasionalmente las granizadas en agosto dañan los cultivos. Los vientos tampoco parecen presentar mayores problemas aunque en Ocuituco los campesinos se quedan de ráfagas en agosto que perjudican al sorgo.

10) *No sean perniciosamente atacadas por plagas o dominadas por malezas, favorecidas por el curso de las condiciones meteóricas.*

En el renglón de plagas la cuestión no es tan simple, existen el gusano gallina ciega, en maíz; periquillo, en el aguacate, en algunas zonas

como Huecahuaxco; chahuistle en el durazno, también en Huecahuaxco; el gusano barredor, araña roja y hongos en algunos cultivos de Ocuituco; al igual que manchas blancas y polilla en las hojas de algunos caducifolios en Hueyapan. El problema se complica porque no existe un plan conjunto para combatir efectivamente a las plagas y enfermedades. En el futuro la Agroclimatología y fenología podrán participar en el combate contra las plagas, estudiando precisamente su fenología para encontrar el eslabón más débil donde poder atacarlos.

Respecto a las malezas, la mayoría de los campesinos las combaten a mano, ya que no pueden hacerlo con herbicidas.

Sin embargo los propios campesinos han apreciado que los agroquímicos van disminuyendo la fertilidad de la tierra y cada vez se requieren dosis mayores de éstos para mantener el nivel de producción. Este es un problema que debe verse en todas sus dimensiones (ecológicas, sociales, económicas y políticas, entre otras) y buscar la solución más adecuada.

En síntesis, en el noreste de Morelos existen condiciones agroclimáticas altamente positivas para la agricultura, basadas en un buen equilibrio radiación solar-temperatura -agua, a pesar de ello el espacio geográfico de la región no es lo suficientemente grande para permitir que todas las especies susceptibles de explotación se distribuyan ampliamente, queda sin embargo el recurso tiempo. Radiación solar-temperatura-agua puede captarse, de tal manera que su distribución en el tiempo permita la existencia de otros ciclos agrícolas.

## CAPITULO 3

## LA REALIDAD SOCIOECONOMICA

- ¡Porque en Hueyapan, para el C. Gobernador no existen ciudadanos de segunda!
- No, pos si todos somos de tercera.

Diálogo funcionario-campesino.

3.1. *La apropiación del suelo en Morelos.* Antes de hablar propiamente de este aspecto, cabe señalar que en los dos primeros capítulos se han tratado asuntos fundamentalmente físicos que demuestran como existe un verdadero potencial agroclimático en la región de estudio, con ello la variable dependiente queda bien establecida y comprobada; ahora nos queda indagar como la sociedad; o quizá sea mejor decir las diversas comunidades humanas de la región, con su desarrollo histórico, tradiciones y cultura en general, estructura y problemas poblacionales, factores que a su vez inciden en el tipo de economía y agricultura han sabido aprovechar ese potencial agroclimático. Al final se podrá saber en qué grado las comunidades humanas aprovechan la naturaleza de acuerdo a su vocación.

Una característica fundamental del paisaje agrario del estado de Morelos desde la época de la Colonia hasta principios de este siglo lo fue la hacienda azucarera; el conquistador Hernán Cortés fue quien introdujo la caña de azúcar en México apenas consumada la Conquista, lo hizo en sus recién adquiridos dominios de Cuernavaca, posteriormente y con relativa rapidez el cultivo se extendió en la región hacia los otros valles de Yautepec y Cuautla, desplazando a los cultivos nativos de maíz y algodón.

Las características geográfico-físicas de la región facilitaron la adaptación de la caña de azúcar, a saber: tierras de baja altitud y planas (1 000a 1 600 msnm), altas temperaturas que van desde los 20°C la media mensual más baja del año hasta los 26°C la media mensual más alta del año, una precipitación media anual de 800 a 1 000 mm (osea, un clima Aw, según Koeppen), además de una alta insolación de 2 200 a 2 300 horas anuales y un fotoperíodo de día corto de 10:50 hrs. A 13:06 hrs. Las facilidades de riego debidas a las corrientes fluviales superficiales y subterráneas provenientes de las tierras altas del norte del Estado (sierra de Chichinautzin y del volcán Popocatepetl) completaron el marco para el buen desarrollo de la caña de azúcar.

Esa importante señalar, desde ahora, que las características originarias del paisaje (físicas y humanas) van a influir grandemente en la

modalidad que tomó la Revolución Mexicana en Morelos y por tanto es sus consecuencias.

La transformación de la caña de azúcar va a ir conformando el prototipo de la hacienda azucarera, ya que "a mediados de la cuarta década del siglo XVI empezaron a funcionar los dos primeros ingenios de la zona, el de Tlatenango que perteneció a Cortés y el de Axomulco, propiedad de de Serrano Cardona. Fue hasta entonces que se fabricó azúcar blanca, refinada, iniciándose la industrialización del producto. Estos primeros ingenios ya contaban con los elementos más importantes que van a caracterizar a la hacienda azucarera de los siglos XVII y XVIII, a saber: extensos cañaverales, imponentes edificios, molinos de agua y una amplia infraestructura hidráulica. En el proceso de industrialización de azúcar empleaban una numerosa fuerza de trabajo, formada principalmente por esclavos indígenas y negros y por indios libres" (Wobeser, 1984).

Para fines del siglo XVI existían unas 12 haciendas azucareras, para el siglo XVII va cobrando auge esta hacienda y ya para el siglo XVIII existían unas cincuenta haciendas azucareras aunque no todas ocupaban superficies similares ni tenían la misma capacidad industrial.

En contrapartida este auge de las haciendas implicó el despojo de tierras a los pueblos indígenas, desapareciendo por esto algunos de ellos, de hecho no hubo ningún pueblo que no sufriera despojos de sus tierras y sus aguas por parte de las haciendas.

Ya en el México independiente (siglo XIX) las haciendas no dejaron de representar un modelo de explotación y aún se incrementó su papel voraz; en 1856 la injusta situación provocó que un grupo de gentes armadas atacaran dos haciendas, el entonces presidente de la República Ignacio Comonfort envió 500 soldados a reprimir esta revuelta, mientras que el patriota Juan Álvarez publicaba un manifiesto titulado: *A los pueblos cultos de Europa y América*, "donde se refiere la precaria situación económica y social en que se encontraban los trabajadores de las haciendas, enganchados como esclavos, cuyas deudas llegaban hasta la octava generación; la insaciable codicia de los hacendados, usurpadores de las tierras comunales; la demanda de justicia de los pueblos y la represión oficial contra quienes reclamaban lo suyo" (Enciclopedia de México, 1977).

Hacia la segunda mitad del siglo XIX son expedidas las Leyes de Reforma que buscaban entre otras cosas la modernización del agro mexicano, tratando de promover la pequeña propiedad, más sin embargo sus efectos fueron otros: favorecieron la creación y el agrandamiento de los latifundios.

Para la década de los 80's de ese siglo el uso de máquinas de vapor en el refinado de azúcar favoreció una mayor producción y por tanto la necesidad de contar con más tierras para los cañaverales; a su vez el uso de tractores de vapor facilitaba las labores agrícolas, ante esto los hacendados volvieron a invadir los fundos legales de los pueblos, que aún quedaban, y las obras de riego se incrementaron.

En 1910, año de inicio de la Revolución Mexicana, las haciendas azucareras poseían el 63.7% del territorio del Estado de Morelos, las haciendas no azucareras y pequeñas propiedades poseían el 7.4% y los pueblos el 28.9%. En cuanto a la calidad de las tierras, las haciendas azucareras tenían bajo su poder casi el 90% de las tierras de riego y el 62% de las de temporal.

Resulta también significativo que las cuatro mayores haciendas: San Juan Chinameca, Santa Ana Tenango, San Gabriel las Palmas y Santa Clara Montefalco poseían juntas casi la tercera parte del territorio del Estado (13%, 7.8%, 6.2% y 5.9% respectivamente).

Aunque en lo que respecta a la calidad de las tierras su mayor parte eran "no agrícolas", de esta manera la hacienda con mejores tierras era la Santa Clara Montefalco con 2 794 hectáreas de riego y 11 247 de temporal; le seguía Santa Ana Tenango con 1 648 hectáreas de riego y 16 679 de temporal, luego San Gabriel Las Palmas con 887 hectáreas de riego y 6 215 de temporal y, por último, San Juan Chinameca con sólo 638 hectáreas de riego y 4 939 de temporal.

La Revolución Mexicana encabezada en su inicio por Francisco I. Madero con fundamentos primordialmente políticos (Sufragio efectivo, No reelección) significó para los pobladores de Morelos la oportunidad de buscar la restitución de sus tierras; cuando triunfa el movimiento de Madero los rebeldes de Morelos no detuvieron la lucha, se avituallaron por la fuerza en las haciendas y empezaron a reclamar o a tomar las tierras. Para entonces ya había sobresalido la figura de Emiliano Zapata quien solicitó a Madero respuesta positiva a la demanda de los campesinos, mientras éste a su vez le pedía que licenciara a sus tropas; no llegando a un acuerdo Zapata postula el Plan de Ayala, el 28 de noviembre de 1911, primer documento de la Revolución Mexicana de carácter agrarista y por tanto de contenido socioeconómico trascendental, sin embargo no era un documento radical que se propusiera la abolición de la propiedad privada, pues como ya se dijo sólo reclamaba la devolución de tierras ejidales o comunales a sus legítimos propietarios y la expropiación, con indemnización previa, de la tercera parte de los latifundios.

Ante la fuerza de los zapatistas el ejército federal puso en práctica en Morelos la "recolonización", que consistía en sacar a la gente de sus pueblos y meterla en campos de concentración. La situación empeoraría en febrero de 1913 al derrocar el general Victoriano Huerta a Madero; Huerta promete a los hacendados de Morelos poner paz "en un mes" acentuándose entonces la política brutal de "recolonización".

Zapata se dedica a combatir al usurpador constituyendo en octubre de 1913 el Ejército Libertador del Centro y Sur, mientras en el norte del país Venustiano Carranza promulga el plana de Guadalupe donde desconoce a Huerta como presidente, así para 1914 las fuerzas carrancistas avanzan hacia la capital de la república por el norte y las zapatistas lo hacen por el sur, finalmente los primeros toman la capital expulsando a Huerta del poder. Carrancistas y zapatistas entran en largo conflicto, los últimos vuelven a tener el control sobre Morelos y se reanuda la toma de tierras.

En octubre de 1914 se reúnen representantes del general Francisco Villa (quien había militado en las fuerzas carrancistas) con los del general Zapata en la llamada Convención de Aguascalientes donde desconocen a Venustiano Carranza como presidente de la República, poniendo en su lugar a Eulalio Gutiérrez. A fines de noviembre de ese año Villa y Zapata toman la capital de la República y se entrevistan.

Es muy importante este hecho, pues controlan el poder representantes eminentemente populares, pero con percepciones y problemas diferentes derivados en buena parte del medio en que se desarrollaba cada uno, el norte de Villa se enfrentaba a realidades geográfico-históricas muy diferentes a las del sur, de zapata. Quizá este hecho repercutió en la no consolidación de su gobierno, representante de los intereses más populares de la Revolución Mexicana.

Para 1915 el estado de Morelos se halla en paz, dominado por los zapatistas que forman comisiones agrarias para trazar los límites de los ejidos; a la vez un zapatista, Manuel Palafox, es el encargado de la cartera de Agricultura y Colonización del gobierno de la Convención, durante su gestión crea un banco de crédito rural, una fábrica nacional de implementos agrícolas, escuelas regionales de agricultura y una oficina encargada del reparto de la tierra, se confiscan los ingenios y destilerías de alcohol de Morelos y algunas se convierten en empresas públicas, también se reparten créditos entre los campesinos.

Para contrarrestar la política agraria impulsada por el Gobierno de la Convención, Carranza, refugiado en Veracruz, expide la llamada Ley Agraria del 6 de enero de 1915, autorizando la distribución provisional de tierras.

En 1916 se debilita el Gobierno de la convención y los carrancistas toman la ofensiva militar, de tal manera que para mayo la mayoría de las poblaciones de Morelos estaban en sus manos y se vuelven a establecer los campos de concentración, la población civil huye a las sierras para esconderse; los carrancistas derogan todas las leyes y ordenanzas expedidas por el Gobierno de la Convención y en primer término las relativas a la distribución de tierras.

El ejército zapatista se disgrega en grupos guerrilleros que poco a poco vuelven a recuperar terreno, pero aparecen luchas internas que lo debilitan aun más.

El 1º de mayo de 1917 Carranza asume nuevamente la presidencia de la República y, decidido a terminar con el zapatismo, ordena que sus fuerzas ataquen con nuevo ímpetu a Morelos apoderándose de él, algunas haciendas vuelven a funcionar en manos de los latifundistas.

Buscando alianzas para robustecerse Zapata es traicionado y asesinado el 10 de abril de 1919. Poco tiempo después el gobernador carrancista devuelve las haciendas a los terratenientes.

Sin embargo pequeños grupos zapatistas siguieron actuando encabezados por Gildardo Magaña, estos grupos apoyaron la candidatura del general Álvaro Obregón y Carranza, era crítica y el primero tiene que huir hacia el Estado de Morelos donde apoyado por los mencionados grupos zapatistas (amén de militares constitucionalistas que se le unen) combate a Carranza.

Posteriormente Carranza huye de la ciudad de México y es asesinado en su escape; Obregón pasa a ocupar la presidencia de la República, mientras que los jefes zapatistas que lo apoyaron pasan a formar parte de sus filas.

El hecho del apoyo de zapatistas al general Obregón y el triunfo de éste significaron la reivindicación de los postulados agraristas en Morelos.

El 1º de julio de 1920 es nombrado gobernador de Morelos el Dr. José G. Parres, ex médico del ejército zapatista, quién impulso el reparto agrario y dispuso los trámites necesarios relativos a la restitución, dotación, ampliación de ejidos y demás asuntos relacionados con las demandas campesinas.

Así, el Dr. Parres inició el reparto definitivo de tierras el 20 de septiembre de 1920, para 1921 se había dispuesto repartir 48 595 hectáreas a 38 poblados afectando a 27 haciendas.

Es significativo señalar que a pesar de todo la ley que marcó la contemporánea Reforma Agraria en México fue la Ley Agraria del 6 de enero de 1915, pretendiendo olvidar los planteamientos primeros del Plan de Ayala; aquella ley dispuso la creación de la Comisión Nacional Agraria como organismo encargado del reparto agrario.

Para algunos autores es claro que en estas primeras dotaciones en Morelos la Comisión Nacional Agraria tan sólo legitimó los repartos realizados por Zapata, opinión que nos parece completamente atinada.

“En el período 1922-27, la Comisión nacional Agraria dotó un total de 112 855 hectáreas, de las que 16 560 eran de riego, otras 40 592 de temporal y 54 817 de distintos tipos no agrícolas. Los años de mayor dotación de tierras fueron 1922, 1926 y 1927... a las haciendas se les arrancó el 53.2% de sus tierras de riego y el 55.4% de temporal...la reforma Agraria desintegró a las haciendas al repartir su principal riqueza: los terrenos de riego y de temporal y les conservó los de pastal-cerril. La opción para los hacendados fue la de vender o cambiar el carácter productivo de sus empresas...” (González, 1984).

El proceso de reparto agrario en Morelos continuó con gran ímpetu hasta el período presidencial del general Lázaro Cárdenas (diciembre de 1934 a 1940) que se caracterizó por su política nacionalista apoyada en la alianza con campesinos y obreros, para esa época el número de hectáreas repartidas en el estado era prácticamente el mismo que el que poseían las haciendas al iniciarse la Revolución Mexicana; en los posteriores regímenes presidenciales el reparto agrario ha sido poco significativo en comparación con la etapa de 1920 a 1940, como se puede apreciar en la gráfica 3.1, también se puede notar que, en general, el reparto en Morelos ha sido muy diferente que a nivel nacional, por las razones históricas que se han enunciado con anterioridad.

En el período post-revolucionario, la burguesía que había perdido la posesión de la tierra se las ingenia para preservar de alguna manera su poder económico, surgen así los “acaparadores” de las cosechas y el control de las ventas de éstas por los grandes comerciantes y los industriales del sector agropecuario, de esta forma aunque el campesino tiene la tierra en su poder y la trabaja, el producto de su labor es controlado y multiplicadas

las ganancias por unos cuantos. A esta injusta situación se opone un excombatiente zapatista: Rubén Jaramillo, quien organiza a buena parte de los campesinos de Morelos (y aún del estado vecino de Puebla) y encabeza una serie de luchas en beneficio de éstos y de los obreros agrícolas, que van desde 1926 hasta 1962 en que es asesinado por el ejército mexicano.

Otro hecho que se presenta ante el agrarismo renovado por el presidente Lázaro Cárdenas y su proyecto nacional de tinte socialista es que la burguesía nativa, apoyada por los intereses estadounidenses, oponen un proyecto "modernizador" del país (que conlleva su industrialización y el crecimiento de las ciudades), por supuesto los grandes beneficiados de él serían sus propios promotores, en este marco se lleva a cabo la llamada Revolución Verde (1940-1960) que si bien hizo aumentar la productividad del campo, favoreció enormemente a los grandes propietarios que aún quedaban y que disponían de los medios económicos para adquirir la tecnología que implicaba esta "Revolución"; de esta manera volvió a ensancharse la brecha entre la burguesía agraria y el campesino ejidatario y comunero, las diferencias regionales de México también se acentuaron, favoreciendo más al noreste y quedando rezagados de nueva cuenta el centro y sur.

En la actualidad los problemas socioeconómicos del agro mexicano se han incrementado con la crisis económica, la política de reforma agraria tan sólo tiende a estabilizar las diferencias entre los propietarios privados y los campesinos pobres. El proyecto de una reforma agraria radical sigue siendo eso, un proyecto para el México futuro.

*3.1.1 La excepción: el noreste del Estado.* A diferencia del resto del Estado, la región montañosa del noreste mantiene desde la Conquista un desarrollo diferente, por sus condiciones geográficas no pareció ventajosa a los conquistadores, lo que permitió a la población indígena sobrevivir hasta nuestros días.

Esta región forma parte de la "ladera" suroeste del volcán Popocatepetl, que se levanta a partir de los 1 900 msnm, se caracteriza por un relieve abrupto y una gran cantidad de cañadas asociadas a las fracturas y fallas del propio volcán, lo que ha dificultado las comunicaciones intra y extra regionales y, en buena medida, condicionado su desarrollo histórico.

En consecuencia, con el relieve el clima es templado y no tropical como en la mayor parte del Estado. En la región los poblados principales son: Ocuituco, Jumiltepec, Huecahuaxco, Tetela, Hueyapan y Alpanocan (que aunque no pertenece al estado de Morelos, se puede considerar como un enclave de Puebla en Morelos).

Durante la época Colonial los indígenas no fueron despojados del todo de sus tierras, mantuvieron sus cultivos tradicionales: maíz y frijol, entre los de ciclo anual; aguacate y tejocote entre los frutales, a ellos se aunaron trigo, duraznero, nuez de Castilla, manzano y peral y otro más: la mariguana, que era utilizada con fines medicinales<sup>22</sup> (mapa 26).

Al paso del tiempo sobrevino el mestizaje, aunque en la actualidad tanto en Alpanocan como en Hueyapan sigue predominando la población indígena.

En lo económico, la población contaba con pequeños "solares" adyacentes a sus viviendas donde cultivaban toda la gama de productos anteriormente citados, amén del bosque templado de donde extraían madera para uso doméstico y para fabricar utensilios o venderla. De tal suerte que desde esa época ha predominado una agricultura de policultivo y subsistencia, en los años de abundante cosecha se vendían los excedentes; con el crecimiento de la población se hizo necesario bajar a "Tierra Caliente" para trabajar de peones en las haciendas, regresando al lugar de origen durante la siembra y la cosecha.

La situación no cambió significativamente con la Independencia, aún más, hacia fines del siglo pasado los terrenos comunales del bosque pasan a poder de la compañía maderera de San Rafael y Anexas bajo una argucia legal que perjudicó principalmente a los habitantes de Tetela y Hueyapan.

Durante la época revolucionaria los habitantes de la región no participan tan activamente en la gesta zapatista como los pobladores de Tierra Caliente, pero sufren influencias que van a modificar las relaciones de la región con otras regiones y también las relaciones internas. Por un lado, ante la barbarie desatada por federales y carrancistas, los habitantes de poblaciones asoladas por la guerra huyen hacia partes inhóspitas, entre ellas el noreste del Estado. Por otro lado los soldados federales que atraviesan la región buscan un producto: la mariguana, que comienza a ser mercancía.

Arias y Bazán (1979) mencionan que este último hecho pudo ser un factor para que al establecerse el reparto agrario en esta región, fuese recibida "en un primer momento como acto impositivo". Sin embargo con el tiempo la propia población iría reclamando la dotación y restitución de tierras.

---

<sup>22</sup> Aún hoy se sigue utilizando para curar el reumatismo, mezclada con alcohol y un tubérculo propio de la zona.

Por otra parte, en buena medida la población que había emigrado a los poblados del noreste se establece ahí definitivamente y su quehacer fundamental será el comercio, ellos promoverán la creación del municipio de Tetela del Volcán a partir del de Ocuituco, demandando así mayor libertad política para promover su desarrollo económico, ello será fuente de conflicto con la élite nativa que se iba también expandiendo a costa del comercio de mariguana; el dilema era entonces: abrirse a integrarse a otros mercados o mantenerse aislados para evadir el control de la región y así poder sacar la mariguana. La solución ha sido ecléctica, por lo menos en el municipio de Tetela ha habido apertura pero los intereses del segundo grupo no han sido erradicados, de hecho el control político se ha alternado y así se ha logrado mantener cierto equilibrio entre ambos grupos.

Esta situación es analizada por Arias y Bazán mas señalan que el cultivo de la mariguana ha sido erradicado; otra autora, estadounidense, Judith Friendlander (1977) en su obra "Ser indio en Hueyapan" ni siquiera parece haberse enterado del problema a pesar de haber vivido dos años en ese lugar.

Lo cierto es que a pesar de los esfuerzos de las autoridades federales por combatir el cultivo y tráfico de la mariguana en la región éste continúa existiendo (se ha sumado incluso el de la amapola); en Tetela, Hueyapan y Alpanocan los traficantes abordan sin mayor problema a los extraños, algunos de ellos estadounidenses, que saben perfectamente a lo que van.

El hecho es conocido por todos los habitantes de la región pero se calla, unos por estar ligados al negocio y otros por el temor, totalmente justificado, de ser asesinados por los primeros, que no se guardan de utilizar la violencia no sólo en defensa de "sus intereses" sino también la utilizan con toda prepotencia y con cualquier pretexto para mantener "respeto", todo ello ante la indiferencia, ineficacia o quizá complicidad de las autoridades judiciales locales.

Las cifras que se dan a continuación, acerca del valor de diversos cultivos podrán dar idea de la actual importancia de la mariguana.

Producto	Valor potencial por Ha.
Frijol.....	\$ 100 000.00
Maíz.....	\$ 185 000.00
Aguacate.....	\$ 10 000 000.00
Durazno.....	\$ 10 000 000.00
Mariguana.....	\$ 80 000 000.00

Las cifras anteriores fueron obtenidas según los precios de 1986 en la región de estudio y sin considerar los insumos.

Otros hechos a considerar en una investigación amplia de la región noreste de Morelos son: las diferencias étnicas, la existencia de indígenas y mestizos se traducen en diferencias culturales y económicas. La penetración de sectas protestantes desde principios de siglo que, aunque aparentemente han favorecido la conservación de las tradiciones de los conversos, de hecho han propiciado divisionismo entre la población y remarcado las diferencias socioeconómicas; en buena medida la penetración protestante vino con la llamada "Revolución Verde" que, como se ha visto, constituyó una reacción al agrarismo. Todos los hechos anteriores hacen del noreste de Morelos un verdadero mosaico físico-socioeconómico.

*3.2 La Población.* La población de los tres municipios del noreste de Morelos no es homogénea en cuanto a su tasa de crecimiento, si apreciamos la gráfica 3.2 encontramos que hay una gran similitud (hasta prácticamente idéntica en los últimos diez años) entre el crecimiento poblacional de Ocuituco y Tetela; mientras que Yecapixtla muestra otra tendencia, en los primeros el ritmo de crecimiento ha sido de un 25% aproximadamente desde 1940 hasta 1980, y no aparece haber motivo para que se haya alterado hasta el presente.

En Yecapixtla la tendencia de crecimiento de 1930 a 1960 fue de 25%, pasando a un crecimiento de 37.5% de 1960 a 1970, para dispararse a un 75% de 1970 a 1980, y tampoco parece vislumbrarse un verdadero motivo para creer que haya habido cambios a la fecha.

La población total en estos tres municipios, según el X Censo General de Población (1980) era de 10 634 habitantes en Ocuituco con una densidad de 133.3 hab/km<sup>2</sup>. En Tetela del Volcán se reportan 10 638 habitantes que dan una densidad de 91.2 hab/km<sup>2</sup> y en Yecapixtla se tienen 19 923 habitantes que arrojan una densidad 110.4 hab/km<sup>2</sup>.

Si consideramos los datos censales para Yecapixtla y Tetela hay una abrumadora mayoría de población urbana sobre la rural, pero este indicador basado en la cifra de 2 500 habitantes para considerar una localidad como urbana, en realidad, para nuestra zona de estudio puede distorsionar en mucho la realidad, haciéndonos creer que esos habitantes "urbanos" gozan de toda una serie de servicios de una ciudad típica.

Será mejor esperar a analizar otros elementos de la población para darse cuenta de su género de vida.

Respecto al carácter étnico de la población, como ya se mencionó en el apartado, la zona y todo Morelos fue un importante bastión indígena nahua en la época prehispánica, y en la actualidad. Las zonas más apartadas de la región tienen una población predominantemente indígena, que conserva su lengua (dialecto náhuatl derivado del Xochimilca, pues fueron los Xochimilcas quienes dominaron la zona, a tal grado que llegados otros grupos indígenas de Puebla y Oaxaca antes de la conquista estos fueron asimilados por los primeros. Los habitantes de la región llaman a su idioma "mexicano").

El hábito en el vestir y las costumbres, en estas zonas, como Hueyapan, corresponden al sincretismo indígena-español que se da a partir del siglo XVI y que en mucho se conserva intacto.

Según el X Censo General de Población en el apartado de "Población de cinco años y más que habla lengua indígena" en Yecapixtla se registran 622 personas que la hablan, de los cuales 311 no hablan español; en Ocuituco existen 286 personas que hablan una lengua indígena, de los cuales 143 no hablan español. En Tetela del Volcán se presenta la cifra más alta, 7 222 registrados, o sea el 34% de la población total del municipio, de los cuales 3 611 no hablan español, con toda seguridad es Hueyapan el bastión de esta comunidad.

En algunos casos, puede pensarse que no todos los hablantes de lengua indígena sean indios, ya que algunos comerciantes aprenden el idioma para poder comerciar con mayor facilidad con el indígena.

Por otra parte, es interesante señalar que las mayores cantidades de hablantes de lenguas indígenas no se encuentran en grupos de edad avanzada, sino también en grupos de población joven (en general mayor de 34 años y en particular menor de 19 años para Ocuituco y Tetela), aunque existe una discriminación racial hacia el indígena por parte del mestizo y el blanco, lo que da lugar a que muchos jóvenes indígenas ya no quieran hablar su lengua nativa, por lo menos frente a extraños, a lo que los viejos les aconsejan que no dejen de hablar su lengua ya que dominar un lenguaje distinto al español les da precisamente una ventaja frente al extranjero, éste no se entera de lo que están hablando, siendo así la lengua indígena un arma de defensa de la identidad.

Los diversos grupos de protestantes religiosos que "han llegado" a la región en las últimas cinco décadas han fomentado la permanencia del idioma náhuatl, pero para ellos aprender náhuatl es una forma de acercarse y poderse comunicar con el indio para inculcarle la nueva religión, así hay gran cantidad de protestantes entre los indígenas, lo que ha causado el

resquebrajamiento de su unidad e identidad cultural y aún más pugnas y querellas entre indígenas protestantes e indígenas católicos, esta lucha tiene un cariz económico en que los primeros apoyados desde sus centros de difusión reciben medios económicos para su "progreso" y en muchos casos se convierten en explotadores de sus hermanos de raza "un ejemplo" dirían ellos.

Esta proceso de infiltración de las sectas protestantes, que bien se sabe no es propio de esta región, sino de todas aquellas áreas fundamentalmente indígenas del país y que ha sido acusada como una estrategia bien planeada, desde el exterior del país, para desintegrar a los grupos indígenas, o sean las raíces nacionales más profundas. Esta influencia debe ser rechazada por completo.

Detrás de la aparente ayuda espiritual y material que proporcionan siembran el germen del individualismo capitalista que facilite la dominación extranjera en México.

Ahora bien, de hecho la mayoría de la población, indígena o no, profesa la religión católica. El hecho ya mencionado de la importancia de la población indígena a la llegada de los españoles y la posición geográfica de esta área, que servía de ruta alterna del Golfo hacia el centro del país, obligó a los españoles a someter por la fuerza a ese núcleo primario de población, consecuentemente vino al establecimiento de la iglesia, en manos de los dominicos.



