

21
245



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

ESTE TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA
EVOLUCION DE LA ISLA DE CALOR EN LA
CIUDAD DE TOLUCA



TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A:

SILVIA MORALES GERVANTES



MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**A MIS PADRES
FRANCISCA Y MANUEL**

**POR TODO EL AMOR Y APOYO
QUE ME HAN BRINDADO**

**A MIS HERMANOS
ELIA, ELENA, HORTENCIA, GLORIA,
JUAN, SERGIO, REGINA Y ROBERTO.**

CON TODO MI CARIÑO.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

COMO MUESTRA DE AMOR.

AL DR. JAUREGUI.

INDICE

TITULO: EVOLUCION DE LA ISLA DE CALOR EN LA CIUDAD DE TOLUCA

INTRODUCCION

CAPITULO 1 CLIMATOLOGIA GENERALIDADES

| | |
|---|----------|
| 1.1 CLIMATOLOGIA | 1 |
| 1.2 BREVE HISTORIA | 2 |
| 1.3 EL CLIMA Y ACTIVIDADES HUMANAS | 4 |
| 1.4 ESCALAS CLIMATICAS | 7 |

CAPITULO 2 CLIMATOLOGIA APLICADA

| | |
|--|-----------|
| 2.1 PLANIFICACION REGIONAL DE LA UTILIZACION DE LA TIERRA | 10 |
| 2.2 PLANIFICACION DEL SUELO URBANO | 11 |
| 2.3 PLANIFICACION DE ASENTAMIENTOS URBANOS | 12 |
| 2.4 ADMINISTRACION DE EDIFICIOS | 13 |

CAPITULO 3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS CLIMAS URBANOS

| | |
|--|-----------|
| 3.1 CONTROLES SINOPTICOS | 14 |
| 3.2 CONTROLES URBANOS Y NO URBANOS LOCALES | 14 |
| 3.3 ESCALAS ASOCIADAS A LOS EFECTOS URBANOS | 15 |
| 3.4 MODELOS CONCEPTUALES DE LA ATMOSFERA URBANA | 16 |

CAPITULO 4 EL CLIMA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

| | |
|---|-----------|
| 4.1 EL CLIMA EN TOLUCA | 18 |
| 4.2 DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO | 25 |
| 4.3 METODOLOGIA | 26 |
| 4.4 ESTACIONES FIJAS Y MOVILES | 28 |
| 4.5 RECORRIDOS INSTRUMENTADOS | 28 |

CAPITULO 5 ANALISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMACION DE LA ISLA DE CALOR

| | |
|--|-----------|
| 5.1 NATURALEZA DEL SUELO | 31 |
| 5.2 CONSTRUCCIONES DE LAS CIUDADES | 31 |
| 5.3 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA | 31 |
| 5.4 TOPOGRAFIA | 32 |
| 5.5 VEGETACION | 32 |
| 5.6 LA CONTAMINACION DEL AIRE | 32 |
| 5.7 ADMITANCIA DEL SUELO | 33 |
| 5.8 AVANCE DE LA MANCHA URBANA E INDUSTRIAL | 33 |

CAPITULO 6 DATOS UTILIZADOS PARA EL ANALISIS

| | |
|---|-----------|
| 6.1 DATOS | 37 |
| 6.2 RECOPIACION DE DATOS | 40 |
| 6.3 ANALISIS DE LA INFORMACION | 42 |

CAPITULO 7 ISLA DE CALOR

| | |
|--|-----------|
| 7.1 DEFINICION DE ISLA DE CALOR | 44 |
| 7.2 ANTECEDENTES | 45 |
| 7.3 IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS DE CLIMA URBANO | 47 |

CAPITULO 8 RESULTADOS

| | |
|---|-----------|
| 8.1 VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR | 50 |
| 8.2 VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD | 57 |
| 8.3 VARIACION ESTACIONAL DE LA T_{min} | 68 |
| 8.4 VARIACION ESTACIONAL DE LA T_{max} | 72 |
| 8.5 TENDENCIA DE LARGO PERIODO DE LA INTENSIDAD MAXIMA MEDIA DE LA ISLA DE CALOR | 75 |
| 8.6 CURVAS ACUMULATIVAS DE RAZON DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO . | 79 |
| 8.7 EVOLUCION DE LA ISLA DE CALOR | 86 |

CAPITULO 9 ESTACIONES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

| | |
|---|-----------|
| 9.1 ALGUNOS ASPECTOS CLIMATICOS Y ESTADO ACTUAL DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS | 92 |
|---|-----------|

| | |
|---------------------------|------------|
| CONCLUSIONES | 105 |
|---------------------------|------------|

| | |
|------------------------------|------------|
| RECOMENDACIONES | 108 |
|------------------------------|------------|

| | |
|------------------------|------------|
| APENDICES | 110 |
|------------------------|------------|

| | |
|---|--|
| 1 GRAFICAS DE DIF. DE T_{min} MENSUAL (T_{min} rect - T_{min} zina) | |
| 2 GRAFICAS DE DIF. DE T_{max} MENSUAL (T_{max} rect - T_{max} zina) | |
| 3 GRAFICAS DE DIF. DE T_{min} TRIHORARIA (rectoria - zina) | |
| 4 GRAFICAS DE DIF. DE H.R. TRIHORARIA (rectoria - zina) | |
| 5 GRAFICAS DE RAPIDEZ DE ENFRIAMIENTO (urbana y rural) | |
| 6 GRAFICAS DE RAPIDEZ DE CALENTAMIENTO (urbana y rural) | |
| 7 GRAFICAS DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS | |
| 8 MAPAS DE ISOTERMAS (T_{min} y T_{max}) | |

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

La importancia que se da hoy en día a los impactos económicos del clima y a las actividades relacionadas con el mismo pone de relieve la necesidad de efectuar más investigaciones sobre los procesos físicos de la atmósfera, por un lado, y para su descripción estadística, por el otro, ya que el entendimiento de la variabilidad climática natural, de la susceptibilidad del clima ante las actividades humanas y de la predicción del tiempo y del clima para períodos que van de días a décadas, es fundamental para poder mejorar nuestra capacidad de responder a inminentes problemas sociales.

Es incuestionable que hoy en día para poder observar, analizar y comprender cualquier fenómeno que se presente en la superficie de la Tierra es necesario estar consciente de la interrelación de las ciencias en cuanto a su objeto de trabajo y su metodología. Así, tratase de un fenómeno físico, social, político...etc, su estudio y posterior entendimiento va a estar condicionado a la participación de dos o más ciencias.

Este trabajo nace de la inquietud de analizar la evolución de la Isla de calor, originada por urbanización en la ciudad de Toluca y sus alrededores.

Se pretende poner en practica algunos conceptos y métodos de ciencias ligadas tales como la Geografía, la Climatología, la Ecología, la Meteorología, La Planeación urbana...etc con el fin de entender el origen y el desarrollo de estos fenómenos urbano-atmosféricos que cada vez se presentan con mayor intensidad en nuestro planeta.

Ya que la gran mayoría de los estudios tratan de los climas urbanos de los países industrializados que se hallan en regiones de latitudes medias, mientras que las condiciones de las aglomeraciones que se encuentran en latitudes tropicales y subtropicales han sido mucho menos estudiadas.

Hoy en día, en estas latitudes la urbanización avanza a un ritmo extremadamente rápido, tal es el caso de la ciudad de Toluca que se esta desarrollando a pasos agigantados.

El hecho de que se este creciendo rápidamente plantea con frecuencia graves problemas de degradación del medio ambiente, condiciones insanas de vida, escasez de energía, alimentos, agua y mayores riesgos de la población ante las inundaciones.

En nuestro país es un hecho que un gran numero de ciudades están creciendo a un ritmo muy acelerado, pero se está creciendo sin planeación, ocupando áreas que anteriormente eran cultivables esto trae como consecuencia graves problemas un ejemplo muy claro lo podemos constatar en la ciudad de México.

Se trata de dar a conocer al público en general la importancia de los datos climatológicos para la planeación urbana.

Un objetivo del presente estudio es demostrar la existencia de la Isla de calor, así como conocer los rasgos característicos del contraste térmico ciudad/campo en la ciudad de Toluca, por tal motivo se hace necesario recopilar y procesar la mayor cantidad de datos registrados en las estaciones comprendidas en el área de estudio.

Estos deben obtenerse necesariamente de la fuente más confiable y continua que sea posible por tal motivo los datos fueron obtenidos directamente de los archivos de estaciones climatológicas de la Subgerencia de Administración del agua en el Estado de México.

Se pretende determinar su evolución diurna y estacional; las condiciones meteorológicas que favorecen su desarrollo; en que época del año es más notoria; cuales son los efectos negativos para la población; que se puede hacer para mitigarla o contrarrestarla; determinar si afecta a otros elementos del clima.

CAPITULO 1

GENERALIDADES DEL TEMA

1.0 CLIMATOLOGIA GENERALIDADES

1.1 CLIMATOLOGIA

El concepto de clima es mucho más antiguo que la ciencia de la climatología que, a pesar de sus cien años de existencia, ha tenido diferentes objetivos, siguiendo distintos métodos.

Según el Vocabulario Meteorológico Internacional (Publicación N° 182.TP.91 de la OMM), el clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y las evoluciones del tiempo en una porción determinada del espacio.

Así cuando se habla del clima de un lugar, se hace referencia a un conjunto de condiciones meteorológicas típicas de él y en las cuales existen posibilidades de cambio. Se entiende por condiciones meteorológicas el conjunto de valores de los elementos o de las variables meteorológicas en determinado lugar y tiempo.

Las palabras terminadas en "logía" se refieren al estudio o a la ciencia de algún tema. Climatología es el estudio de los climas tal como existen en diferentes tiempos y lugares de la tierra, como también el estudio de las causas por las que estos climas son así.

Según el Vocabulario Meteorológico Internacional, la climatología es el "estudio de los climas, (causas, variaciones, distribuciones, tipos, etc)".

Hay otra definición de la climatología que sugiere una razón por la que interesa su conocimiento: climatología es el estudio de las generalizaciones que se obtienen de la comparación entre ejemplos pasados del comportamiento atmosférico.

Por eso, la gente hace climatología para obtener una idea general de la que puede esperar de la atmósfera en el futuro, basándose en ejemplos de lo que ésta ha hecho en el pasado.

Elementos climatológicos El Vocabulario Meteorológico Internacional (VMI) dice que un elemento climatológico es toda propiedad o condición de la atmósfera cuyo conjunto define el estado físico del tiempo o del clima de un lugar determinado, para un momento o un período de tiempo dados.

Factores climáticos. Los factores climáticos, de acuerdo con el VMI, son ciertas condiciones físicas distintas de los elementos climatológicos que habitualmente influyen sobre el clima (latitud, altitud, distribución de tierras y mares, topografía, corrientes oceánicas, etc.). De ahí que los factores climáticos son agentes que producen o modifican el resultado visible o los valores de los elementos que crean el clima.

Para finalizar la climatología que es la ciencia que estudia los climas ha adquirido en el curso de las recientes décadas una nueva importancia por su impacto cada vez mas claro en las actividades humanas sobre todo por el desarrollo de las nuevas ideas relacionadas con un cambio global del clima inducido por el hombre.

1.2 BREVE HISTORIA DE LA CLIMATOLOGIA

La Climatología ha adquirido en el curso de las recientes décadas una nueva importancia, debido primordialmente al surgimiento de las ideas de variabilidad climática causadas por las actividades humanas, razón por la cual ahora requiere más atención, tanto en el nivel nacional, como en el internacional. Esto es la consecuencia de los cambios sociales, nuevas oportunidades tecnológicas y urgentes asuntos pendientes de orden social y ambiental, tales como sequías, en las que el clima es un factor importante.

Se están desarrollando nuevas técnicas orientadas a la aplicación de la climatología en campos tales como agricultura y actividades forestales, producción y distribución de energía, diseño relativo a la Ingeniería y construcción de edificios, salud y bienestar, uso de la tierra y ubicación de instalaciones, recursos hídricos y actividades marítimas, incluido el transporte por mar, la pesca y el desarrollo costero.

En la climatología aplicada se trata de hacer máximo uso del conocimiento, la información y asesoramiento meteorológico, con el fin de encontrar soluciones prácticas para los problemas económicos y ambientales. Además, la evaluación de los impactos de la variabilidad del clima sobre las actividades humanas debe ser un requisito mayor para el desarrollo económico, los programas sociales y la utilización de los recursos.

La importancia que se da hoy en día a los impactos económicos del clima y a las actividades relacionadas con el mismo pone de relieve la necesidad de efectuar más investigaciones sobre los procesos físicos de la atmósfera. Además tiene relevancia en la descripción estadística, ya que el entendimiento de la variabilidad climática natural, de la susceptibilidad del clima ante las actividades humanas y de la predicción del tiempo y del clima para periodos que van de días a décadas, es fundamental para poder mejorar nuestra capacidad de responder a inminentes problemas.

La climatología física abarca estudios muy amplios, que incluyen los procesos de interacción del sistema compuesto por la superficie sólida, los océanos, la atmósfera, y la biosfera. La climatología dinámica está estrechamente relacionada con la climatología física, aunque se refiere principalmente a los campos de la circulación general de la atmósfera.

Ambas se ocupan de la descripción y el estudio del comportamiento de la atmósfera a grandes y pequeña escala. Con el fin de poder mejorar nuestra capacidad de asesorar a los usuarios y contestar innumerables cuestiones sobre el

clima, hace falta disponer de programas de investigación viables y útiles, tanto en lo referente a las aplicaciones como a los estudios físicos.

Anteriormente, la climatología proveía datos, información y técnicas para el conocimiento de los climas locales, regionales y globales. Hoy en día existe un interés por establecer la correlación de esta información con los datos de orden social, económico y físico, mediante métodos de modelado. Provee la información básica para satisfacer las necesidades de los diversos usuarios de una gran cantidad de sectores sociales, económicos y ambientales, así como también las correspondientes a la investigación atmosférica.

La Climatología Urbana se ocupa del estudio de los procesos físicos y químicos que conducen a cambios en el estado medio de la atmósfera urbana (Oke 1984).

El estudio de la Climatología urbana en las latitudes templadas se ha desarrollado partiendo de la idea de que las actividades humanas han modificado el clima de la ciudad al mismo tiempo que ha alterado el paisaje rural que rodea a las ciudades (tala de bosques, drenajes, campos de cultivo, etc.).

Consecuentemente el enfoque tradicional (desde los tiempos de Howard, padre de esta ciencia) ha sido comparar variables climatológicas urbanas y rurales con el propósito de aislar los efectos de la urbanización.

La climatología urbana tiene una larga historia. La literatura científica sobre el tema se remonta por lo menos hasta 1918, año en que Luke Howard publicó su famoso libro sobre el clima londinense. La contaminación del aire urbano era ya un problema en la antigua Roma. En la Edad Media se tomaron en Londres disposiciones legales para mejorar la calidad del aire urbano. En nuestro tiempo, y especialmente durante los últimos 15 a 20 años, la ciencia de la climatología urbana se ha desarrollado rápidamente, según lo demuestran diversas publicaciones (OMM, 1970; OKE, 1974, 1979; Chandler, 1976; Landsberg, 1976, 1981).

Sin embargo, la gran mayoría de los estudios trata de los climas urbanos de los países industrializados que se hallan en regiones de latitudes medias, mientras que las condiciones de las aglomeraciones que se encuentran en latitudes tropicales y subtropicales han sido mucho menos estudiadas. Actualmente en estas latitudes la urbanización avanza a un ritmo rápido. Ello plantea con frecuencia graves problemas de degradación del medio ambiente, condiciones insanas de vida, escasez de energía, alimentos y agua y mayores riesgos de la población ante las inundaciones.

No cabe duda que el alcance de muchos de estos problemas podría reducirse si en la planificación de las zonas urbanas situadas a bajas latitudes, que tienen un rápido crecimiento, se tuviesen en cuenta los principios y la experiencia de la climatología. Se han formulado ya, directrices generales respecto del emplazamiento y la disposición de los asentamientos humanos (Olgyay, 1963; Givoni, 1969; Koenigsberger y otros, 1973; Chandler, 1978; Glauman, 1982). No obstante, si se exceptúa la lucha contra la contaminación del aire, es difícil hallar casos en los que

el asesoramiento en materia de climatología haya tenido cierta importancia en la planificación urbana.

Así ocurre incluso en las regiones situadas en latitudes medias, en las que se poseen considerables conocimientos acerca del clima urbano. Este sorprendente desajuste entre la ciencia y sus aplicaciones es bien conocido y ya ha sido discutido (Page, 1970). No obstante, es evidente, extenderías a nuevas direcciones para que la climatología urbana se convierta en un elemento viable de la planificación urbana.

Las dificultades económicas y la escasez de personal especializado para realizar estudios de la capa límite en áreas tropicales, que requieren instrumentación costosa (minisonda cautivo, torre instrumentada o aviones, etc.), explican en parte el lento avance en este campo. Sin embargo, es posible que se multipliquen en los trópicos los estudios de climatología urbana basados en registros climatológicos y de esta forma sirvan de base a otras investigaciones más elaboradas.

1.3 CLIMA Y ACTIVIDADES HUMANAS

El clima como elemento físico del medio ambiente o geográfico en el que se desarrolla el hombre, es el más importante ya que ejerce una fuerte influencia sobre otros, elementos del paisaje entre ellos la vegetación, el suelo, el relieve, etc., pero sobre todo en las actividades humanas. Primero en el asentamiento de los pueblos, en las actividades agropecuarias, en la industria después en transporte aéreo, y marítimo.

Las actividades humanas, aún en la actualidad, y pese al gran desarrollo industrial, están determinadas por los diversos elementos transformadores del clima. Esta dependencia se observó más claramente cuando las civilizaciones florecieron en lugares con condiciones climáticas propicias para el desarrollo de sus actividades, donde el clima le asegurará una fertilidad del suelo, lluvia suficiente y temperatura no extremosa que asegurará suficiente cosecha para la subsistencia de la comunidad, cuando estas condiciones cambiaron los pueblos emigraron. Un ejemplo de esto lo menciona Willian L. Donn (Referencia Ortiz Lidia 1980) "El áspero y duro Sahara de hoy fue en otros tiempos la cuna de la cultura humana, cuando era una zona más húmeda y con mayor disponibilidad de agua. Actualmente solo subsisten algunos raros dibujos, encontrados en cuevas como testimonio de la vida que existió ahí en otra época".

Si bien, con este y otros ejemplos podemos afirmar que en épocas pasadas el hombre dependía del medio geográfico que lo rodeaba y en forma muy directa del clima. En la actualidad no estaría suficientemente fundamentada toda esta dependencia, ya que desde el momento en que el hombre utiliza algunas técnicas, aunque muy rudimentarias, para obtener los satisfactores que iba necesitando, en ese momento empieza la independencia del medio geográfico. Esto empezó desde el estadio en la barbarie, cuando el hombre inició el cultivo del maíz y otras plantas con riego artificial como lo menciona E.Engels en El origen de la Familia.

Desde esa época y aún en la actualidad las actividades humanas y más específicamente, la agricultura no pueden desligarse por completo de la dependencia de los elementos del clima, ya que si bien es cierto que se puede llevar agua a los sembradíos, aún no se puede evitar que ésta caiga con demasía en el momento menos propicio. Tampoco se puede negar la acción de otros elementos climáticos como la temperatura, el viento, las heladas, etc., que tanta influencia tienen en el rendimiento agrícola, y en general en las actividades del hombre.

Pero el ingenio del ser humano lo ha llevado a desarrollar técnicas para contrarrestar los efectos del clima por tal motivo en la actualidad, es poca la influencia que el clima ejerce sobre él y sus actividades. A este respecto Francois Durand en Climatología dice "En todos los campos, el dominio sobre la naturaleza ha realizado progresos impresionantes, la Geografía agrícola, la médica y la de los transportes aéreos dependen en gran medida mucho más de los factores sociales, históricos y económicos que de los factores naturales".

El clima fue y seguirá siendo un factor que está presente en las actividades humanas. Como ejemplo de lo anterior se expone en forma breve algunas de las actividades del hombre que están en íntima relación con el clima.

1.3.1 Actividades agropecuarias. La agricultura ya sea de temporal o de riego, necesita del agua de las lluvias tanto en forma directa como indirecta. La temperatura también es un elemento de importancia para esta actividad pues descensos fuertes de aquélla han causado grandes estragos en regiones agrícolas de importancia. La acción del viento también puede resultar nociva tanto para el crecimiento de los vegetales como en la aceleración de la erosión del suelo.

Cierto es que existen medidas de protección contra estos elementos pero también lo es el hecho de que es necesario considerar que tan rentable resulta la actividad agropecuaria, si se utilizan tales medidas de protección.

Como ejemplo podemos mencionar la investigación realizada por el Geógrafo Carlos Morales Méndez en donde se citan los métodos utilizados para la protección de cultivos contra las heladas en el Valle de Tlaxcala, a continuación se mencionan algunos métodos utilizados:

- Cubrir las plantas con materiales de escaso poder radiante se consigue disminuir la radiación del suelo y atenuar la pérdida excesiva de calor. Para este propósito se puede emplear cubiertas de papel, cartón, paja, tela, ramas, pasto, plástico, etc. El material no debe tocar las plantas ya que se pueden producir heladas por contacto.
- Riego superficial: Funciona como una fuente de calor y como un medio para disminuir la pérdida de calor al actuar como una cubierta al inundar el terreno.
- Riego por la noche.
- Riego por aspersión.

- **Nieblas artificiales.**
- **Quema de ramas, estiércol, paja, madera, hojas, petróleo, etc.**
- **Ventilación artificial.**
- **Rayos infrarrojos.**

Hay un gran número de métodos que se pueden poner en práctica para combatir los efectos de las heladas sobre los cultivos, algunos de los métodos antes mencionados son puestos en práctica en Atoyac, Laguna de Jalnena, Presa Lázaro Cárdenas, en el Estado de Tlaxcala, (referencia Tesis Morales Carlos).

Se pueden tomar medidas precautorias contra los elementos meteorológicos de acuerdo a los recursos con que se cuenta.

Para la ganadería el clima no puede pasar inadvertido debido a que de él depende la producción de buenos pastos y forrajes así como el abastecimiento de agua, como ejemplo tenemos el gran número de cabezas de ganado perdidas por la escasez del vital líquido debido a las sequías que asolaron el norte del territorio en pasados años.

En estas actividades, los elementos climáticos podrían ser limitantes en un momento dado pero, como ya mencionamos antes, el ingenio del hombre los ha contrarrestado en cierta medida, sin embargo, es innegable la importancia de contar con precipitaciones convenientemente distribuidas a lo largo del año lo que repercute en el costo y producción agropecuaria.

1.3.2 Explotación forestal. En esta actividad el papel del clima es decisivo ya que es imposible el desarrollo de los bosques sin las condiciones necesarias de precipitación y temperatura, por esto no es de extrañar que las áreas con una explotación forestal bien desarrollada se encuentren geográficamente localizadas en zonas de bajas temperaturas y elevadas precipitaciones. Si a estas condiciones naturales propicias se agrega una buena planificación en la explotación del recurso, se puede entender porque países como Noruega, Finlandia, Canadá y otros, son grandes exportadores de madera, en México también contamos con un gran número de bosques un ejemplo lo representan los bosques del Nevado de Toluca que en lugar de ser aprovechados racionalmente se han talado para cambiar el uso de suelo y dedicar las tierras a la agricultura. Como este ejemplo existen un gran número en nuestro país.

No solo las actividades relacionadas con los recursos naturales están estrechamente ligados con el clima, ya que también lo están; la industria de transformación porque requieren para su establecimiento de grandes volúmenes de agua, por lo que deben considerar la existencia de un clima no muy seco para el establecimiento de esta pues las precipitaciones le suministrarán agua durante todo el año. Aunque también se debe tener en cuenta la variación que presenta la lluvia a lo largo del año, debido a que representa un inconveniente para industrias con requerimientos de agua para todo el año, una posible solución es el almacenamiento del agua otra opción es el reciclaria para ser usada nuevamente. También la temperatura y la humedad deben tenerse en cuenta al establecer la

Industria ya que estos elementos pueden ser nocivos para la maquinaria o para el mismo bienestar del hombre.

1.3.3 Transportación. El transporte marítimo y aéreo se ven seriamente afectados por la fuerte inestabilidad del aire, densas neblinas o vientos huracanados. Las condiciones climatológicas también afectan sensiblemente a las comunicaciones alámbricas e inalámbricas

El efecto del clima no solo se reciente en las actividades del hombre, ya que también la salud de este se ve afectada cuando las corrientes de aire que sanean y reciclan el ambiente se ven frenadas por el relieve del lugar.

Por último se puede decir que no es posible negar que las necesidades básicas del individuo, desde la alimentación hasta la habitación y el vestido están influenciadas en mayor o menor grado por el clima.

1.4 ESCALAS CLIMATICAS; MACROCLIMA, MESOCLIMA Y MICROCLIMA

Los estudios climáticos pueden estar referidos a tres escalas diferentes; macro, meso y microclima cada una de éstas persigue una finalidad concreta, éste puede ser desde estudiar en forma general el clima de una región extensa hasta un estudio climático de unos cuantos cientos de metros cuadrados y aún áreas más pequeñas. Obviamente a medida que se reduce la escala el trabajo es más detallado.

A continuación se hará una breve descripción de cada una de estas escalas.

Macroclimatología.- El objetivo de estos estudios lo constituyen, según W. Welschelt, los climas estructurados fuera de la capa de aire más cercana al suelo capa límite. En estos influyen los grandes factores geográficos como la latitud (por la desigual distribución de la radiación), la circulación general de la atmósfera, la altura sobre el nivel del mar y la continentalidad.

Los datos utilizados en estos estudios abarcan desde una extensa red de estaciones hasta los datos de altura proporcionados por el sistema de radio-sondeo e inclusive la información de los satélites meteorológicos. Mediante estos datos se determinan las grandes zonas climáticas, éstas por lo general se localizan en fajas latitudinales sensiblemente paralelas al ecuador.

La primera de estas divisiones climáticas, dividió a la tierra en cinco grandes zonas; una zona caliente, dos templadas y dos frías. Otra división más reciente es la dada por Koeppen, que se puede definir como un sistema climático concebido fundamentalmente para definir las zonas climáticas del mundo que se extienden en la latitud o en otras palabras sistema general de clasificación de áreas climáticas del mundo, podemos agregar que no considera factores locales.

Mesoclimatología.- Dada la importante necesidad de estudios climáticos detallados se le ha dado a la mesoclimatología y a la microclimatología mayor importancia en los estudios de climatología aplicada. Estos brindan apoyo a los

estudios de desarrollo regional tan necesarios para la mejor utilización del espacio geográfico.

La mesoclimatología es la unidad intermedia entre el macro y el microclima y su principal aplicación se encuentra en la planificación urbana, de tal manera que se puede decir que es un estudio mesoclimático el referido a la ciudad de Cuernavaca, a la ciudad de México, etc.

Microclimatología. Esta escala se refiere a estudios aún más detallados, donde el geógrafo debe establecer la estrecha relación entre las fluctuaciones de los elementos climáticos con los otros elementos del entorno esto puede ser en un paisaje natural o en uno cultural.

En estos estudios, a diferencia de los macroclimas, toman mayor importancia los efectos de los elementos locales tales como vegetación, suelo, relieve y otros instalados por la mano del hombre como son: la presencia y ubicación de edificios, la pavimentación, la deforestación el establecimiento de industrias y otros, todos estos propician que dentro de una área mesoclimática exista una diversidad de microclimas un ejemplo muy claro de esto lo proporciona el estudio climático de la ciudad de México, realizado por el Dr. Jáuregui, en el que se observan las diferencias climáticas que se presentan dentro de la ciudad, esto no es posible observarlo en un mapa climático de la República Mexicana. En el mencionado trabajo se observan diferencias climáticas entre el Noreste, Centro y Sur de la ciudad.

CAPITULO 2

ALBERTA ASSOCIATES

2.0 CLIMATOLOGIA APLICADA

Puede definirse como el estudio y la predicción de las condiciones atmosféricas en los asentamientos humanos. Estas condiciones dependen del régimen macroclimático, así como de los efectos regionales, locales y microescalares causados por la conformación del medio ambiente y por la urbanización, todo lo cual ha de incluirse en las descripciones y predicciones de los climas urbanos.

La climatología urbana aplicada puede definirse como la utilización de la información sobre el clima para predecir y controlar los efectos de la atmósfera urbana en elementos determinados del "sistema urbano" (seres humanos, edificios, actividades sensibles al tiempo climático).

Cabe distinguir cinco niveles de aplicación de la climatología en la planificación y trazado de asentamientos humanos.

- a) Planificación regional del uso de la Tierra.*
- b) Planificación del suelo urbano.*
- c) Proyectos de asentamientos urbanos.*
- d) Proyecto de los edificios.*
- e) Administración de los edificios.*

El reconocimiento de la información climatológica como base importante para las decisiones de planificación es, a estos niveles, muy diferentes.

Parece como si este reconocimiento no dependiera, en primer lugar, de la gravedad de los efectos atmosféricos sino más bien de la actual capacidad de controlar o prevenir dichos efectos. Esta capacidad, a su vez, depende de la elaboración de métodos o modelos de predicción de las relaciones entre los insumos climáticos y los productos del "sistema"; así, la información climatológica se utiliza ampliamente en programas de lucha contra la contaminación atmosférica relacionados con la planificación del suelo urbano y el proyecto de asentamientos urbanos. Se utiliza también frecuentemente en el proyecto de edificios, en particular cuando se está entre fuerzas climáticas extremas.

Por otra parte, la prevención contra los desastres causados por procesos atmosféricos se pasa en gran medida por alto en la planificación del uso del suelo urbano nacional.

Asimismo, las repercusiones climáticas sobre la salud y el confort humano - distintos de la contaminación del aire - suelen tener muy poca influencia en el proyecto de los asentamientos.

Durante el pasado decenio y al mismo tiempo que hacían rápidos progresos las cuestiones de conservación de la energía en los edificios como consecuencia de la crisis del petróleo, aumentaron considerablemente las necesidades de datos climatológicos para los cálculos del balance energético de los edificios. La

Importancia del clima para una planificación urbana que economice energía ha suscitado cierta atención entre los planificadores.

2.1 PLANIFICACION REGIONAL DE LA UTILIZACION DE LA TIERRA

Las ciudades y otros asentamientos humanos se construyen evidentemente en ciertos sitios preferidos de zonas geográficas y condiciones de topografía. La influencia del clima es a todas luces evidente a escala mundial, y, en el caso de la vivienda rural, a escala local. A escala regional, es decir a mesoescala, la influencia climática es probablemente más indirecta como factor determinante de la producción agrícola, en combinación con la calidad del suelo.

Las distribuciones de asentamientos y concentraciones de población no son necesariamente función de condiciones climáticas favorables para el confort y el bienestar humano. Por el contrario, la agricultura extensiva en tierras llanas produce con frecuencia en condiciones climática más bien adversas, es decir fuertes vientos, el aumento de temperaturas extremas, la producción de polvo y, en climas fríos, las grandes nevadas. Estas dificultades tienen que superarse mediante medidas de protección en la planificación y el proyecto de asentamientos a nivel local y microescalar.

La topografía es un factor determinante básico del clima a escala regional, en particular con respecto al viento, la temperatura y la precipitación. La distribución de asentamientos rurales en zonas de colinas está claramente influida por el clima. La selección del emplazamiento es un modo de resolver o atenuar condiciones climáticas adversas. Las laderas orientadas hacia el sur suele ser más atractivas que las orientadas hacia el norte. Las cimas de las colinas y el fondo de los valles se evitan en climas fríos a causa de la exposición al viento y los riesgos de heladas, respectivamente.

La formulación de mapas topoclimatológicos es un medio práctico de evaluar diversos factores climáticos de importancia determinante (Gol'tsberg, 1969).

Un campo relativamente nuevo de la climatología aplicada es el emplazamiento de las instalaciones de energía eólica, que ha suscitado un aumento del interés por la topoclimatología, así como por los modelos numéricos de la corriente sobre un terreno heterogéneo.

La competencia por la tierra y los recursos hídricos plantea conflictos cada vez mayores entre la urbanización y la agricultura.

En muchos casos, se sacrifican al desarrollo urbano valiosas tierras cultivables situadas en zonas de condiciones climáticas favorables. Eso tiene que compensarse mediante un aumento de la producción agrícola en las zonas restantes, lo que con frecuencia hace necesario el riego adicional y la utilización de fertilizantes y energía para combustibles, secado de granos, etc.

El aumento de la contaminación del aire en la región perjudica además a la producción agrícola pues causa daños directos a los cultivos, las hortalizas y las

frutas y disminuye la productividad de los suelos, lo que nuevamente exige mayor utilización de fertilizantes, etc.

Los casos en que las evaluaciones del clima han servido realmente para la planificación regional de la utilización de la tierra no están muy bien apoyados por la correspondiente documentación en la literatura disponible. Sin embargo, es evidente que los aeropuertos, los balnearios y lugares de esparcimiento, las instalaciones industriales más contaminantes y, más recientemente, las instalaciones de energía eólica han sido implantadas, al menos en parte, después de haberse realizado evaluaciones climatológicas.

A veces, las autoridades exigen que se estudie la modificación del clima local a causa de la construcción de grandes embalses como medida previa para determinar una compensación económica.

La escasa documentación disponible lleva fácilmente a la conclusión de que al clima se le concede una importancia secundaria en la planificación regional.

2.2 PLANIFICACION DE LA UTILIZACION DEL SUELO URBANO.

Probablemente es correcto afirmar que el clima requiere mayor atención en la planificación urbana que en la regional.

La contaminación es una importante preocupación para la mayoría de las autoridades encargadas de la planificación urbana.

Entre los métodos de lucha a corto plazo contra la contaminación atmosférica urbana figuran la entrada de servicios de estaciones de vigilancia del anhídrido sulfuroso (SO₂) y el monóxido de carbono (CO) en combinación con las normas de circulación y las previsiones de la contaminación a corto plazo.

La contaminación a largo plazo y su disminución entraña la puesta en vigor de restricciones legales a las emisiones y utilización de combustibles, la determinación de las zonas residenciales e industriales, el nuevo trazado de las principales vías de tráfico y fuentes puntuales de contaminación, la construcción de zonas verdes y de corredores de ventilación urbana.

Todas estas medidas han de basarse en estadísticas de los parámetros atmosféricos tales como el espesor de la capa de mezcla, elevación de penachos y características de la difusión de la turbulencia que acarrearán las diferentes direcciones del viento. Una técnica muy utilizada al respecto es la elaboración de modelos numéricos de la capa límite urbana a los que se añaden datos sobre la difusión procedente de fuentes de contaminación puntuales, en línea o dispersas.

La influencia del clima en el desarrollo urbano no se limita en absoluto a los problemas de contaminación atmosférica. Son sorprendentes las diferencias de la estructura urbana tradicional entre las ciudades escandinavas y mediterráneas (Beaujeu-Garnier y Chabot, 1969). Las primeras tienen calles más anchas para facilitar la limpieza en caso de nevada. Los edificios están orientados preferentemente hacia

el sur y bien separados entre sí para permitir la penetración de la insolación cuando el sol está bajo. Las segundas están dispuestas mucho más densamente, sus calles son estrechas y sombreadas, y los patios están rodeados de construcciones con paredes gruesas y macizas, todo lo cual contribuye a moderar las variaciones diurnas de la temperatura.

Las zonas céntricas de las ciudades modernas situadas en latitudes medias y bajas crean con frecuencia una tensión térmica excesiva durante los días calientes y soleados del verano. Ello se debe a la combinación de una elevada densidad de la edificación, a la altura de los edificios y a la escasez o ausencia de vegetación. La situación se agrava aún más a causa de una mala ventilación de la ciudad y de la contaminación que causan los automóviles y autobuses. Las condiciones no sólo son de gran incomodidad sino que incluso pueden llegar a ser peligrosas, como lo demuestra el aumento de las tasas de mortalidad urbana durante los períodos de mucho calor (Hodge, 1978).

Naturalmente, los problemas de este tipo se evitan más fácilmente en la fase de planificación, si se prevén espacios para parques, zonas verdes y corredores abiertos de ventilación. La renovación urbana, especialmente en las zonas centrales, ofrece también posibilidades de este tipo.

Sin embargo, como el precio del suelo es extremadamente elevado en los centros urbanos, hay que presentar argumentos de mucho peso para convencer a los planificadores y las autoridades de la ciudad. Ello hace necesario que haya métodos para establecer normas fidedignas con respecto a la salud y el confort y hacer evaluaciones estadísticas de la frecuencia y duración de las diferentes condiciones climáticas urbanas. Como instrumento para llevar a cabo tales evaluaciones es necesario disponer de modelos sobre el balance energético de la UCL.

Los nuevos asentamientos residenciales están frecuentemente muy expuestos al viento por estar situados en zonas llanas abiertas o en laderas y en la cima de colinas. Durante la construcción se hacen desaparecer los árboles y vegetación existentes y hace falta mucho tiempo para que crezcan nuevos. Como consecuencia de ello, es frecuente que se creen condiciones de gran incomodidad.

Estos aspectos requieren también la existencia de criterios que definan el confort y de una evaluación climatológica basados en datos estadísticos y en la elaboración de modelo sobre el flujo de aire. La base estadística de estas evaluaciones debería contener datos sobre velocidades y direcciones del viento y temperaturas simultáneas.

2.3 PLANIFICACION DE ASENTAMIENTOS URBANOS.

Las condiciones del microclima urbano están muy influidas por el agrupamiento, la orientación y las características de los edificios.

Muchos arquitectos y planificadores han demostrado gran interés en las posibilidades de un diseño activo y criterioso que también tenga en cuenta el

medio climático. Este interés se ha intensificado estos últimos años como consecuencia de la necesidad de ahorrar energía y utilizar una calefacción solar activa o pasiva.

El proyecto de asentamientos y construcciones ha tenido un enérgico desarrollo con objeto de disminuir las necesidades de energía para la calefacción y la refrigeración y, al mismo tiempo, mejorar el confort dentro y fuera de los edificios. No obstante, parece ser que esta evolución se ha llevado a cabo en buena parte sin la participación de los climatólogos.

A esta escala, los elementos meteorológicos más importantes son la radiación solar; la temperatura y el viento. La combinación del viento y la temperatura determinan las pérdidas de energía de un edificio a causa de la transmisión del calor a través de las paredes y el techo y la infiltración del aire a través de las grietas y aberturas.

Las aplicaciones de la climatología al proyecto de edificios suelen denominarse climatología de la construcción. Sin embargo, es difícil establecer una división neta entre estos temas. La climatología urbana es necesaria para proporcionar datos corregidos sobre parámetros meteorológicos para realizar los cálculos que requieren los proyectos de edificios.

2.4 ADMINISTRACIÓN DE EDIFICIOS

Las aplicaciones de la climatología a la administración de edificios están poco desarrolladas hasta la fecha. Sin embargo, se emplean estadísticas mensuales y anuales sobre grados-día de calefacción y refrigeración, como base para determinar las consecuencias reales del empleo de la energía. Quizá convenga elaborar índices similares para la radiación solar o la velocidad del viento o combinaciones de varios parámetros.

La planificación urbana es un proceso de predicción que crea las condiciones futuras en un marco de necesidades imperativas determinadas. El problema consiste en determinar la función de la climatología, o más bien del clima, en este proceso.

Tradicionalmente, la información climatológica se entrega a los planificadores urbanos en forma de cuadros, diagramas o mapas, todos los cuales presentan una descripción estática de ciertas propiedades del clima. Esos datos pueden ser pertinentes en algunos casos como base para definir ciertas necesidades. (por ejemplo para el diseño de sistemas de alcantarillado sobre la base de las estadísticas de valores extremos de la lluvia).

Sin embargo, en general la pertinencia de tales estadísticas no es evidente, ya que es difícil traducir los datos en necesidades o consecuencias de tipo técnico, económico o sanitario y de confort. He aquí el real vacío que existe entre la climatología y su aplicación.

CAPITULO 3

*CARACTERÍSTICAS GENERALES
DE LOS CLIMAS URBANOS*

3.0 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS CLIMAS URBANOS

3.1 CONTROLES SINOPTICOS

Las diferencias ciudad-campo, así como las diferencias intraurbanas de un elemento climático suelen desarrollarse mejor en determinadas condiciones sinópticas.

Algunos efectos urbanos son más acentuados que otros según sea el tipo de situación sinóptica en que se producen. Así por ejemplo, el islote de calor urbano alcanza por lo general una intensidad máxima durante las noches tranquilas y despejadas en las que el enfriamiento por radiación es intenso (Oke, 1982). Durante los días de cielo despejado se produce a veces un islote de fresco urbano menos intenso.

Por otra parte, los efectos de la ciudad en la velocidad del viento suelen ser más pronunciados en situaciones de viento, aunque pueden producirse circulaciones en el islote de calor urbano en ciudades grandes o medianas (Oke, 1979).

Por lo general, aunque no siempre una elevada contaminación atmosférica urbana va asociada a situaciones anticiclónicas y débiles velocidades del viento a bajos niveles. Lo mismo ocurre en lo que respecta a las nieblas o a la escasa visibilidad en zonas urbanas.

Las fuertes anomalías (desviación de los valores normales) en la precipitación urbana se producen como consecuencia del aumento de la actividad convectiva, posiblemente en combinación con concentraciones excesivas de núcleos de condensación (Landsberg, 1981), pero es un fenómeno que no ha sido lo suficientemente estudiado en el mundo.

De ello se sigue que la frecuencia y duración de diferentes situaciones sinópticas tiene gran importancia no sólo para el clima en general sino también para los efectos urbanos en el clima.

3.2 CONTROLES URBANOS Y NO URBANOS LOCALES

La aparición de magnitud de anomalías urbanas dependen también del tamaño de la zona urbana. Así, por ejemplo, las grandes aglomeraciones urbanas pueden incluso aminorar el movimiento de los frentes fríos o intensificar sistemas mesoescales tales como circulaciones de brisa marina o líneas de turbonada (Bornstein y thompson, 1979).

Las variaciones intraurbanas de temperatura o velocidad del viento, por ejemplo, tienen también una sólida relación con los modos de utilización de los suelos urbanos y la conformación urbana.

Las condiciones de la radiación, de ondas larga y corta, a nivel del suelo están muy influidas por la geometría detallada del entorno circundante (edificios, árboles, topografía). Además, el clima de radiación puede estar considerablemente influido por la contaminación del aire urbano o por el aumento de la nubosidad.

Por lo general, las ciudades se asientan en ciertos tipos preferidos de lugares por ejemplo, valles, zonas costeras, o cerca de ríos y lagos que por sí mismos, poseen características climáticas especiales.

La topografía local de una zona urbana puede causar también considerables anomalías climáticas. Estos efectos pueden causar también considerables anomalías climáticas. Estos efectos pueden ser difíciles de distinguir de los efectos propiamente urbanos. También complican las simulaciones (teóricas o físicas), de la atmósfera urbana, así como las predicciones de las características climáticas urbanas.

Durante mucho tiempo ha sido común evaluar la intensidad de los efectos urbanos en comparación con los valores del entorno rural. Ello entraña la hipótesis implícita de que una estación rural de referencia reproduce las condiciones urbanas en ausencia del desarrollo urbano. Esta hipótesis se aplicó en el presente estudio para determinar la presencia de la Isla de calor en la Ciudad de Toluca.

A menos que la situación geográfica y topográfica sean muy simples. La aplicación de este supuesto puede plantear considerables dificultades e incertidumbres (Lowry, 1977).

En lo que respecta a los estudios sobre la contaminación del aire urbano, se plantean problemas especiales de selección de una estación rural de base, ya que las sustancias contaminantes pueden ser dispersadas por advección sobre grandes distancias a sotavento de una zona urbana.

3.3 ESCALAS ASOCIADAS A LOS EFECTOS URBANOS

Entre los primeros problemas que se plantean al planificar una investigación de la climatología urbana se encuentra el de las escalas temporales y espaciales de los fenómenos atmosféricos que han de estudiarse. Esta cuestión está relacionada con la elección de los lugares e instrumentos de medición, así como con la estrategia y los métodos de concentración de datos para su análisis.

Un estudio completo de la atmósfera urbana requeriría la realización de mediciones continuas a escala tridimensional, de la capa subsuperficial, la capa de aire situada entre los edificios y las capas situadas por encima de los techos hasta varios cientos de metros e incluso kilómetros sobre el suelo. Como esta empresa es difícilmente posible, hay que restringir y concentrar la investigación limitándose a escalas más pertinentes a un fenómeno determinado.

El presente estudio se ajusta a los datos climatológicos con que se cuenta en nuestro país entre las que podemos mencionar las observaciones en estaciones

climatológicas (que se realizan a las 8 de la mañana), observaciones sinópticas y horarias (que se realizan en los observatorios, las primeras cada 3 horas y las segundas cada hora).

La persistencia de situaciones sinópticas puede considerarse como una escala temporal típica para anomalías urbanas asociadas a un tipo determinado de tiempo atmosférico. Además, los efectos urbanos suelen presentar también una variación diurna típica, estrechamente relacionada con el ciclo de radiación neta.

Hay indicios de que en las grandes ciudades se producen cambios semanales de la temperatura urbana excesiva y del grado de concentración de la contaminación del aire (Oke, 1974; Landsberg, 1981). Esto indica que las influencias urbanas pueden ser lo bastante fuertes como para ejercer un efecto significativo en todas o casi todas las situaciones sinópticas.

Las medidas climatológicas a largo plazo mensuales o anuales pueden mostrar también influencias urbanas, por ejemplo, en las temperaturas mínimas invernales, y el grado de amplitud de la temperatura diurna en las concentraciones de la contaminación del aire, la visibilidad, la duración de la insolación o en la precipitación mensual (Oke, 1974, 1979; Landsberg, 1981; Baumgartner y otros, 1984).

También hay pruebas de las tendencias a largo plazo de las diferencias de temperatura ciudad-campo (Horie y Hirokawa, 1979; Landsberg, 1981) que pueden traducir el efecto del crecimiento urbano y/o los cambios de la estructura urbana y de la densidad de la edificación.

3.4 MODELOS CONCEPTUALES DE LA ATMOSFERA URBANA

A medida que el aire se desplaza a través de una zona urbana, van cambiando gradualmente los perfiles verticales del viento, la temperatura, la humedad y las características de las turbulencias sobre la superficie urbana.

El espesor de la capa modificada de ese modo aumenta con la distancia a sotavento y, según sea el tamaño de la ciudad y la situación sinóptica esencialmente, pueden incluir finalmente a toda la capa límite planetaria (PBL). La formación de esas capas límite urbanas internas (UBL) ha sido ya bien establecido gracias a modelos teóricos, así como a estudios experimentales. Los datos disponibles indican que los gradientes horizontales de las variables meteorológicas de la UBL son por lo general débiles.

Por el contrario, los campos correspondientes al nivel de la calle muestran con frecuencia una microestructura muy detallada que está estrechamente relacionada con las formas de utilización del suelo urbano, la densidad de la edificación y la disposición de la red vial.

La capa que se halla aproximadamente bajo el nivel de los techos ha sido considerada como una capa atmosférica urbana (UCU) (Oke, 1981), en la cual las funciones de inyección y los parámetros de control son diferentes de los de la UBL.

Los datos experimentales de que se dispone se limitan casi enteramente a las condiciones de la UBL o de la UCL o, en algunos casos, a ambas capas. Sin embargo, hay muy pocos estudios que proporcionen perfiles constantes que se extiendan desde el nivel de la calle hasta la capa cercana del nivel de los techos y dentro de la UBL.

Recientemente se ha propuesto (Oke, 1984) distinguir los niveles de transición considerándolos una "capa de estela urbana", que se extiende verticalmente a una distancia dos o tres veces superior al espacio existente entre los edificios. Las propiedades y procesos físicos de esta capa no han sido bastante estudiados hasta la fecha.

CAPITULO 4

*EL ESPÍRITU DE LA CIUDAD
DE JONICA*

4.0 EL CLIMA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

4.1 EL CLIMA EN TOLUCA

Geográficamente la Ciudad de Toluca se encuentra asentada sobre un Valle amplio rodeado de montañas hacia el norte, sur, este. Cuenta con una zona urbana que abarca 349 513 Km. La Temperatura media es de 12.5°C, la temperatura media oscila a través del año de los 10°C en enero a los 15°C en mayo para mayor detalle observar la figura 1. La temperatura media anual el los últimos 20 años es de 13.5°C, observar la gráfica 2.

El régimen pluvial esta bien definido, en la gráfica 3 se aprecia que el mes más lluvioso es julio siguiéndole en importancia agosto, junio y septiembre como los meses más lluviosos, esto se debe de manera general a la humedad proveniente de las tormentas tropicales y los huracanes que se han formado en los acéanos Pacífico y Atlántico. La precipitación media mensual en julio es de aproximadamente 145 mm, durante la época de secas la precipitación media es de aproximadamente 10 mm, siendo febrero y diciembre los meses más secos; El promedio anual es de 700 mm (figura 4).

El mes más cálido es mayo con un promedio de temperatura máxima de 23°C, el resto del año las temperaturas máximas se mantienen en 18°C figura 5. Las máximas anuales no presentan cambios manteniéndose en 18°C figura 6.

En cuanto a las temperaturas mínimas presentan una oscilación que va de los 4°C a los 10°C, siendo diciembre, enero y febrero los meses más fríos con temperaturas mínimas medias de 4°C, durante la época de lluvias la temperatura mínima es de 9°C aproximadamente es pertinente señalar que la época de lluvias va de junio a septiembre. Para la temperatura mínima anual se observa un claro aumento de un grado en los últimos 20 años figura 7; el valor de la temperatura mínima anual es de 8°C figuras 8.

Para determinar si las temperaturas mínimas sufrieron algún cambio se elaboraron gráficas con las temperaturas mínimas de los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (figura 9, 10, 11 y 12). Y se encontró que efectivamente la temperatura mínima ha sufrido un paulatino aumento en las dos últimas décadas, hecho que pone de manifiesto la existencia de la Isla de calor.

De acuerdo a la clasificación de Koepen la Ciudad de Toluca tiene un clima Cwb templado Subhúmedo con temperatura media del mes más cálido inferior a 22°C. El relieve montañoso y los altos Valles de esta porción del Estado de México imprimen características peculiares al clima, tales como las heladas y las tormentas de granizo que producen en ocasiones pérdidas considerables en las cosechas.

Debido a que la ciudad de Toluca se encuentra a más de 2 500 metros de altitud sobre el nivel medio del mar desarrolla un tipo de clima templado a semifrío con lluvias en verano que evidencia un cambio sustancial con respecto a las demás Ciudades de similar latitud.

**RECTORIA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
1946 A 1992.**

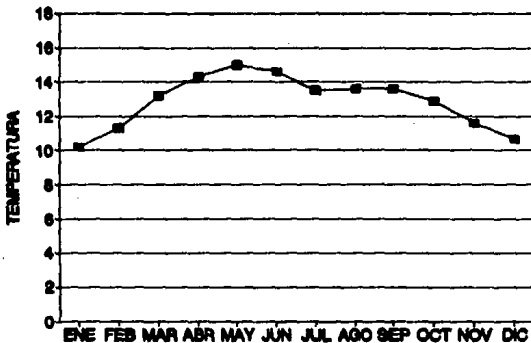


FIGURA 1 TEMPERATURA MEDIA MENSUAL.

**RECTORIA TEMPERATURA MEDIA ANUAL
1946 A 1992.**

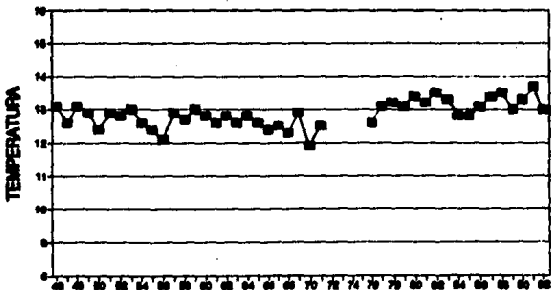
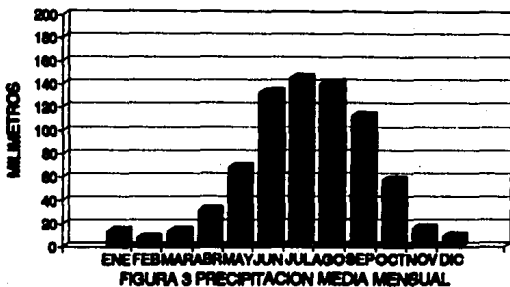


FIGURA 2 TEMPERATURA MEDIA ANUAL

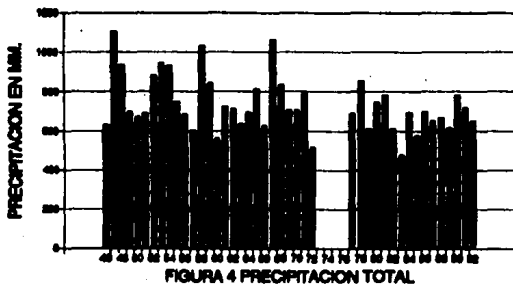
—■— TEMPERATURA

RECTORIA PRECIPITACION MEDIA MENSUAL 1946 A 1992.



■ PRECIPITACION

RECTORIA PRECIPITACION TOTAL ANUAL 1946 A 1992.



■ PROM. ANUAL 743 MM.

RECTORIA TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL DE 1946 A 1992.

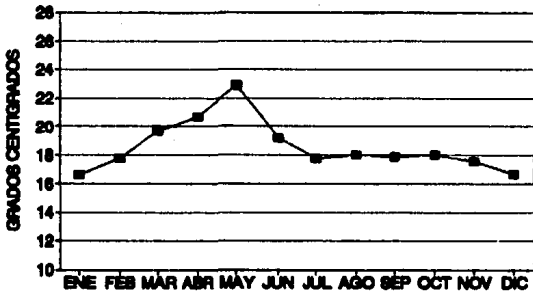


FIGURA 5 TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL

—■— TEMPERATURA

RECTORIA PROMEDIO DE TEMPERATURA MAXIMA ANUAL DE 1946 A 1992.

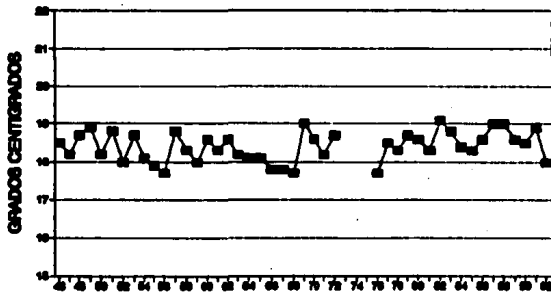


FIGURA 6 PROMEDIO DE TEMPERATURA MAXIMA

—■— TEMPERATURA

**RECTORIA PROMEDIO DE TEMPERATURA
MINIMA MENSUAL DE 1946 A 1992.**

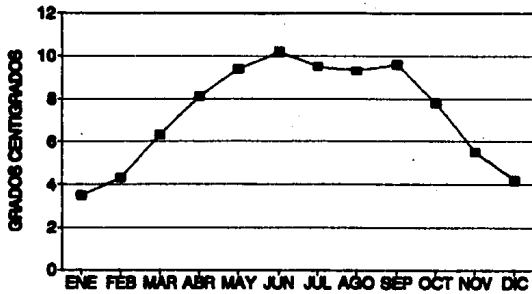


FIGURA 7 TEMPERATURA MINIMA MENSUAL

—■— TEMPERATURA

**RECTORIA PROMEDIO DE TEMPERATURA
MINIMA ANUAL DE 1946 A 1992.**

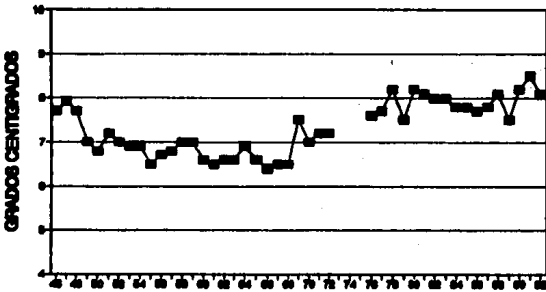


FIGURA 8 TEMPERATURA MINIMA ANUAL

—■— TEMPERATURA

**RECTORIA TEMPERATURA MINIMA MEDIA
DE DICIEMBRE 1946 A 1992.**

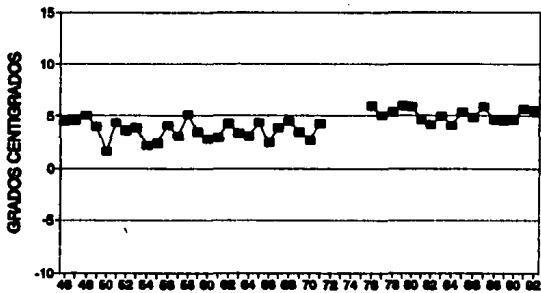


FIGURA 9 TEMPERATURA MINIMA MEDIA DIC.

—■— TEMPERATURA

**RECTORIA TEMPERATURA MINIMA MEDIA
DE ENERO 1946 A 1992.**

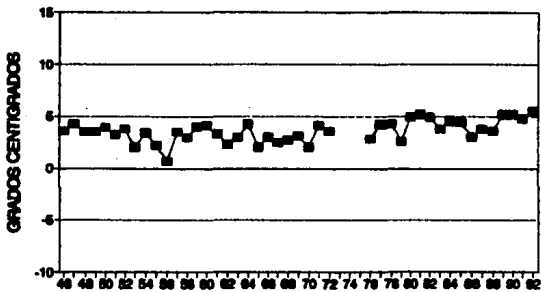


FIGURA 10 TEMPERATURA MINIMA DE ENERO

—■— TEMPERATURA

**RECTORIA TEMPERATURA MINIMA MEDIA
DE FEBRERO 1946 A 1992.**

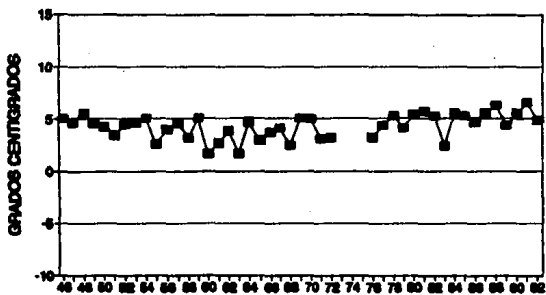


FIGURA 11 TEMPERATURA MINIMA DE FEBRERO

—■— TEMPERATURA

**RECTORIA TEMPERATURA MINIMA MEDIA
DE MARZO 1946 A 1992.**

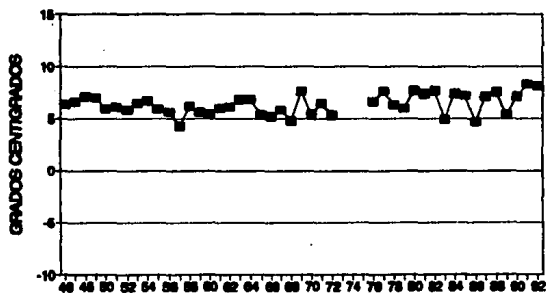


FIGURA 12 TEMPERATURA MINIMA DE MARZO

—■— TEMPERATURA

4.2 DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

El Estado de México se localiza en el centro del país y envuelve, excepto por el sur, al Distrito Federal. Su ubicación en la vecindad de la Cordillera Neovolcánica determina la presencia en toda su extensión, de parajes altos y montañosos, generalmente arriba de los 2 000 metros.

La porción norte y centro es parte de la altiplanicie meridional, mientras que la parte oriental se extiende en la cuenca de México; la porción suroeste, que es la más baja (de 500 a 2 000 metros), queda comprendida dentro de la cuenca del río Balsas; aquí desciende bruscamente hasta llegar al río.

En el borde oriental de la entidad se localiza la Sierra Nevada, con elevaciones (el Popocatepetl) de más de 5 000 metros. Al sur se encuentra la Sierra de Zacoalpan, la Sierra del Ajusco, etc.

Hidrográficamente, el Estado de México esta dividido en las cuencas de los ríos Lerma, Balsas y Moctezuma-Pánuco. El área de estudio se localiza en la porción de la región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago que penetra en el Estado de México, cubre la parte Centro-Oeste, conformando la cuenca Lerma-Toluca con una superficie de 5 548.5 Km², drenando el 23.9% de la superficie estatal.

Esta cuenca es la segunda en superficie del Estado. En ella existen un gran número de almacenamientos entre los que sobresalen las preses Tepetitlán, José Antonio Alzate e Ignacio Ramírez; el resto son cuerpos de agua de menor capacidad, usados casi en su totalidad para riego. La importancia de esta cuenca radica en que ahí se encuentran ubicadas las zonas agrícolas de temporal y riego más importantes de la entidad, donde se tienen los rendimientos de maíz más altos. Se localizan también dentro de esta cuenca algunas de las zonas industriales más importantes del estado, como son los corredores industriales Toluca-Lerma-Santiago, Tianguistengo y Atlacomulco, que absorben gran parte del agua disponible en esta zona. (Fuente: INEGI 1981 Síntesis Geográfica del Estado de México)

Los terrenos que ocupa el municipio de Toluca ocupan el vértice noroccidental del Valle de Toluca y la parte Suroccidental del Valle de Ixtlahuaca. Sus límites son los siguientes: Al norte; los municipios de Temoaya y Otzolotepec; Al sur; con los de Cailmaya, Metepec y San Mateo Atenco. Al este; con el de Lerma. Al oeste; con los de Almoloya de Juárez y Zinacantepec.

La superficie total del municipio de Toluca es de 42,013.50 hectáreas, pero de éstas sólo 27,757.64 se dedican a la agricultura, siendo los cultivos que realizan en ellas 20,839.04 de temporal y 6,146.30 de riego. Se cultivan extensivamente 2,146.30 y al pastoreo están dedicadas 2,146.30; tienen un destino forestal 4,861 hectáreas y hasta el año de 1983 la mancha urbana de Toluca se había extendido a 3,989.26 hectáreas. Se han perdido por erosión 350.75; están cubiertas de agua 354.28 y se dedican a otros usos 2,353.99. (Fuente: Monografía Toluca).

Las actividades productivas se centraron en un principio en las primarias (agricultura y ganadería), pero hoy en día es un centro industrial (se ubica primordialmente al este de la ciudad) muy importante dada la cercanía a la capital del país. El comercio y el turismo se practican primordialmente en poca escala en el centro de la Ciudad.

La Ciudad de Toluca es un centro político de gran importancia por ser capital del Estado de México y tener grandes zonas de descentralización industrial provenientes del Distrito Federal. La SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) clasifica a la Ciudad de Toluca como una Ciudad Media de acelerado crecimiento.

En la figura 13 se ubican las estaciones seleccionadas para determinar la extensión de la Isla de calor. Se tomaron en cuenta por que son las más próximas a la ciudad de Toluca ya que no existe una red de estaciones urbanas que proporcione mayores datos sobre el clima urbano de la ciudad de Toluca.

4.3 METODOLOGIA

La Climatología urbana se ocupa del estudio de los procesos físicos y químicos que conducen a cambios en el estado medio de la atmósfera urbana (Oke, 1984). El estudio de la climatología urbana en las latitudes templadas se ha desarrollado partiendo de la idea de que el hombre ha modificado el clima de la ciudad al mismo tiempo que ha alterado el paisaje rural que rodea a las ciudades (taja de bosques, drenaje, campos de cultivo, etc.). Consecuentemente, el enfoque tradicional (desde los tiempos de Howard, padre de esta ciencia) ha sido comparar variables climatológicas urbanas y rurales con el propósito de aislar los efectos de la urbanización.

Si aplicamos el criterio de Lowry (1977) el clima de una localidad urbana es la suma integrada de diversos elementos del clima (temperatura, humedad, etc.) y cada variable meteorológica es la suma lineal de las contribuciones atribuidas al macroclima. Sin embargo, para estimar el efecto urbano en un elemento climático se requeriría obtener datos registrados antes de que se estableciera el asentamiento humano, es decir, cuando no había efecto urbano. Para evaluar el efecto urbano sobre un elemento del clima tendríamos que haber iniciado las observaciones antes de la urbanización.

En la práctica este registro es difícil de cumplir en cualquier parte, como lo señala Oke (1984). Pero es especialmente cierto para los trópicos. Sólo puede ocurrir por casualidad que un asentamiento comience a crecer alrededor de una estación climatológica y ya no se diga que se instale una estación con el propósito de registrar las condiciones preurbanas en un asentamiento previamente planeado.

De lo anterior se desprende que la metodología que se usa actualmente para ilustrar los efectos de la urbanización en ciudades de latitudes bajas, tales como los contrastes térmicos entre ciudad y campo, es bastante inexacta y consecuentemente no completamente válida.

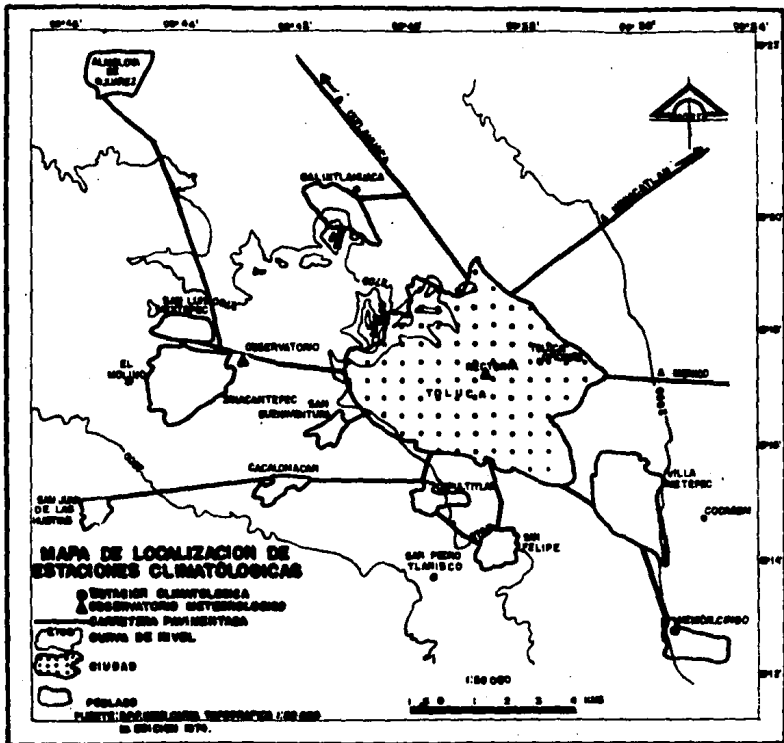


FIGURA 13

4.4 ESTACIONES FIJAS Y MOVILES.

Las características generales de anomalías urbanas de temperatura, humedad, precipitación y velocidad del viento pueden medirse mediante una observación constante en un número limitado de estaciones de referencia fijas, en la ciudad y en el campo. Al respecto, la selección de los emplazamientos representativos es capital, en particular en lo que respecta a la velocidad del viento.

Para reducir el mínimo los efectos advectivos, han de seleccionarse los emplazamientos, en la medida de lo posible, en los distritos urbanos que poseen alturas y densidad de edificios uniformes. Han de cubrirse sistemáticamente las variaciones topográficas, lo que, por consiguiente, puede aumentar considerablemente el número de emplazamientos.

La red de estaciones fijas de referencia debe mantenerse en servicio durante un año por lo menos, y de preferencia hasta tres años para producir una muestra de variaciones estacionales y sinópticas suficiente como para realizar los análisis estadísticos.

Ha de tenerse cuidado en realizar repetidas calibraciones -en particular intercalibraciones- y controles del funcionamiento de los instrumentos durante todo el período de medición. La conservación de registros detallados y sistemáticos de las condiciones de los emplazamientos son también esenciales para el análisis y la interpretación de los datos.

Algunos elementos climáticos (dirección del viento, radiación solar y neta, concentraciones de la contaminación del aire en las calles) son extremadamente sensibles a las características microescalares de la UCL (capa que se encuentra bajo el nivel de los techos).

Debido al alto costo que significaría la instalación de estaciones temporales, en la República Mexicana se han realizado estudios sobre islas de calor, utilizando datos de estaciones u observatorios fijos que tienen series históricas de más de 20 años.

4.5 RECORRIDOS INSTRUMENTADOS

Los estudios móviles sirven para establecer campos horizontales detallados de diversos elementos de la UCL. La utilización de sensores de temperatura de reacción rápida permite reunir muestras de grandes cantidades de datos con desplazamientos en automóvil, cubriendo de este modo grandes distancias en poco tiempo. Estas mediciones deben combinarse siempre con los registros continuos de unas pocas estaciones fijas con el fin de obtener correcciones de tendencia fiables para las mediciones móviles.

Las mediciones de la velocidad del viento, la radiación neta, los perfiles de humedad y de temperatura de la UCL pueden realizarse también utilizando equipos móviles. Ahora bien, en estos casos es aconsejable, o necesario, registrar las

observaciones durante las paradas en emplazamiento seleccionados con el fin de obtener una exposición adecuada de los instrumentos o un tiempo suficiente para recoger datos.

El tiempo necesario para realizar esos estudios será de varias horas en cada caso. Durante este período, las diferencias interurbanas pueden variar significativamente. Por ello será necesario, en lo que respecta a las comparaciones de la velocidad del viento, realizar en particular correcciones de tendencias, sobre la base de registros constantes procedentes de las estaciones fijas, de preferencia en lugares abiertos dentro del distrito urbano que se estudia o en emplazamiento situados sobre los techos. A menos que se disponga de varias unidades móviles, quizá sea difícil abarcar toda una zona urbana en cada estudio. Por consiguiente, es mejor escoger una porción limitada de la zona urbana y realizar en ella repetidas mediciones en cada emplazamiento durante el mismo estudio.

Las observaciones desde vehículo deben realizarse repetidamente en diferentes condiciones sinópticas y durante diferentes estaciones. Las diferencias o cambios de las condiciones sinópticas, incluso menores (por ejemplo velocidad y dirección del viento o nubosidad), pueden influir significativamente en la magnitud y la estructura de las variaciones interurbanas. Las mediciones desde vehículos tienen la considerable ventaja de que una o dos personas pueden realizarlas fácilmente a un costo relativamente bajo, alcanzando al mismo tiempo una elevada resolución temporal y espacial. Las variaciones de temperatura urbana se han medido de este modo durante los últimos 50 años en numerosas ciudades del mundo entero. Se trata de una manera útil de obtener primeras estimaciones de algunas características climáticas de una zona urbana determinada. No obstante por lo general los resultados de las observaciones con vehículos son esencialmente descriptivas.

Para tener un conocimiento más profundo de los procesos físicos que producen las anomalías urbanas observadas, es necesario utilizar otros métodos más perfeccionados.

En general, el medio físico del la UCL (capa por debajo de los techos) se distingue del medio rural por alguna o varias de las características siguientes:

- Disposiciones regulares de los elementos de superficie.
- Dimensión vertical de los elementos de superficie del mismo orden de magnitud que sus dimensiones horizontales.
- Materiales de superficie pesados que tiene elevados valores de conductividad y capacidad térmica.
- Bajo contenido de humedad del suelo debido a su rápido escurrimiento y a la impermeabilidad de los materiales superficiales.
- Movimiento de vehículos que origina turbulencias.

Además las condiciones de la UCL se distinguen en general por pronunciadas heterogeneidades espaciales en las propiedades de superficie. Por consiguiente, el análisis teórico, así como los estudios experimentales reales de los procesos termodinámicos, radiactivos y aerodinámicos de la UCL han de limitarse a entornos

sencillos cuidadosamente seleccionados.

Aún así, las necesidades de equipos y estrategias experimentales son muy grandes, y abarcan la recogida de datos de alta precisión en tres dimensiones espaciales y en el tiempo. Por ello, con respecto a la UCL se han realizado muy pocas investigaciones reales que vayan más allá de la fase descriptiva.

En lo que respecta al balance energético nocturno del aire por debajo del nivel de los techos, el papel de la divergencia tridimensional de flujo radiactivo ha sido demostrado mediante mediciones completas en un "cañón urbano" (Núñez y Oke 1976). La función de la divergencia del flujo turbulento del calor sensible y los efectos advectivos siguen esperando la investigación experimental.

La corriente de aire en la UCL quizá está fuertemente influida o incluso dominada por los remolinos horizontales y verticales generados por la edificación y los objetos de pequeñas dimensiones. La representatividad de las mediciones en esas corrientes es por lo general muy baja a causa de la falta de homogeneidad espacial incluso en las propiedades medias del flujo.

El Doctor Jáuregui (1979) determinó la magnitud de la isla de calor para la Ciudad de Toluca mediante un recorrido en vehículo instrumentado.

Por último podemos mencionar que también se realizan simulaciones con modelos, en donde se han utilizado diferentes métodos para simular diversos procesos de la atmósfera urbana. Este es un campo de investigación muy amplio.

Entre los principales métodos figuran: Los modelos escalares físicos, los modelos matemáticos analíticos y los modelos numéricos basados en la computadora.

CAPITULO 5

*ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE
INFLUYEN EN LA FORMACIÓN
DE LA ISLA DE CALOR*

5.0 ANALISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMACION DE LA ISLA DE CALOR

Estos factores pueden ser naturales como el suelo y la topografía o artificiales como la pavimentación, la edificación de altos edificios, el establecimiento de áreas verdes y otros, es decir, los artificiales son todos aquellos sobre los cuales el hombre puede actuar.

Entre los factores cuya importancia es decisiva en el desarrollo de la isla de calor podemos mencionar los siguientes:

5.1 NATURALEZA DEL SUELO

Es evidente que un suelo cubierto con vegetación densa puede retener mayor cantidad de agua y consecuentemente propiciar mayor humedad a la capa de aire que se encuentra en contacto con él.

Por el contrario un suelo que ha sido sustituido por pavimento propicia por una parte el escurrimiento casi total del agua de lluvia y con esto se reduce considerablemente la evaporación y por consiguiente la humedad del aire, por otro lado contribuye a aumentar la temperatura por medio de la reflexión ya que un suelo con vegetación o desprovisto de ésta, refleja menor cantidad de radiación que la que refleja el suelo cubierto por cemento o asfalto.

5.2 LAS CONSTRUCCIONES DE LAS CIUDADES

El pavimento y las construcciones de la ciudad elevan notablemente la temperatura del aire, esto obedece a las propiedades térmicas del material utilizado en las construcciones, concreto, pavimento, ladrillo, etc., estos almacenan durante el día gran parte de la radiación que reciben para después liberarla durante la noche, razón por la cual las temperaturas mínimas en las ciudades tienen un valor más alto que el de las zonas rurales.

También la presencia y la ubicación de los edificios de las zonas urbanas modifican los vientos locales, desviando su trayectoria y disminuyendo su velocidad, esto a su vez reduce la evaporación pues como se sabe a menor velocidad del viento menor evaporación.

Dentro de la ciudad de Toluca las edificaciones no presentan una gran altura ya que se encuentran mezclados edificios de la época del porfirato con edificios modernos lo que le da a la ciudad un toque especial.

Algo que si hay que recalcar es la amplitud del cañón urbano, siendo muy pequeño en esta ciudad.

5.3 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA

La evaporación directa de los cuerpos de agua, aún cuando estos no sean de dimensiones muy grandes, propician microclimas más frescos que los existentes en lugares desprovistos de éstos.

En la ciudad de Toluca no se cuenta con cuerpos de agua, de proporciones considerables a excepción de la laguna de Ojuelos que se ubica en los suburbios al este de la ciudad. Se localizan un gran número de fuentes que además de embellecer la ciudad proporcionan humedad al ambiente.

5.4 LA TOPOGRAFIA

Esta influye en el calentamiento del aire que está en contacto con la superficie de la tierra, éste es más efectivo y de mayor duración cuando la irradiación se desprende de una zona que sea perpendicular a los rayos solares que cuando parte de las laderas de una montaña.

Por otra parte, el viento frío de las montañas al descender por las mismas laderas hacia las depresiones, origina mayor enfriamiento en las zonas en las que se va acomodando.

La ciudad de Toluca se encuentra asentada sobre un amplio valle, y con excepción del cerro de la Teresona que se encuentra ubicado en el extremo noroeste no se cuenta con ninguna otra elevación importante dentro de la ciudad.

El que la ciudad de Toluca se encuentre dentro de un Valle amplio favorece la libre circulación del viento.

5.5 LA VEGETACION

El factor de la mancha urbana está estrechamente ligado a la vegetación en zonas urbanas pues se caracterizan por la ausencia casi total de vegetación.

La presencia de una cubierta vegetal permite que la oscilación térmica no sea muy amplia, al proporcionar mayor humedad al aire.

La presencia de la vegetación representa un obstáculo en la velocidad del viento, tanto que, Frederick (1961), encontró que durante el invierno, por la defoliación, el viento aumentó en un 40% su intensidad (Jáuregui E. cita a Frederick en Microclima del Bosque de Chapultepec). En general la capa arbórea es un factor moderador de la temperatura, la humedad y el viento, pues en sus cercanías estos elementos reducen su índice de variación haciendo menos extremos sus valores.

Para el caso de la ciudad de Toluca debido al acelerado crecimiento poblacional que se ha presentado en las últimas décadas (figura 14), no hay un gran número de áreas verdes se calcula que se cuentan con aproximadamente 50 hectáreas de áreas verdes lo que representa un porcentaje del 5% del total de la área urbana.

5.6 CONTAMINACION DEL AIRE

Como resultado del crecimiento industrial surge el término contaminación que se presenta en todas las ciudades con acelerado crecimiento.

En los últimos años se ha introducido un efecto adicional que influye en la

tendencia de los elementos del clima, este es la contaminación.

La contaminación del aire es otro factor que influye en el clima local es la contaminación del aire, ya sea por el humo industrial o por las impurezas en general, éstos forman una capa que por un lado absorbe mayor cantidad de radiación solar, disminuyendo la que llega al suelo y por otra parte durante la noche forma una pantalla protectora que impide el escape de gran parte de la radiación terrestre, con lo que se establece un estrato de espesor variable en el que aparecen temperaturas más altas, por esta razón no es de extrañar que las zonas industriales registren mayores temperaturas que el resto de la misma zona urbana.

El constante aumento de materia en suspensión implica mayor porcentaje de núcleos higroscópicos, si aunado a esto se produce un incremento en la convección local, originado por el aumento de la temperatura, el efecto resultante se traduce en una intensificación de las nieblas y de la nubosidad en general.

Por otro lado el aumento de la contaminación del aire en el Valle de Toluca perjudica a la producción agrícola pues causa daños directos a los cultivos, las hortalizas y las frutas y disminuye la productividad de los suelos, lo que nuevamente exige mayor utilización de fertilizantes, etc.

Según los reportes de la red manual y automática de monitoreo atmosférico, los niveles hasta ahora alcanzados se encuentran en el segundo rango de los cinco establecidos por la autoridad federal considerado como satisfactorio.

5.7 CONDUCTIVIDAD DEL SUELO

Este factor también desempeña un papel importante ya que si un suelo con fuerte conductividad se calienta, el calor que recibe penetra profundamente y no calienta al aire que está en contacto con él, por el contrario, un suelo con escasa conductividad se enfría más rápidamente provocando de esta manera un mayor número de heladas, por la mayor irradiación que este último presenta.

5.8 AVANCE DE LA MANCHA URBANA E INDUSTRIAL

El crecimiento urbano que se ha efectuado dentro y al rededor de la Ciudad de Toluca, ha originado el recalentamiento paulatino del aire, sobre todo a partir de la década de los 70s, esto obedece a que, la ampliación urbana implica necesariamente sustitución del suelo natural por material de alta capacidad térmica como piedra, concreto, pavimento y otros.

Actualmente el municipio de Toluca, junto con el de LERMA integran una zona industrial que ayuda al D.F. y sus alrededores a descongestionarse de fábricas, esta es una de las causas del acelerado crecimiento que ha sufrido la ciudad.

La Toluca moderna se origina en el gran crecimiento de la zona industrial, ya que ha servido para que la ciudad de México y el Valle de Cuautitlán-Texcoco desahoguen una buena parte de las fábricas que los estaban congestionando.

4 acciones contribuyen a la expansión Industrial de Toluca:

- 1. Las leyes proteccionistas de la Industria, que datan de los días del gobernador Filiberto Gómez, pero que en realidad comenzaron a funcionar desde el período de Isidro Fabela.**
- 2. La apertura de la vía ancha del ferrocarril México-Toluca-Acambaro, la ampliación de la carretera México-Toluca y las obras de infraestructura: agua, drenaje, electrificación, etc. de la época de don Alfredo del Mazo Vélez.**
- 3. La adquisición de reservas territoriales por el Dr. Gustavo Baz, que fueron vendidas con facilidades a los empresarios.**
- 4. El gasoducto que atraviesa la zona Industrial Toluca-Lerma y la construcción del Paseo Tollocan.**

Recientemente ha sido un gran impulso en este renglón el Aeropuerto Internacional de Toluca "José María Morelos", construido por el gobierno del Lic. Alfredo del Mazo González.

Sin el incremento de la industria no hubiera sido posible que en 45 años Toluca pasara de 40 mil habitantes a más de 400 mil, con lo que se ha presentado también el fenómeno de la conurbación. Esto quiere decir que los pueblos cercanos se han unido a Toluca, tales como Santa María de las Rosas, Santa Ana Tiapaltitlán, San Pablo Autopan, San Pedro Totoltepec y otros, incluso el municipio de Metepec se ha conurbado y está a punto de hacerlo el de Zinacantepec.

A continuación se presentan las cifras de población para cada una de las décadas:

| AÑO | POBLACION TOTAL. |
|-------------|-------------------------|
| 1930 | 89 895 |
| 1940 | 97 942 |
| 1950 | 115 019 |
| 1960 | 156 033 |
| 1970 | 239 261 |
| 1980 | 357 071 |
| 1990 | 487 612 |

Fuente: INEGI diversas décadas.

Para visualizar mejor el aumento poblacional observar la figura 14. La ciudad ha crecido 10 veces, esto quiere decir que las autoridades y los habitantes tuvieron que construir otras 10 ciudades iguales a la que existía en 1940 (Monografía Toluca, Gobierno del Estado). Este acelerado crecimiento que presenta Toluca además del crecimiento industrial ha originado que aparezca el fenómeno de la Isla de Calor.

Por otro lado en 1945 el gobernador Alfredo Mazo promulgó la ley de Pensiones y se inicia la construcción de casa de interés social con reservas territoriales adquiridas por la dirección respectiva.

EVOLUCION DE LA POBLACION EN LA CIUDAD DE TOLUCA PERIODO 1930 A 1990

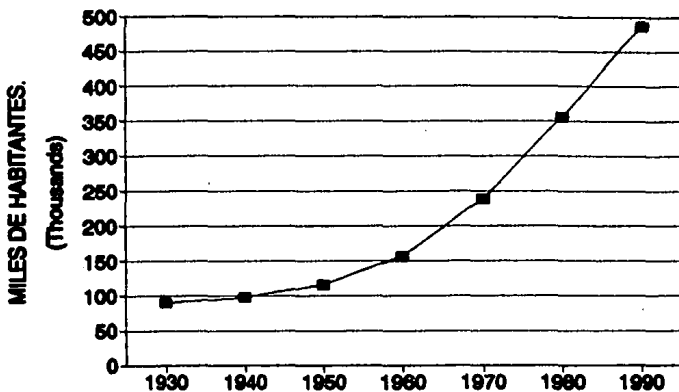


FIG. 14 EVOLUCION POBLACIONAL EN TOLUCA

—■— POBLACION

Apartir de las colonias de empleados se inició la apertura de grandes fraccionamientos particulares así como los oficiales de la federación auspiciados por el INDECO, INFONAVID, FOVISTE, etc.

En 1970 surgió el Instituto de Acción Urbana e Integración Social, AURIS, con la idea de regular el poblamiento en las grandes ciudades del Estado. En Toluca hizo varias unidades llamadas IZCALLIS.

Actualmente se pueden ver surgiendo áreas habitacionales alrededor de Toluca sin ningún control por parte del gobierno del Estado y lo que es peor se están sacrificando al desarrollo urbano valiosas tierras cultivables situadas en zonas de condiciones climáticas favorables.

La competencia por la tierra y los recursos hídricos plantea conflictos cada vez mayores entre la urbanización y la agricultura, pues hay una disminución en la producción de alimentos para una población en constante aumento. El desequilibrio existente trata de compensarse en otras zonas, lo que con frecuencia hace necesario el riego adicional y la utilización del fertilizantes y energía para combustibles, secado de granos etcetera.

CAPITULO 6

*DAJOS USFLZADOS
PARA EL ANALISIS*

6.0 DATOS UTILIZADOS PARA EL ANALISIS

6.1 DATOS

Para la obtención de datos de calidad es necesario contar con instrumentos adecuados, por tal motivo se inició este capítulo con un pequeño resumen de la invención de algunos instrumentos meteorológicos.

Temperatura. En 1592, Galileo descubrió el principio de la dilatación térmica de los cuerpos y quiso aplicarlo al agua para obtener un sencillo termómetro. Pero, el agua es precisamente uno de los cuerpos que presenta una dilatación anómala, ya que en cierto intervalo de temperatura no se dilata. Así, hubo que esperar hasta 1641 para conseguir el primer termómetro fiable, que ya utilizaba mercurio, metal que presenta una dilatación regular.

Descubierta el principio que permitió la fabricación de los termómetros, era necesario establecer la relación entre incremento de temperatura y dilatación lineal.

Este problema ha tenido diversas soluciones. Una fue la propuesta por Celsius en 1742, consistente en asignar el grado cero a la temperatura de congelación del agua pura, a presión atmosférica normal, y el grado cien a la temperatura de ebullición del agua, en las mismas condiciones. Actualmente se cuenta con otras dos escalas la fahrenheit y la kelvin.

Por otro lado Evangelista Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileo, fundó con Vincenzo Viviani la Academia de Experimentos en Florencia. El día de su inauguración, Torricelli presentó un barómetro de mercurio cuyo principio de funcionamiento era muy simple: lleno de mercurio un tubo de 80 cm. de altura, cerrado por su extremo superior. Sumergiendo el extremo abierto en una cubeta también con mercurio observo que el mercurio del tubo descendía hasta estabilizarse en 760 mm.

Elo se producía, a nivel del mar en condiciones normales, al equilibrarse las presiones ejercidas por la atmósfera sobre la superficie del mercurio de la cubeta y por la columna de mercurio contenida en el tubo. De esta forma se estableció el valor de la presión atmosférica que se expresa en milímetros de mercurio (760 mm), en milibares (1,013 mb), (Tiempo y Clima Salvat pág. 19). Solo mencionamos estos 2 instrumentos por que se consideran los más importantes dentro de la meteorología.

Por otro lado antes de que se establecieran los Servicios Meteorológicos nacionales en todos los países se realizaban observaciones del tiempo y se publicaban datos climatológicos pero, debido a que la medición de datos meteorológicos dependía de la invención y adaptación de los instrumentos científicos y del desarrollo de métodos y procedimientos sistemáticos, no hay datos climatológicos disponibles más allá de los tres siglos pasados.

En los siglos 18 y 19 muchos observatorios con financiamiento privado publicaban datos climatológicos si sus recursos se lo permitían y alguna de esas publicaciones contienen los datos climatológicos cuantitativos más antiguos

disponibles hoy en día.

Las primeras observaciones meteorológicas de que se tiene noticia fueron realizadas en México por Antonio Alzate quien midió por varios años la temperatura del aire y la precipitación, en su domicilio de las calles de Correo Mayor, en el último tercio del siglo XVIII.

Un siglo después, se inician en nuestro país las primeras observaciones meteorológicas en forma oficial al fundarse el Observatorio Meteorológico Central de la Ciudad de México en el año de 1877.

Para el año de 1888 funcionaban ya 9 estaciones meteorológicas, según consta en el Boletín Mensual del Observatorio Meteorológico Magnético Central de México.

Ya se ha dicho que la primera red climatológica que se estableció en el país fue la del Servicio Meteorológico. En el cuadro 1 se muestra el número de estaciones y observatorios con que contaba en cada década. Se observa que el crecimiento de la red de observatorios ha sido paulatino. No podemos decir lo mismo de el crecimiento de la red de estaciones termopluviométricas por que durante algunos períodos ha disminuido y en otros ha crecido el número.

Para la década de los noventas el Servicio Meteorológico Nacional ha puesto en marcha un programa de modernización, dentro de ese programa se contempla la instalación de estaciones automáticas climatológicas y estaciones automáticas sinópticas que transmitirán información automáticamente al satélite. Dicha red permitirá al Servicio Meteorológico Nacional disponer de datos de cualquier lugar del país en cuestión de minutos.

Para la Ciudad de Toluca el primer Observatorio Meteorológico inicia sus actividades como tal el 10. de enero de 1891 en el lugar más apropiado, ubicado en el ángulo noreste del edificio del Instituto, siendo Director de éste el Prof. Silvano Enríquez. Durante el período gubernamental del General José Vicente Villada; el 2 de octubre de 1897 se expide el decreto No. 29 de la H Legislatura en la que se dispone la creación de la "Red Meteorológica del Estado" y la consiguiente transformación del Observatorio del Estado de México, la cual inició dos semanas después bajo la dirección del Ing. Enrique Schulz.

Aun cuando el movimiento armado revolucionario afecta los propósitos del Observatorio, éste refugiado como siempre en el edificio del Instituto, continúa su labor. El Observatorio dependiente del SMN fue instalado en el año de 1973 en el municipio de Zinacantepec Estado de México, dentro de las oficinas de Melagricultura.

Cuando el primer Servicio Meteorológico Nacional fue organizado en México, en la segunda mitad del siglo XIX, con el propósito primario de desarrollar y proveer un servicio de pronóstico del tiempo, una de las tareas que tomaron a su cargo fue la publicación de datos climatológicos porque los científicos mexicanos que

organizaron los nuevos servicios reconocían el valor de los datos climatológicos como una ayuda en el desarrollo de la teoría meteorológica y en la metodología para la previsión del tiempo.

CRECIMIENTO DE LA RED DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

| AÑO | OBSERVATORIOS | TERMOPLUVIOMETRICAS |
|------------|----------------------|----------------------------|
| 1908 | 1 | 127 |
| 1917 | 16 | 13 |
| 1923 | 48 | 183 |
| 1926 | 52 | 199 |
| 1930 | 50 | 409 |
| 1936 | 52 | 275 |
| 1941 | 56 | 393 |
| 1960 | 58 | 543 |
| 1963 | 65 | 346 |
| 1970 | 74 | 496 |
| 1980 | 77 | 650 |
| 1990 | 77 | 500 |

CUADRO 1

Fuente: SMN, 1994.

Al mismo tiempo, los científicos que planeaban los desarrollos económicos en la agricultura, industria, transporte, etc. comenzaron a reconocer el valor de los datos climatológicos y su demanda comenzó a ser muy importante.

Hoy en día, la meteorología aplicada y la climatología con sus enormes beneficios para la comunidad, dependen grandemente de la disponibilidad de buenos datos climatológicos; si tales datos están guardados en los archivos de un Servicio Meteorológico nacional, rara vez estarán disponibles para planificaciones económicas o proyectos sociales.

Por lo anterior, la publicación de datos climatológicos se ha convertido en una actividad muy importante en muchos Servicios Meteorológicos Nacionales.

Los datos climatológicos pueden clasificarse en actuales, históricos o estadísticos.

El término actual se usa para datos muy recientes que se imprimen en una publicación provisional aunque no hayan sido procesados hasta llegar a la calidad estándar final.

Los datos históricos son los registros meteorológicos oficiales para un lugar y tiempo específico que, antes de su publicación, han atravesado un control de calidad. Esto es un proceso complicado en el cual los datos son controlados con los datos previos y los posteriores del mismo lugar y de lugares cercanos.

Los datos estadísticos son aquellos que han sido procesados para obtener las condiciones medias, extremas, frecuencias sobre o debajo de ciertos umbrales, etc., sobre períodos que abarcan años o décadas.

Cuando es requerida la información perteneciente a un determinado lugar o momento, el usuario busca entre los datos climatológicos actuales o históricos, mientras que si él desea obtener valores significativos para determinar el clima de un lugar o para ayudar en una planificación a largo plazo en la cual el clima es importante.

Así como hay tres tipos diferentes de datos climatológicos, actuales, históricos y estadísticos, la publicación de estos datos puede dividirse en dos clases: periódicas (o de rutina) y especiales (u ocasionales).

Una publicación climatológica periódica es la que está programada para su preparación y publicación en forma rutinaria en un determinado intervalo de tiempo, por ejemplo en forma semanal, mensual o anual.

La mayoría de las publicaciones periódicas contiene datos históricos mientras que los datos estadísticos generalmente se publican en forma de boletines. Se incluyen en este grupo los volúmenes sobre promedios y datos extremos, datos estadísticos de varios tipos, descripciones de climas regionales o nacionales, informes sobre aspectos especiales del clima de un país, etc.

Podemos mencionar algunas de las publicaciones que realiza el Servicio Meteorológico Nacional: Boletín climatológico mensual, Boletín climatológico anual, Boletín climatológico estacional, Normales climatológicas, etc.

Las series largas, continuas y homogéneas de datos son de gran utilidad en la investigación de las fluctuaciones climáticas y tendencias.

6.2 RECOPIACION DE DATOS

La información meteorológica utilizada en el presente estudio fue recopilada, en los archivos del Servicio Meteorológico Nacional y en los archivos de estaciones climatológicas de la Subgerencia de Administración del Agua de la Comisión Nacional del Agua en el Estado de México. También se utilizan datos del Observatorio Meteorológico de Toluca y del Observatorio de la Universidad del Estado de México.

Se seleccionaron datos de 8 estaciones climatológicas, además de 2 observatorios Meteorológicos. Todas ubicadas en los alrededores de la Ciudad de Toluca. (figura 15). Los períodos de registro son variables, en general abarcan de 1970 a 1992. Los archivos existentes en la Subgerencia de Administración del Agua datan del año de 1970 y solo 2 o 3 estaciones tienen registros desde el año de 1967, entre ellos podemos mencionar a las siguientes estaciones: Joquicingo, Almoloya del Río, Santiago Tianguistengo y San Francisco y Tlacotalpan.

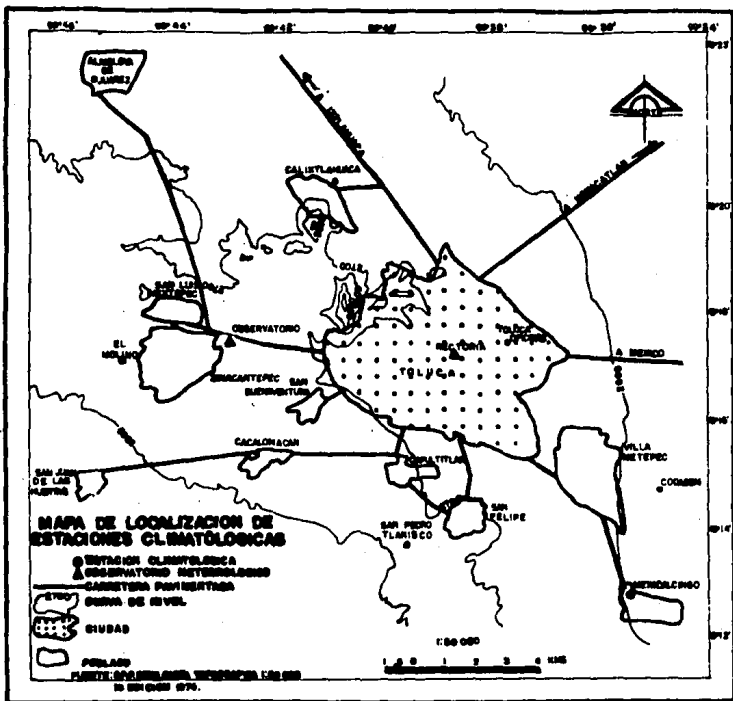


FIGURA 15

Durante los años que van de 1986 a 1990 la red de estaciones climatológicas estuvo prácticamente abandonada y actualmente se han habilitado 60 de las 254 estaciones en el Estado de México que se tienen registradas. De las 254 solo están funcionando bien 120 estaciones.

Relación de estaciones utilizadas en este estudio.

- 1.-Almoloya de Juárez.
- 2.-Callxtlahuaca.
- 3.-Codagem.
- 4.-Mexicalcingo.
- 5.-El Molino.
- 6.-San Juan de las Huertas.
- 7.-San Pedro Tianixco.
- 8.-Toluca Oficinas.
- 9.-Observatorio Meteorológico de UAEM ubicado en Rectoría.
- 10.-Observatorio Meteorológico de Toluca en Zinacantepec.

6.3 ANALISIS DE LA INFORMACION.

Un análisis climatológico puede describirse con palabras, datos numéricos, tablas, gráficas e incluso con modelos. En general los tipos de análisis son: matemáticos, gráficos y mediante modelos a escala.

Matemáticos: consisten en la representación de los valores de los elementos climáticos en forma de tablas, ecuaciones u otra utilización de los símbolos matemáticos.

Gráficos: en estos la representación se hace mediante mapas y gráficas.

Modelos: su utilización es poco frecuente pero de gran valor, estos consisten en experimentar en laboratorios mediante modelos físicos a escala, los diferentes elementos climatológicos que pueden afectar al modelo dado.

En el presente estudio se utilizaron gráficas y mapas.

Para el análisis del material hasta ahora recopilado se elaboraron: Gráficas que consisten en la representación esquemática de los valores obtenidos, estas pueden presentar valores diarios, mensuales, medias mensuales y anuales.

Para analizar la variabilidad en un microclima es necesario conocer no sólo el promedio del valor de un elemento meteorológico, sino también sus límites de variación, o valor de la desviación observada con respecto a su valor medio, esto nos ayuda a conocer la probabilidad de ver superado o no un determinado límite.

Desviación estándar y coeficiente de variabilidad para conocer la tendencia de los elementos climáticos, esto es de gran importancia ya que permite observar la evolución de la variable, para esto también se utilizaron datos que abarcan un período de varios años.

Por otro lado se elaboraron gráficas de razón de calentamiento, de razón de enfriamiento para observar como se comporta el enfriamiento y el calentamiento en la estación urbana y en la rural.

Se calculó con base en la humedad relativa la humedad específica para determinar en que lugar existe mayor contenido de vapor de agua en la atmósfera.

Otra parte del estudio consistió en la interpretación de todo el proceso anterior en relación con los factores del medio ambiente que influyen en la media del clima, entre estos se incluyó, avance urbano, vegetación, topografía y contaminación.

Se seleccionaron 8 estaciones climatológicas por ser las más cercanas a la Ciudad de Toluca, posteriormente se obtuvieron los valores medios de cada estación para establecer las comparaciones correspondientes y de esta manera se establecieron las diferencias entre el microclima de la Ciudad de Toluca y de las estaciones que se encuentran fuera de la ciudad, también para delimitar la extensión de la isla de calor.

Se calculó el coeficiente de obstrucción para todas las estaciones, este coeficiente sirve para visualizar la geometría del cañon y se puede definir como la relación entre la altura del cañon con respecto al ancho del cañon (H/W). En donde el ancho del cañon influye en la rapidez de enfriamiento, cuando presenta valores cercanos al 0 la altura de las edificaciones en esa estación es mínima; por el contrario cuando las edificaciones al rededor de la estación son muy altas el coeficiente de obstrucción es más alto a cero.

Finalmente se incluyen algunas observaciones sobre el estado actual de las estaciones climatológicas ya que se considera que la red climatológica es la base para un gran número de estudios en nuestro país.

CAPITULO 7

ISLA DE CALOR

7.0 ISLA DE CALOR

7.1 DEFINICION DE ISLA DE CALOR.

Isla de calor: Modificación higrótermica inducida por la urbanización.

La isla de calor es un fenómeno nivel local que afecta primordialmente a las ciudades grandes y medianas provocado por el cambio en la estructura y uso del suelo y por las actividades productivas desarrolladas en la Ciudad.

Uno de los efectos más notables del clima urbano es la diferencia de temperaturas que se observa entre la ciudad y sus alrededores y surge como resultado de la acumulación de edificios, la generación de calor en el área urbana y el efecto originado por la contaminación del aire ciudadano (Kratzer, 1954) tal aseveración se ha comprobado en la Ciudad de Toluca al realizar comparaciones entre una estación urbana y una rural.

R. Geiger (1954) entre otros autores señalan que la razón básica de las diferencias térmicas en el clima urbano es la alteración del equilibrio de calor e hídrico. Esto se debe a la sustitución del suelo natural por la superficie de piedra, concreto, pavimento, metal o tabique, por las cuales el agua escurre rápidamente casi en su totalidad. Además la ciudad tiene una cantidad creciente de fuentes de calor debidas a las industrias, a los vehículos de combustión interna y a la calefacción de los locales.

Es sabido que las ciudades tienen, en general, temperatura mayor que sus alrededores. Este fenómeno es llamado isla de calor.

La estructura y materiales de la ciudad hace que ésta almacene calor más rápidamente que las áreas rurales circundantes. El calor así almacenado en el día lo despidió el área urbana lentamente, durante la noche. Además, la ciudad es fuente de energía calórica por la multitud de combustiones que se generan por fabricas y vehículos. La generación de calor para fines de calefacción en el invierno es mínima en nuestro medio. En Toluca, donde por su mayor altitud las temperaturas invernales son ligeramente más frías que en la Ciudad de México, se utiliza poco la calefacción dentro de las habitaciones.

Estos factores entre otros contribuyen a explicar el hecho de que conglomerados urbanos estén ocasionando cambios sobre la temperatura, la humedad relativa, la precipitación, el viento, la nubosidad, la radiación solar y la visibilidad.

Y debido a que los procesos antes mencionados influyen en la mayoría de los elementos del clima este a su vez está siendo modificado poco a poco a través del tiempo.

Las diferencias térmicas ciudad/campo se acentúan en las noches invernales. Entonces el manto de impurezas que cubre la ciudad absorbe la radiación de onda

larga del área urbana y la re-irradia hacia el suelo. Mientras mayor sea el tamaño de la ciudad más acentuado será el efecto del contraste térmico ciudad/campo. (Jáuregui 1986).

7.2 ANTECEDENTES

No es casual que las anomalías térmicas entre ciudad y campo que se observan en las grandes capitales europeas a mediados del siglo XIX. El cambio de temperatura debió haber sido bastante evidente en las apacibles noches de otoño. En la actualidad existe una voluminosa bibliografía referente a la llamada ISLA DE CALOR en las ciudades medianas y grandes de las latitudes templadas.

Con unas pocas excepciones, el crecimiento urbano rápido es un fenómeno relativamente creciente en los países de latitudes medias. La urbanización acelerada que se observó en las grandes ciudades europeas del siglo XIX no se presentó en las ciudades del mundo en desarrollo sino hasta después de la Segunda Guerra Mundial.

La inmigración descontrolada y continua hacia las áreas urbanas de las latitudes tropicales ha tenido como resultado la proliferación de ciudades de más de 1 millón de habitantes en el mundo en desarrollo. En 1940 había sólo 6 ciudades de tales características en esa región; pero 20 años después su número había aumentado 6 veces y en 1970 era 8 veces mayor; pero 40 años después de 1940 a 1980 el número de ciudades con más de un millón de habitantes ha aumentado 12 veces. (Cuadro 2).

CIUDADES DE LOS TRÓPICOS CON MÁS DE 1 MILLÓN DE HABITANTES

| Región | 1940 | 1960 | 1970 | 1980 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| América Latina Tropical | 3 | 12 | 16 | 22 |
| Africa Tropical | 1 | 6 | 7 | 25 |
| Asia Meridional (India, Pakistán) | 2 | 10 | 29 | 18 |
| Asia Sudoriental | 0 | 9 | | 20 |
| Total: | 6 | 37 | 52 | 85 |

Cuadro 2

Referencia: Jáuregui, Los climas urbanos tropicales revisión y evaluación 1984.

Se estima que hacia el año 2000 el 45% de la Población total estará concentrada en ciudades de 500.000 habitantes o aun más (Lubell, 1984).

No es de extrañar que sólo recientemente (es decir, hace algo más de 10 años) los climatólogos de los trópicos hayan comenzado a investigar el clima urbano de las grandes ciudades de los países en desarrollo que por lo general están ubicadas en los trópicos; algunas investigaciones vincular el clima urbano a la contaminación del aire (Sham, 1979 a, 1979 b; Padmanabhamurty y Mandal, 1981; Galindo y Muhlia 1970; Iaus, 1974; Jáuregui, 1958, 1969, 1974) Ya que la mayoría de

las grandes áreas urbanas de los trópicos se encuentran en países en desarrollo, muy pocos Servicios Meteorológicos o centros de enseñanza tienen los medios que se requieren para obtener la instrumentación costosa y el personal técnico especializado que demandan los estudios de clima urbano más avanzados. En la actualidad este tipo de investigación se encuentra bastante relegada en los países en desarrollo ya que existen problemas mucho más urgentes.

En consecuencia es natural que los estudios del clima urbano en los trópicos se hayan iniciado utilizando el mínimo de recursos, es decir empleando los datos generados por las estaciones climatológicas ya existentes en la ciudad y su entorno, tal como se hiciera en el pasado en las ciudades de las latitudes templadas.

El rápido crecimiento de la urbanización en las grandes capitales en los trópicos ha traído consigo diversos grados de industrialización, con frecuencia esto ha propiciado el deterioro de la calidad del aire y los problemas de contaminación atmosférica han comenzado a asolar los grandes conglomerados urbanos de los trópicos.

Ha sido entonces que se ha buscado el apoyo de los climatólogos para examinar la relación entre la contaminación atmosférica y algunas variables atmosféricas como la temperatura (perfil térmico) y el viento, con objeto de comprender mejor el transporte y dilución de los contaminantes en un área urbana (Raman y elkar, 1972; Jáuregui y otros, 1981).

A medida que la ciudad de México comenzó a extenderse ejerció una influencia creciente sobre el clima.

El crecimiento acelerado comenzó en los años cuarenta y el aumento de la población durante los siguientes treinta años ha sido uno de los más grandes del mundo.

Este crecimiento urbano ha contribuido a provocar cambios significativos en el clima térmico, como se puede apreciar en el cuadro 3.

AUMENTO DE LOS MÁXIMOS CONTRASTES TERMICOS CIUDAD/CAMPO DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS EN LA CIUDAD DE MEXICO EN EL PERÍODO 1900-1980

| Año | ATU-r (max) (°C) | DIF de Período a Período (°C) | Período | ATU-r/año (°C año) |
|------|------------------|-------------------------------|-----------|--------------------|
| 1900 | 1.2 | | 1900-1941 | 0.07 |
| 1941 | 4.0 | +2.8 | 1941-1981 | 0.14 |
| 1960 | 4.7 | +0.7 | 1960-1981 | 0.22 |
| 1970 | 6.3 | +1.6 | 1970-1981 | 0.28 |
| 1981 | 9.4 | +1.4 | 1900-1981 | 0.10 |

Cuadro 3

Referencia: Jáuregui, los climas urbanos tropicales revisión y evaluación 1984.

En el período 1960-81 tuvo lugar un gran aumento de la diferencia entre las temperaturas urbanas y rural, mientras el AT alcanzó el valor medio anual de 0.22 C, que es casi el doble del que corresponde a todo el período.

Entre 1940 y 1970 la ciudad creció de 1 millón a 9 millones de habitantes y a comienzos de los años 80 alcanzó a unos 14 millones. Este enorme aumento de la población en los años 70 significa la mayor tasa de crecimiento del ATu-r en todo el período. En donde ATu-r= a la diferencia de temperatura entre la estación urbana y la estación rural.

Los resultados anteriores hacen pensar que el proceso de urbanización ejerce una influencia en la temperatura del aire observada al nivel del abrigo meteorológico y, consecuentemente, en la rapidez de enfriamiento nocturno, que no se ve casi afectada en la medida que no sea absorbida por la ciudad.

El tema abordado en este trabajo ha sido poco estudiado en nuestro país y por ende se encuentra poca bibliografía al respecto por lo que sobresalen las investigaciones realizadas sobre "Isla de Calor" por el Doctor Ernesto Jáuregui Ostos Catedrático e Investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual efectuó hace algunos años estudios de climas de la Ciudad de México (1975) y la Ciudad de Toluca (1979).

El trabajo realizado por el Doctor Ernesto Jáuregui Ostos cuyo objeto fue determinar los contrastes térmicos ciudad/campo en una población de tamaño medio se realizó una campaña de mediciones psicrométricas en la ciudad de Toluca, por medio de recorridos en un automóvil instrumentado. Los resultados revelan que los contrastes térmicos observados (de 5°) están de acuerdo con la extensión urbana de la ciudad, siendo menores que los reportados por el autor, para la ciudad de México, y por Gáb para la ciudad de Puebla, ciudades de extensión mucho mayor.

La Isla de calor muestra una variación estacional en Toluca que es más acentuada en la época de secas cuando prevalece el llamado clima de radiación con cielos despejados. Con la llegada de la estación lluviosa aumenta la humedad ambiente y se reducen los contrastes térmicos entre la ciudad y las áreas rurales circundantes.

Por otro lado la humedad relativa es mínima en el corazón de la Isla de calor, aumentando gradualmente hacia el perímetro de Toluca. La creciente contaminación atmosférica, que ya se aprecia a simple vista en la estación de secas, favorece también la intensificación de los contrastes térmicos ciudad/campo en Toluca.

7.3 IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS DE CLIMA URBANO

El clima urbano debe sus características a las modificaciones que el hombre ha impuesto a algunas zonas de la baja atmósfera, entre estas se puede mencionar, como de gran importancia a la sustitución del suelo natural por el pavimento el cual no permite la infiltración del agua de lluvia y por el contrario propicia su

escurrimiento y la disminución de la humedad del aire al reducirse la evaporación.

Esto en sí permite apreciar diferencias microclimáticas importantes entre lugares completamente cubiertos de pavimento y zonas con suelo natural.

En investigaciones sobre el clima urbano de Alemania (Jáuregui E.) se demostró que las áreas ocupadas por edificios y calles asfaltadas eran considerablemente más cálidas que los campos o suburbios de los alrededores. Por la misma falta de fuentes de evaporación en estas zonas pavimentadas el aire no sólo es caliente sino también seco, estos mismos elementos, poca humedad y alta temperatura ocasionan grandes gastos de energía dentro de los edificios para contrarrestar sus efectos.

Siendo un problema para México el alto gasto de energía eléctrica, los arquitectos y constructores, deberían estar más conscientes de la naturaleza y formas de aprovechamiento del clima y los climatólogos sería deseable que se desarrollaran procedimientos más completos de los requerimientos necesarios para cumplir en el diseño.

Sólo en la medida en que los elementos climáticos sean estudiados en forma detallada se podrá determinar previamente, y en función del sol, las direcciones de los ejes, los anchos de las calles y las alturas de las fachadas con el fin de calcular, medir y ponderar los efectos de la luz y calor solar en las habitaciones.

Esto podría constituir un aspecto importante en los ahorros de energía ocupada en el alumbrado, calefacción y en el enfriamiento del ambiente de la habitación.

Este tipo de análisis se han realizado principalmente en países europeos donde mediante observaciones sobre el modo como el sol baña las fachadas de los edificios y vías públicas y el tiempo durante el cual reciben la acción directa de los rayos solares encuentran la orientación que debe darse a los edificios.

Sin embargo, aún actualmente puede decirse que no hay relación entre el clima y el diseño de construcción, esto es fácil de observar dentro de la Ciudad de Toluca, debido a que existe una mezcla de edificios antiguos con modernos pero no se toma en cuenta la radiación que reciben los edificios, puesto que como la mayoría de las ciudades en nuestro país no hay una planeación previa a los asentamientos humanos.

Un ejemplo claro y concreto sobre la importancia de los climas urbanos lo constituye los datos obtenidos por el Doctor E. Jáuregui, quien estudió el microclima de dos habitaciones con diferente orientación, con ésto demostró la importancia de ésta con las condiciones ambientales de ambos cuartos. Los resultados obtenidos por él se resumen a continuación:

"El local orientado hacia el norte registró una temperatura algo mayor debido al asoleamiento que recibe durante mayo, junio y julio, este local tiene una óptima

comodidad en los meses calurosos de marzo, abril y mayo y durante la temporada de lluvias, mientras que en los meses de estación fría la comodidad ya no es la mejor.

El local orientado al sur no requiere de calefacción o enfriamiento por medios mecánicos ya que la comodidad ambiental en todos los meses del año se mantiene dentro de los valores aceptables.

No solo la radiación solar debe considerarse en la construcción de edificios, ya que también el viento ejerce sus efectos sobre ellas, (B.L. Lee Extreme wind data and building desing. P.416) señala que desafortunadamente son pocos los edificios que cubren los requisitos óptimos para resistir los envates del viento, esto obedece al escaso conocimiento sobre los efectos del viento al cual el edificio siempre estará sujeto.

Tampoco es por nadie desconocido el hecho de que las zonas urbanas por lo general presentan un bajo índice de bienestar por su escasa humedad debido a la poca cobertura vegetal existente. Este efecto se vería fácilmente contrarrestado si a todo lo largo de las aceras se dejara una franja con suelo natural y en ella se plantaran árboles, lo mismo que en los camellones. Estos árboles no solo proporcionarían mayor humedad al aire, sino que también actuarían como filtros de las impurezas del aire creándose con esto un ambiente con mayor índice de bienestar. Afortunadamente en la Ciudad de Toluca durante el año de 1993 y 1994 se plantaron árboles en algunas avenidas importantes.

CAPITULO 8

RESULTADOS

8.0 RESULTADOS

8.1 VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR.

Las diferencias que se han observado en el régimen térmico urbano/rural para la Ciudad de Toluca induce la variación diurna de la intensidad de la Isla de calor.

En la figura 16 se muestra a efectos de comparación la variación diurna de la intensidad de la Isla de calor en la Ciudad de México, Londres y la Ciudad de Toluca.

Las 3 ciudades tienen una variación diurna similar. La variación diaria de la intensidad de la Isla de calor en las 3 ciudades se diferencian en:

- 1. La intensidad de la Isla de calor en una ciudad de latitud media aumenta rápidamente después de la puesta del sol, lo mismo ocurre en la Ciudad de Toluca. En la Ciudad de Toluca y Londres la Isla de calor alcanza su nivel máximo después de la media noche. Siendo más alta en estas dos ciudades en comparación con la ciudad de México. Si el calor antropogénico es despreciable, este hecho hace pensar que, desde la puesta del sol a la madrugada, las pérdidas de radiación de onda larga, que dependen de la geometría (vista del cielo) y de la capacidad de almacenamiento de calor de los edificios, son menores en la ciudad de latitud media que en la Ciudad de México (Uáuregui 1984). La ciudad de Toluca presenta una pérdida de radiación de onda larga similar a la ciudad de Londres.*
- 2. Después de medianoche, y tal vez favorecida por la alta frecuencia de condiciones de calma. La intensidad de la Isla de calor aumenta rápidamente en la Ciudad de México, y alcanza su máximo a las 5 horas, cuando la*

Intensidad de la Isla de calor de Londres ha empezado a disminuir (Jáuregui 1984), mientras que para la Ciudad de Toluca su máximo se registra entre las 3 y 6 de la mañana.

- 3. Durante las horas de la tarde (de la 12 a las 16), las temperaturas en el centro de la Ciudad de México son aproximadamente 1°C más baja que en los suburbios, mientras que para Londres la Isla de calor alcanza su valor mínimo (menos de 1°C) sin llegar a descender de 0°C (Jáuregui 1984). Para la Ciudad de Toluca el valor mínimo es alcanzado a las 12 del día con 2°C más baja que en la estación rural.*

Las diferencias observadas en la intensidad de la Isla fría de las 3 ciudades se deben posiblemente a las diferencias en la admitancia térmica y en los elementos de protección contra la luz, pero esta explicación exige una fundamentación más amplia como ha sido señalado por algunos otros autores (Ludwig, 1970; Chandler, 1976), las diferencias de capacidad térmica entre las áreas urbana y rural no explica suficientemente los patrones de temperatura diurna observados.

El valor de la Isla de calor en un mes lluvioso presenta valores de aproximadamente 2°C, en las primeras horas del día (fig. 17). Este fenómeno de disminución del valor de la Isla de calor durante la época de lluvias se debe probablemente a que durante esta época el contenido de humedad en ambiente es mayor lo que permite que las temperaturas no oscilen o tengan grandes variaciones.

Mientras que para el año de 1992 la Isla de calor presenta un valor de 6°C de 3 a las 6 horas en el mes de marzo en cambio para septiembre del mismo año el valor de la Isla de calor desciende a 2°C (fig.18 y 19).

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR EN 3 CIUDADES

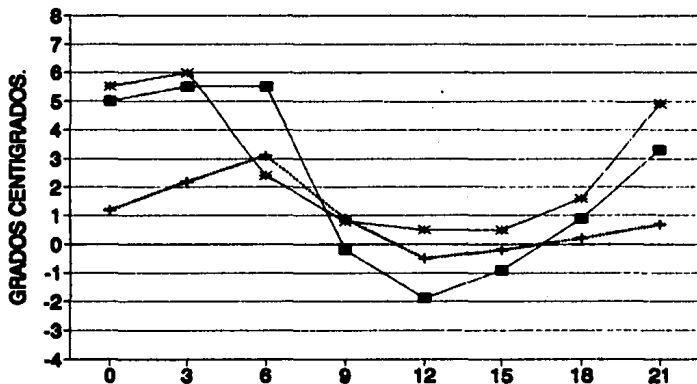


FIGURA 16 VARIACION DE LA ISLA DE CALOR

■ TOLUCA 1976 + MEXICO 1979 * LONDRES 1979

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR EN JULIO 1976

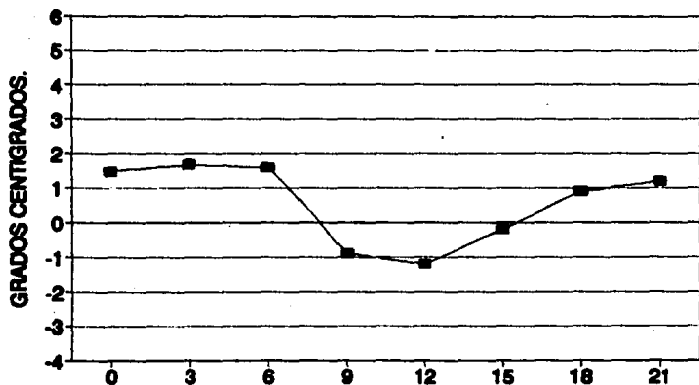


FIGURA 17 VARIACION DE LA ISLA DE CALOR

—■— DIF. RECTORIA-ZONA

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR EN SEPTIEMBRE 1992

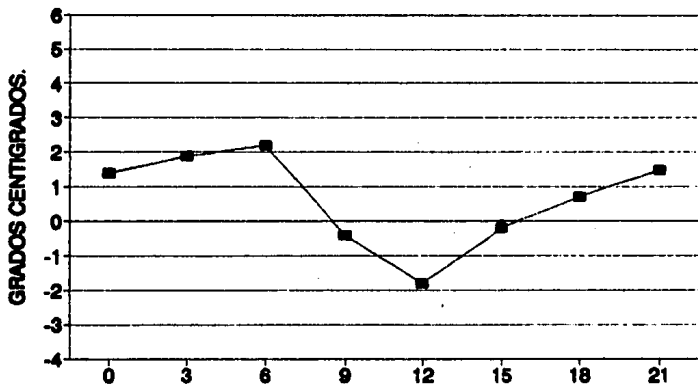


FIGURA 19 VARIACION DE LA ISLA DE CALOR

—■— DIF. RECTORIA-ZINA

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR EN MARZO 1992

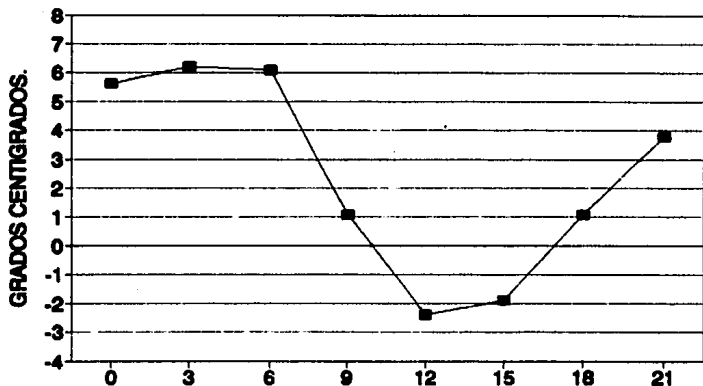


FIGURA 18 VARIACION DE LA ISLA DE CALOR

—■— DIF. RECTORIA-ZINA

Se concluye que en un período de 16 años si se registran un aumento paulatino en la Isla de calor en las primeras horas de la mañana producto de la capacidad de almacenamiento de calor de los edificios localizados en el centro de la ciudad de Toluca.

Para conocer detalladamente como se comporto la Isla de calor consultar el apendice 3.



**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA**

8.2 VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA.

Al vapor de agua que se encuentra en el aire se le conoce como humedad atmosférica y constituye uno de los elementos más importantes del tiempo y clima.

Cuando se habla de humedad atmosférica por lo general se hace referencia a la humedad relativa, que es la relación entre la cantidad de vapor de agua existente en el aire y la que podría contener a la misma temperatura, esta relación se expresa en porcentaje.

Los contrastes de humedad entre el medio urbano y el rural son importantes para determinar las condiciones de confort. Las mediciones de la humedad relativa realizadas en ciudades tropicales (Nieuwolt, 1966; Padmanabhamuty, 1979 y Jáuregui, 1971) demuestran que si bien la humedad relativa es menor dentro de la ciudad, es probable que el contenido de humedad en el aire en las ciudades estudiadas ha sido alto respecto al campo circundante debido a la baja difusión del aire casi estancado que prevalece a ciertas horas en los cañones urbanos, tal como ha sido observado por Chandler (1964) para una ciudad de latitud media.

La distribución espacial de la humedad relativa cercana a la superficie en la ciudad de México, estimada a partir de lecturas de un psicrómetro en vehículo, ha sido revelada por Jáuregui (1971). Se encontraron diferencias hasta de un 25% en la humedad relativa entre el centro de la zona urbana en comparación a una estación suburbana (aeropuerto), a la hora de máxima intensidad de la isla de calor de las 4 a 6 horas.

Para la ciudad de Toluca las diferencias encontradas en la humedad relativa son de 30%, registrada de las 0 a 6 horas, coincidiendo con las mismas horas en que se registra la máxima intensidad de la isla de calor.

Tales datos fueron obtenidos apartir de observaciones trihorarias durante un mes en la estación seca del año (fig. 20); también se incluye una gráfica con el comportamiento de la humedad relativa en época de lluvias detectándose que las diferencias entre ambas estaciones es mínima (fig 21).

Para el año de 1992 las diferencias en la humedad relativa en el mes de febrero han disminuido considerablemente en comparación a Marzo de 1976, mientras que para agosto del mismo año las diferencias de humedad relativa diurna son mínimas (fig. 22 y 23). La probable explicación a esta disminución en la humedad relativa es el hecho del avance de la mancha urbana a áreas aledañas a la estación rural.

Entre la humedad relativa y la temperatura del aire urbano existe una relación inversa, a mayor temperatura menor humedad y viceversa.

La humedad relativa existente depende en parte de la evaporación del agua de las superficies acuosas, del suelo agrícola y de la vegetación, e incluso la transpiración del cuerpo humano.

Este elemento climático depende en gran medida de los factores locales como la vegetación, temperatura del lugar, viento, la naturaleza del suelo, cuerpos de agua, etc.

En la Ciudad de Toluca hay aproximadamente 50 hectáreas de áreas verdes repartidas entre todos los parques urbanos. En comparación al tamaño de la Ciudad que es de 7,589 has. las áreas verdes representan el 5% del área urbana.

En cuanto a parques periurbanos no existen muchos, causado por el crecimiento sin control de la Ciudad de Toluca.

La humedad relativa no es el mejor parámetro para comparar el contenido de vapor de agua en el aire; para mejor comparación se calculó la diferencia de humedad específica de enero y julio en 1992 (fig. 24 y 25).

VARIACION DIURNA DE LAS DIFERENCIAS DE HUMEDAD RELATIVA EN MARZO DE 1976

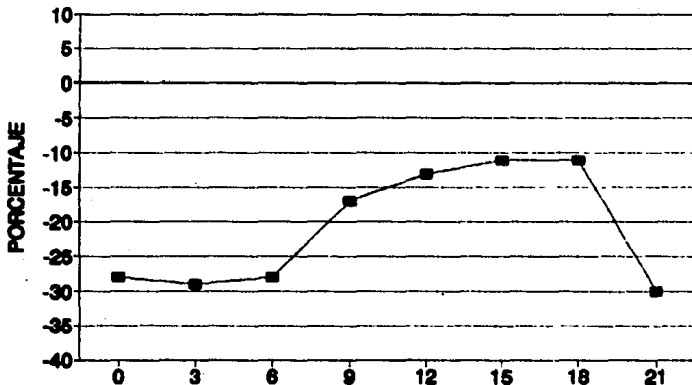


FIGURA 20 VARIACION DE LA HUMEDAD REL.

—■— DIF. RECTORIA-ZINA

VARIACION DIURNA DE LAS DIFERENCIAS DE HUMEDAD RELATIVA EN JULIO DE 1976

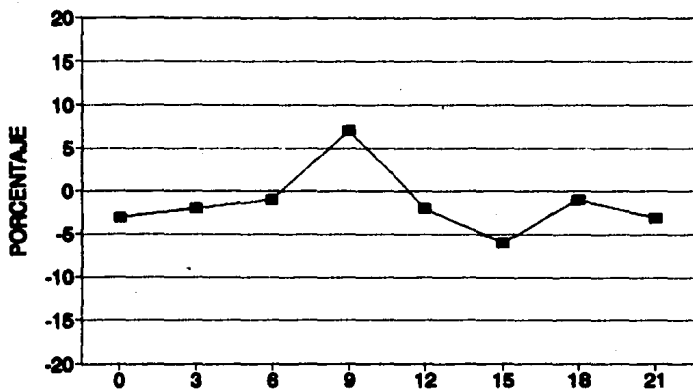


FIGURA 21 VARIACION DE LA HUMEDAD REL.

—■— DIF. RECTORIA-ZINA

VARIACION DIURNA DE LAS DIFERENCIAS DE HUMEDAD RELATIVA EN FEBRERO DE 1992

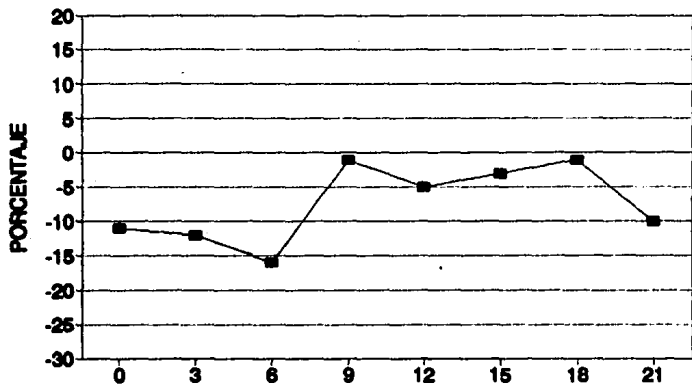


FIGURA 22 VARIACION DE LA HUMEDAD REL.

—■— DIF. RECTORIA-ZINA

VARIACION DIURNA DE LAS DIFERENCIAS DE HUMEDAD RELATIVA EN AGOSTO DE 1992

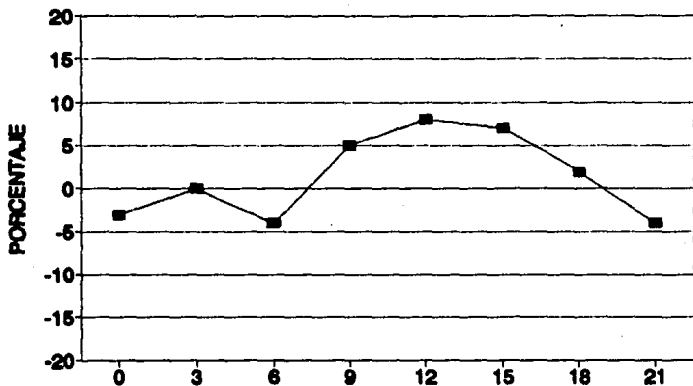


FIGURA 23 VARIACION DE LA HUMEDAD REL.

—■— DIF. RECTORIA-ZINA

VARIACION DIURNA DE LA HUM. ESPECIFICA ENERO 1992, ESTACION URBANA Y RURAL

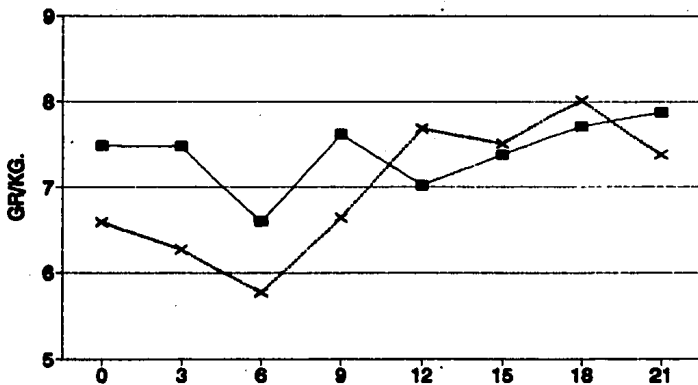


FIG. 24 VARIACION DE LA HUM.ESPECIFICA

—■— URBANA —x— RURAL

VARIACION DIURNA DE LA HUM. ESPECIFICA JULIO 1992, ESTACION URBANA Y RURAL

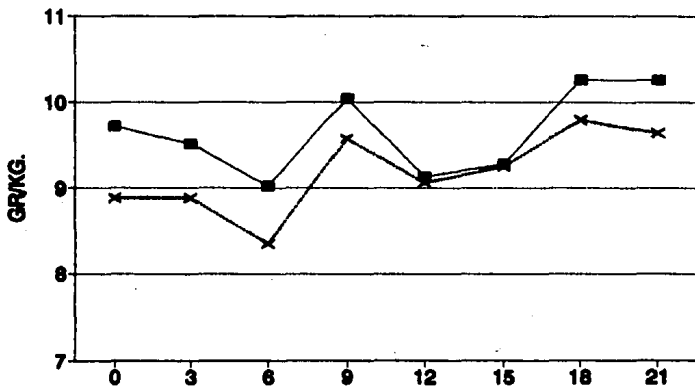


FIG. 25 VARIACION DE LA HUM.ESPECIFICA

—■— URBANA —×— RURAL

Las diferencias de humedad específica (q) urbana y rural, manifiestan una radiación diurna marcada (figura 27). Por la noche y durante la estación seca la ciudad de México es más húmeda mientras que en el día no se observan diferencias apreciables.

Durante la estación lluviosa los contrastes de la humedad urbana y rural son negativos (más seca la ciudad) durante todo el día (Uáuregui 1984).

Para conocer con mayor detalle como se comportó la humedad relativa consultar el apéndice 4.

El comportamiento de la humedad específica en la Ciudad de Toluca difiere mucho del presentado en la Ciudad de México. En época de secas la Ciudad de Toluca es más húmeda desde el ocaso hasta las 9 de la mañana, mientras que de las 10 a las 20 horas la Ciudad de Toluca es más seca. Para la época de lluvias la Ciudad de Toluca presenta un comportamiento inverso al que se presentó en la Ciudad de México, la Ciudad de Toluca es más húmeda durante todo el día (fig. 26).

Ello se debe posiblemente a la disminución de la evaporación derivada de los pavimentos y azoteas, así como a una evapotranspiración menor en la zona rural. Pero el origen exacto de este hecho todavía no resulta cierto (Uáuregui 1984).

VARIACION DIURNA DE LAS DIFERENCIAS DE HUMEDAD ESPECIFICA EN TOLUCA

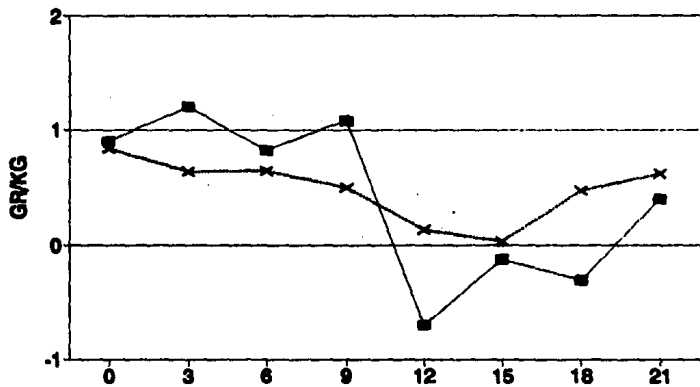


FIG.26 VARIACION HUM.ESP.ENERO Y JULIO

■ ENERO 92 × JULIO 92

VARIACION DIURNA DE LAS DIFERENCIAS DE HUMEDAD ESPECIFICA EN MEXICO D.F.

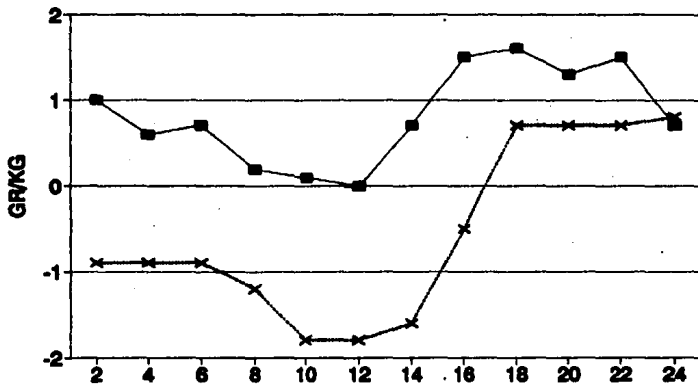


FIG.27 VARIACION HUM.ESP.ENERO Y JULIO

—■— ENERO 83 —x— JULIO 83

8.3 VARIACION ESTACIONAL DE LA INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR T_{min} (TEMPERATURA MINIMA)

La isla de calor al nivel del abrigo meteorológico en un área urbana con clima tropical y estación lluviosa se observa principalmente por la noche durante la estación seca (Tyson y otros, 1972; Bahl y Padmanabhamurty, 1979; Philip y otros, 1973; Mukherjee y Daniel, 1976; Jáuregui, 1976 a 1985).

Esto se debe probablemente a que el enfriamiento nocturno diferencial ciudad-campo está muy relacionado con los cambios del contenido de humedad en las capas bajas de la atmósfera (Gall y Herman, 1990). Esto explica la elevada frecuencia de inversiones superficiales internas que se observan durante la estación seca en este tipo de clima tropical.

En la figura 28 se presenta la variación estacional en 3 ciudades mexicanas con clima alternadamente seco/húmedo. Las 3 ciudades son de tamaño medio ubicadas en valles interiores, Guadalajara a 20°N, Veracruz 19°N y Toluca 19°N.

En la ciudad costera de Veracruz es menos acentuada la variación estacional de la isla de calor como consecuencia de la entrada de aire marítimo con alto contenido de humedad hecho determinante para la disminución de los contrastes entre el centro y la periferia, las tres áreas urbanas muestran una variación anual semejante en sus contrastes térmicos ciudad/campo al final del período nocturno de enfriamiento, ya que poseen características similares al encontrarse a la misma latitud, tener un tamaño medio, los materiales con que están construidas son similares (tabique y pavimento).

VARIACION ESTACIONAL DE LA INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR EN 3 CD. MEXICANAS.

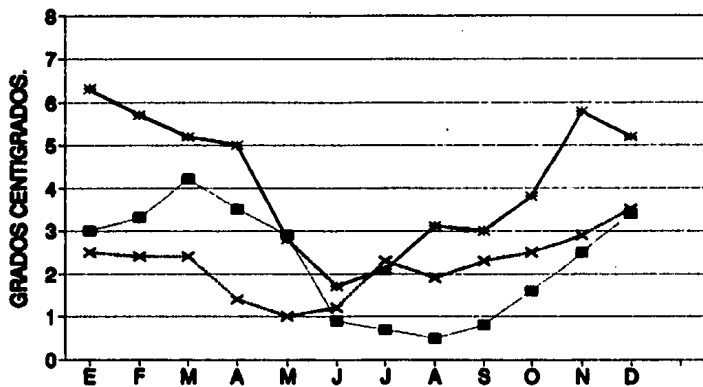


FIGURA 28 VAR. EST. DE LA ISLA DE CALOR

■ GUADALAJARA 80 × VERACRUZ 82 * TOLUCA 86

La intensidad máxima promedio de la isla de calor es de 3 a 4°C para la ciudad de Guadalajara y Veracruz. En cambio para la ciudad de Toluca la intensidad máxima promedio de la isla de calor es de 5 a 6°C, mientras que los recorridos en vehículo instrumentado en ciudades grandes de la India acusan diferencias máximas de temperatura de unos 5 a 7°C (bahl y Padmanabhamurty, 1979).

Otro ejemplo es la ciudad de Stuttgart en donde las diferencias de temperatura entre el centro de la ciudad y los alrededores es de 6 a 7°C (Hamm, 1969).

La tendencia de la temperatura mínima en un período que va de 1976 a 1992 es presentada en la figura 29, durante un mes seco (marzo) y uno lluvioso (Junio), los máximos contrastes se presentan en el mes de marzo, con valores que van de los 5 a 6°C, resaltando los años de 1991 y 1992 con un valor de 7°C. La contraparte en Junio los contrastes encontrados varían de los 2 a 3°C.

Por que esta gran variación o diferencia entre la época de secas y la de lluvias. La posible causa es el contenido de humedad en el ambiente. Al existir poca humedad durante el invierno la oscilación térmica aumenta.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Jáuregui (1976 a 1985), el cual señala que la isla de calor se presenta por la noche durante la estación seca.

Para tener una mayor perspectiva del comportamiento de la Tmín consultar el apéndice 1.

VARIACION DE LAS DIF. DE Tmin ANUAL RECTORIA-URBANA ZINA-RURAL, 1976-1992

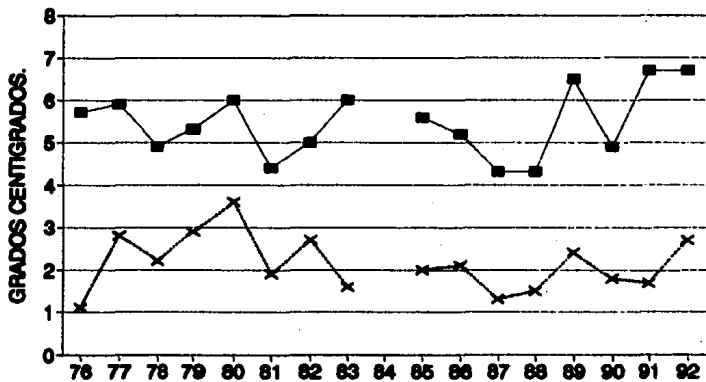


FIG.29 DIF.DE Tmin. ANUAL MARZO Y JUNIO

■ MARZO x JUNIO

8.4 VARIACION ESTACIONAL DE LA Tmax.

Cuando las temperaturas de radiación de superficies urbanas durante el día observadas en las latitudes templadas (Carlson y otros, 1977) son unos 10 a 15°C mayores que las de las superficies rurales adyacentes, la mezcla turbulenta y otros factores el efecto de sombra tienden a reducir los contrastes térmicos ciudad/campo durante el día. Tal ejemplo es el que se presenta en la ciudad de Guadalajara (1980).

Para la ciudad mexicana de Veracruz el efecto de la brisa marina por la tarde, vuelve negativos los contrastes, es evidente ya que la estación urbana esta ubicada sobre la línea de costa.

En cambio en la ciudad de Toluca se presentan contrastes que van de los 2 a los 4°C. Los contrastes máximos se presentan al final de la época de secas (abril y mayo), estos contrastes se reducen en la época de lluvias a 2°C manteniéndose ese valor hasta el mes de enero fig 30.

En la figura 31 se presenta la tendencia de la Tmax. en un período que va de 1976 a 1992, durante 2 meses uno seco (marzo) y otro lluvioso (junio). Al comparar los 2 meses tomados como muestra, se observa claramente que los máximos contrastes se presentan durante la época de secas y en un promedio de 2.5°C, para la época de lluvias los contrastes disminuyen. Debido probablemente a la naturaleza del suelo y al contenido de humedad de la atmósfera.

En el apendice 2 se incluyeron todas las graficas de la diferencia de temp. maxima entre la estacion urbana y la rural.

VARIACION ESTACIONAL DE LA DIFERENCIAS DE TEMP. MAXIMA MENSUAL EN 3 CIUDADES

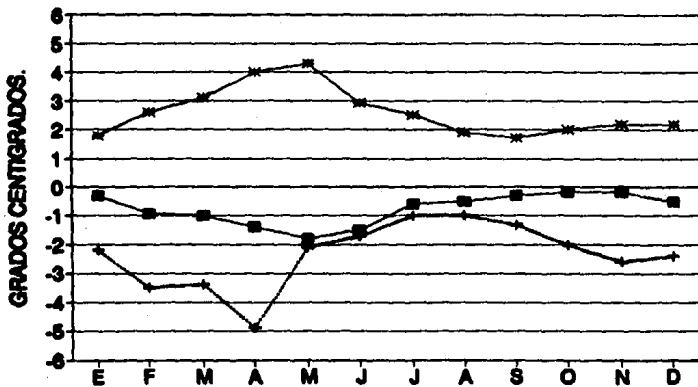


FIGURA 30 VARIACION DE LA T_{max} MENSUAL

■ GUADALAJARA + VERACRUZ * TOLUCA

**VARIACION DE LAS DIF. DE T_{max}. ANUAL
RECTORIA-URBANA ZINA-RURAL 1976-1992**

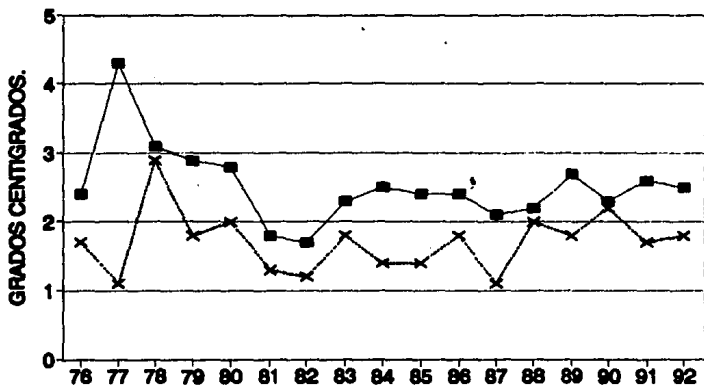


FIG.31 DIF.DE T_{max}. ANUAL MARZO Y JUNIO

■ MARZO x JUNIO

8.5 TENDENCIA DE LARGO PERIODO DE LA INTENSIDAD MAXIMA MEDIA DE LA ISLA DE CALOR

El análisis de la tendencia de las temperaturas mínimas ha sido utilizado por Pradhan y otros (1976) para evaluar los efectos de la urbanización y la industrialización en los suburbios de Bombay.

Estos autores eliminan el efecto sinóptico al tomar las diferencias térmicas ciudad/campo al amanecer suponiendo que los efectos sinópticos son del mismo orden de magnitud en ambos sitios (el aeropuerto y el centro de la ciudad cerca de la costa).

Llegan a concluir que la tendencia decreciente de las temperaturas mínimas observadas en dos periodos (1952-58 y 1964-72) pueden atribuirse al proceso acelerado de urbanización durante esos periodos.

En las latitudes templadas se ha encontrado que existe relación entre la intensidad de la Isla de calor (AT_u-r) y el tamaño de la ciudad medido por su población (P) (Oke, 1971).

(AT_u-r = es la diferencia de temperatura entre la estación urbana (u), y la estación rural (r)).

AUMENTO DE LOS MÁXIMOS CONTRASTES TERMICOS CIUDAD/CAMPO DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS EN LA CIUDAD DE TOLUCA EN EL PERÍODO 1976-1992

| Año | Atu-r(max) (°C) | Dif. de período a período | Período | Atu-r/año (°C año) | % incr. poblac. |
|--------------|--------------------|---------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|
| 1976 1980 | 3.64 5.66 | 2.02 | 1976-80 | .40 | 49 |
| 1988 1992 | 4.39 6.04 | 1.65 | 1988-1992 | .33 | 36 |
| | | | 1976-1992 | .15 | |

Cuadro 4.

En el período 1976-1980 tuvo lugar un considerable aumento de la diferencia entre las temperaturas urbana y rural.

Mientras el At alcanzó el valor medio anual de 0.40 °C/año en el período 1976-80, en comparación al encontrado por Jáuregui (1984) para la Cd. de México en el período de 1970 a 1981 fue de 0.28 °C/año, es muy alto para la Ciudad de Toluca, cuadro 4.

Entre 1940 y 1970 la Ciudad de Toluca creció de 97 000 mil habitantes a 240 000 mil habitantes lo que representa que la población se duplico 2.5 veces en 30 años, (fig 32).

Mientras que de 1940 a 1980 la población se cuadruplicó. El enorme aumento de la población en los años setenta refleja la mayor tasa de crecimiento del Atu-r en todo el período. Estos resultados anteriores hacen pensar que el proceso de urbanización ejerce una influencia en la temperatura del aire observada el nivel de abrigo meteorológico y, consecuentemente, en la rapidez de enfriamiento nocturno en la ciudad respecto al área rural circundante, que no se ve casi afectada en la medida que no sea absorbida por la ciudad.

**CRECIMIENTO POBLACIONAL POR DECADAS.
1930-1990**

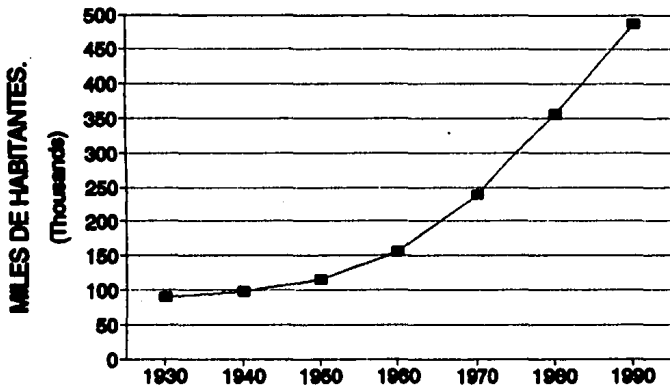


FIGURA 32 CRECIMIENTO POBLACIONAL

—■— **HABITANTES**

DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIABILIDAD PARA LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DEL CLIMA EN LA CIUDAD DE TOLUCA

| TEMPERATURA | ESTACION URBANA | | ESTACION RURAL | |
|--------------|-----------------|-------|----------------|-------|
| | | C.V. | | C.V. |
| TEMP. MINIMA | 0.2754 | 3.48 | 0.3972 | 10.45 |
| TEMP. MAXIMA | 0.3597 | 1.94 | 0.6359 | 3.13 |
| TEMP. MEDIA | 0.2786 | 2.11 | 0.5138 | 4.50 |
| PREC. TOTAL | 90.416 | 13.41 | 98.890 | 13.59 |

CUADRO 5

Como era de esperarse la temperatura mínima, máxima y media presentan mayores fluctuaciones en la estación rural.

En cambio en la estación urbana se presentan coeficientes de variabilidad muy inferiores a los que se presentan en la estación rural; causado primordialmente por la isla de calor, que como se vio anteriormente influye en las temperaturas de la ciudad, cuadro 5.

En análisis anteriores se puede corroborar que la isla de calor esta presente en la ciudad durante todo el año, en invierno con mayor intensidad que el resto del año, por ello se refleja en coeficientes de variabilidad más pequeños en la estación urbana.

En cuanto a las precipitaciones en ambas estaciones presentan desviaciones estándar y coeficientes de variabilidad muy similares, se concluye que la precipitación total no ha sido afectada por el fenómeno de isla de calor, pero probablemente si ha influido en la forma torrencial con que se han presentado en los últimos años.

Para mayor información consultar los apéndices 5 y 6 que se anexan al final de la tesis.

8.6 CURVAS ACUMULATIVAS DE RAZON DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO

Esta bien claro que los fenómenos de la isla de calor con el resultado de las diferencias de equilibrio y la estabilidad energéticos entre las zonas urbanas y rural, que a su vez producen diferentes tasas de calentamiento y enfriamiento de la superficie (Lee, 1979; Okey y Maxwell, 1975; Unwin, 1980).

Estructura y materiales de la ciudad hace que ésta almacene calor más rápidamente que las áreas rurales circundantes. El calor así almacenado en el día lo despidе el área urbana lentamente, durante la noche. Además, la ciudad es fuente de energía calórica por la multitud de combustiones que se generan por fábricas y vehículos.

La generación de calor para fines de calefacción en el invierno es mínima en nuestro medio.

En Toluca, donde por su mayor altitud las temperaturas Invernales son ligeramente más frías que en la Ciudad de México, se utiliza poco la calefacción dentro de las habitaciones.

Al comparar las curvas acumulativas de enfriamiento nocturno obtenidas por Jáuregui 1984 en la Ciudad de México se observa que existe una gran similitud entre las curvas de ambas ciudades.

La figura 33 y 34 ilustran las curvas acumulativas de enfriamiento para la estación urbana y rural de la ciudad de Toluca.

ESTA TESIS
NO DEBE
SALIR DE LA
BIBLIOTECA

CURVA ACUMULATIVA DE RAZON DE ENFRIAMIENTO RECT-URBANA ZINA-RURAL JULIO 1992

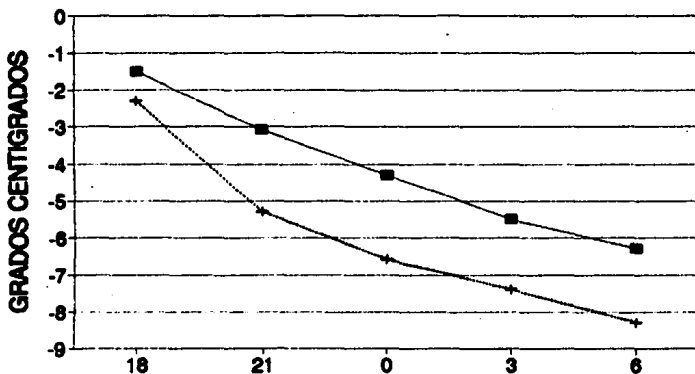


FIGURA 33 RAZON DE ENFRIAMIENTO

■ **RECTORIA URBANA** + **ZINACANTEPEC RURAL**

CURVA ACUMULATIVA DE RAZON DE ENFRIAMIENTO RECT-URBANA ZINA-RURAL DIC. 1992

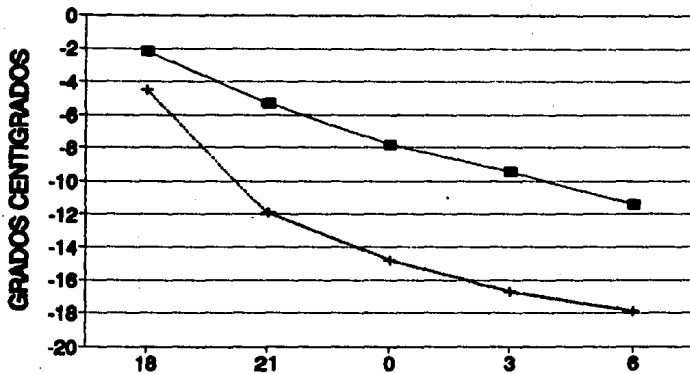


FIGURA 34 RAZON DE ENFRIAMIENTO

■ RECTORIA URBANA + ZINACANTEPEC RURAL

Se tomaron como muestra los meses de diciembre y julio. Detectándose que en el mes de julio la rapidez de enfriamiento es más lenta debido probablemente al mayor contenido de vapor de agua en la atmósfera y al viento en calma que se presenta en el ocaso.

En el mes de diciembre la rapidez de enfriamiento es más acelerada. La oscilación térmica en la estación rural es mayor que en la estación urbana. El islote de calor no permite que la ciudad se enfríe al mismo ritmo que los suburbios, después de la puesta del sol.

La rapidez de enfriamiento también tiene una estrecha relación con la capacidad térmica de los materiales que conforman la ciudad, dicho de otro modo el concreto y el pavimento de la ciudad.

Pero tal vez se podría citar también otros factores tales como las diferencias en la estructura del dosel (densidades de áreas verdes y desarrollo urbano) para tratar de observar los contrastes ciudad-campo.

CURVAS ACUMULATIVAS DE RAZON DE CALENTAMIENTO

Estas curvas guardan una estrecha relación con las curvas de enfriamiento.

En la figura 35 y 36 se representa la curva acumulativa de razón de calentamiento para el mes de diciembre y julio. Observándose que la zona urbana se calienta más lentamente que las zonas aledañas en las 2 épocas del año.

CURVA ACUMULATIVA DE RAZON DE CALENTAMIENTO REC-URBANA ZINA-RURAL JULIO 1992

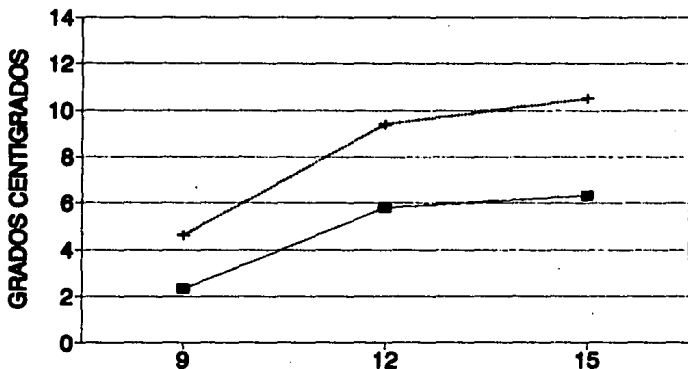


FIGURA 35 RAPIDEZ DE CALENTAMIENTO JUL.

■ RECTORIA URBANA ▲ ZINACANTEPEC RURAL

CURVA ACUMULATIVA DE RAZON DE CALENTAMIENTO REC-URBANA ZINA-RURAL DIC. 1992

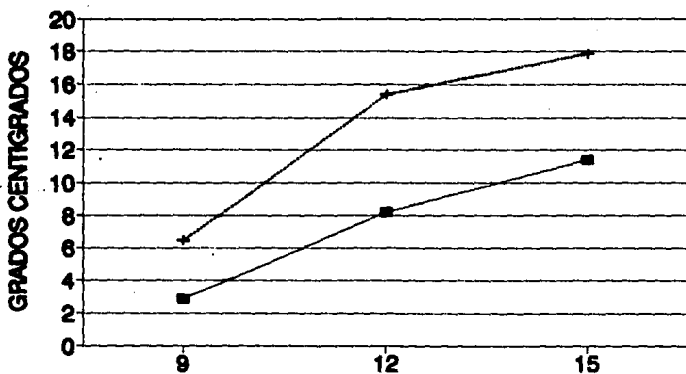


FIGURA 36 RAPIDEZ DE CALENTAMIENTO DIC.

■ RECTORIA URBANA + ZINACANTEPEC RURAL

Una de las posibles causas es la reacción de la fronda urbana ante el calor, es decir la reacción de los ladrillos y el pavimento a la radiación solar ya que no se puede comparar la reacción ante la radiación solar de el pavimento con la del pasto o suelo descubierto.

El pavimento y el concreto absorben más lentamente la radiación, y a la hora de perder calor también lo hacen lentamente.

Para el mes de diciembre los contrastes entre la ciudad y los suburbios que la rodean es mayor en comparación al mes de julio del mismo año (1992), causado primordialmente por la diferencias de condiciones meteorológicas en la época de secas y época de lluvias.

En el apéndice 5 y 6 se engloban el resto de las gráficas de rapidez de enfriamiento y calentamiento.

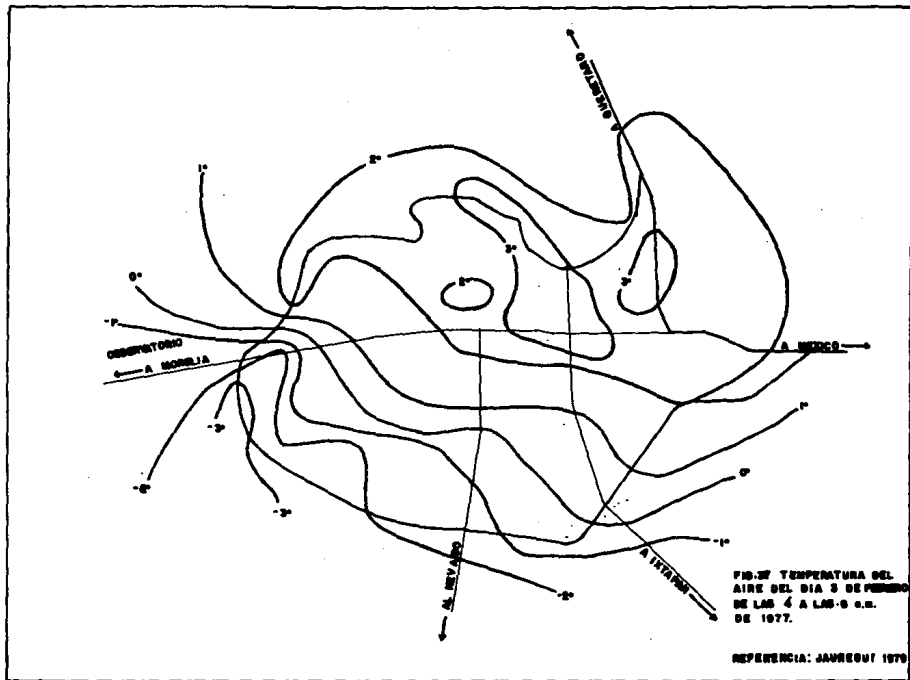
8.7 EVOLUCION DE LA ISLA DE CALOR

En el trabajo realizado por Jáuregui (1979) sobre Isla de calor en la Ciudad de Toluca se encontraron valores para la Isla de calor que van de los 3°C a los 5°C éste valor de la Isla de calor se representa en la figura 37. En donde las áreas urbanas más tibias se localizan en la mañana en el centro cívico y comercial de Toluca que se encuentra al norte del centro geométrico de la ciudad. Esta ubicación de la Isla de calor hacia el norte, se debe quizá, por una parte, a la protección que contra los vientos de cuadrante norte ofrecen los cerros de Agua Bendita, Toloche y Mora que bordean por ese flanco a la ciudad y, por otra, a que cerca de ahí está la mayor densidad de edificios. Se aprecia que la Isla de calor en ese año no cubría a toda la ciudad.

En la figura 37 se ilustra claramente cuales son los límites actuales de la Isla de calor en la ciudad de Toluca, apreciándose claramente que el centro de la ciudad coincide con el corazón de la Isla de calor. El patrón que siguen los isotermas señalan claramente hacia donde se esta extendiendo el islote de calor.

El islote de calor se esta extendiendo hacia los 4 puntos cardinales aseveración que se apoya en el patrón que siguen los isotermas (figura 38) este avance de la Isla de calor es causado por la paulatina urbanización de las zonas elevadas del Valle de Toluca aunado a la deforestación que ha sufrido la zona según esta figura el valor de la Isla de calor para promedios de temperatura mínima mensual es de 5°C.

Se aprecia que además de cubrir la ciudad de Toluca hacia el sur se extiende al poblado de Capultitlan y al suroeste a San Buenaventura.



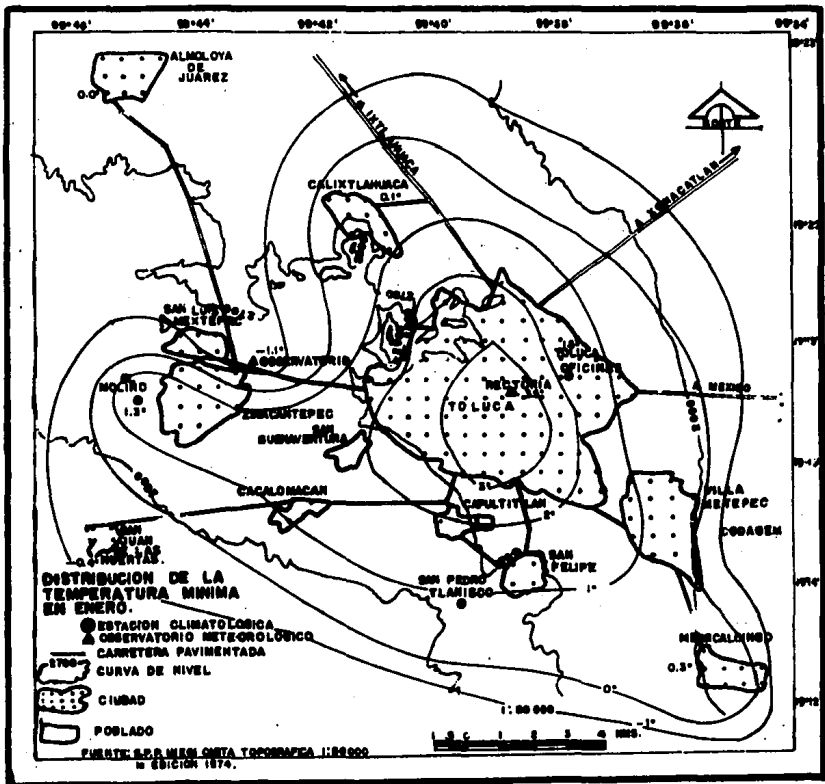


FIGURA 38

En la ciudad de Toluca se esta presentando el mismo fenómeno que en otras ciudades de la República Mexicana (La Ciudad de México, Monterrey, Guadalajara, Veracruz... etc) no referimos a la progresiva unión de los poblados más cercanos con la ciudad, provocando manchas urbanas más grandes y un gran número de problemas que repercuten en el microclima de las ciudades.

En las temperaturas máximas se aprecia que la estación rural presenta temperaturas más altas que la ciudad en promedio 2°C arriba figura 39.

Como ya se menciono anteriormente la Isla de calor no permite que exista una gran oscilación térmica dentro de la ciudad como la que se presenta en la estación rural.

En la figura 39 se aprecia que la Isla de calor se esta extendiendo hacia el oeste sur y suroeste causado primordialmente por la paulatina construcción de unidades habitacionales que no cuentan con áreas verdes, las cuales podrían proporcionar a los habitantes de esa zona además de áreas de esparcimiento el mejoramiento de la calidad del aire; otra causa del avance de la Isla de calor es el cambio de suelo y pasto natural a pavimento y concreto; otra causa es el aumento de fuentes de combustión más específicamente el aumento de vehículos en la ciudad, (aunque también deben tomarse en cuenta la variación de la actividad solar, de las erupciones volcánicas y la variación climática).

Como ya se dijo, la magnitud de los contrastes ciudad/campo está relacionada con su tamaño; mientras más extensa la ciudad, mayor cantidad de fuentes (móviles y fijas) de calor tendrá; consecuentemente aumentarán proporcionalmente

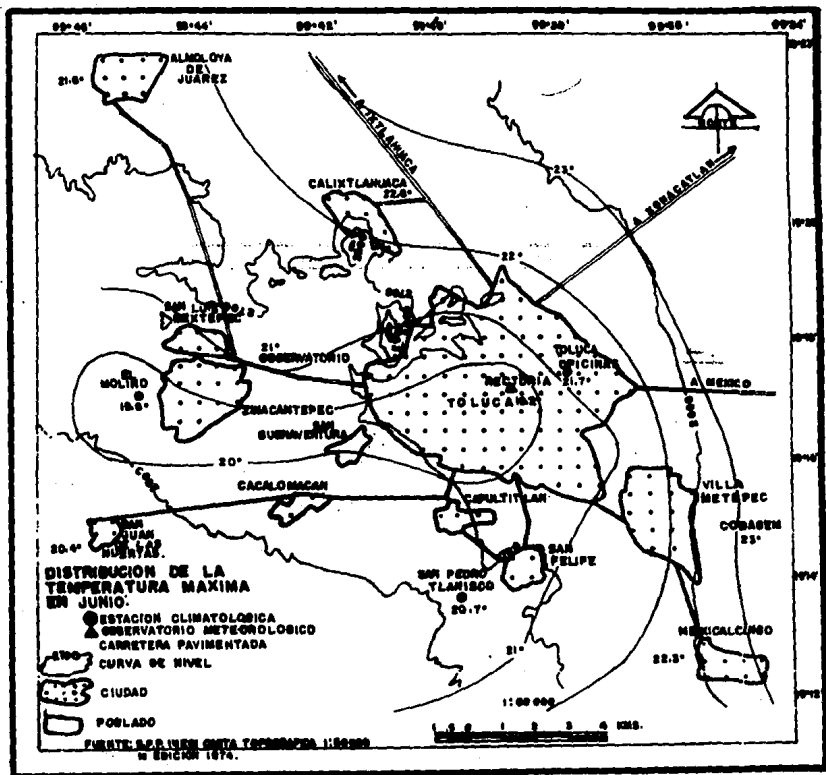


FIGURA 39

a su tamaño los niveles de contaminación y, por tanto, la Isla de calor será más acentuada.

El aumento de la intensidad de los contrastes térmicos ciudad/campo no guarda relación lineal con el tamaño del área urbana ya que existen otros factores como el clima y la topografía que hacen más compleja dicha relación. En todo caso, se puede esperar a que a medida que la ciudad de Toluca crezca en extensión y en densidad de sus construcciones, la Isla de calor irá gradualmente acentuándose. Si la contaminación atmosférica aumenta en forma drástica su influencia se reflejará en la intensificación de la Isla de calor.

En resumen al comparar las figuras 37 y 38 se aprecia claramente que la Isla de calor ha aumentado su extensión.

Para comprender mejor como se comportaron los isotermas en todos los meses del año consultar el apéndice 8 en donde se engloban las temperaturas máximas y mínimas.

CAPITULO 9

*ESPECIONES UTILIZADAS
EN EL ANALISIS*

9.0 ESTACIONES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

9.1 ALGUNOS ASPECTOS CLIMATICOS Y ESTADO ACTUAL DE LAS ESTACIONES

ASPECTOS CLIMATICOS

ESTACION OBSERVATORIO RECTORIA

La temperatura media mensual oscila entre los 10 y los 15°C, mientras que la época de lluvias se presenta de abril a octubre, el mes más lluvioso es julio con una precipitación media de 150 mm.

La temperatura media anual oscila entre los años de 1946 a 1971 entre los 13°C, a partir de 1976 hasta 1992, presenta un ligero aumento entre los 13.5°C y los 14°C. La precipitación media total es de 600 mm.; también se observa una disminución en la precipitación de los últimos 15 años.

El mes más cálido es mayo con un promedio de temperatura máxima de 23°C. La máxima anual a presentado un ligero aumento de 0.5°C en los últimos 10 años.

El mes más frío es enero con un promedio de temperatura mínima de 3.5°C.

El año en que empezó a elevarse la temperatura mínima es 1969; este aumento es debido al crecimiento que ha sufrido la Ciudad de Toluca y como consecuencia del crecimiento y el cambio del uso del suelo.

Durante la época de secas se presenta claramente el aumento de la temperatura mínima y como muestra presentamos las gráficas de las figuras 18, 19, 20 y 21. (durante el mes de diciembre se presento un aumento de 2°C en los últimos 16 años, durante enero y febrero es de 1°C en los últimos 16 años).

ESTADO ACTUAL

OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE RECTORIA

Altitud 2665 m., latitud Norte 19° 27' 19",
longitud Oeste 99° 39' 38".

Localizada en la parte alta del edificio de la Rectoría de la Universidad Autónoma del Estado de México en el centro de la Ciudad de Toluca.

La gran mayoría de las edificaciones en el centro de la Ciudad de Toluca tienen una altura que oscila entre los 10 y 12 metros mientras que las calles tienen un ancho de 8 metros aproximadamente lo que nos da como resultado que la profundidad del cañón urbano es muy alta para calcular esa profundidad utilizamos el coeficiente de obstrucción que es de 1.9 (al tener un coeficiente de obstrucción alto la rapidez de enfriamiento es más lenta, esta es una característica de zonas urbanas).

Su ubicación geográfica es el Valle de Toluca.

Fue instalado el 16 de junio de 1891 se encontraba en la torre poniente de la rectoría, en 1913 paso a la torre oriente del mismo edificio. Los registros desde esa época hasta 1946 no están completos. Desde 1946 a 1992 los registros son constantes.

De 1972 a 1975 los datos se encuentran sólo en gráficas por ello se encuentra ese hueco en la información. Las huelgas lo han afectado en diferentes periodos con la consecuente pérdida de información.

Del año de 1944 a 1968 el encargado fue el señor Juan Fernando Pérez Hernández. Desde 1968 hasta la fecha el encargado es el Meteorólogo Sergio Pérez Domínguez.

Este observatorio depende directamente de la UAEM, no reporta datos al Servicio Meteorológico Nacional.

Cuenta con los siguientes instrumentos.

- termógrafos.
- barógrafos.
- barómetro.
- anemoscopio (veleta registradora)
- 2 anemógrafos.
- anemógrafo de telecomunicaciones gráfico y digital.
- higrógrafo.
- termómetros.
- psicrómetro.
- polímetro (humedad relativa y punto de rocío)
- heliógrafo.
- pluviógrafo.
- actinógrafo.
- evaporógrafo.
- evaporímetro.
- pluviómetro.
- nefoscopio (dirección, velocidad y altura de las nubes).
- anemómetro de cazoletas.

Todos funcionando en perfectas condiciones.

Realizan observaciones cada 7 horas: a las 7, 14 y 21 horas. Simultaneas cada 6 horas a las 0, 6, 12, y 18 horas y observaciones especiales de las 8 de la mañana.

ASPECTOS CLIMATICOS

OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE TOLUCA ZINACANTEPEC

La temperatura media oscila entre los 8°C y los 14°C. La época de lluvias abarca de mayo a octubre siendo julio el mes más lluvioso con una precipitación media de 140 mm.

Mientras que la temperatura media a través de los años ha oscilado entre los 11°C y los 12°C. La precipitación total anual se encuentra en 700 mm. sobresaliendo 1978 y 1992 como 2 años con intensas lluvias cercanas a los 1000 mm.

Los meses más cálidos abril y mayo con promedios de temperatura máxima de 23°C.

Las temperaturas máximas de 1973 a 1977 no son las mismas que 1978 a 1992 pues se ha presentado un ligero aumento de 1°C.

Enero es el mes más frío con un promedio de temperatura mínima de -1.0°C. La temperatura mínima anual de 1973 a 1992 ha oscilado entre los 3°C y los 5°C no ha presentado ningún cambio significativo.

Durante el mes de diciembre el comportamiento de la temperatura mínima no señala ninguna anomalía.

En el mes más frío del año enero presenta un leve aumento en la temperatura mínima a partir del año de 1989 pues ha subido de -1°C a 1°C. En febrero también se observa un aumento menor de 1°C. en marzo ya no se observa el aumento de la temperatura mínima observar el apéndice 7.

ESTADO ACTUAL

OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE TOLUCA ZINACANTEPEC

Altitud 2720 m, latitud Norte 19° 17', longitud Oeste 99° 41'.

Localizado al Oeste de la Ciudad de Toluca sobre una planicie, en instalaciones de la SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos). Al Sur se localiza el Nevado de Toluca, al Oeste se localiza el poblado de Zinacantepec.

El coeficiente de obstrucción en este observatorio es muy pequeño de 0.25 (como se mencionaba anteriormente este coeficiente sirve para dar una idea de la geometría del cañon e influye directamente en la rapidez de enfriamiento) causado por su localización en pleno campo.

La carretera que va de Toluca a Zitácuaro esta a 10 metros del observatorio; a un costado observamos algunos cultivos de cebada.

Fue inaugurado en el año de 1973, actualmente funciona regularmente. Los registros observados de este observatorio revelan que ha tenido un gran número

de problemas (pues presenta registros con un solo observador) debidos primordialmente a la falta de personal.

Instrumental con el que cuenta:

- Barómetro de Mercurio.
- Barómetro Anerolde.
- Anemocinemógrafo.
- Microbarógrafo.
- Heliógrafo.
- Pirheliógrafo.
- Caseta meteorológica.
- Termómetro de máxima y mínima.
- Psicrómetro.
- Termohigrógrafo.
- Termógrafo.
- Pluviómetro.
- Pluviógrafo.
- Evaporómetro y tornillo micrométrico.
- Termómetro de mínima a la intemperie.
- Contador de rayos.

Todos están funcionando en perfectas condiciones.

ASPECTOS CLIMATICOS

ESTACION ALMOLOYA DE JUAREZ

Para la estación Almoloya de Juárez la temperatura media es de 12.4°C. La temperatura media oscila entre los 10°C y 14°C siendo 12.5°C la media mensual con un período de lluvias que va de mayo a octubre presentándose las máximas lluvias en el mes de julio con un promedio de 160 mm.

la temperatura media máxima es de 15°C presentándose en los meses de mayo y junio.

La temperatura media anual oscila entre los 12°C mientras que la precipitación total anual media es de 700 mm.

La temperatura máxima mensual es de 21°C, siendo abril y mayo los meses más caluroso, a través de los años la temperatura máxima ha sido de 20°C.

El promedio de temperatura mínima anual es de 3.5°C en cuanto a la temperatura mínima mensual se tiene un promedio de 4°C. Los meses más fríos son diciembre, enero y febrero con promedios de temperatura mínima de 0°C.

Contrariamente a lo que sucede en otras estaciones la temperaturas mínimas registradas presentan un descenso, causado probablemente por el crecimiento de árboles a un costado de la estación.

ESTADO ACTUAL

ESTACION ALMOLOYA DE JUAREZ

Altitud 2595 metros, latitud 19° 22' N, longitud 99° 46'W.

Se encuentra ubicada en el poblado de Almoloya de Juárez, en la ladera de una loma pronunciada. Prácticamente se localiza en una zona urbana sobre una calle pavimentada y sobre la banqueta hay árboles de gran tamaño hacia el este hay una cancha de basquet-bol y a 10 metros al sur hay un cultivo de maíz, a 100 metros se encuentra un manantial que alimenta al río.

Tiene un coeficiente de obstrucción (coeficiente que permite determinar la geometría del cañon e influye directamente en la rapidez de enfriamiento, en zonas rurales el coeficiente es muy pequeño, en urbanas muy alto), es de 0.6 debido a la presencia de construcciones cercanas a la estación.

Esta estación fue instalada en el año de 1972 y funciono normalmente hasta el año de 1997 año en que el último encargado el señor José Sánchez Váidez se enfermó quedando abandonada la estación, poco tiempo después la estación fue desmantelada por personal de la Subgerencia de Administración del Agua.

Actualmente se encuentra desmantelada sin ningún aparato y debido a que los árboles han crecido sería difícil reinstalarla por otro lado ya no es un lugar adecuado por que no cumple con las normas de instalación de una estación climatológica ya que no hay una libre circulación del viento y los árboles circundantes alterarían las lecturas de los termómetros y de la evaporación.

ASPECTOS CLIMATICOS

ESTACION CALIXTLAHUACA

La temperatura media se encuentra en 15°C, mientras que el mes más lluvioso es julio con una precipitación media de 150 mm. La época de secas se presenta en invierno con una precipitación media que no rebasa los 20 mm.

La temperatura media anual oscila entre los 13°C y 14°C. La precipitación total anual oscila entre los 600 y 800 mm., en los últimos 5 años observamos un aumento de la temperatura media debido probablemente al crecimiento del poblado de Calixtlahuaca.

Los meses más calurosos son marzo, abril y mayo con promedios de temperatura máxima de 24°C.

La temperatura máxima a aumentado 1°C a partir de 1987 causado probablemente por el crecimiento del poblado, otra probable causa son los materiales que se encuentran alrededor de la estación (evaporómetros y material para las estaciones climatológicas), subió de 22°C a 23°C.

Los meses más fríos son diciembre, enero y febrero con una temperatura mínima de 1°C

Al igual que otras estaciones también presenta aumento en las temperaturas mínimas durante la época de secas siendo aproximadamente de 1°C.

SITUACION ACTUAL

ESTACION CALIXTLAHUACA

Ubicada a una altitud de 2630 metros, latitud 19° 20' W., longitud de 99° 41' W.

En el poblado de Calixtlahuaca sobre una planicie en los alrededores hay cultivos de maíz, al oeste de encuentra el río Tejalpa, al sur hay una elevación montañosa, se encuentra en las afueras del poblado.

Coefficiente de obstrucción de 0.3, instalada en el año de 1972 actualmente funcionando.

Cuenta con los siguientes instrumentos:

- termómetro ambiente.
- termómetros de máxima y mínima.
- higrómetro.
- evaporómetro y tornillo.
- pluviómetro.
- veleta.

Todos estos instrumentos se encuentran en buenas condiciones y funcionando.

El encargado es el señor Presiliano González Macías quien señala que antiguamente la estación se encontraba en la parte alta de la casa.

ASPECTOS CLIMATICOS

ESTACION CODAGEM

La temperatura media en Codagem oscila entre los 11°C y 16°C. La época de lluvias va de mayo a octubre, siendo julio el mes más lluvioso con un promedio de 170 mm.

La temperatura media anual oscila entre los 13 y 14°C, mientras que la precipitación total anual media se encuentra en los 700 mm.

Los meses más calurosos son marzo, abril y mayo con un promedio de temperatura máxima de 25°C. Mientras que la temperatura máxima anual es de 25°C.

Los meses más fríos son diciembre, enero y febrero con promedios de temperatura mínima de -1°C.

A partir del año de 1988 la temperatura mínima ha subido 1°C aproximadamente, este aumento es más notorio en los meses de enero, febrero y marzo.

La posible explicación de este aumento de la temperatura se debe probablemente al paulatino cambio de usos del suelo pues han cambiado de terrenos agrícolas a zonas habitacionales y por consiguiente la construcción y pavimentación de las calles y avenidas, implementación de drenajes, luz, etc.

ESTADO ACTUAL

ESTACION CODAGEM

Altitud 2590 metros, latitud Norte 19° 14' 48", longitud Oeste 99° 34' 52".

Localizada en una zona plana. En terrenos de PROBOSQUE. Esta rodeada de árboles y cultivos, hacia el norte se encuentra localizada la finca llamado rancho Guadalupe, que alberga las oficinas de PROBOSQUE.

El coeficiente de obstrucción en esta estación es de 0.3 debido a que son mínimas las construcciones alrededor de esta estación.

Empezó a funcionar en junio de 1980 y hasta la fecha funciona normalmente siendo una de las mas completas dentro de todo el Estado de México.

Cuenta con el siguiente Instrumental Meteorológico.

- termómetro ambiente.
- termómetro de máxima.
- termómetro de mínima.
- evaporómetro y tornillo.
- Pluviómetro.
- pluviógrafo.
- higrotermógrafo.
- veleta con indicador.

Todos los Instrumentos se encuentran en buenas condiciones funcionando normalmente.

ASPECTOS CLIMATICOS

ESTACION EL MOLINO

La temperatura media mensual oscila entre los 9°C y los 14°C. La época de lluvias va de abril a octubre el mes más lluvioso es julio con promedio de 160 mm.

La temperatura media anual es de 11 a 12°C, la precipitación media anual es de 800 mm.

Los meses más calurosos son marzo y mayo con un promedio de temperatura máxima de 22°C.

Esta estación presenta un aumento en las temperaturas máximas de 1°C debido probablemente al crecimiento del poblado de Zinacantepec ya que esta estación se encuentra a las afueras de la población. La temperatura mínima anual también presenta un leve aumento de 1°C, los meses más fríos son diciembre, enero y febrero con temperaturas mínima de 2°C.

En el mes de febrero se observa un aumento de la temperatura mínima ya que en el año de 1976 era de 0°C mientras que en el año de 1979 subió hasta 4.5°C presentándose una diferencia de 4.5°C.

El aumento de la temperatura mínima en los meses de enero, febrero y marzo son debidos primordialmente al crecimiento del poblado de Zinacantepec.

ESTADO ACTUAL

ESTACION EL MOLINO

Altitud 2750 m, latitud Norte 19° 16', longitud Oeste 99° 45'.

Situada en una pequeña lomita junto a una serie de ranchos y un sembradio de cebada, a unos 20 metros de la estación corre el río Tejalpa. La estación del Molino se encuentra localizada a las afueras de Zinacantepec.

Las construcciones mas cercanas a esta estación se encuentran a 20 metros aproximadamente y solo cuentan con un solo piso, por tal motivo el coeficiente de obstrucción es muy pequeño se encuentra en 0.15 aproximadamente.

Fue instalada en el año de 1976 funcionando regularmente hasta el año de 1981. En los siguientes años se presentaron una serie de irregularidades en el registro de datos hasta que dejo de funcionar en el año de 1985.

El último encargado reporto que le fue robado una parte de los instrumentos por tal motivo el pasado mes de mayo de 1993 fue desmantelada completamente por personal de la Subgerencia de Administración del Agua.

El último encargado fue el señor Manuel Ramírez.

Es una lástima que una estación que se encontraba en buena localización geográfica para un óptimo funcionamiento haya sido retirada por robo del instrumental.

**ASPECTOS CLIMATICOS
ESTACION MEXICALCINGO**

La temperatura media oscila entre los 10°C y los 16°C. La época de lluvias abarca de mayo a octubre siendo julio y agosto los meses más lluviosos con una precipitación media de 160 mm.

Esta estación presenta un aumento en la temperatura media debido probablemente entre otros factores al crecimiento del poblado y a la paulatina urbanización. La precipitación total anual oscilando entre los 750 y 800 mm.

Abril es el mes más caluroso con un promedio de temperatura máxima de 24°C. La temperatura media máxima anual es de 22°C.

En la década de los 80s se observa que la temperatura mínima ha sufrido un aumento siendo más marcado en los meses de enero, febrero, y marzo. El aumento es de 2°C aproximadamente.

Este aumento en la temperatura mínima es uno de los indicios de la presencia de la isla de calor que ha ido expandiéndose a esta zona por el aumento de zonas urbanas e industriales siendo más evidente en el mes de enero.

**ESTADO ACTUAL
ESTACION MEXICALCINGO**

Altitud 2602 m, latitud Norte 19° 13', longitud Oeste 99° 35'

Se encuentra ubicada en el pueblo de Mexicalcingo en una zona plana del Valle de Toluca, dentro de la casa del encargado. La casa del encargado se encuentra en una calle pavimentada a 3 cuadras del centro del poblado. La estación esta rodeada de casas y a unos 50 metros hacia el Oeste se encuentra la carretera Toluca-Tenango; junto a la estación esta un árbol frutal que paulatinamente a crecido, alterando las lecturas de la estación.

El coeficiente de obstrucción es de 0.3.

Según datos proporcionados por el encargado, empezó a funcionar desde el año de 1967, pero solo contamos con registros desde el año de 1977; datos que hasta el año de 1993 han sido constantes, con algunas interrupciones por descompostura en los instrumentos.

Encargado desde 1967: El señor Gabino Tovar Solís.

Cuenta con los siguientes instrumentos.

- *Termómetro de máxima.*
- *Termómetro de mínima.*
- *Evaporómetro y tornillo micrométrico.*
- *Piuvímetro. Veleta con indicador.*
- *Veleta con indicador.*

Todos ellos funcionan normalmente.

ASPECTOS CLIMATICOS

ESTACION SAN JUAN DE LAS HUERTAS

La temperatura media oscila entre los 9°C y los 14°C, La época de lluvias inicia en mayo y termina en octubre, el mes más lluvioso es julio con una precipitación media de 140 mm.

El mes de abril y mayo son los más cálidos con un promedio de temperatura máxima mensual de 21°C.

En el año de 1988 y 1989, la temperatura máxima presenta un aumento, pero debido a la descompostura de los instrumentos no se cuenta con registros actuales para seguir la evolución de la temperatura máxima. Una de las causas de este aumento es la construcción de una casa junto a la estación y el crecimiento del poblado.

Los meses más fríos son enero y febrero con temperatura mínima de -0.5°C.

La temperatura mínima a oscilado entre los 2°C y los 5°C presentándose una temperatura mínima muy alta en el año de 1981. Debido a que la estación empezó a funcionar a partir de mayo, no contamos con la temperatura mínima de los primeros 4 meses. Es el motivo por el cual se encuentra muy alta.

ESTADO ACTUAL

ESTACION SAN JUAN DE LAS HUERTAS

Altitud 2840 metros, latitud 19° 14, longitud 99° 45

Localizada en las afueras del pueblo de San Juan de las Huertas sobre una pequeña lomita dentro de un cultivo de maíz y junto a la casa del encargado.

Fue instalada en mayo de 1981 funcionó normalmente hasta julio de 1984 año en que le robaron todos los termómetros y sólo reporta la precipitación sin interrupciones hasta la fecha. Actualmente ha sido nuevamente dotada de termómetros.

El actual encargado es el señor Isabel Flores Huertas.

Cuenta con el siguiente instrumental meteorológico.

- termómetro de máxima.
- termómetro de mínima.
- evaporómetro y tornillo.
- caseta climatológica.
- pluviómetro con base.
- veleta con indicador.

Con excepción del evaporómetro que está estropeado el resto de los instrumentos funciona adecuadamente.

ASPECTOS CLIMATICOS

ESTACION SAN PEDRO TLANIXCO

La temperatura media oscila entre los 13°C y 16°C, mientras que la época de lluvias empieza en mayo y termina en octubre. El mes más lluvioso es agosto con una precipitación media de 150 mm.

La estación de San Pedro Tlanixco ha tenido poco apoyo por parte de la SARH a partir de 1986, por tal motivo los datos son muy irregulares se encuentran incompletos.

El mes más cálido es mayo con un promedio de temperatura máxima de 22°C. Las máximas han oscilado de los 20 a los 22°C.

La temperatura máxima ha oscilado de los 20°C a los 22°C.

Los meses de diciembre y febrero son los más fríos, con temperatura mínima de 5°C. La temperatura mínima oscila entre los 5°C y los 10°C.

La mínima anual sufrió una baja pues de 1981 a 1984 se había mantenido en 10°C, pero en el año de 1985 a 1988 bajó a 5°C y 6°C debido a el cambio de lugar de la estación; se ubico en una zona más alta, en la ladera Este de un cerro.

En las gráficas del mes de diciembre, enero, febrero y marzo observamos que al cambiar de lugar la estación, la temperatura sufrió una disminución de 3°C. Observar apéndice 7.

ESTADO ACTUAL

ESTACION SAN PEDRO TLANIXCO

Altitud 2995 m, latitud Norte 19° 04', longitud Oeste 99° 23'.

Ubicada en una ladera con una pendiente muy pronunciada; junto a la estación hay una escuela y un cultivo de maíz; también hay 3 ó 4 casas en los alrededores y debido a que se encuentra abandonada presenta hierba crecida. localizada dentro del poblado de San Pedro Tlanixco.

El coeficiente de obstrucción en esta estación es muy pequeño alcanzando un valor de 0.3, ya que se encuentra en una zona rural.

Esta estación fue instalada en enero de 1979, empezando como pluviométrica; fue cambiada de lugar en 1980 y paso a ser termopluiométrica y fue hasta abril de 1981 cuando se le dotó de termómetros y funciona normalmente hasta marzo de 1988. En abril de 1988 se presenta una interrupción en el reporte de datos por falta de instrumental; se reanuda en octubre de 1991 y se volvió a interrumpir en septiembre de 1992, situación que continua hasta la fecha.

La encargada actual es la señora Josefina Nestor Pérez.

Esta estación presenta:

- **Termómetro fracturado.**
- **Veleta caída.**
- **Evaporómetro perforado.**
- **Sin base del pluviometro**
- **Sin vaso totalizador.**
- **Caseta en buenas condiciones.**
- **Necesita pintura y quitar la hierba.**
- **En resumen, no le funciona nada.**

ASPECTOS CLIMATICOS

ESTACION TOLUCA OFICINAS

La temperatura media oscila entre los 10°C y los 16°C. La época de lluvias va de mayo a octubre siendo junio el mes más lluvioso con una precipitación media de 140 mm.

La temperatura media anual ha oscilado entre los 12°C y 14°C. Mientras que la precipitación media anual es de 700 mm.

El mes más cálido es mayo con un promedio de temperatura máxima de 24°C. Mientras que a través de 20 años de registro la temperatura máxima ha permanecido sin variaciones significativas se ha mantenido en 21°C.

El mes más frío es enero con un promedio de temperatura mínima de 1.5°C. Durante los meses de secas la temperatura mínima en esta estación presenta una disminución, observar el apéndice 7

Una probable causa es el desplazamiento de la Isla de Calor hacia el sur. Otra es la ubicación de la estación en la azotea de las oficinas de la SARH.

ESTADO ACTUAL

ESTACION TOLUCA OFICINAS

Altitud 2635 m, latitud Norte 19° 18', longitud Oeste 99° 38'.

Ubicada en Oficinas del Distrito de Desarrollo Rural Numero 1, dentro de la zona industrial del Valle de Toluca; por encontrarse en un área e oficinas optaron por colocarla en la azotea o primer piso para que hubiera libre circulación del viento. El coeficiente de obstrucción es de 0.5.

Fue instalada en el año de 1973 y funcionó normalmente hasta junio de 1990; a partir de julio de 1990 se suspendieron los datos reanudándose el registro en octubre de 1991 y continua sin interrupción hasta la fecha.

La persona responsable de la estación es el señor Margarito Hernández.

Cuenta con el siguiente instrumental meteorológico:

- Termómetro ambiente.
- Termómetro de máxima.
- Termómetro de mínima.
- Evaporómetro y tomillo micrométrico.
- Pluviómetro.
- Vela.
- Caseta climatológica.

CONCLUSIONES

- La climatología urbana es una esfera de investigación relativamente nueva en los trópicos. Prueba de ello es el hecho de que uno de los primeros estudios que sientan las bases en este terreno fue escrito por Nieuwoit en 1966. El primer paso dado por los climatólogos tropicales ha sido buscar las similitudes (o contrastes) entre el clima urbano observado en las bajas latitudes y lo que surge de la experiencia en las latitudes medias.

Puesto que el efecto de la Isla de calor ha sido el tema central de investigación en la climatología urbana extratropical, la mayor parte de la literatura existente de clima urbano en los trópicos se refiere a las modificaciones higrótérmicas inducidas por la urbanización.

En algunos casos, estos cambios se han examinado en relación con la contaminación atmosférica o entre la contaminación del aire y la intensificación de los aguaceros en las ciudades tropicales. La literatura sobre estos y otros aspectos de los cambios provocados por las ciudades es todavía muy escasa.

En este trabajo se han intentado mostrar los efectos de la urbanización en el clima de una ciudad de latitud media y tamaño medio.

Estos efectos han sido identificados a partir de observaciones en estaciones climatológicas y 2 observatorios. Sin embargo, debe admitirse que las zonas urbanas medianas o grandes de latitudes medias no siempre cuentan con una red de estaciones climatológicas más o menos buena si es que se cuenta con alguna, y si se cuenta con una red su ubicación no siempre es la ideal, para el caso de la Ciudad de Toluca sería conveniente la implementación de una red de estaciones urbanas.

Para obtener un mejor conocimiento de las características del clima urbano.

- Tomando en cuenta el trabajo realizado por Jáuregui y Vidal en el año de 1979 para la Ciudad de Toluca en donde los resultados obtenidos revelaron una isla de calor de 5 grados, hoy podemos decir que la Isla de calor a evolucionado y presentado valores cercanos a los 7 grados centígrados.

Las horas en que la isla de calor alcanza su máxima intensidad es de las 3 a las 6 horas, con valores que oscilan entre los 5 y 7 grados, durante estas horas las capas de la atmósfera presentan una considerable estabilidad, el viento esta casi en calma, y se presentan cielos despejados, durante la noche.

- La población de la Ciudad de Toluca esta creciendo a un ritmo muy acelerado hacia los 4 puntos cardinales y por supuesto el aumento del tamaño de la isla de calor. Según datos del Gobierno estatal de 1940 a 1980 la población se ha cuadruplicado, hecho que trae como consecuencia el aumento de la mancha urbana, la degradación del aire atmosférico con la contaminación, creciente asnamiento humano, problemas de contaminación en ríos, condiciones de stress.

Todos estos problemas antes mencionados se están dando en la Ciudad de Toluca y seguirán presentándose hasta que el gobierno implemente políticas tendientes a detener en crecimiento desordenado, podemos mencionar como ejemplo al municipio de Metepec que colinda al E con la ciudad de Toluca en dicho municipio desde hace 2 años aproximadamente se han construido un gran numero de conjuntos habitacionales en terrenos que antiguamente producían maíz o frijol.

- El análisis de isotermas refleja que el centro de la ciudad de Toluca coincide con la isla de calor.

En un período de 15 años (1976 a 1992) la isla de calor aumentó de 5 a 6 grados siendo más marcada en época de secas.

Mientras que en la época de lluvias la Isla de calor presenta valores de 2 a 3 grados, coincidiendo con el centro de la ciudad.

- La ciudad se calienta más lentamente (durante las horas siguientes a la salida del sol) durante todo el año en comparación a las zonas rurales circundantes a la zona urbana.

Mientras que después de la puesta del sol se detecta que la Ciudad pierde calor más lentamente que los suburbios, porque estas diferencias en el calentamiento y enfriamiento entre la zona rural y urbana podemos decir que la principal causa reside en los materiales de que esta hecha la ciudad (pavimento y concreto).

- La Isla de calor en 1979 presentó sus valores máximos en la porción norte de la ciudad, para 1992 la Isla se extiende en toda la ciudad encontrándose los máximos valores en el centro de la Ciudad de Toluca.

- Algunos autores señalan que una de las consecuencias del Islote de calor es el aumento de las precipitaciones en áreas urbanas. En el presente estudio se llegó a la conclusión de que las precipitaciones no han aumentado se han mantenido constantes o muy cercanas a un valor medio.

- Lo que se ha observado es que las precipitaciones se presentan más torrencialmente y como consecuencia de ello se han observado un gran número de inundaciones en los últimos años en Toluca.

Podemos concluir con una lista de los efectos negativos producto de la Isla de calor.

- **Las temperaturas presentan un aumento.**
- **Los vientos pierden velocidad causando corrientes aéreas ascendentes.**
- **Aumento de la turbulencia y la nubosidad.**
- **La humedad sufre variaciones**
- **Se reduce la intensidad de la radiación solar debido al smog**
- **Se elimina la radiación de onda larga por que queda atrapada entre la superficie terrestre y los contaminantes.**
- **Se acorta la duración de la insolación.**
- **El Transporte de contaminantes desde los suburbios a el centro de la urbe por la falta de estaciones de monitoreo de contaminantes no se pudo corroborar este fenómeno en la ciudad de Toluca.**
- **Se crean condiciones que afectan el confort humano.**
- **Por último se debe señalar que la Intensificación de la Isla de calor no nada más es debida al crecimiento de la ciudad también se debe tomar en cuenta, la topografía, la variabilidad del clima, la variación de la actividad solar y la variación de las erupciones volcánicas.**

RECOMENDACIONES:

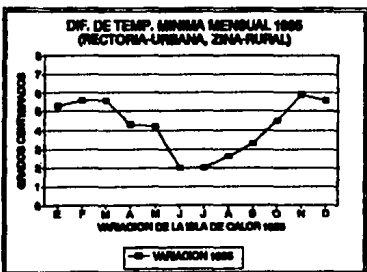
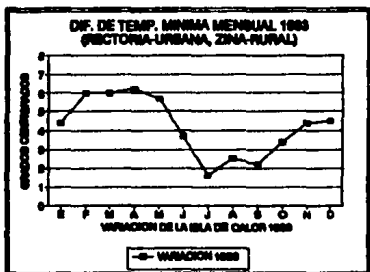
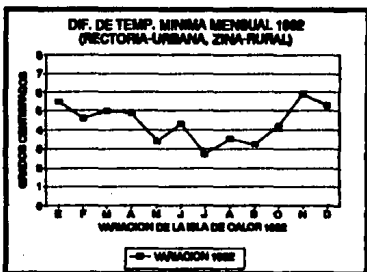
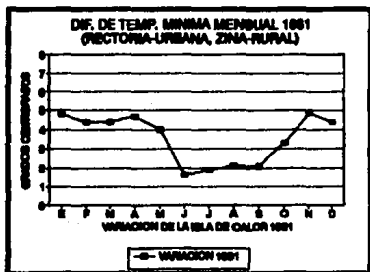
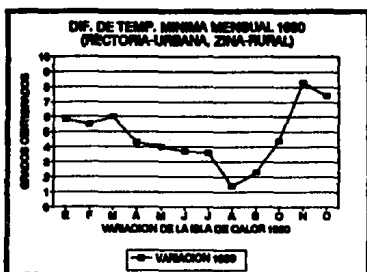
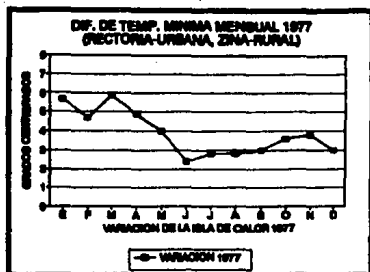
Se recomienda tomar medidas tendientes a aminorar los efectos de la Isla de calor que en la Ciudad de Toluca se ha observado que esta evolucionando rápidamente.

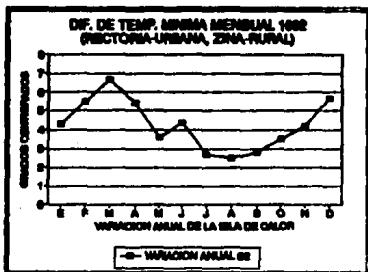
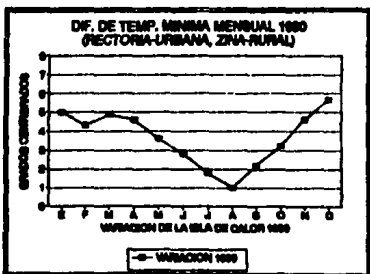
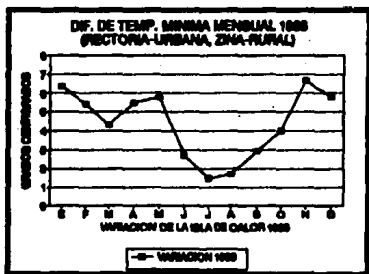
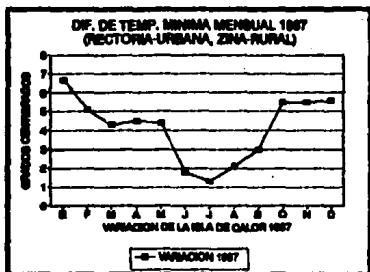
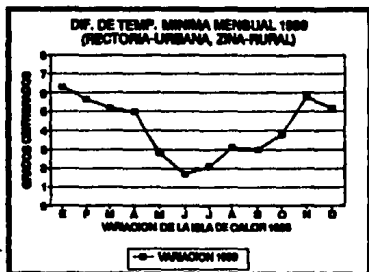
- *La implementación de una red de estaciones urbanas para medir los contaminantes presentes en la atmósfera, para poder tomar medidas preventivas cuando los niveles de contaminación rebasen los niveles aceptables.*
- *La colocación en aceras de la ciudad de árboles o arbustos tendientes a mejorar la calidad del aire que se respira en la ciudad ya que estas captan parte de gases tóxicos como CO₂, CO, O₃ etc.*
- *Implementación de políticas más estrictas contra las industrias que arrojen contaminantes a la atmósfera.*
- *La verificación de contaminantes para todos los vehículos que circulan en la ciudad.*
- *La implementación de políticas de planificación a las compañías encargadas de construir zonas habitacionales.*
- *Convendría planificar las aglomeraciones urbanas, las zonas construidas se deben alternar con zonas cubiertas de césped y parques, con el fin de mitigar la formación de intensos islotes de calor y otros efectos perniciosos.*
- *Se recomienda formar recursos humanos en ciencias ecológicas y ambientales para llevar adelante las investigaciones sobre recursos naturales (entre ellos el clima) y los ordenamientos para su explotación.*

APPENDICE

APENDICE 1

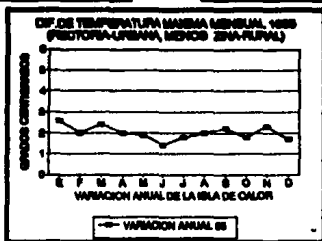
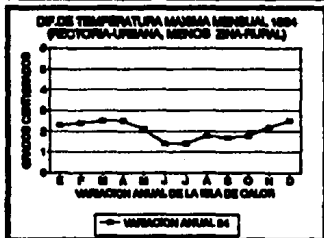
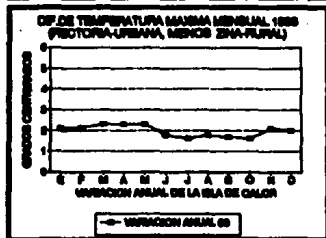
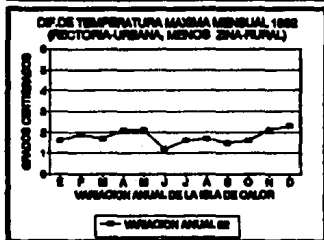
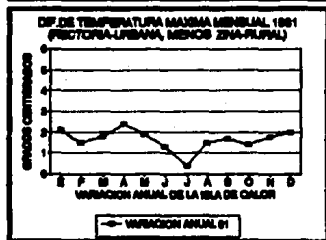
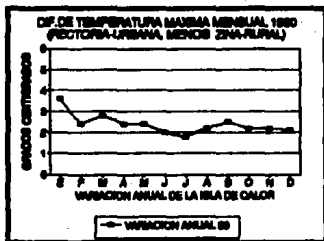
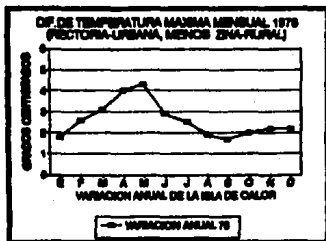
*GRAFICAS DE DIFERENCIA DE
TEMPERATURA MENSUAL MENSUAL*

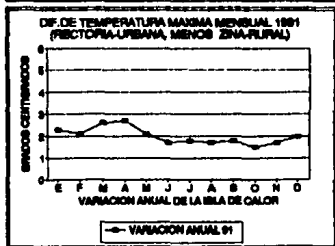
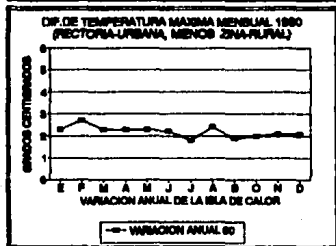
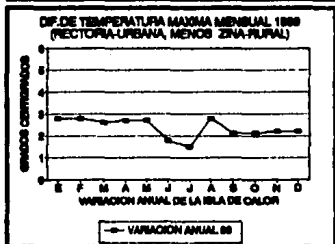
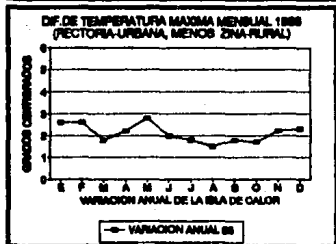
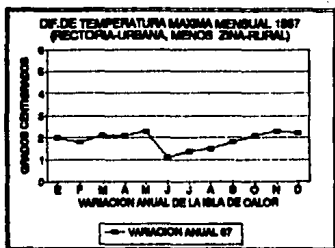
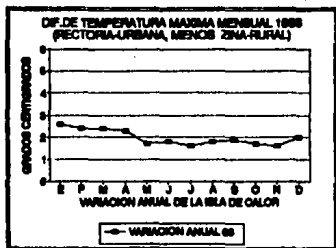




APENDICE 2-

**GRAFICAY DE DIFERENCIA DE
TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL**

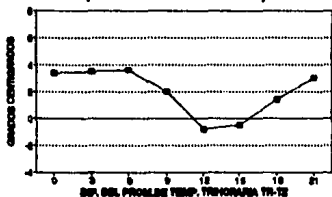




APENDICE 3

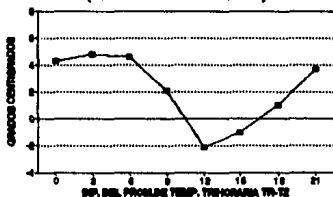
GRAFICAS DE DIFERENCIA DE
TEMPERATURA MENTAL TEMPORARIA

**DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ENERO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)**



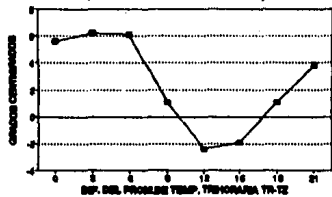
—●— DIFERENCIAS

**DIFERENCIAS DE TEMPERATURA FEBRERO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)**



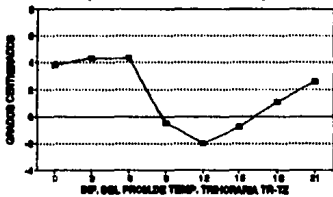
—●— DIFERENCIAS

**DIFERENCIAS DE TEMPERATURA MARZO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)**



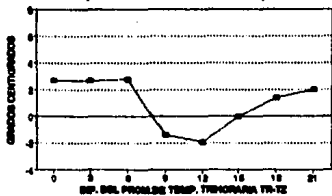
—●— DIFERENCIAS

**DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ABRIL 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)**



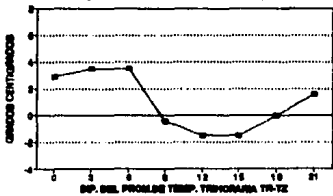
—●— DIFERENCIAS

**DIFERENCIAS DE TEMPERATURA MAYO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)**



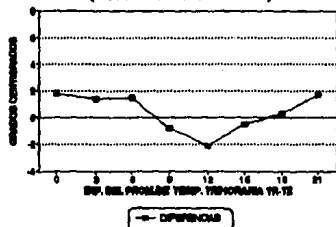
—●— DIFERENCIAS

**DIFERENCIAS DE TEMPERATURA JUNIO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)**

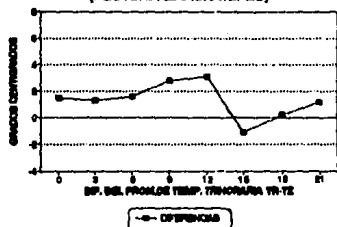


—●— DIFERENCIAS

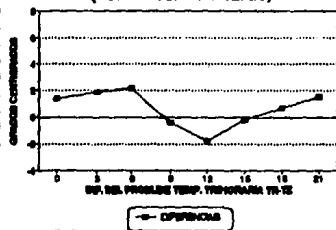
DIFERENCIAS DE TEMPERATURA JULIO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



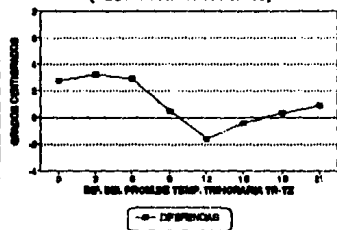
DIFERENCIAS DE TEMPERATURA AGOSTO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



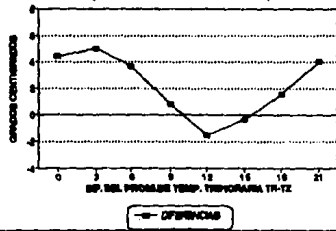
DIFERENCIAS DE TEMPERATURA SEPT. 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



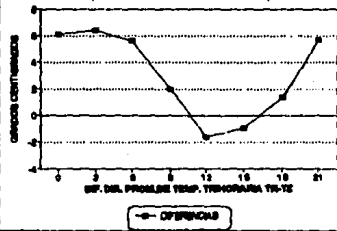
DIFERENCIAS DE TEMPERATURA OCTUBRE 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



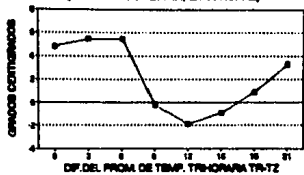
DIFERENCIAS DE TEMPERATURA NOV. 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



DIFERENCIAS DE TEMPERATURA DIC. 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)

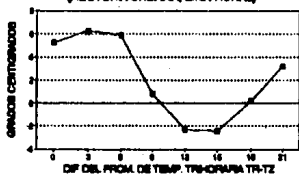


DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ENERO 1976
(RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



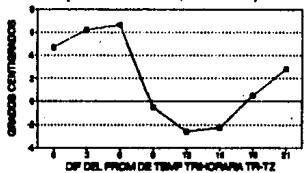
DIFERENCIAS

DIF. DE TEMPERATURA FEBRERO DE 1976
(RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



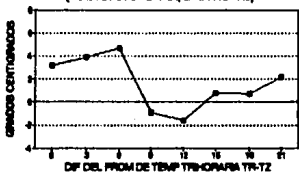
DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA MARZO 1976
(RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



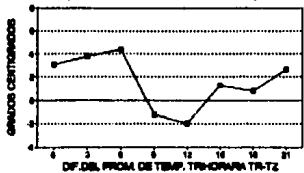
DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ABRIL 1976
(RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



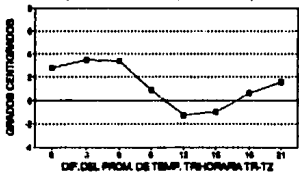
DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA MAYO DE 1976
(RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



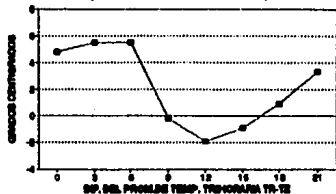
DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA JUNIO 1976
(RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



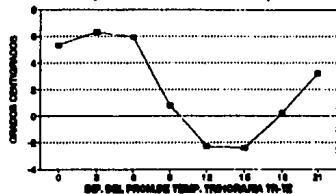
DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ENERO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



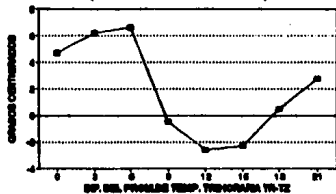
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA FEBRERO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



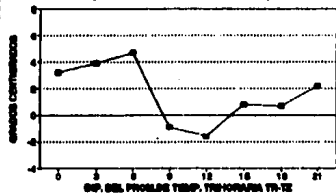
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA MARZO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



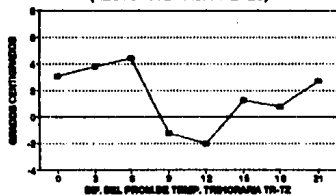
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ABRIL 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



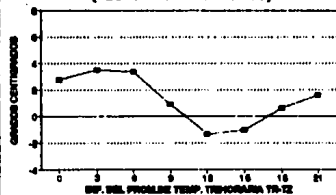
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA MAYO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



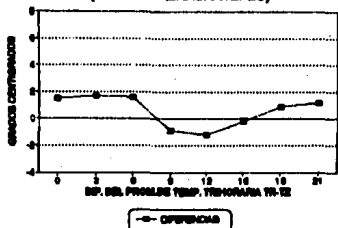
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA JUNIO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)

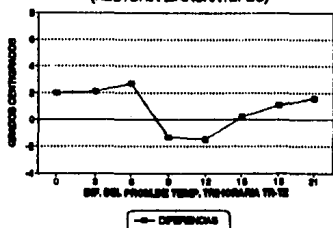


← DIFERENCIAS

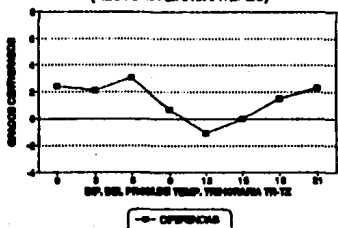
DIFERENCIAS DE TEMPERATURA JULIO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



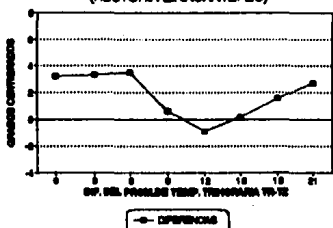
DIFERENCIAS DE TEMPERATURA AGOSTO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



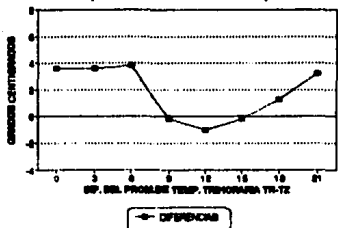
DIFERENCIAS DE TEMP. SEPTIEMBRE 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



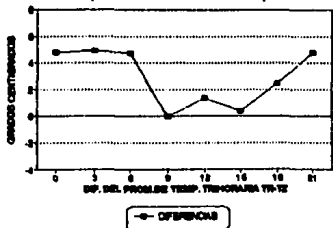
DIFERENCIAS DE TEMPERATURA OCTUBRE 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



DIFERENCIAS DE TEMP. NOVIEMBRE 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



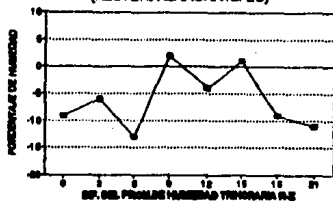
DIFERENCIAS DE TEMP. DICIEMBRE 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



APENDICE 4

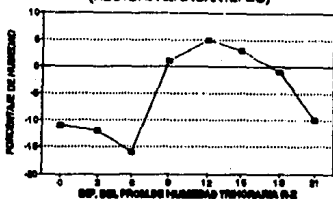
*GRÁFICAS DE DIFERENCIA DE
HUMEDAD RELATIVA TEMPORARIA*

DIFERENCIAS DE HUM.REL ENERO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



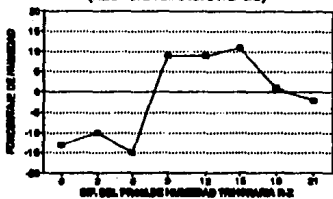
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL FEBRERO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



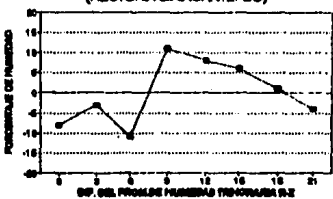
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL MARZO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



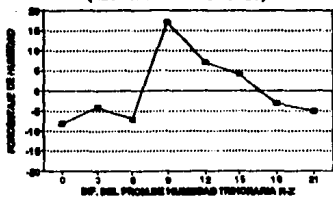
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL ABRIL 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



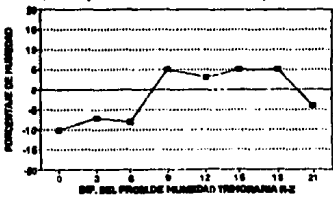
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL MAYO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



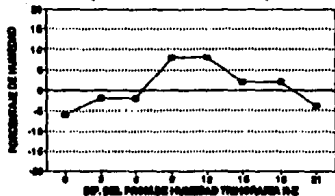
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL JUNIO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



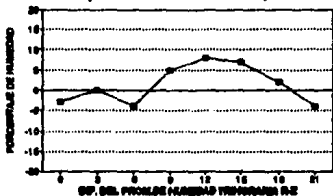
← DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. JULIO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



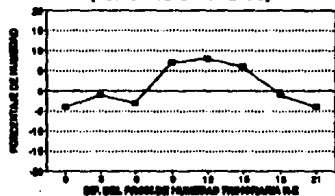
—○— DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. AGOSTO 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



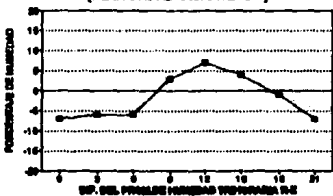
—○— DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. SEPTIEMBRE 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



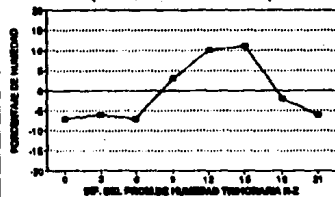
—○— DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. OCTUBRE 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



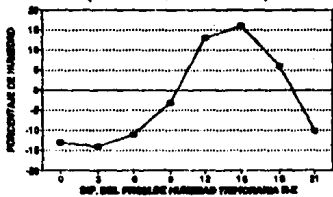
—○— DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. NOVIEMBRE 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



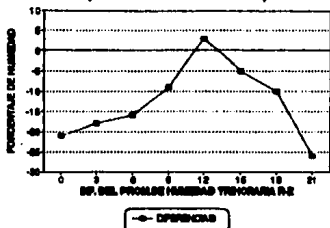
—○— DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. DICIEMBRE 1992
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)

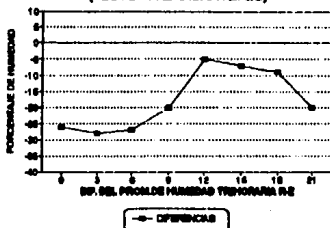


—○— DIFERENCIAS

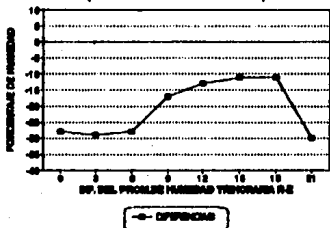
DIFERENCIAS DE HUMEDAD ENERO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



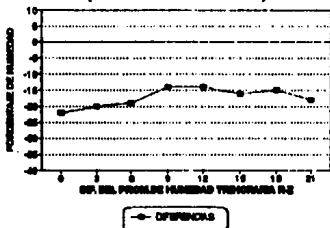
DIFERENCIAS DE HUM. REL. FEBRERO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



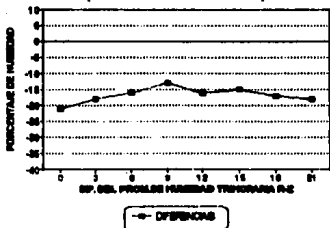
DIFERENCIAS DE HUM. REL. MARZO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



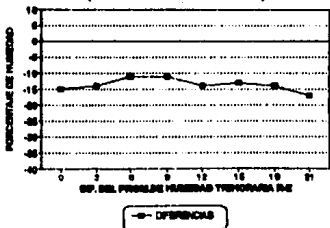
DIFERENCIAS DE HUM. REL. ABRIL 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



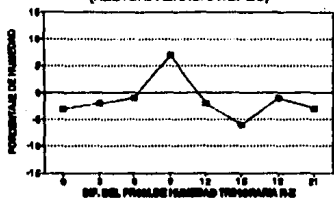
DIFERENCIAS DE HUM. REL. MAYO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



DIFERENCIAS DE HUM. REL. JUNIO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)

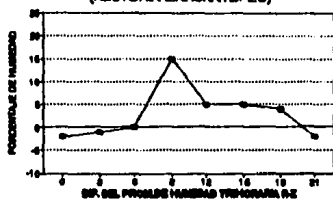


DIFERENCIAS DE HUM.REL. JULIO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



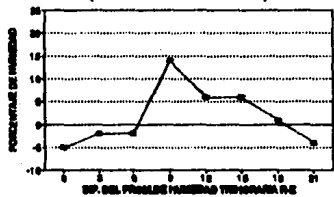
—○— DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. AGOSTO 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



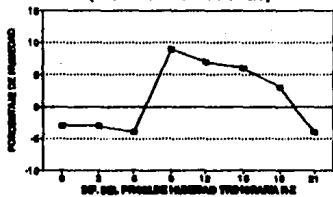
—○— DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. SEPTIEMBRE 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



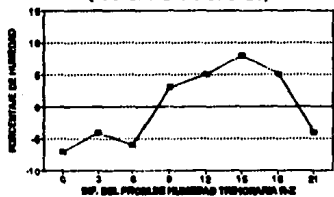
—○— DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. OCTUBRE 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



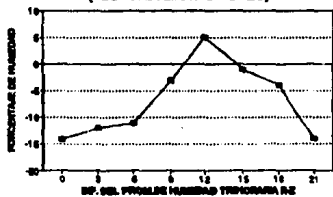
—○— DIFERENCIAS

DIFERENCIAS DE HUM.REL. NOVIEMBRE 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



—○— DIFERENCIAS

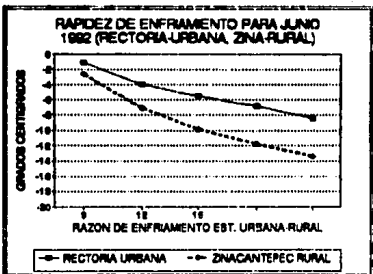
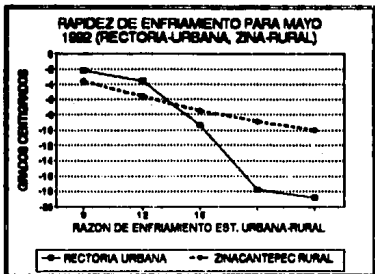
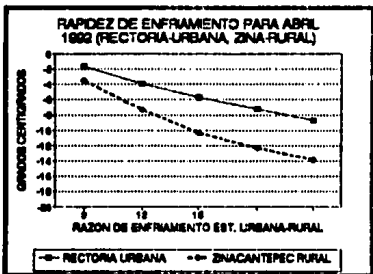
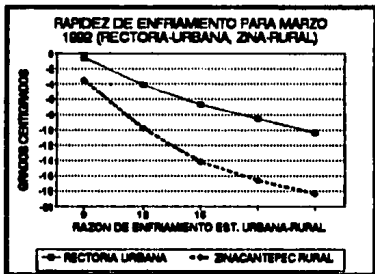
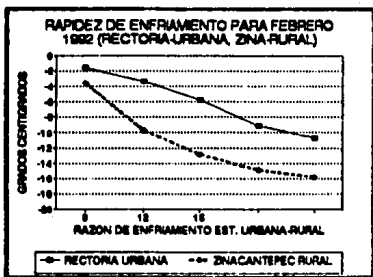
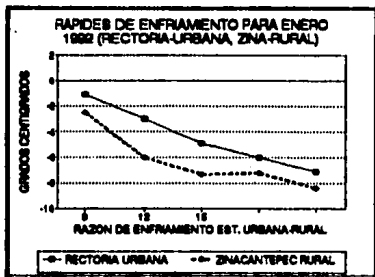
DIFERENCIAS DE HUM.REL. DICIEMBRE 1976
(RECTORIA-ZINACANTEPEC)



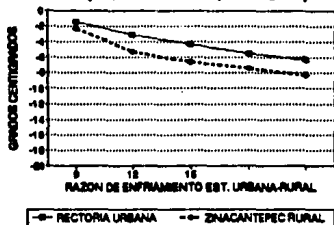
—○— DIFERENCIAS

APENDICE 5

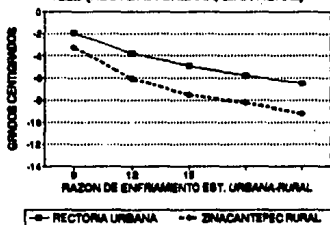
**GRÁFICAS DE RAPIDEZ
DE ENFRENTAMIENTO**



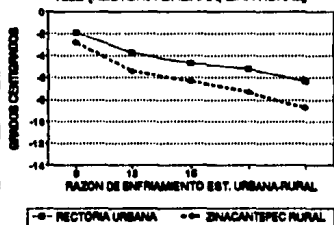
RAPIDEZ DE ENFRIAMIENTO PARA JULIO 1992 (RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



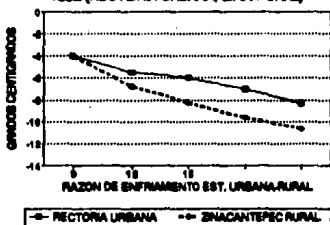
RAPIDEZ DE ENFRIAMIENTO PARA AGOSTO 1992 (RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



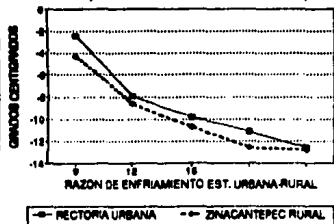
RAPIDEZ DE ENFRIAMIENTO PARA SEPTIEMBRE 1992 (RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



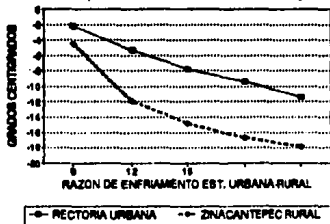
RAPIDEZ DE ENFRIAMIENTO PARA OCTUBRE 1992 (RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



RAPIDEZ DE ENFRIAMIENTO PARA NOVIEMBRE 1992 (RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)

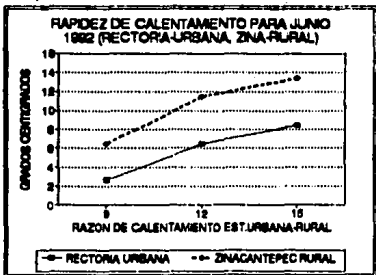
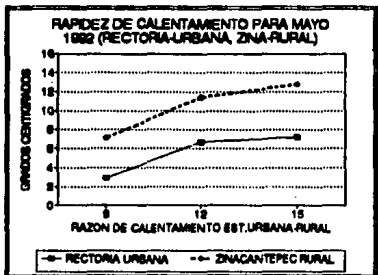
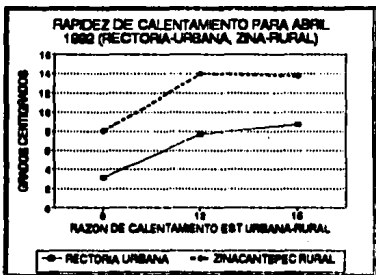
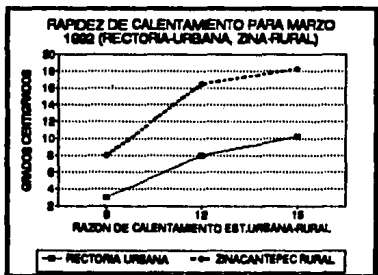
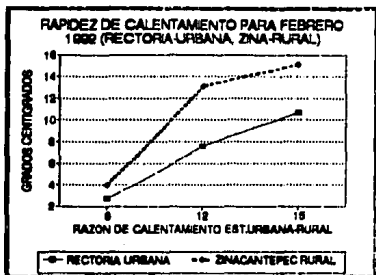
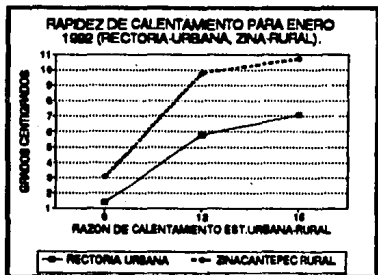


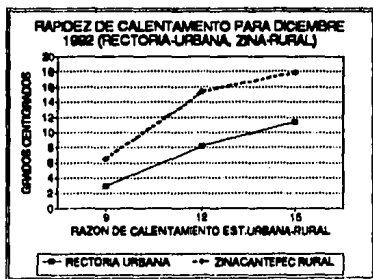
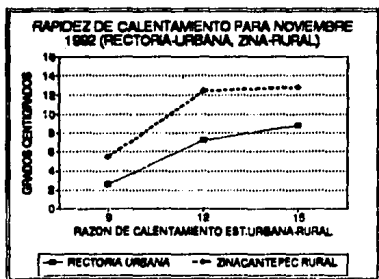
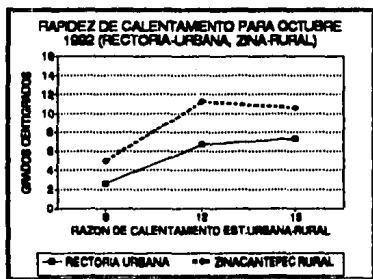
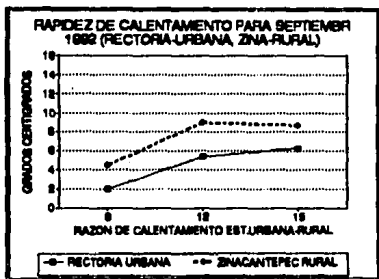
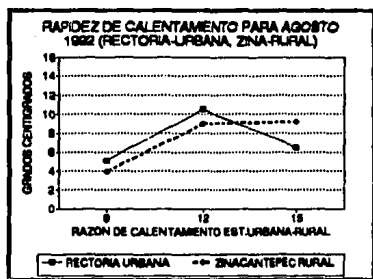
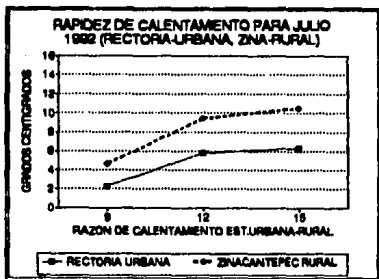
RAPIDEZ DE ENFRIAMIENTO PARA DICIEMBRE 1992 (RECTORIA-URBANA, ZINA-RURAL)



APENDICE 6

*GRAFICAS DE RAPIDES
DE CALENTAMIENTO*

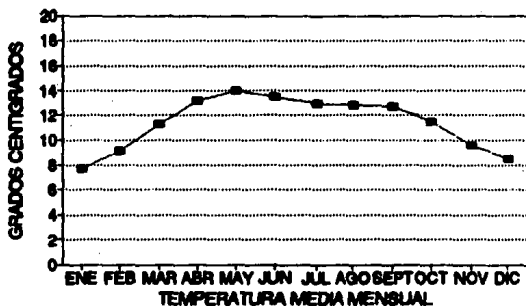




APENDICE 7

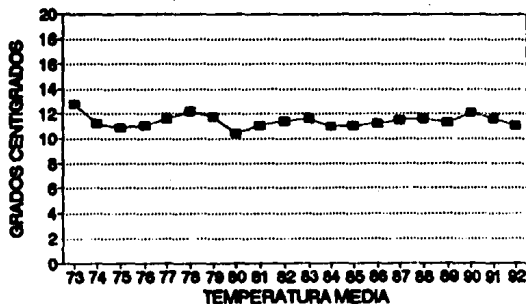
GRAFICAS DE ESPALDONES
GLUMATOLOGICAS

TOLUCA ZINACANTEPEC TEMPERATURA MEDIA MENSUAL



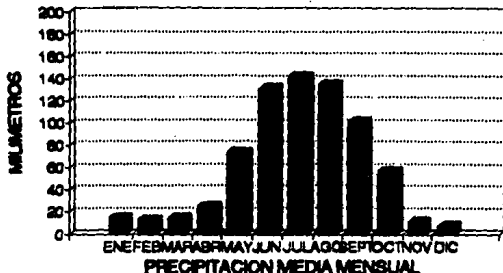
—■— TEMPERATURA

TOLUCA ZINACANTEPEC TEMPERATURA MEDIA ANUAL 1973 A 1992



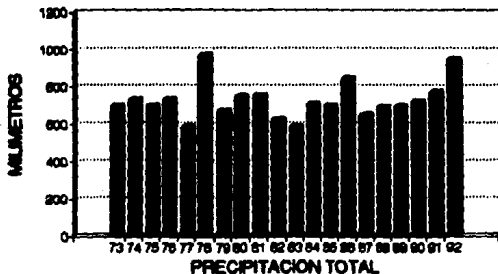
—■— TEMPERATURA

TOLUCA ZINACANTEPEC PRECIPITACION MEDIA MENSUAL 1973-1992



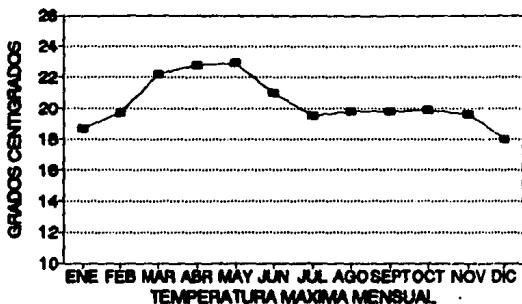
PRECIPITACION

TOLUCA ZINACANTEPEC PRECIPITACION TOTAL ANUAL 1973-1992



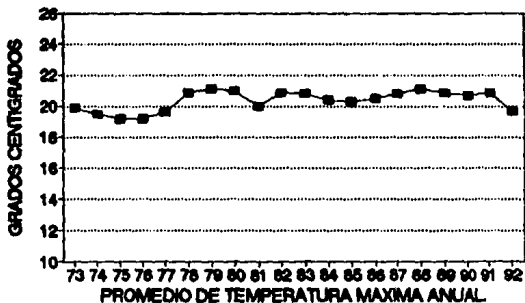
PRECIPITACION

TOLUCA ZINACANTEPEC TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL



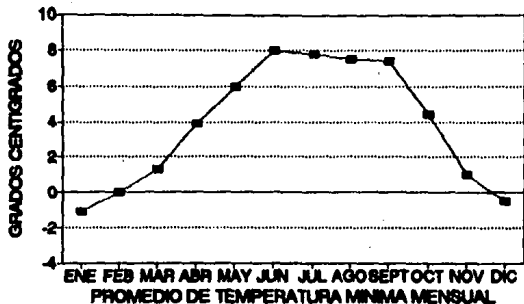
—■— TEMPERATURA

TOLUCA ZINACANTEPEC PROMEDIO DE TEMP. MAXIMA ANUAL 1973-1992



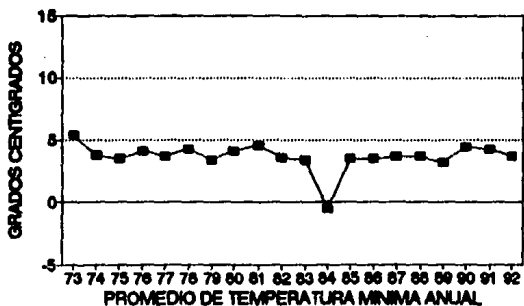
—■— TEMPERATURA

TOLUCA ZINACANTEPEC PROMEDIO DE TEMPERATURA MINIMA MENSUAL 1973-1992



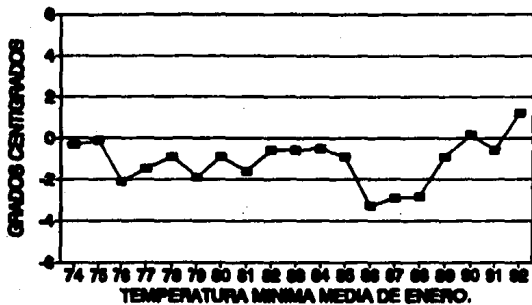
—■— TEMPERATURA

TOLUCA ZINACANTEPEC PROMEDIO DE TEMP. MINIMA ANUAL 1973-1992



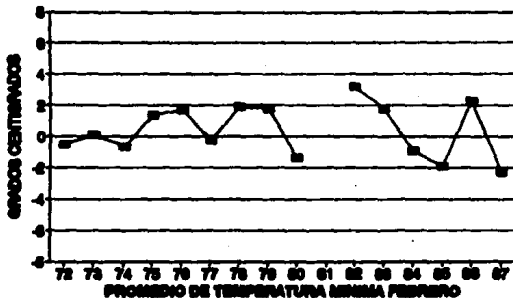
—■— TEMPERATURA

TOLUCA ZINACANTEPEC TEMPERATURA MINIMA MEDIA DE ENERO



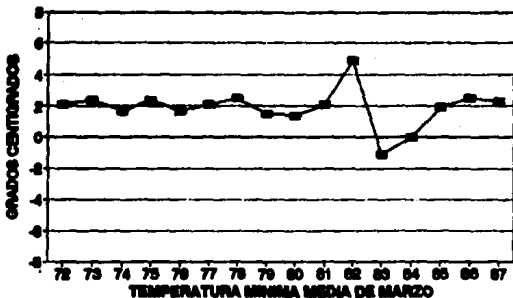
—■— TEMPERATURA

**ALMOLOYA DE JUAREZ PROMEDIO DE
TEMPERATURA MINIMA DE FEBRERO 1972 1987**



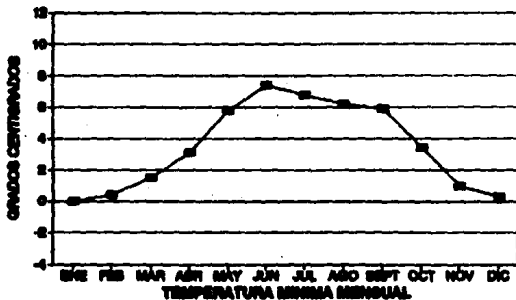
—■— TEMPERATURA

**ALMOLOYA DE JUAREZ TEMPERATURA MINIMA
MEDIA DE MARZO 1972 A 1987**



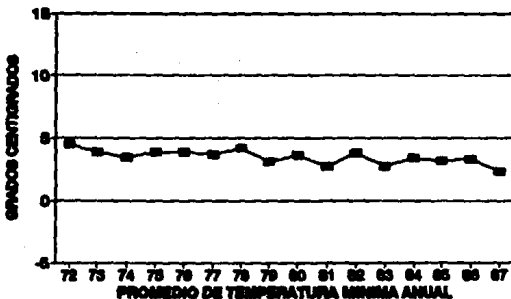
—■— TEMPERATURA

**ALMOLOYA DE JUAREZ PROMEDIO DE
TEMPERATURA MINIMA MENSUAL.**



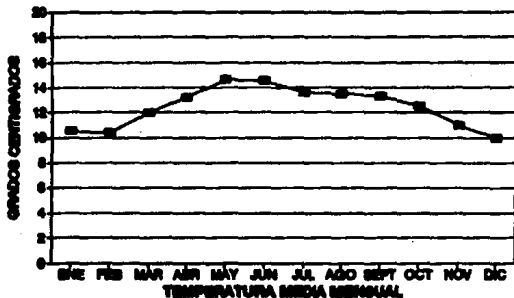
—■— TEMPERATURA

**ALMOLOYA DE JUAREZ PROMEDIO DE
TEMPERATURA MINIMA ANUAL 1972 A 1987**



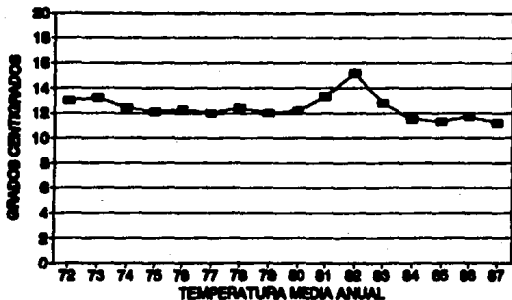
—■— TEMPERATURA

ALMOLOYA DE JUAREZ TEMPERATURA MEDIA MENSUAL.



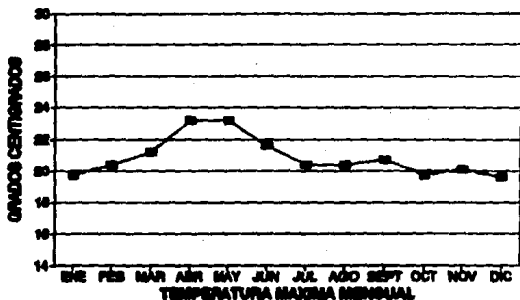
—■— TEMPERATURA

ALMOLOYA DE JUAREZ TEMPERATURA MEDIA ANUAL 1972 A 1987



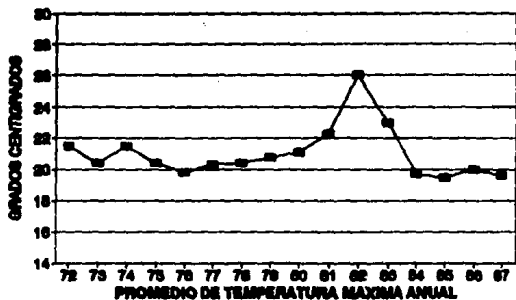
—■— TEMPERATURA

**ALMOLOYA DE JUAREZ TEMPERATURA
MAXIMA MENSUAL**



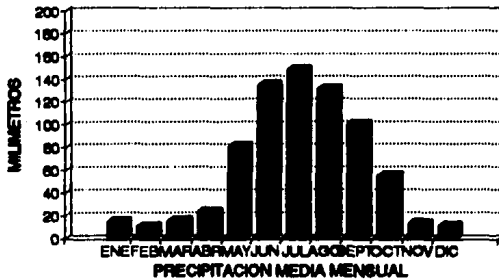
—■— TEMPERATURA

**ALMOLOYA DE JUAREZ PROMEDIO DE
TEMPERATURA MAXIMA ANUAL 1972 A 1987**



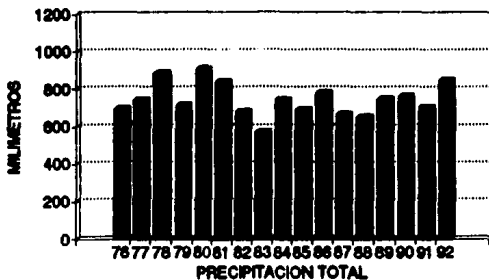
—■— TEMPERATURA

CALIXTLAHUACA PRECIPITACION MEDIA MENSUAL 1978 A 1992



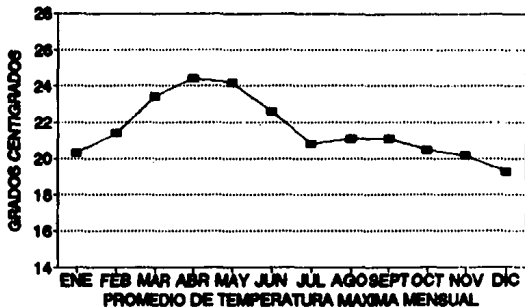
PRECIPITACION

CALIXTLAHUACA PRECIPITACION TOTAL ANUAL 1978 A 1992



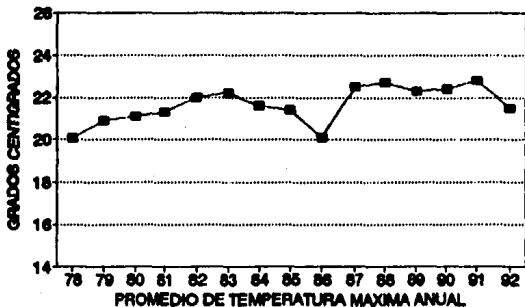
PRECIPITACION

**CALIXTLAHUACA PROMEDIO DE TEMPERATURA
MAXIMA MENSUAL 1978 A 1992**



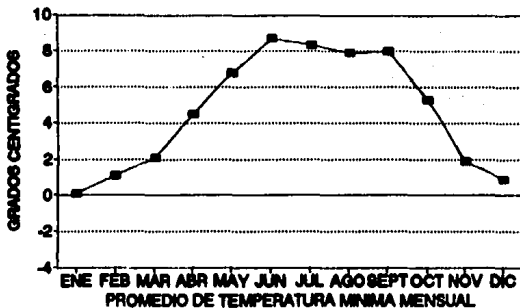
—■— TEMPERATURA

**CALIXTLAHUACA PROMEDIO DE TEMPERATURA
MAXIMA ANUAL 1978 A 1992**



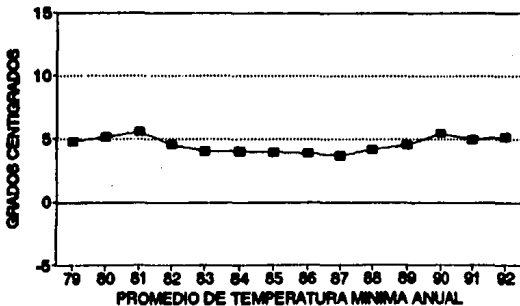
—■— TEMPERATURA

**CALIXTLAHUACA PROMEDIO DE TEMPERATURA
MINIMA MENSUAL 1978 A 1992**



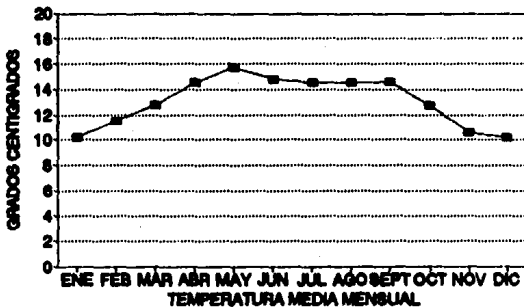
—■— TEMPERATURA

**CALIXTLAHUACA PROMEDIO DE TEMPERATURA
MINIMA ANUAL 1978 A 1992**



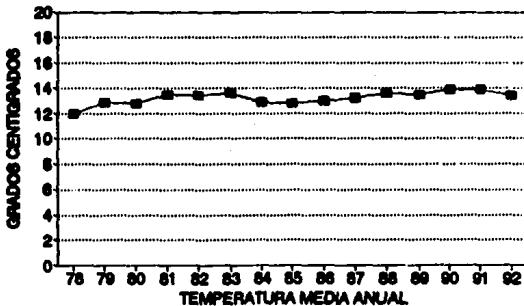
—■— TEMPERATURA

**CALIXTLAHUACA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
1978 A 1992**



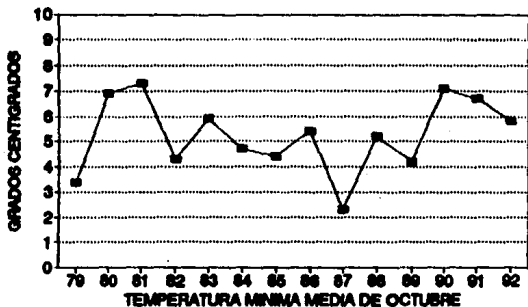
—■— TEMPERATURA

**CALIXTLAHUACA TEMPERATURA MEDIA ANUAL
1978 A 1992**



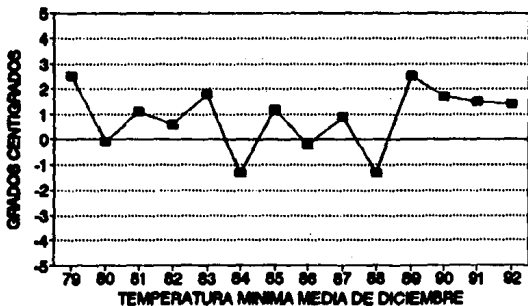
—■— TEMPERATURA

CALIXTLAHUACA TEMPERATURA MINIMA MEDIA DE OCTUBRE



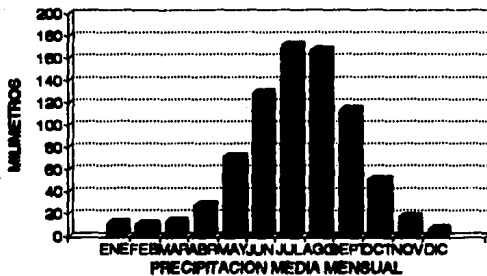
—■— TEMPERATURA

CALIXTLAHUACA TEMPERATURA MINIMA MEDIA DE DICIEMBRE



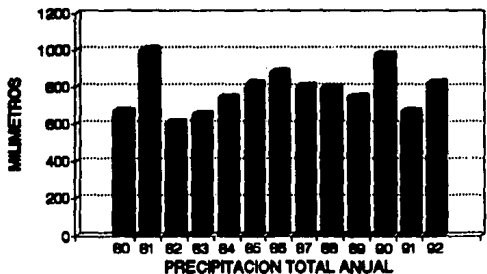
—■— TEMPERATURA

**CODAGEM PRECIPITACION MEDIA
MENSUAL 1980 A 1993**



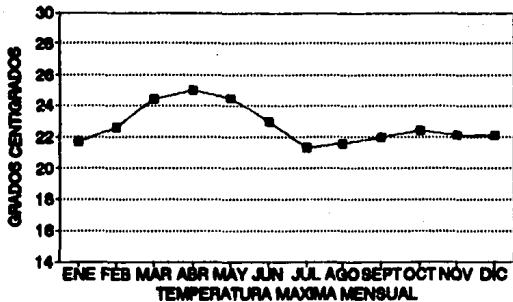
PRECIPITACION

**CODAGEM PRECIPITACION TOTAL
ANUAL 1980 A 1992**



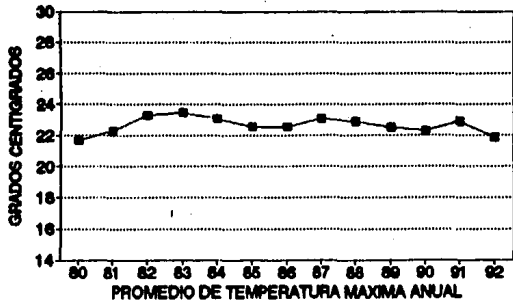
PRECIPITACION

CODAGEM TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL 1980 A 1993



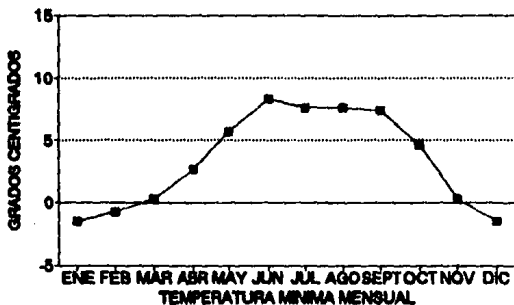
—■— TEMPERATURA

CODAGEM PROMEDIO DE TEMPERATURA MAXIMA ANUAL 1980 A 1992



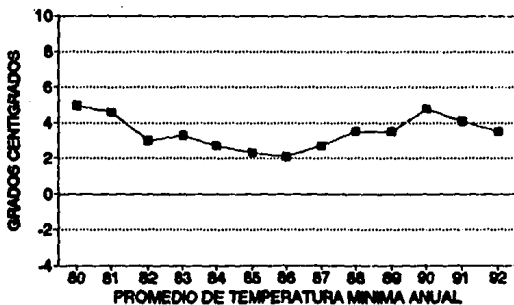
—■— TEMPERATURA

**CODAGEM TEMPERATURA MINIMA
MENSUAL 1980 A 1993**



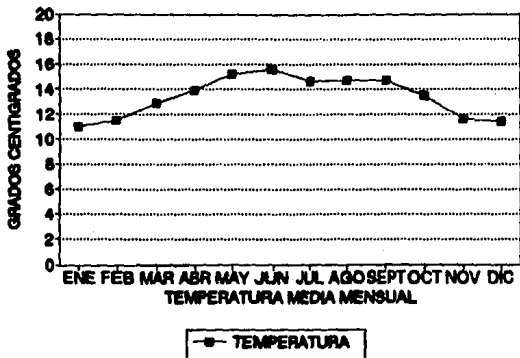
—■— TEMPERATURA

**CODAGEM PROMEDIO DE TEMPERATURA
MINIMA ANUAL 1980 A 1992**

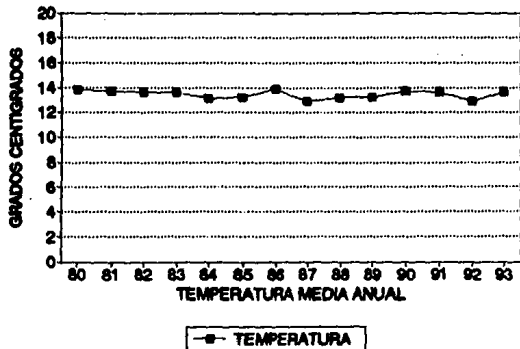


—■— TEMPERATURA

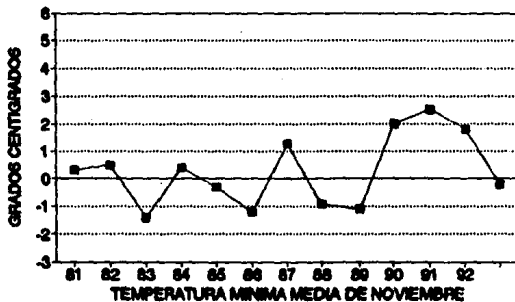
**CODAGEM TEMPERATURA MEDIA
MENSUAL 1980 A 1993**



**CODAGEM TEMPERATURA MEDIA
ANUAL 1980 A 1993**

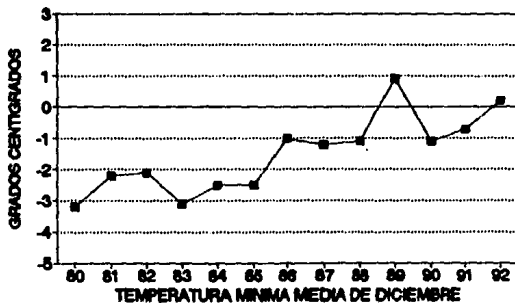


CODAGEM TEMPERATURA MINIMA MEDIA DE NOVIEMBRE



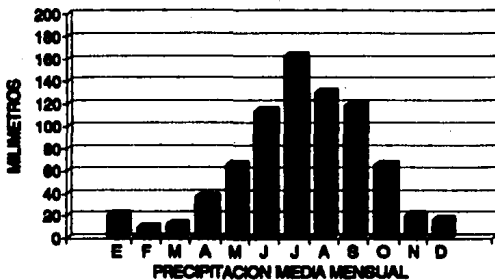
—■— TEMPERATURA

CODAGEM TEMPERATURA MINIMA MEDIA DE DICIEMBRE



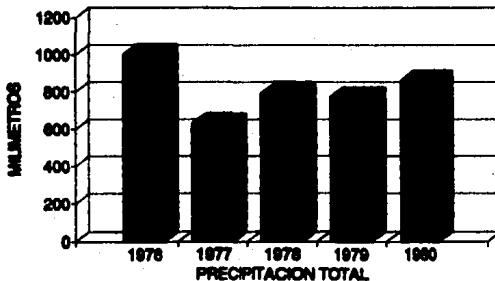
—■— TEMPERATURA

EL MOLINO PRECIPITACION MEDIA MENSUAL 1976 A 1980



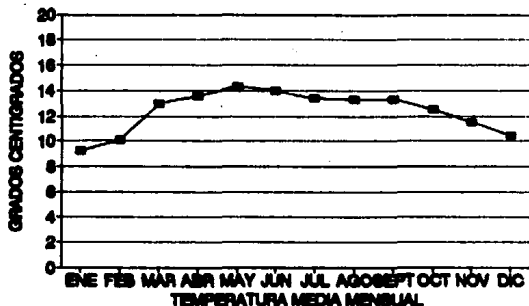
■ PRECIPITACION

EL MOLINO PRECIPITACION TOTAL ANUAL 1976 A 1980



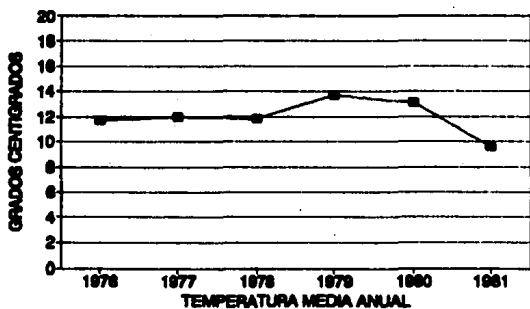
■ PRECIPITACION

EL MOLINO TEMPERATURA MEDIA MENSUAL



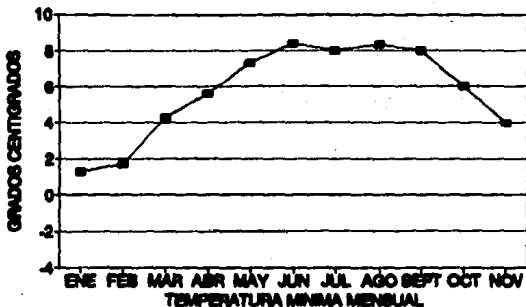
—■— TEMPERATURA

EL MOLINO TEMPERATURA MEDIA ANUAL 1976 A 1981



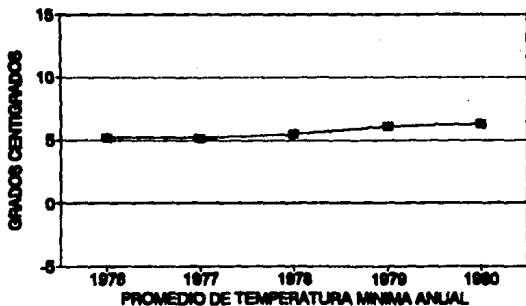
—■— TEMPERATURA

EL MOLINO TEMPERATURA MINIMA MENSUAL



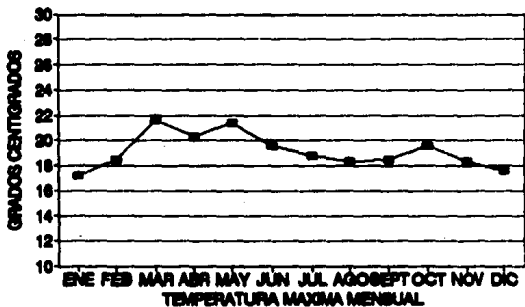
—■— TEMPERATURA

EL MOLINO PROMEDIO DE TEMPERATURA MINIMA ANUAL 1976 A 1981



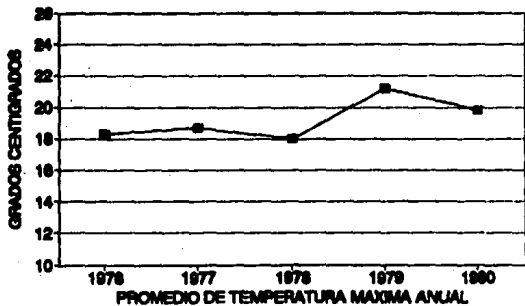
—■— TEMPERATURA

EL MOLINO TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL



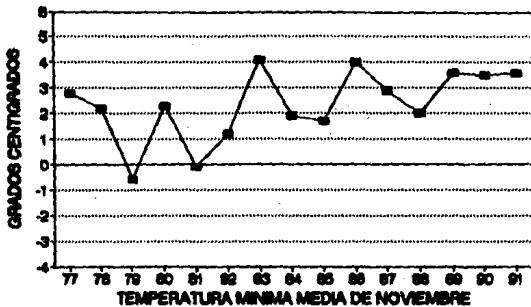
—■— TEMPERATURA

EL MOLINO PROMEDIO DE TEMPERATURA MAXIMA ANUAL 1976 A 1981



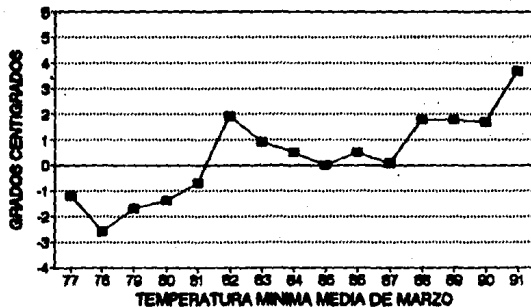
—■— TEMPERATURA

MEXICALCINGO TEMPERATURA MINIMA MEDIA DE NOVIEMBRE



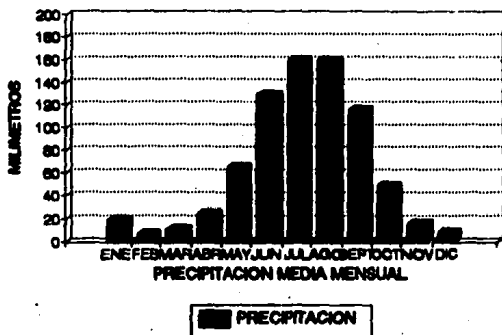
—■— TEMPERATURA

MEXICALCINGO TEMPERATURA MINIMA MEDIA DE MARZO

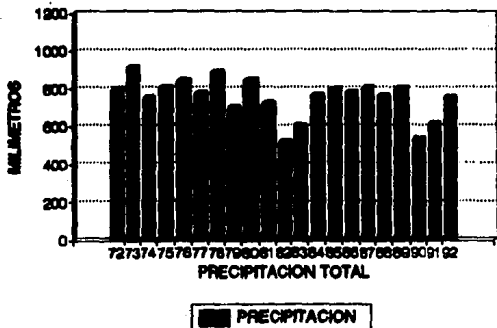


—■— TEMPERATURA

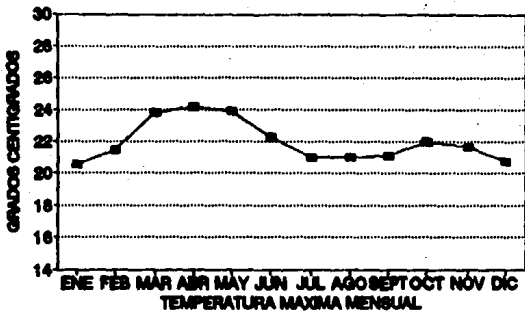
MEXICALcingo PRECIPITACION MEDIA MENSUAL 1972 A 1992



MEXICALcingo PRECIPITACION TOTAL ANUAL 1972 A 1992

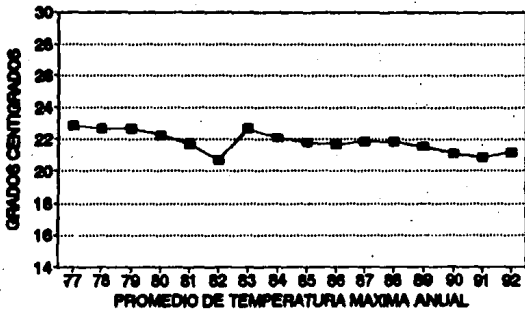


MEXICALCINGO TEMPERATURA MMAXIMA MENSUAL



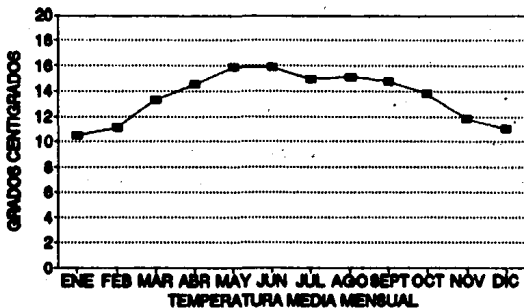
—■— TEMPERATURA

MEXICALCINGO PROMEDIO DE TEMPERATURA MAXIMA ANUAL 1977 A 1992



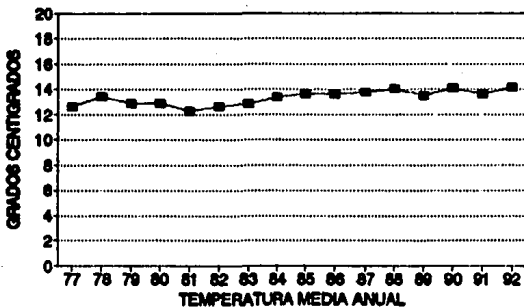
—■— TEMPERATURA

MEXICALCINGO TEMPERATURA MEDIA MENSUAL



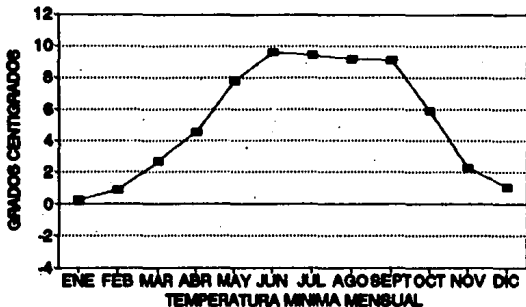
—■— TEMPERATURA

MEXICALCINGO TEMPERATURA MEDIA ANUAL 1977 A 1992



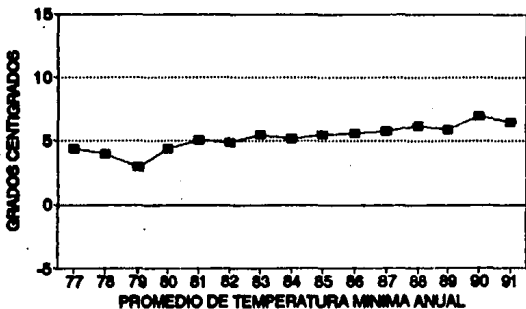
—■— TEMPERATURA

MEXICALCINGO TEMPERATURA MINIMA MENSUAL



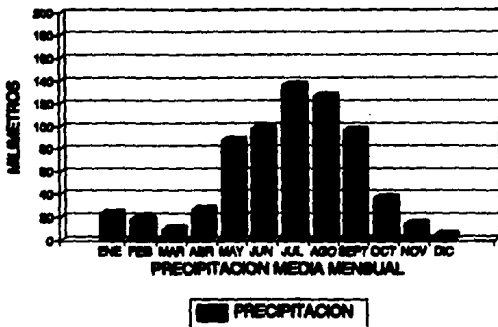
—■— TEMPERATURA

MEXICALCINGO PROMEDIO DE TEMPERATURA MINIMA ANUAL 1977 A 1992

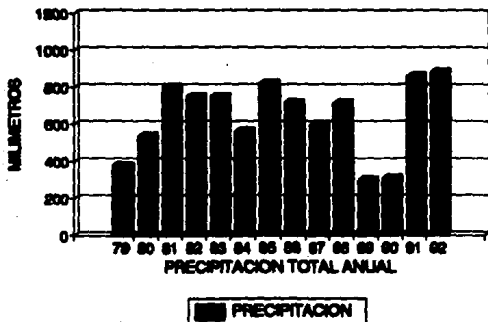


—■— TEMPERATURA

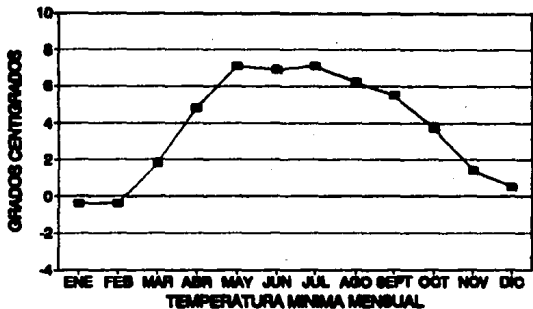
**SAN JUAN DE LAS HUERTAS PRECIPITACION
MEDIA MENSUAL 1979 A 1992**



**SAN JUAN DE LAS HUERTAS PRECIPITACION
TOTAL ANUAL 1979 A 1992**

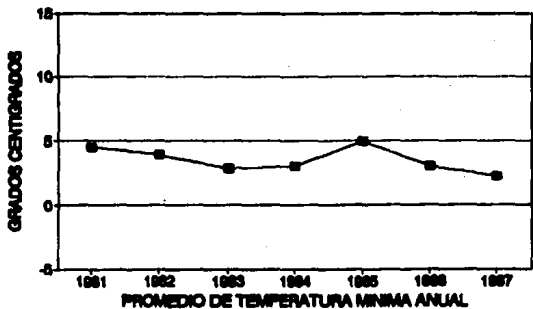


SAN JUAN DE LAS HUERTAS TEMPERATURA MINIMA MENSUAL

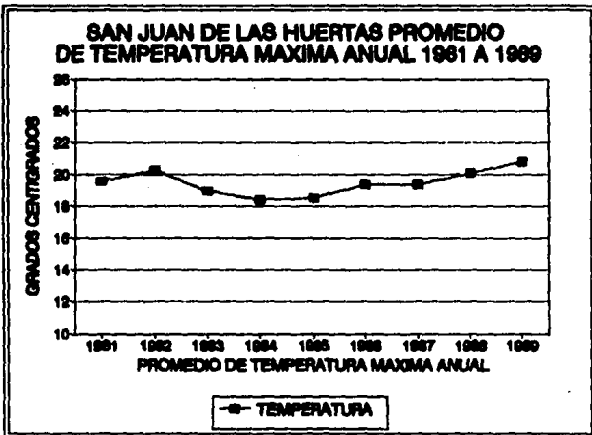
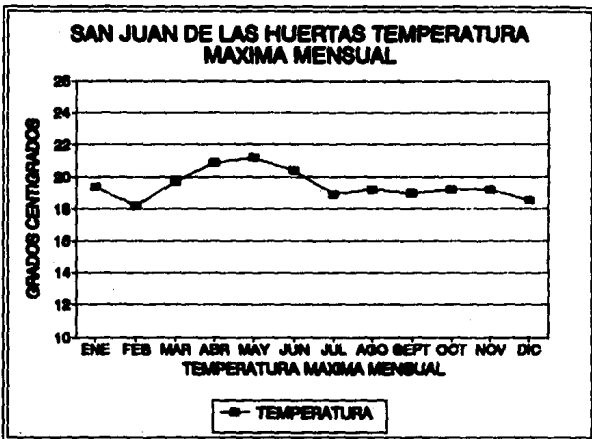


—■— TEMPERATURA

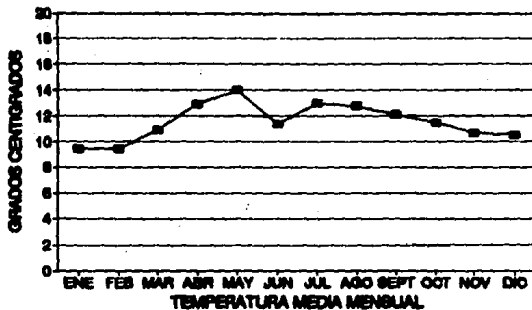
SAN JUAN DE LAS HUERTAS PROMEDIO DE TEMPERATURA MINIMA ANUAL 1981 A 1987



—■— TEMPERATURA

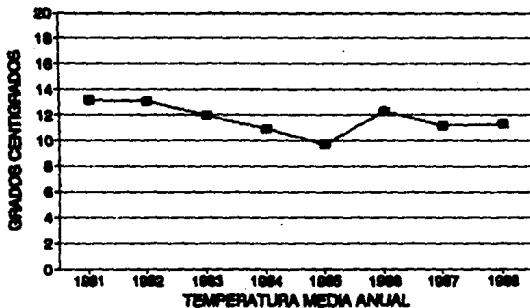


SAN JUAN DE LAS HUERTAS TEMPERATURA MEDIA MENSUAL



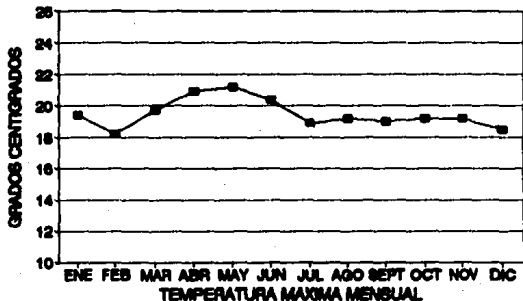
—■— TEMPERATURA

SAN JUAN DE LAS HUERTAS TEMPERATURA MEDIA ANUAL 1981 A 1988



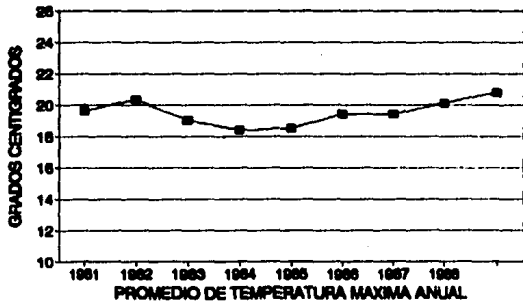
—■— TEMPERATURA

SAN JUAN DE LAS HUERTAS TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL



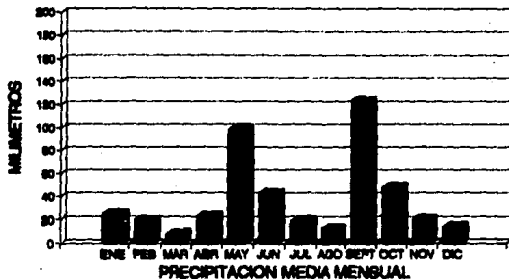
—■— TEMPERATURA

SAN JUAN DE LAS HUERTAS PROMEDIO DE TEMPERATURA MAXIMA ANUAL 1981 A 1988



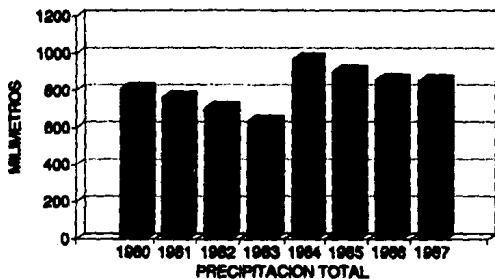
—■— TEMPERATURA

SAN PEDRO TLANISCO PRECIPITACION MEDIA MENSUAL



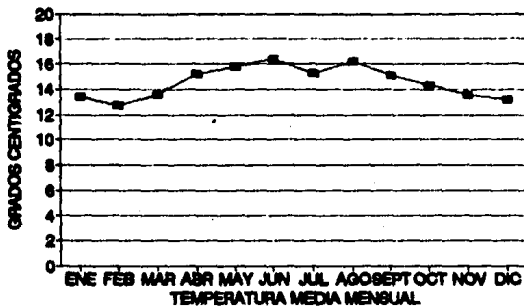
PRECIPITACION

SAN PEDRO TLANISCO PRECIPITACION TOTAL ANUAL 1983 A 1989



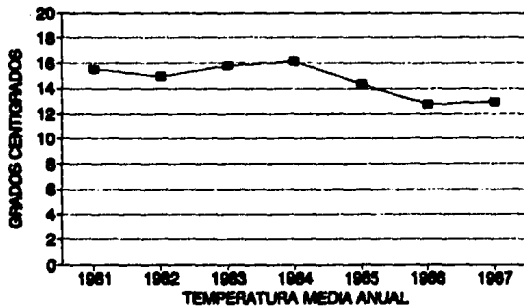
PRECIPITACION

SAN PEDRO TLANISCO TEMPERATURA MEDIA MENSUAL



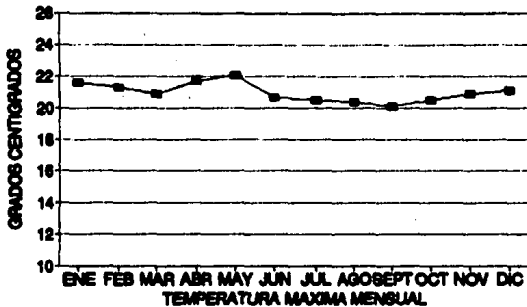
—■— TEMPERATURA

SAN PEDRO TLANISCO TEMPERATURA MEDIA ANUAL 1981 A 1987



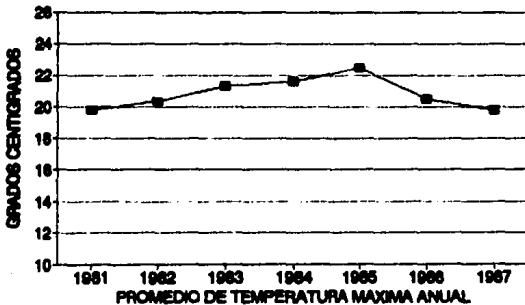
—■— TEMPERATURA

SAN PEDRO TLANISCO TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL



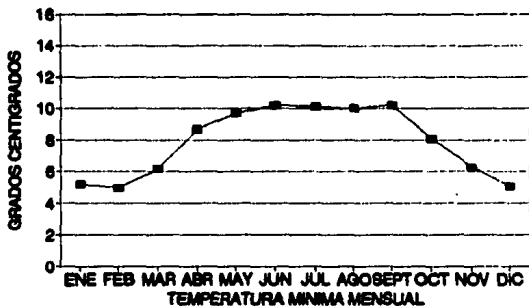
—■— TEMPERATURA

SAN PEDRO TLANISCO PROMEDIO DE TEMPERATURA MAXIMA ANUAL 1981 A 1987



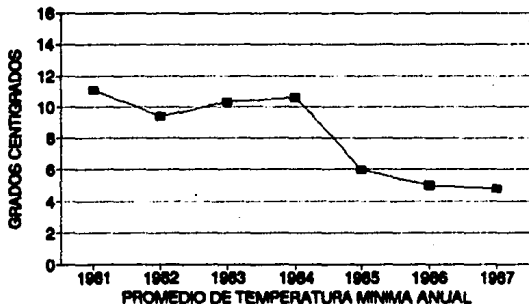
—■— TEMPERATURA

SAN PEDRO TLANISCO TEMPERATURA MINIMA MENSUAL



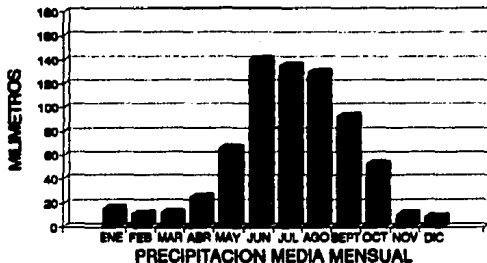
—■— TEMPERATURA

SAN PEDRO TLANISCO PROMEDIO DE TEMPERATURA MINIMA ANUAL 1981 A 1987



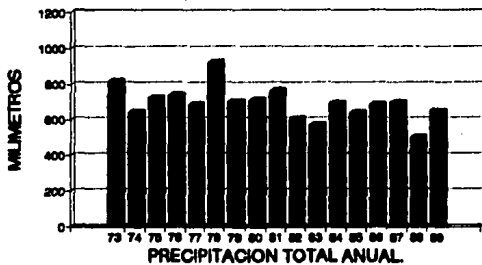
—■— TEMPERATURA

TOLUCA OFICINAS PRECIPITACION MEDIA MENSUAL 1973 A 1992.



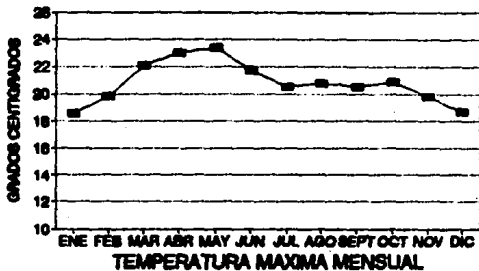
■ PRECIPITACION

TOLUCA OFICINAS PRECIPITACION TOTAL ANUAL 1973 A 1979



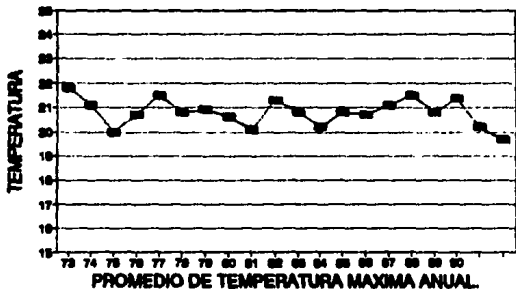
■ PRECIPITACION

TOLUCA OFICINAS TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL 1973 A 1999



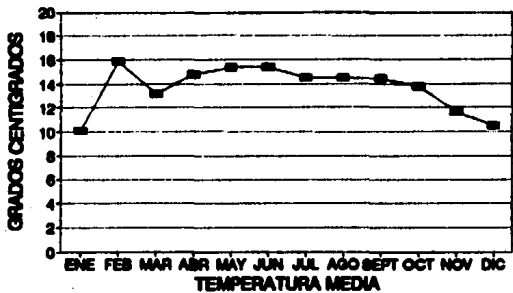
—■— TEMPERATURA

TOLUCA OFICINAS PROMEDIO DE TEMPERATURA MAXIMA ANUAL 1973 A 1999



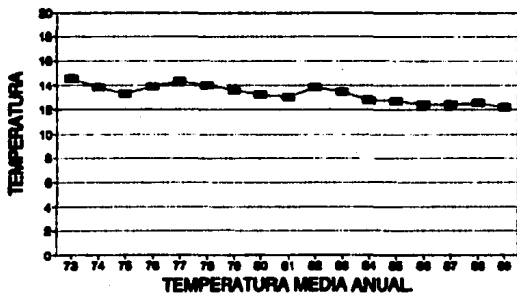
—■— PRECIPITACION

TOLUCA OFICINAS TEMPERATURA MEDIA MENSUAL



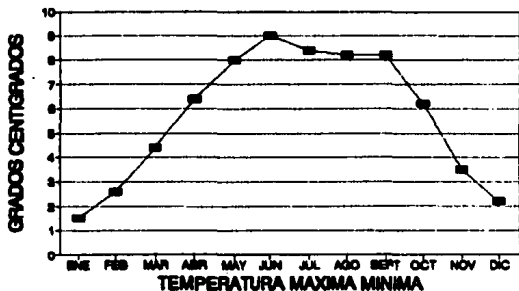
—■— TEMPERATURA

TOLUCA OFICINAS TEMPERATURA MEDIA ANUAL 1973 A 1979



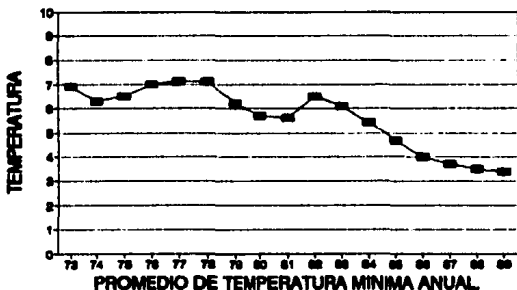
—■— PRECIPITACION

TOLUCA OFICINAS TEMPERATURA MINIMA MENSUAL 1973 A 1989



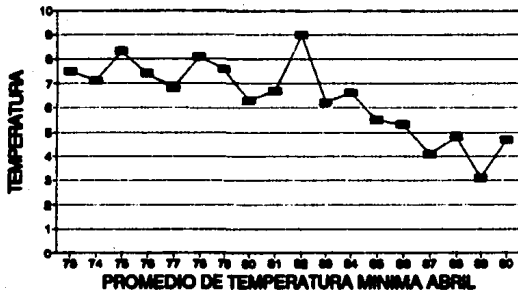
—■— TEMPERATURA

TOLUCA OFICINAS PROMEDIO DE TEMPERATURA MINIMA ANUAL 1973 A 1989



—■— PRECIPITACION

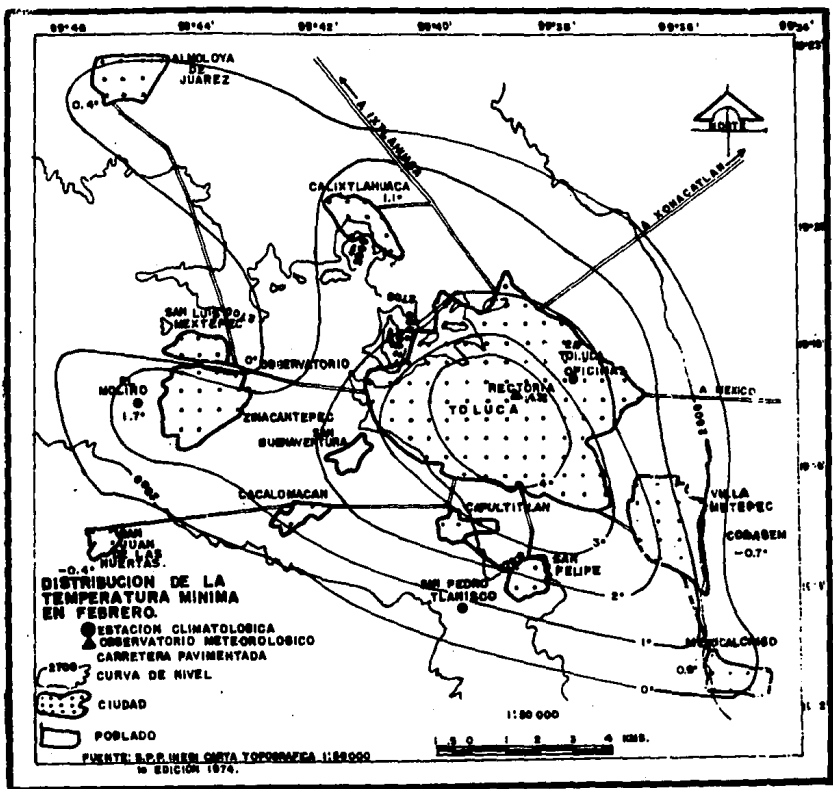
TOLUCA OFICINAS TEMPERATURA MINIMA MEDIA DE ABRIL



—■— PRECIPITACION

APENDICE 8

MAPAS DE ISOPERILAS

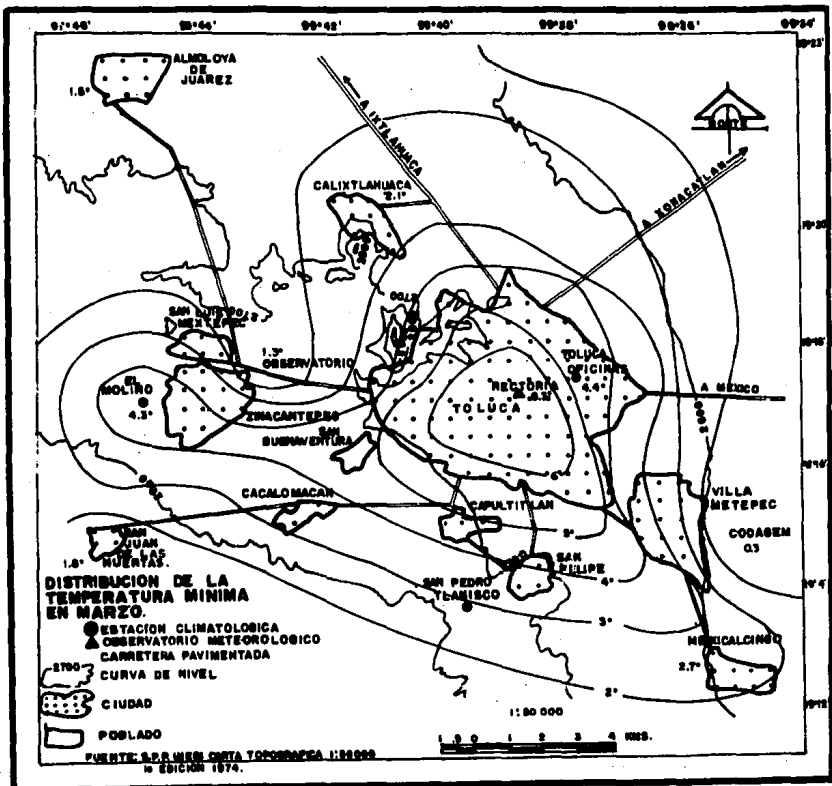


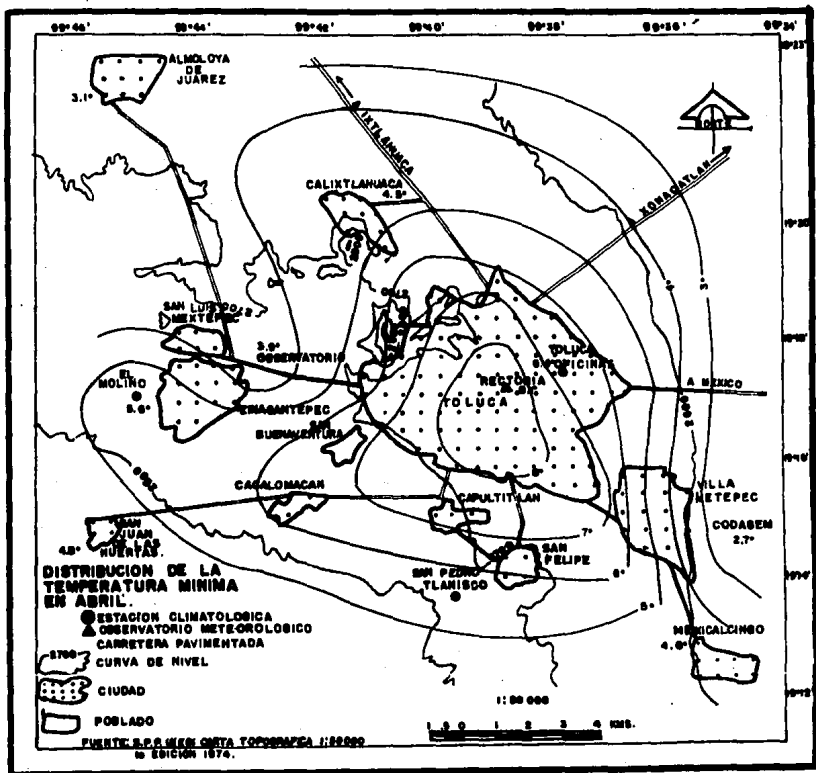
DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA MINIMA EN FEBRERO.

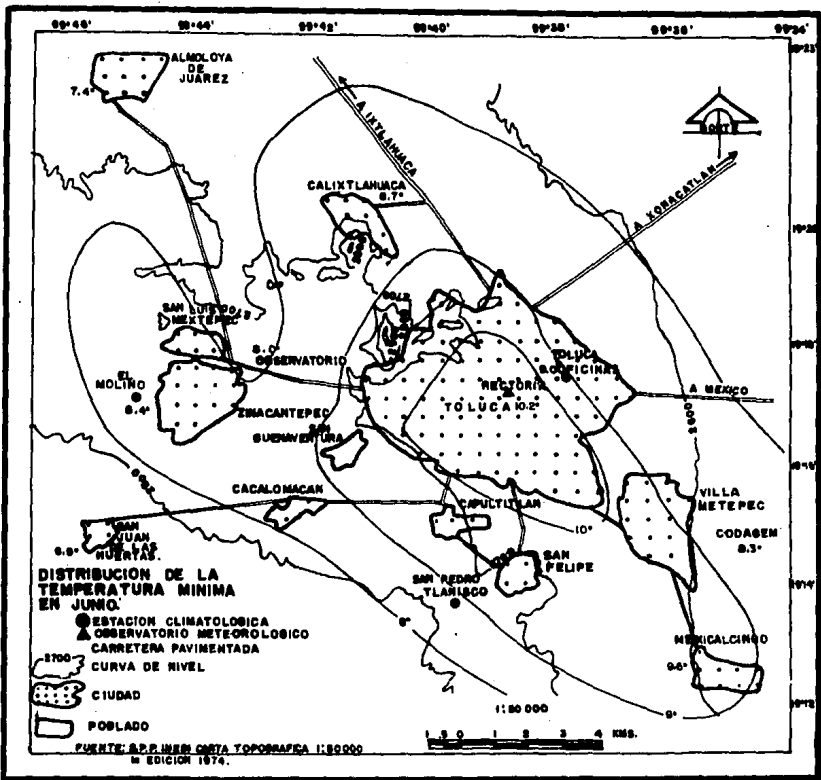
- ESTACION CLIMATOLOGICA
- OBSERVATORIO METEOROLOGICO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- ☐ CIUDAD
- ▭ POBLADO

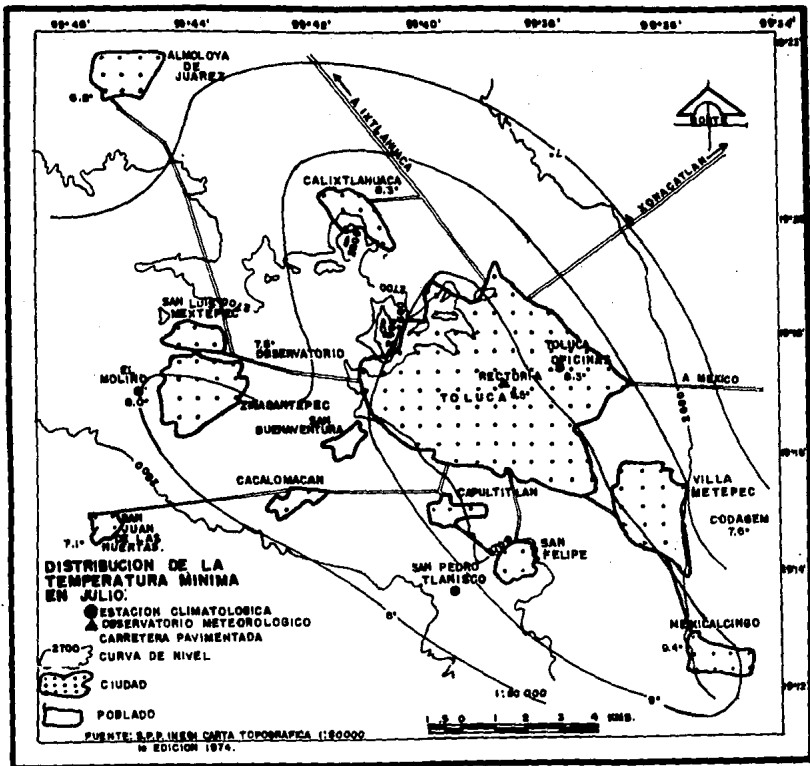
FUENTE: S.P.R. INEN CARTA TOPOGRAFICA 1:50,000
16 EDICION 1974.

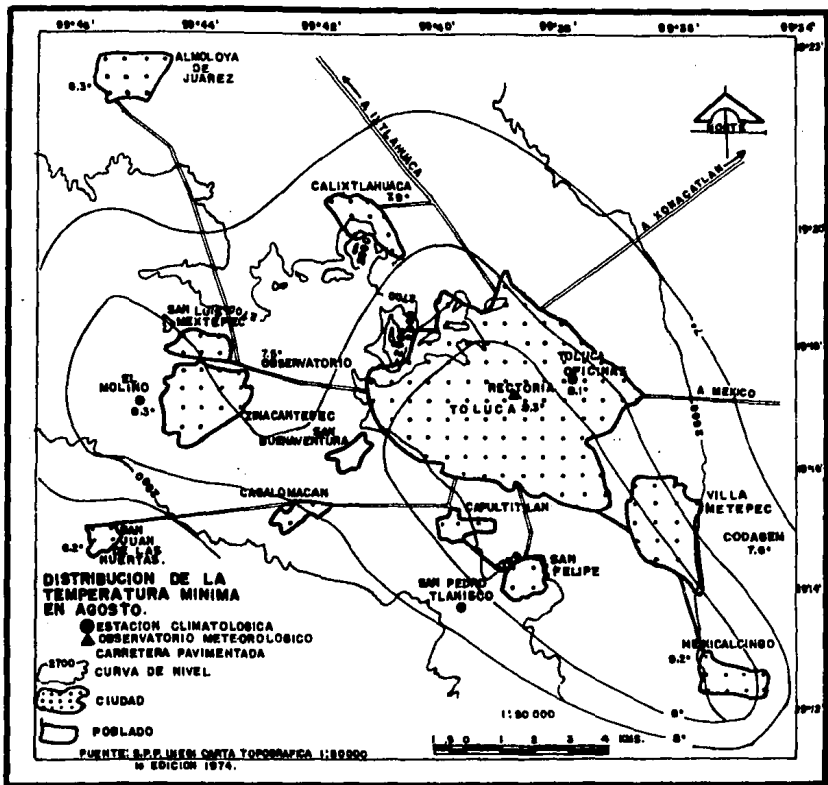
1:50 000
0 1 2 3 4 KMS.

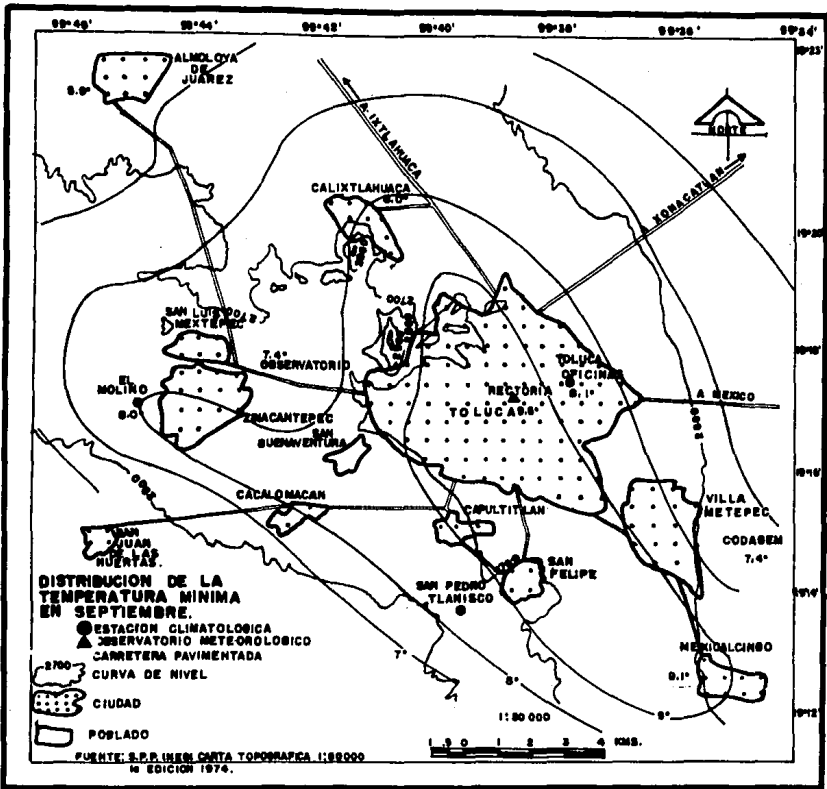


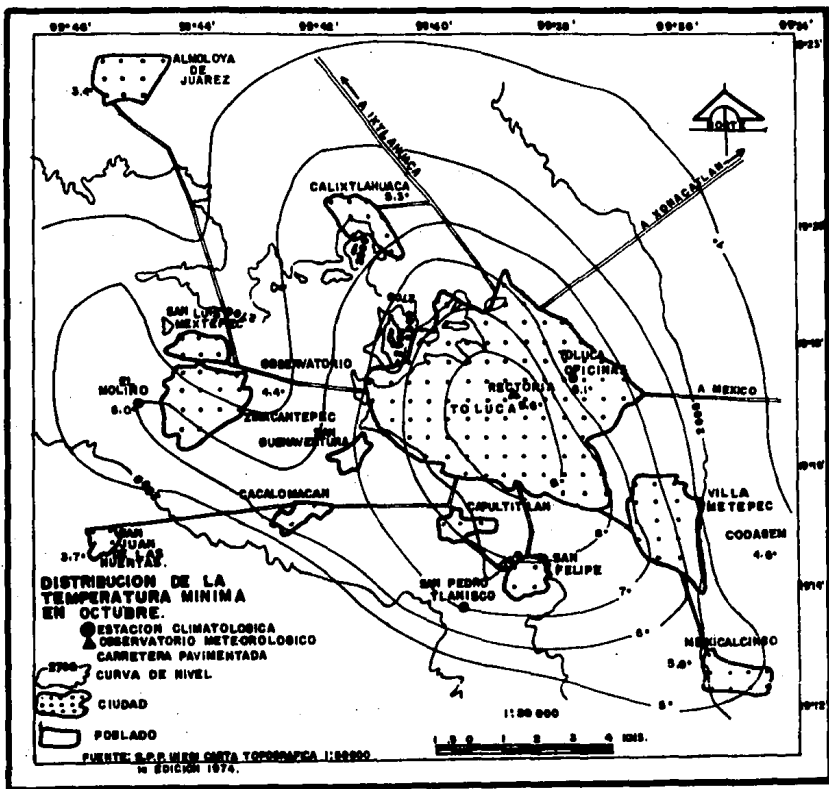


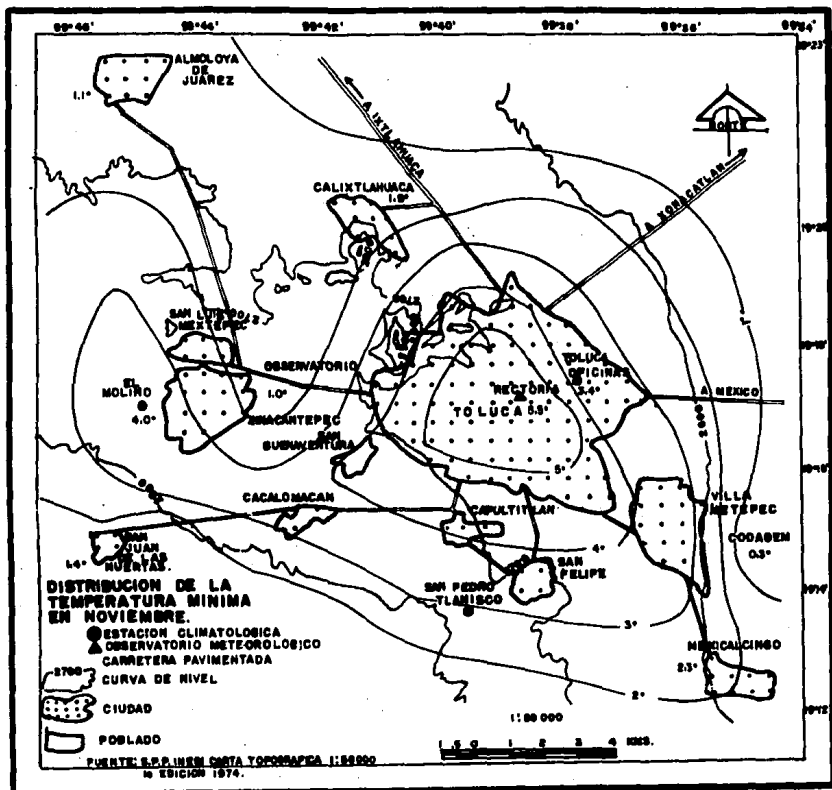


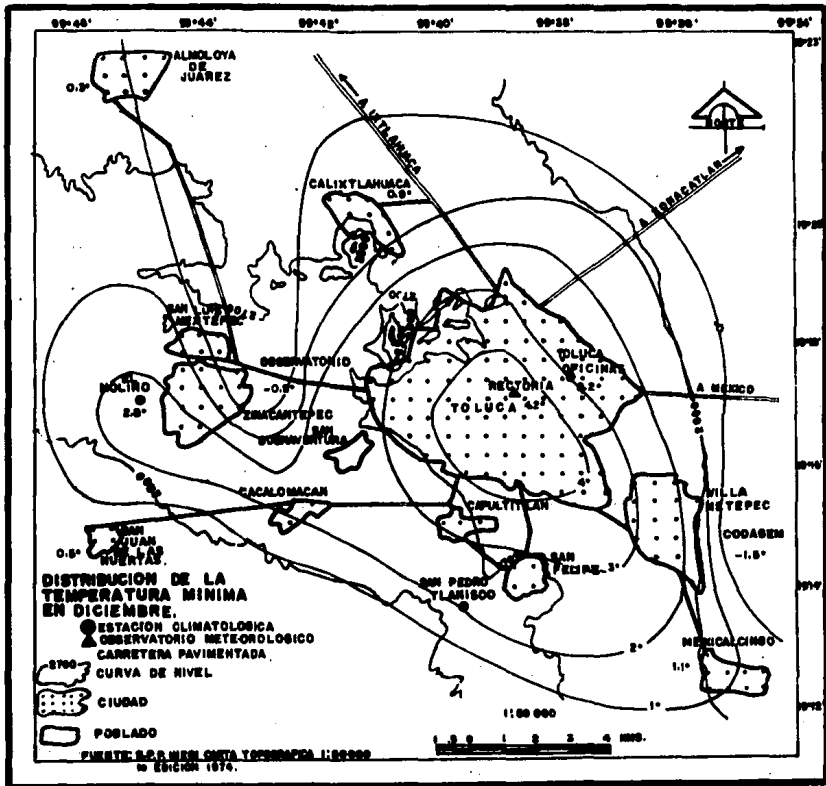


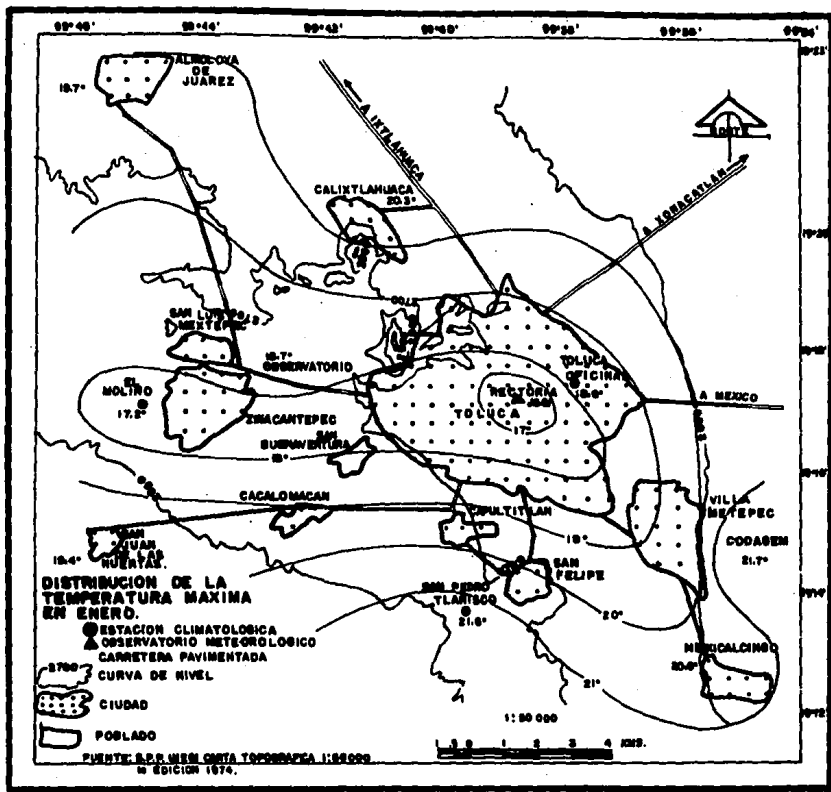


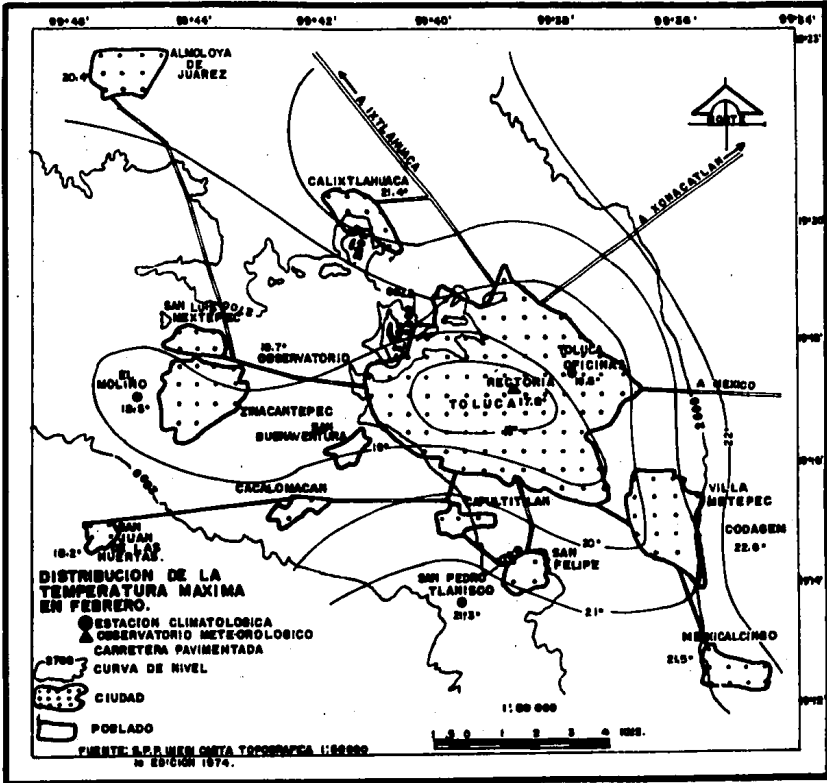










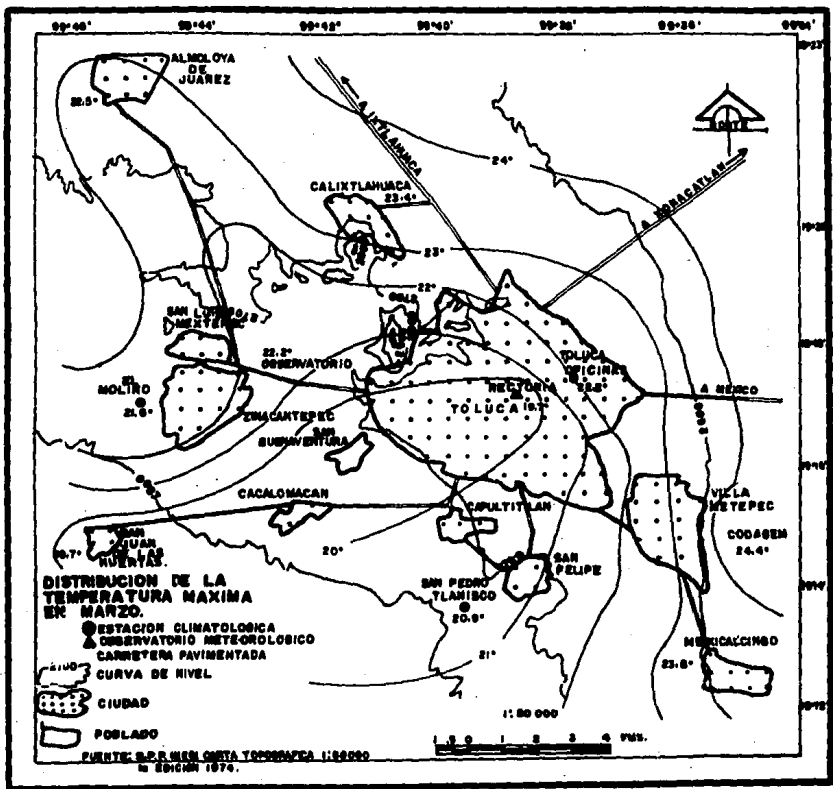


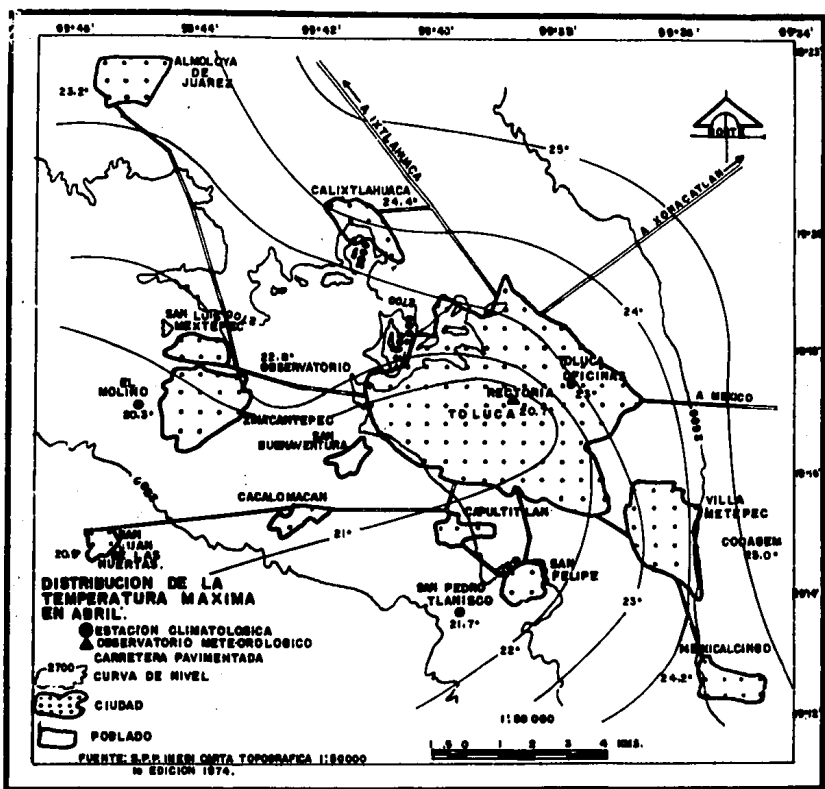
DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA MAXIMA EN FEBRERO.

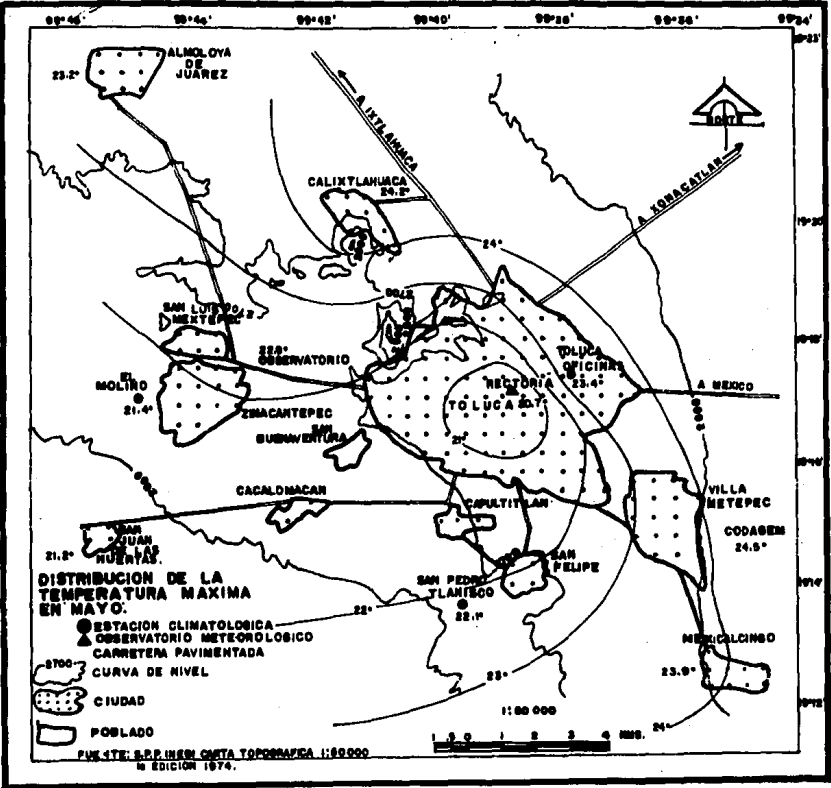
- ESTACION CLIMATOLOGICA
- ▲ OBSERVATORIO METEOROLOGICO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- 3700 CURVA DE NIVEL
- ◻ CIUDAD
- ◻ POBLADO

FUENTE: S.P.R. SERVICIO TOPOGRAFICO 1:50,000
 2ª EDICION 1974.

1:50 000
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 KM.







99°45' 99°40' 99°35' 99°30' 99°25' 99°20'

19°25'

19°20'

19°15'

19°10'

19°05'

19°00'

23.2°

ALMOLOYA DE JUAREZ

CALIXTLAHUICA 20.5°

SAN LUIS DE MEXTEPEC

EL MOLINO 21.4°

22.0° OBSERVATORIO

ZIMACANTEPEC SAN SUBVENTURA

CACALOMACAN

21.2° SAN JUAN HUERTAS

DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA MAXIMA EN MAYO:

22.1°

SAN PEDRO TLANISCO

SAN FELIPE

CAPULTITLAN

RECTORIA TOLUCA 22.7°

TOLUCA OFICINAS 23.4°

VILLA MEXTEPEC

CODASEM 24.5°

MEXICALCINGO

23.9°

1:50 000

1 2 3 4 5 KMS.

24°

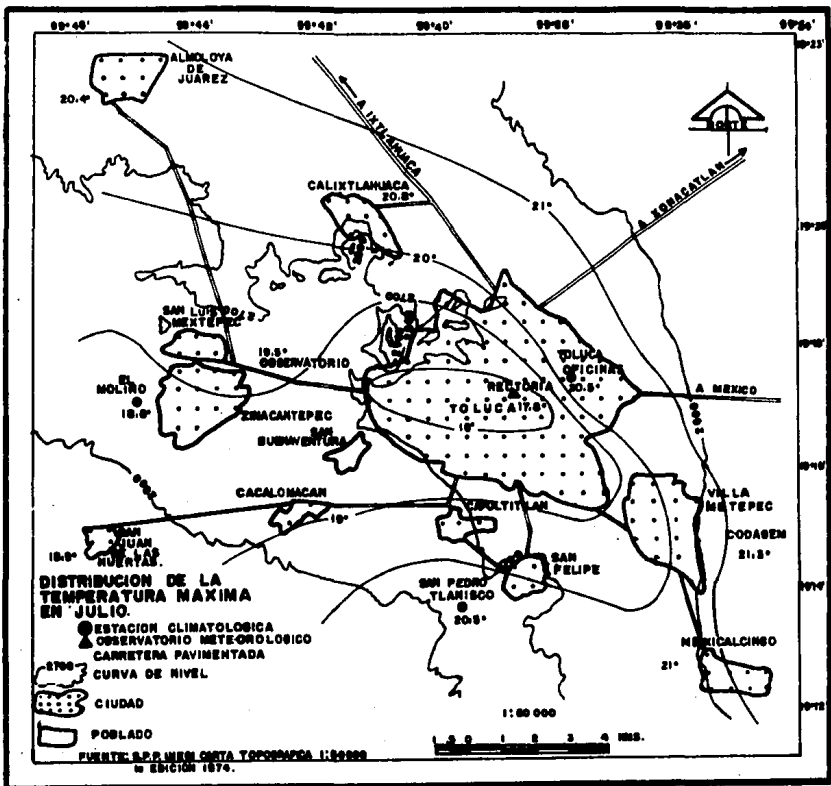


A. JILBALINCA

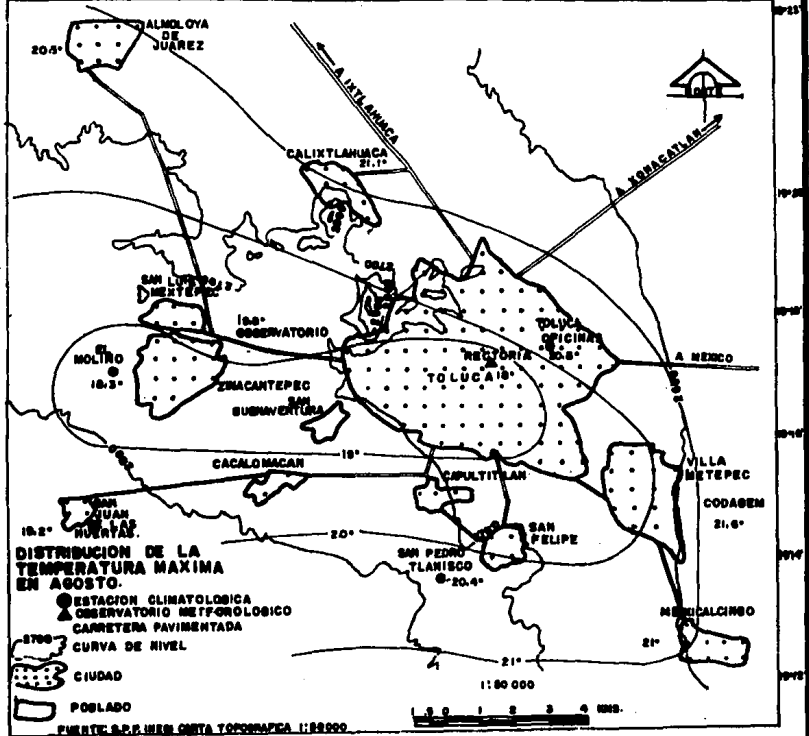
A. TONACATLAN

A. MEXICO

3000



99°45' 99°40' 99°35' 99°30' 99°25' 99°20'



TALMOLLOYA DE JUAREZ

CALIXTLAHUACA 21.7°

SAN LUIS POTOSI

19.8° OBSERVATORIO

EL MOLINO 18.3°

ZINACANTEPEC SAN SUBANVENTURA

TOLUCA OFICINAS 20.8°

RECTORIA TOLUCA 18°

CACALOMACAN 18°

CAPULTITLAN

SAN JUAN DE LOS RIOS HUERTAS 16.2°

SAN PEDRO TLANISCO 20.4°

SAN FELIPE

VILLA METEPEC CODASEM 21.6°

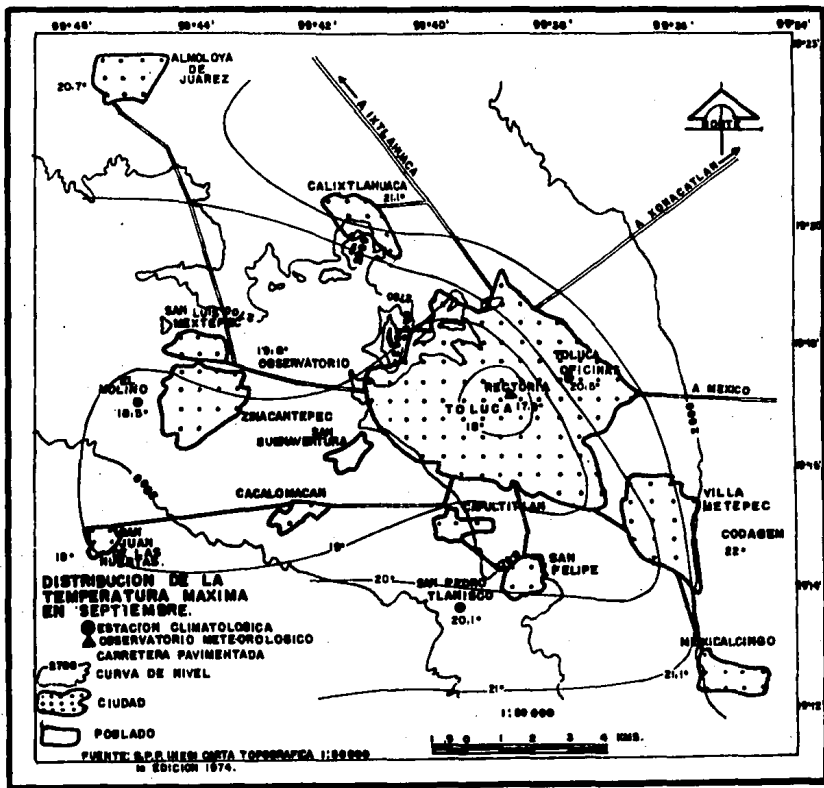
MEXICALCINGO

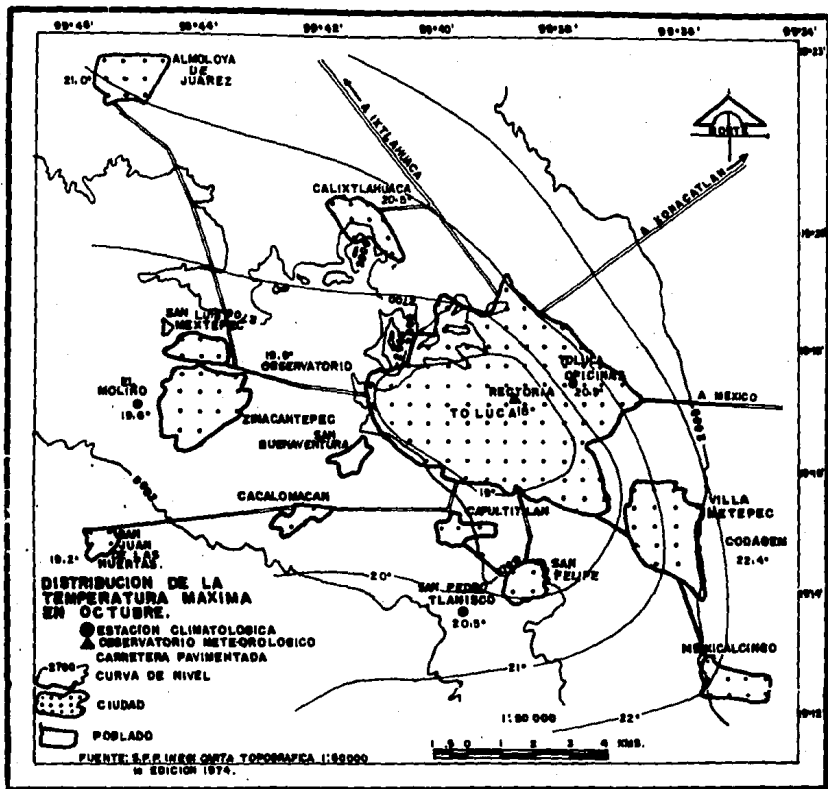


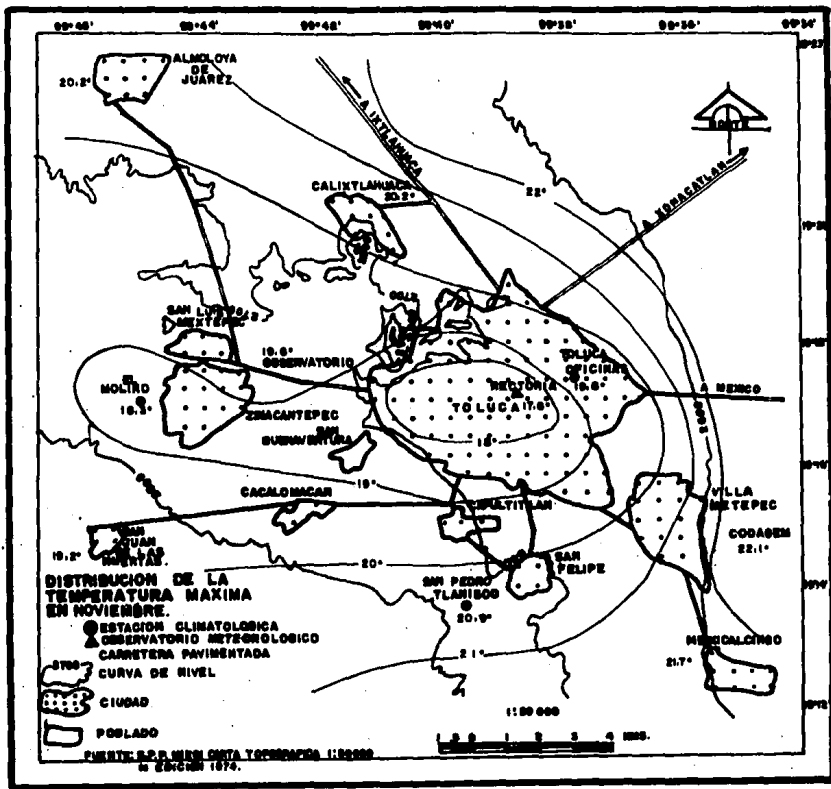
A. ATLANTICA

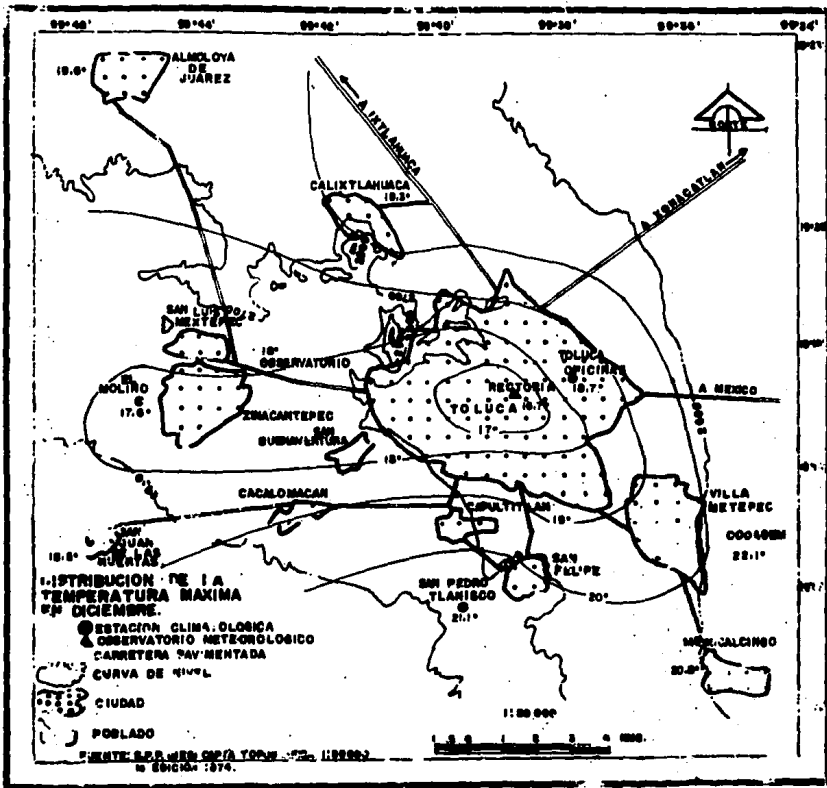
A. TOLUCA

A. MEXICO









BIBLIOGRAFIA

Biblioteca Salvat de Grandes Temas (1974), La atmósfera y la predicción del tiempo, Salvat Editores, S.A. España.

Biblioteca Salvat de Grandes Temas (1985), Tiempo y clima, Salvat Editores, S.A. España.

Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la clase IV S.A.G. Dirección General de Geografía y Meteorología, Vol. 2 México 1975.

Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la clase III, OMM 1980.

Chandler T.J., (1976) Urban Climatology and Its Relevance to Urban Design. WMO Tech Note 149, WMO No. 438 Org. Meteor. Mundial, Ginebra. Citada por Jáuregui.

Duran D. Francois Climatología Barcelona Ediciones Ariel 1972.

Flores Campaña Luis M. Protección y conservación de los recursos naturales y ambiente, ciencia y desarrollo, septiembre/octubre 1991, Vol. XVII Núm. 100.

García De M Enriqueta, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen, México UNAM, Instituto de Geografía 1973.

Instituto de Geografía y Estadística Boletín, Vol. V Núm. 1, Universidad de Guadalajara.

Jáuregui O.E. (1975) Las zonas climáticas de la Ciudad de México, Instituto de Geografía UNAM México, Boletín, Vol. VI

Jáuregui O.E. (1974) Las investigaciones sobre clima urbano y contaminación del aire en la República Federal de Alemania, México Boletín Núm. 5 Instituto de Geografía UNAM.

Jáuregui O.E. Evaluación del bioclima en dos clínicas de la Ciudad de México, México, Boletín del Instituto de Geografía Vol. IV.

Jáuregui O.E. (1975) Microclima del Bosque de Chapultepec México Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Vol. VI.

Jáuregui O.E. (1970) Distribución de la frecuencia de heladas, lluvias y tormentas eléctricas en México, Revista de Ingeniería Hidráulica México Núm. 3 Vol. XXIV 1970.

Jáuregui O.E. (1971) Meso-microclima de la Cd. de México, Imprenta Universitaria, UNAM.

Jáuregui O.E. (1984) Climas urbanos tropicales revisión y evaluación, Documentos de la conferencia técnica sobre climatología urbana y sus aplicaciones con especial referencia a las regiones tropicales OMM.

Jáuregui O.E. (1985) El clima urbano de la Cd. de México, Documentos de la conferencia técnica sobre climat. urbana y sus aplicaciones con especial referencia a las regiones tropicales, OMM.

Lowry W.P., 1977 Empirical estimation of urban effects on climate: A problem analysis. Citado por Jáuregui.

Morales Méndez Carlos Tesis, Probabilidad de heladas en Tlaxcala.

Ortiz Condado Lidia Microclima de ciudad Universitaria Tesis 1980.

Oke, T. y Maxwell, G., 1975: Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver, Atm.Env. Citado por Jáuregui.

Roger Taesler (1984) Métodos y datos sobre climatología urbana, Documentos de la conferencia técnica sobre climat. urbana con especial referencia a las zonas tropicales, OMM.

William L. Don Meteorología Ed. reverté S.A. España 1978.



**ACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA**