

01059
lej. 1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

ALGUNOS ASPECTOS DE DISTRIBUCION DE FUENTES EMISORAS
DE CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA POR REGIONES EN MEXICO

· TESIS



QUE PARA OPTAR POR EL TITULO
DE MAESTRA EN GEOGRAFIA

PRESENTA

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
ESTUDIOS SUPERIORES

GRACIELA PEREZ VILLEGAS

1 9 8 4

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ALGUNOS ASPECTOS DE DISTRIBUCION DE FUENTES EMISORAS DE CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA POR REGIONES EN MEXICO.

INTRODUCCION

1. ANTECEDENTES SOBRE REGIONALIZACION

- 1.1 Regiones hidrológicas
- 1.2 Regiones climáticas
- 1.3 Regiones económicas
- 1.4 Regiones industriales
- 1.5 Distribución de los climas en México
- 1.6 Distribución de la población urbana y áreas de mayor densidad

2. PROPUESTA DE REGIONALIZACION DE FUENTES EMISORAS DE CONTAMINANTES

- 2.1 Indicadores generales
- 2.2 Indicadores particulares
- 2.3 Indicador normativo de contaminación
- 2.4 Factores naturales
- 2.5 Regiones de emisión de contaminantes atmosféricos

3. DESCRIPCION CLIMATICA POR REGION

- 3.1 Temperatura
- 3.2 Precipitación
- 3.3 Humedad relativa
- 3.4 Vientos, dirección y velocidad

4. ESTUDIO CLIMATICO PARA UNA REGION

- 4.1 Clima regional
- 4.2 Caracterización de condicionantes climáticos para una región
 - 4.2.1 Temperatura
 - 4.2.2 Humedad relativa
 - 4.2.3 Precipitación

- 4.2.4 Intensidad de los vientos
- 4.2.5 Estabilidad de la atmósfera
- 4.2.6 Circulación superficial de los vientos
(rosas de vientos)

5. CONCLUSIONES

6. BIBLIOGRAFIA

7. LISTA DE CUADROS Y MAPAS

- 7.1 Cuadro de industrias contaminantes (I)
- 7.2 Cuadro de indicadores generales (II)
- 7.3 Cuadro de las características climáticas y de relieve de cada región (III)
- 7.4 Cuadro de categorías de estabilidad (IV)
- 7.5 Mapa de regiones hidrológicas (1)
- 7.6 Mapa de regiones climáticas (2)
- 7.7 Mapa de regiones económicas (3)
- 7.8 Mapa de regiones industriales (4)
- 7.9 Mapa de climas (5)
- 7.10 Mapa de distribución de la población urbana (6)
- 7.11 Mapa de distribución de emisiones de fuentes fijas (7)
- 7.12 Mapa de distribución de emisiones de fuentes móviles (8)
- 7.13 Mapa de distribución de fuentes móviles (9)
- 7.14 Mapa de distribución de fuentes fijas (10)
- 7.15 Mapa de densidad de población (11)
- 7.16 Mapa de distribución local de fuentes móviles (12)
- 7.17 Mapa de las principales industrias contaminantes (13)
- 7.18 Mapa de regiones de emisión de contaminantes (14)
- 7.19 Mapa de categorías de emisión (16)
- 7.20 Mapa de climas de la región centro (16)
- 7.21 Mapas de circulación superficial del viento (17, 18, 19 y 20)

INTRODUCCION

Uno de los problemas derivados de la concentración demográfico-económica en determinadas áreas del país es sin duda el que se refiere a la contaminación, en sus diversos aspectos o fases.

El deterioro del medio ambiente físico en México se acentúa cada vez más, a pesar de los esfuerzos llevados a cabo por las instituciones encargadas de prevenir y controlar la contaminación.

Existen varias clases de contaminación ya sea en el aire, agua o suelo. Cualquiera de estos elementos contaminados llegan a perjudicar la vida del hombre en forma directa o indirecta por la inhalación de partículas de gases tóxicos o la ingestión de alimentos.

En este trabajo al hablar de contaminación se hace referencia a la que se difunde en la atmósfera. Se dice que una atmósfera está contaminada cuando los gases y partículas que la componen llegan a adquirir niveles superiores a la norma establecida.

Existen varias sustancias que contaminan la atmósfera. Se presentan en dos formas: sólidos y gases, producidos por tres fuentes principales: industrias, vehículos de motor y combustión doméstica, las cuales arrojan al aire cantidades considerables de contaminantes; entre los más importantes por su alto contenido en el aire urbano son: monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO₂), hidrocarburos (H), óxidos de nitrógeno (NO₂) y partículas de polvo.

La contaminación atmosférica se ha detectado en algunas áreas del país, en especial en aquellas en donde se concentra la mayor cantidad de actividades secundarias y terciarias, en donde la densidad demográfica y vehicular se incrementan año con año. Además que desde el punto de vista geográfico, existen áreas con topografía complicada y climas diversos, en las que se generan condiciones adversas a la buena ventilación, lo que favorece la concentración de contaminantes emitidos a la capa planetaria.

Tal es el caso especial del Valle de México, sobre todo en la parte suroeste en donde se localiza el Distrito Federal; en el aire urbano de éste son arrojados anualmente 2 500 toneladas de monóxido de carbono, 300 000 toneladas de hidrocarburos y 30 000 toneladas de óxidos de nitrógeno según estimaciones hechas por el Departamento del Distrito Federal por medio de la Oficina de Control de Contaminación (1981). Estas cantidades colocan a la ciudad de México como una de las más contaminadas del mundo.

Otras ciudades con creciente urbanización e industria (Guadalajara, Monterrey, Veracruz y Toluca), presentan similitud en el desarrollo industrial e incremento de transportes y uso de automóvil, pero todas con características topográficas y climatológicas distintas, por lo que las emisiones arrojadas no siguen un patrón general, ya que la dispersión de polutantes es en función de estos dos factores.

Estos aspectos señalados y el hecho de que en el Instituto de Geografía se está trabajando actualmente en un proyecto sobre climatología de difusión en áreas urbanas, hicieron derivar el interés hacia un estudio sobre la división en regiones donde se emiten contaminantes, agrupando aquellas áreas del país

que presentan algún indicio del problema.

Al revisar la bibliografía disponible que pudiera referirse al tema específico de regiones de emisión de contaminantes atmosféricos en México, no se encontró trabajo alguno ya editado ni en proceso de edición.

Se desconoce la existencia de trabajos de regionalización general de toda la República que consideren los aspectos realizados en esta tesis. Pero no se descarta la posibilidad de que en fechas posteriores al inicio de la presente tesis pudieran haber salido a la luz investigaciones similares.

Se puede afirmar que a la fecha se carece de trabajos de regionalización general dentro de este campo, aunque cabe mencionar que existen varios trabajos realizados por E. Jáuregui*, enfocados a problemas de contaminación atmosférica y de difusión de contaminantes referentes a algunas regiones y ciertos sitios específicos del país.

En este trabajo si bien no se trata de dar una solución al problema, se pretende cuantificar las áreas afectadas por el fenómeno contaminante y mediante su agrupación por características similares de concentración poder llegar a una división en regiones. Esto es con el fin de analizar el entorno geográfico en el que se sitúan con especial referencia a los aspectos climático-topográficos. Determinar cuáles son las regiones de emisión de contaminantes que presentan condiciones adversas para la di-

* Contaminación potencial en los valles interiores del Centro de México. Comunicaciones 1977.

lución y aquellas mejor ventiladas en donde se facilite la dispersión o dilución de los mismos.

Asimismo conocer las características climáticas que existen en cada región y analizar los elementos del clima que dan lugar a la mayor o menor concentración de contaminantes emitidos en la capa planetaria.

Como se anotó anteriormente, el propósito es hacer la división en regiones de emisión, para poder llegar a detectar las zonas potencialmente más afectadas y menos afectadas por la contaminación y tipificar los contaminantes arrojados por la industria y los vehículos.

Mas el propósito se logró a medias, debido a la escasez de datos, por lo que no se pudo alcanzar el último punto. Son pocas las áreas urbanas en donde se han muestreado los principales contaminantes, sólo en los casos de la Ciudad de México, Guadalajara, Tijuana, Ciudad Juárez y Monterrey, por lo que no se pueden establecer los niveles de contaminación por volumen y clase de contaminantes. Sin embargo el grado de contaminación se puede deducir del combustible quemado en fuentes fijas y móviles.

Tampoco se pudo determinar todos los tipos de industrias contaminantes; lo ideal hubiera sido presentar mapas de distribución de cada rama industrial por localidades pero se desconoce la existencia de datos con separación de ramas de la industria que producen contaminantes.

La división de regiones de emisiones de contaminantes que usaremos se basa en la división económica regional de Bassols, A. (1967), por lo cual se trata de seguir los lineamientos origi

nales del autor, pero con ciertas modificaciones y ajustes que se estimaron necesarios para apegarse, hasta donde sea posible, a la realidad de las regiones de emisión. En este estudio no se utilizaron métodos matemáticos para la delimitación y formación de las regiones; se sigue el criterio de Bassols (1967) en el sentido de que la división en regiones no es un juego matemático sino una combinación de elementos cuantificables y criterios objetivos no sujetos a cuantificación. Además de que un territorio es susceptible de dividirse en muy distintas formas, dependiendo del propósito que se persiga.

En la delimitación de regiones en donde se emiten cantidades importantes de contaminantes, se manejaron algunos criterios e indicadores básicos propuestos por Bassols, A. (1967).

Criterios fisiográficos de clima y topografía; indicadores de población: urbana, densidad y ciudades importantes e indicadores económicos de industria y transporte.

La metodología que se utiliza en este trabajo se basa en:

1. Recopilación y manejo de datos estadísticos de los censos de población, industria y transporte.
2. Recopilación y manejo de datos estadísticos de volumen de las emisiones y fuentes que las producen, obtenidos en la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, Petróleos Mexicanos y Dirección General de Estadística, años 1978-81.
3. Vaciado de los datos estadísticos en mapas a dos escalas gráficas, de acuerdo con los datos disponibles, para que posteriormente sirvan de elementos básicos: primero en la locali-

zación de indicadores generales y particulares; segundo en el papel que juegan dentro de una área determinada, su expansión, y las áreas geográficas en las que se sitúan.

4. Se hicieron trabajos de campo en las ciudades de Tlaxcala, Cuernavaca, Puebla, Toluca y Pachuca, con visitas a centros industriales y observatorios de esas ciudades para verificar los datos obtenidos que se presentaban poco confiables.
5. Trazo de gráficas con los parámetros climáticos seleccionados (temperatura, humedad, precipitación y vientos), para establecer la variación diurna.
6. Se elaboraron rosas de vientos para tipificar los vientos de superficie, debido a que éste es el principal factor en el transporte y dispersión de partículas.
7. Elaboración de mapas con los diferentes indicadores de las regiones emisoras de contaminantes con el fin de facilitar el análisis de cada uno de ellos y poder delimitar en forma más precisa las regiones.
8. Interpretación y análisis cartográfico y estadístico de los indicadores generales y particulares, así como de los polos de desarrollo económico (industrias, servicios, población) y sus áreas de influencia.
9. Traslape, interpretación y análisis de la carta altimétrica de la República Mexicana (1959), Instituto de Geografía, UNAM; Atlas Físico de la República Mexicana (1981), DETENAL; Carta de Climas (Atlas del Agua, 1976), Secretaría de Recursos Hídricos y DETENAL, 1970; Carta de Incrementos de Población de

la República Mexicana (1960-70), Instituto de Geografía, UNAM.

10. Análisis de los mapas de regiones y rangos de emisión.
11. Análisis general de los elementos climáticos que intervienen en el fenómeno contaminante. El análisis gráfico presenta algunos inconvenientes por la ambigüedad de los datos, en algunos de los meses estudiados se carece de ellos y en otros las horas elegidas están incompletas.

En esta división regional se trata de unificar las áreas que presentan algunos de los indicadores expuestos anteriormente; en la división obtenida no hay continuidad de regiones debido a que los parámetros utilizados en el trazo y formación de las mismas así lo determinaron, además se tuvieron que agrupar con base en la disponibilidad de datos estadísticos por ciudad y de acuerdo con la existencia de observatorios meteorológicos que son los que van a indicar las condiciones atmosféricas de cada región, y el comportamiento de la temperatura, precipitación, humedad y vientos.

Estos indicadores constituyen los parámetros determinantes en la mayor o menor concentración de contaminantes en la capa planetaria, así como también de la dispersión que éstos pueden tener hacia el interior o tal vez de la regresión de éstos al lugar de origen.

De acuerdo con el criterio de Chovin, P. (1970), en el supuesto de que la contaminación no tiene fronteras y que ésta puede abarcar desde una población hasta un país entero, se desechó la idea de trazar las regiones basándose fundamentalmente en la cantidad de emisiones, por lo que se cuantificaron las princi

pales fuentes de emisión y se procedió a vaciar, procesar e interpretar la información con el fin de detectar los lugares con mayor concentración y determinar si coinciden en las mismas áreas, debido a que las fuentes emisoras están limitadas a aquellas zonas donde la industrialización, la densidad demográfica y la concentración vehicular marchan paralelas al desarrollo económico.

En este primer estudio, dada la naturaleza de los datos analizados, no se tomaron las grandes zonas como en las regiones económicas puesto que se trata de un aspecto más específico sujeto principalmente a tres elementos esenciales: emisiones, fuentes fijas y fuentes móviles, por lo que se prescindió del trazo a gran escala debido a que se abarcaban zonas con áreas que no poseen fuentes emisoras considerables. En consecuencia, se hizo una división de regiones de extensión más reducida, teniéndose en algunos casos que limitar áreas que podrían considerarse como subregiones debido a su escasa extensión.

Las regiones se trazaron con ciertas limitaciones por la carencia de datos, sin embargo, considerando que las ciudades son los principales polos de atracción con áreas de influencia radial, y tomando en cuenta también las características físico-geográficas se hizo la delimitación del área.

Para efectuar el trazo de los límites de las regiones en el mapa, se utilizan dos divisiones: la estatal-municipal en base a que las industrias se hallan confinadas al espacio ocupado por la división convencional, y la natural debido al relieve, que en cierto modo es un factor limitante al drenaje del aire (Jáuregui, 1969). Se siguió el parteaguas de las principales elevaciones. En algunos casos en los que la orografía no era clara,

se hizo uso de los largos y angostos corredores de emisión, representados por las carreteras, que aún no siendo naturales forman un límite preciso de fuentes emisoras.

Una vez trazadas las regiones se hace una tentativa de jerarquización de las mismas, apoyándose en la cuantificación y localización de fuentes fijas por rama de actividad, de aquellas industrias que emiten gases y partículas contaminantes, así como en los rangos de fuentes móviles por ciudad, que según algunos autores tienen mayor poder de concentración de contaminantes.

Se jerarquizaron las regiones en orden decreciente de acuerdo a la cantidad de fuentes y emisiones que poseen y se enumeraron para facilitar su localización e identificación.

El estudio está formado de tres partes:

En la primera se explica la forma en que se manejaron los indicadores generales y particulares que dieron lugar a la formación de las regiones, asimismo se hace descripción de los contaminantes más frecuentes en la atmósfera y las fuentes que los producen; se comprobó que en todo el territorio del país existen algunas áreas en donde se emiten volúmenes considerables de contaminantes, en otras las emisiones son regulares o incipientes. Estos rangos están de acuerdo a la concentración de fuentes productoras que se encuentran ubicadas en diferentes medios geográficos, en la altiplanicie, en la costa, en las depresiones y en algunas regiones montañosas. Así, aunados a las características físicas, emisiones, cuantificación y evaluación de los indicadores, se obtuvieron 23 regiones de emisión de contaminantes.

En la segunda parte se da una descripción climática para las regiones y se hace un breve análisis de las variaciones estacionales de temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos, en los meses de enero, abril, julio, octubre, se manejan los parámetros en forma general, para tener una idea de las condiciones climáticas de las regiones, y al mismo tiempo se estudian las características del relieve que influyen en el comportamiento de los elementos dando lugar a condiciones favorables o desfavorables para la acumulación de contaminantes.

En el análisis de vientos y humedad relativa, se toman los datos para las 14 horas que corresponden a las más calurosas del día y de mayor turbulencia convectiva.

En la tercera parte a manera de ejemplificar el comportamiento diurno de los parámetros climáticos que privan en una región en donde se emiten contaminantes, se analizan las condiciones climáticas de la región Centro, los elementos estudiados son: temperatura, humedad y vientos, en los años de 1979-80. Se utilizan los datos cada dos horas en dos meses secos y dos húmedos: enero, abril, julio y octubre, para los observatorios de Pachuca, Tlaxcala, Puebla, Cuernavaca, Toluca y Tacubaya, representativos espacialmente de la zona en estudio, en ellos se determinan las fluctuaciones diurnas de los elementos del clima y su acción en el incremento o abatimiento de las emisiones.

En esta parte de la tesis se analiza el mecanismo que siguen los vientos superficiales, debido a que el desplazamiento de éstos como agentes de transporte de contaminantes es de suma importancia, porque su acción sobre una región contaminada depende de la dirección e intensidad con que soplan.

La acción del viento también se tiene en la estructura vertical, la cual está sujeta a la estabilidad e inestabilidad del mismo. Para poder determinar si el aire es estable o inestable, se utilizaron las categorías de estabilidad del aire de Pasquill (1961), que se presentan en la tabla IV para uno de los observatorios mencionados en párrafos anteriores.

Finalmente se dan las conclusiones a las que se llegó, una vez que se manejo y analizó todo el material utilizado para el trabajo.

1. ANTECEDENTES SOBRE REGIONALIZACION

Los trabajos que sobre este tema se han realizado en México son escasos y corresponden principalmente a aspectos económicos o hidrológicos; sin embargo, son investigaciones que proporcionan las bases a seguir para cualquier tipo de estudio sobre este tema.

1.1 Regionalización por cuencas hidrológicas

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1970) hizo un estudio sobre la división regional por cuencas hidrológicas, agrupadas, según la importancia de las mismas, en varias o en una sola, así se tienen 16 regiones y 37 subregiones (cuencas y subcuencas) en las que se trata de determinar las características físico-geográficas de cada región. En este estudio se toman en cuenta en forma somera: localización, geomorfología, geología y suelos, se hace mención especial de los climas que prevalecen en cada región, se divide a las regiones más importantes y de mayor extensión, en subcuencas y al mismo tiempo en zonas de acuerdo con el relieve y la pendiente que en un momento dado determina el grado de escurrimiento de los ríos y el tipo de cauce que puede ser bien definido y medianamente definido.

Se hace referencia al aprovechamiento de los ríos ya sea en la generación de energía hidroeléctrica, control de avenidas, abastecimiento y riego.

Sancho, C. J. (1976), autor de la regionalización por cuencas hidrológicas, toma en cuenta diversos factores para la realización de la misma, por lo que divide a los indicadores hidroló-

gicos más importantes en cinco rangos de diferentes niveles, según el valor del indicador en cada subregión. Reúne a éstos en dos grandes grupos: indicadores físicos y económicos, que a su vez se desglosan en varios más, siguiendo casi los mismos lineamientos aunque en menor escala propuestos por Bassols (1967) en su regionalización económica de México.

El mapa de regiones hidrológicas (1), como se anotó en párrafos anteriores, se basa en aspectos físicos y económicos, por tanto, en este estudio se trató de analizar las cuencas hidrológicas y su posible correspondencia con las regiones de emisión de contaminantes. Encontrándose que de las 23 regiones de emisión de contaminantes existentes en México, únicamente cinco de ellas se localizan dentro de las delimitaciones hidrológicas, el resto se extiende en dos o más cuencas, esto indica que la dispersión de las fuentes emisoras de contaminantes no es uniforme ni está en relación con el relieve, es una consecuencia del desarrollo económico regional.

García, E., Vidal, R., Cardoso, Ma. D. y Hernández Ma. E. (1983) en su estudio sobre la regionalización de los climas de México, hacen un agrupamiento, delimitación y estudio de las zonas de la República Mexicana que presentan características climáticas similares. Este estudio divide al país en 12 regiones climáticas.

La regionalización consta de 3 partes: en la primera se da un panorama del conjunto de climas a nivel nacional; la segunda se refiere a las regiones climáticas y enfatiza las características particulares de cada una; la tercera explica varios casos para ser llevados a su aplicación práctica.

El mapa 2 representa las 11 regiones climáticas en las que se ha dividido al país, cada una con características climáticas similares, la distribución espacial de éstas sirvió en parte para la delimitación de las regiones de emisión de contaminantes atmosféricos, especialmente en aquellas donde se presentó dificultad en el trazo del límite natural: Al mismo tiempo se intentó demarcar cada una de las regiones emisoras, en una sola región climática para que hubiera cierta uniformidad, sin embargo en algunos casos se logró el objetivo, la mayoría se extiende dentro de dos o más regiones climáticas.

Bassols, A. (1967) en su trabajo sobre división económica regional, proporciona una guía completa en cuanto a los métodos de investigación en esa materia, que al mismo tiempo sirve de base para otros trabajos sobre diversos temas, el autor menciona todos los aspectos que se pueden abordar, entre ellos, ganadería, agricultura, industria, población, etc.; señala qué es una región y cómo puede ser estudiada desde el punto de vista geoeconómico y cita algunos ejemplos; anota cuáles son los factores más importantes en la formación de zonas y regiones, enumerando una gran lista de los principales criterios e indicadores básicos que intervienen en la investigación de las regiones geoeconómicas y que hacen posible su delimitación.

El autor divide al país en 8 zonas geoeconómicas y 70 regiones para fines de planeación regional. Finalmente señala la falta de datos para hacer estudios regionales más precisos.

La división regional de esta tesis, se basa en la metodología propuesta por Bassols (1967), por tanto, la localización espacial de las zonas y regiones geoeconómicas (mapa 3) se utilizó

como premisa para el trazo y delimitación de las regiones emisoras de contaminantes, de ahí que la ubicación de éstas últimas resulta similar a las primeras. La mayor parte de las regiones emisoras de contaminantes quedan distribuidas dentro de los límites establecidos para cada una de las ocho zonas geoeconómicas, debido a que la contaminación es consecuencia de las actividades económicas terciarias.

Bassols, B. A. (1967) analiza las regiones geoeconómicas de su trabajo anterior y establece todos los aspectos que se toman en cuenta para el trazo de dichas regiones y la forma en que se puede hacer una regionalización. Toma como base elementos principales y agrega otros secundarios y complementarios de los que se deriva la subdivisión de regiones hasta llegar a las microrregiones.

El autor indica que la regionalización económica para fines de desarrollo se hace en dos niveles:

1) Grandes regiones económicas comprendiendo estados completos.

2) Regiones económicas medias, comprendiendo varios municipios y respetando los límites estatales.

Además, para que la regionalización sea más aceptable el autor considera que se debe tomar en cuenta consideraciones políticas, administrativas, demográficas y de planeación, tratando de que sea lo más apegada a la realidad. Concluye con 7 ideas básicas para una regionalización más acertada.

1. Dominar la teoría y enlazarla con la práctica de la

investigación regional.

2. Las regiones, subregiones y microrregiones son sistemas económicos con elementos naturales, demográficos y otros.

3. Desentrañar la índole de los sistemas es conocer la realidad; esto es precisamente investigar.

4. Hay que separar siempre los elementos variables o grupos de factores decisivos, de aquellos que son secundarios.

5. Los esquemas de sistemas son sólo una abstracción, pero deben ser fruto del conocimiento de la realidad.

6. El desarrollo económico regional debe tender a corregir los aspectos negativos que muestran el sistema de la región.

7. Sin una acertada regionalización no puede haber una planificación.

García A. y Colaboradores (1975) en su trabajo sobre Introducción al Concepto de Regionalización, afirma que es el resultado de un seminario llevado a cabo con el fin de analizar y comentar los estudios que sobre regionalización han sido realizados por autores nacionales y extranjeros; se destacan los puntos más sobresalientes de cada obra y se mencionan los principales aspectos que sirvieron como indicadores en la delimitación de las regiones, así como también los criterios que se deben seguir al efectuar una regionalización de cualquier tipo.

Se citan dos ejemplos: Dickinson, quien define la región como una área que presenta cierta homogeneidad con relación a una serie de condiciones afines, sean del paisaje o la población, y otros autores que la definen como unidades administrati-

vas naturales, o sea unidades adecuadas para usarse desde el punto de vista administrativo por constituir entidades sociales y económicas, en este sentido se considera a una región como una entidad espacial "natural".

La CEPAL (1973) establece una regionalización con base en tres aspectos elementales:

1. Diferencias en la combinación de recursos naturales y el tamaño y comparación de la población de las distintas entidades federativas.

2. Diferencias interestatales registradas a través de indicadores económicos sociales.

3. Necesidad de asegurar viabilidad a las políticas de desarrollo elaboradas para cada región.

1.4 Regionalización industrial.

Por otra parte la Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial, con el fin de descentralizar la industria del área metropolitana de la ciudad de México, ha establecido un vasto plan de desarrollo industrial 1979-82, con prioridades y metas regionales para fomentar la instalación de industrias en aquellas zonas de manufacturas, que estén localizadas en torno a la red nacional de distribución de gas natural, que constituyan polos de atracción, posean recursos hidrológicos y fuentes de energía además de otras.

Estas características sirven como indicadores de las regiones adecuadas para el desarrollo de la industria. Por lo que se procedió a dividir al país en tres zonas y nueve regiones prioritarias.

rias.

1) Zona I: se divide en prioridad 1A y prioridad 1B, abarca áreas costeras y urbanas.

2) Zona II: se le designa como prioridades estatales.

3) Zona III: es la de ordenamiento y regulación, en la parte central del país; abarca el Distrito Federal y se divide en Area IIIA, de crecimiento controlado, Area IIIB de consolidación.

En el mapa 4 de regionalización de actividades industriales se tienen dos zonas con prioridades para el desarrollo industrial, en estas zonas existen regiones con áreas en pleno desarrollo industrial como por ejemplo: Saltillo, Monclova, Tijuana, etc. y otras que están contempladas en el Plan 1979-82. Estas regiones prioritarias están relacionadas con los niveles potenciales de contaminación, de tal suerte que al delinear los límites convencionales de las regiones de emisión de contaminantes, éstos se extienden incluyendo las regiones prioritarias de desarrollo industrial.

La zona de ordenamiento y regulación, es muy importante en cuanto al control del crecimiento industrial, debido a que en ella se tienen los más altos niveles de contaminación.

Garza, Gustavo (1980) en su estudio sobre industrialización de las principales ciudades de México, hace un intento de regionalización de áreas prioritarias con fines de descentralización industrial. Agrupa a las ciudades especializadas en industria y aquellas que aunque no se especialicen en ella posean una producción industrial de importancia. Ordena a las ciudades en 10 grupos o subsistemas según su importancia industrial.

Subsistema I	Subsistema II	Subsistema III
Ciudad de México	Monterrey	Guadalajara
Toluca	Saltillo	
Puebla	Reynosa	
Cuernavaca		
Subsistema IV	Subsistema V	Subsistema VI
Orizaba	Querétaro	Tampico
Veracruz	León	Cd. Madero
	Irapuato	
Subsistema VII	Subsistema VIII	Subsistema IX
Coatzacoalcos	Monclova	Mexicali
Minatitlán	Torreón	Tijuana
		Ensenada
Subsistema X		
Chihuahua		

En este estudio se toma en cuenta en primer lugar la estructura industrial de los subsistemas y sus ciudades, según la importancia de cada grupo industrial para la ciudad y el país. En segundo lugar determina los grupos industriales en los que se especializa cada ciudad (industrias básicas). Finalmente hace una jerarquización de cada industria según una tipología que las clasifica en 8 clases de industrias motrices.

Dado que este trabajo está basado en los lineamientos geográfico-económicos para la delimitación de las regiones de emisión de contaminantes, también incluye en los antecedentes aquellos trabajos que aunque no son estrictamente regionales se consideran indispensables para la estructura de esta tesis.

1.5 Distribución de los climas en México

Köppen (1948). De acuerdo a la clasificación de este autor, en base a los climas que predominan en México, se tienen dos grandes grupos de climas: climas húmedos y climas secos o áridos. Los que se clasifican como húmedos pertenecen a dos clases: cálidos y templados. Los cálidos húmedos A se dividen en 3 tipos: cálido húmedo con lluvias todo el año Af; cálido húmedo con lluvias monzónicas Am; cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw; estos climas poseen temperaturas superiores a 18°C todos los meses.

Los climas Af se localizan únicamente en dos partes del país en una franja angosta que abarca el sur del estado de Tabasco y el norte de Chiapas, la otra ocupa una pequeña región en la vertiente este de la sierra Mixteca.

Los Am tampoco son muy extensos, se ubican en las faldas de la vertiente oriental o del Golfo, sigue una delgada franja desde el sureste de San Luis Potosí hasta ensancharse en el Itzmo de Tehuantepec y la llanura tabasqueña.

Los climas Aw se localizan en las regiones costeras del Golfo, desde el sur de Tamaulipas hasta la península de Yucatán, exceptuando la parte norte del estado del mismo nombre que contiene clima seco estepario BS, por el Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas, y en la parte interior en la Depresión del Balsas, y Depresión central de Chiapas.

Los climas templados húmedos C se agrupan en 4 tipos: templado húmedo con lluvias abundantes todo el año Cf; templado subhúmedo con lluvias en verano Cw; templado subhúmedo con lluvias escasas en todas las estaciones Cx, templado tipo mediterrá

neo Cs, las temperaturas medias del mes más frío se encuentran entre -3° y 18° C y la del mes más caliente mayor de 10° C.

El Cf, comprende las partes altas del sur de la sierra Madre Oriental, la sierra Norte de Chiapas y la sierra de Soconusco.

El Cw, se extiende en la Mesa Central, en las regiones montañosas, sierra Madre Oriental, Occidental, del Sur, Transversal y de Chiapas; Cs se tiene en el centro-noroeste de Baja California Norte; y el Cx' en la vertiente norte del Golfo, al suroeste de Tamaulipas y en la parte central de Nuevo León.

Los climas secos se dividen en dos tipos: seco estepario BS y seco desértico BW. El primero se localiza en la parte central de la Altiplanicie Mexicana, NNE y NW del país faja central norte-sur de Baja California, parte noreste, este y sur de Sonora y suroeste de Sinaloa.

Los desérticos BW, existen en la región norte-centro de la Altiplanicie, noroeste y oeste de Sonora, faja norte-sur y este-oeste de Baja California.

En los antecedentes se incluye la distribución de los climas (mapa 5), con la finalidad de dar un panorama más completo de la diversidad de éstos en México, y al mismo tiempo ubicar en qué climas se tiene mayor concentración de fuentes emisoras de contaminantes. En la mayor parte de los climas, independientemente que sean cálidos o fríos, húmedos o secos, se tiene cierta cantidad de fuentes productoras de contaminantes, pero donde se concentra el mayor número de vehículos e industrias es en los climas Cw que se localizan en los valles centrales de México. También se

tienen otras concentraciones importantes en los climas BS y Aw.

1.6 Distribución de la población urbana.

Gutiérrez de MacGregor, M.T. (1965) en su obra Desarrollo de la Población Urbana en México, utiliza una clave numérica representativa de la población urbana y toma como base las localidades que tienen 10 000 habitantes, por lo que divide a la población en cinco grupos de acuerdo con la cantidad de población:

10 000 a 25 000 habitantes
25 000 a 50 000 habitantes
50 000 a 100 000 habitantes
100 000 a 1000 000 habitantes
más de 1 000 000 habitantes

Cita como entidades en las que predominan localidades pequeñas a Veracruz, Guanajuato y Michoacán, además de Tlaxcala, Baja California Norte y Quintana Roo, cuyas localidades al igual que las primeras pertenecen al primer grupo. En el segundo cita a Ensenada, La Paz, Hermosillo y otras, en el tercer rango están Tijuana, Mexicali, Nuevo Laredo (localidades que en los últimos años han aumentado un 100 % su población). Existen entidades formadas exclusivamente por localidades grandes de más de 100 000 habitantes: Baja California Norte y Aguascalientes; el Distrito Federal es el único clasificado en el último grupo.

Actualmente existen otras ciudades que se encuentran dentro de este rango entre ellas Guadalajara, Monterrey y Puebla.

De las categorías políticas que la autora tomó de Angel Rubio (1957) se tiene: Grandes Metrópolis de más de 1 000 000 de habitantes, Metrópolis de 100 000 a 1 000 000 de habitantes. El Distrito Federal se incluye en las Grandes Metrópolis o Megalópolis, actualmente contiene 9 millones de habitantes¹, dentro de las Metrópolis están Guadalajara, Monterrey y Veracruz.

En latitud señala dos zonas en las que se concentra la población urbana:

La primera se localiza entre los 19 y 21° de latitud norte en donde las concentraciones están situadas principalmente a lo largo de las altas y pequeñas cuencas de la Sierra Volcánica Transversal siendo los más notables el Valle de México, Puebla y Toluca.

La segunda entre los paralelos 25 y 26° los núcleos principales de población están situados en la vertiente oeste de la sierra Madre Oriental y en la parte central de la Altiplanicie, Monterrey, Saltillo y Torreón.

En altitud la mayor parte de la población urbana se agrupa entre los 2 000 y 3 000 msnm en donde la población representa el 45 % del total.

Siguen en importancia las regiones de 1 000 y 2 000 m de altitud en donde la población equivale al 30.6 % del total.

Finalmente los tipos de clima en los que se localiza la población urbana son seis: Cw, Cf, Aw, Am, BS y BW.

(1) Secretaría de Programación y Presupuesto. X Censo General de Población y Vivienda, 1980 (datos preliminares).

La máxima concentración se tiene en los climas Cw, y en los de menor población urbana los Am y Cf.

El clima Cw concentra el 49.8 % de la población total y el clima BS sigue en importancia con 27.2 % del total.

La distribución de la población urbana (mapa 6) es importante en dos aspectos:

1. En las áreas donde se distribuyen los grandes núcleos de población se generan fuentes de contaminación porque existe una relación entre población-fuentes de contaminación.
2. Las emisiones producidas por estas fuentes, pueden afectar la salud de los núcleos de población expuestos a ellas, siempre y cuando se trate de altos niveles de contaminación.

Las mayores concentraciones de población urbana se tienen en la mesa central donde el porcentaje de fuentes emisoras alcanza altos rangos.

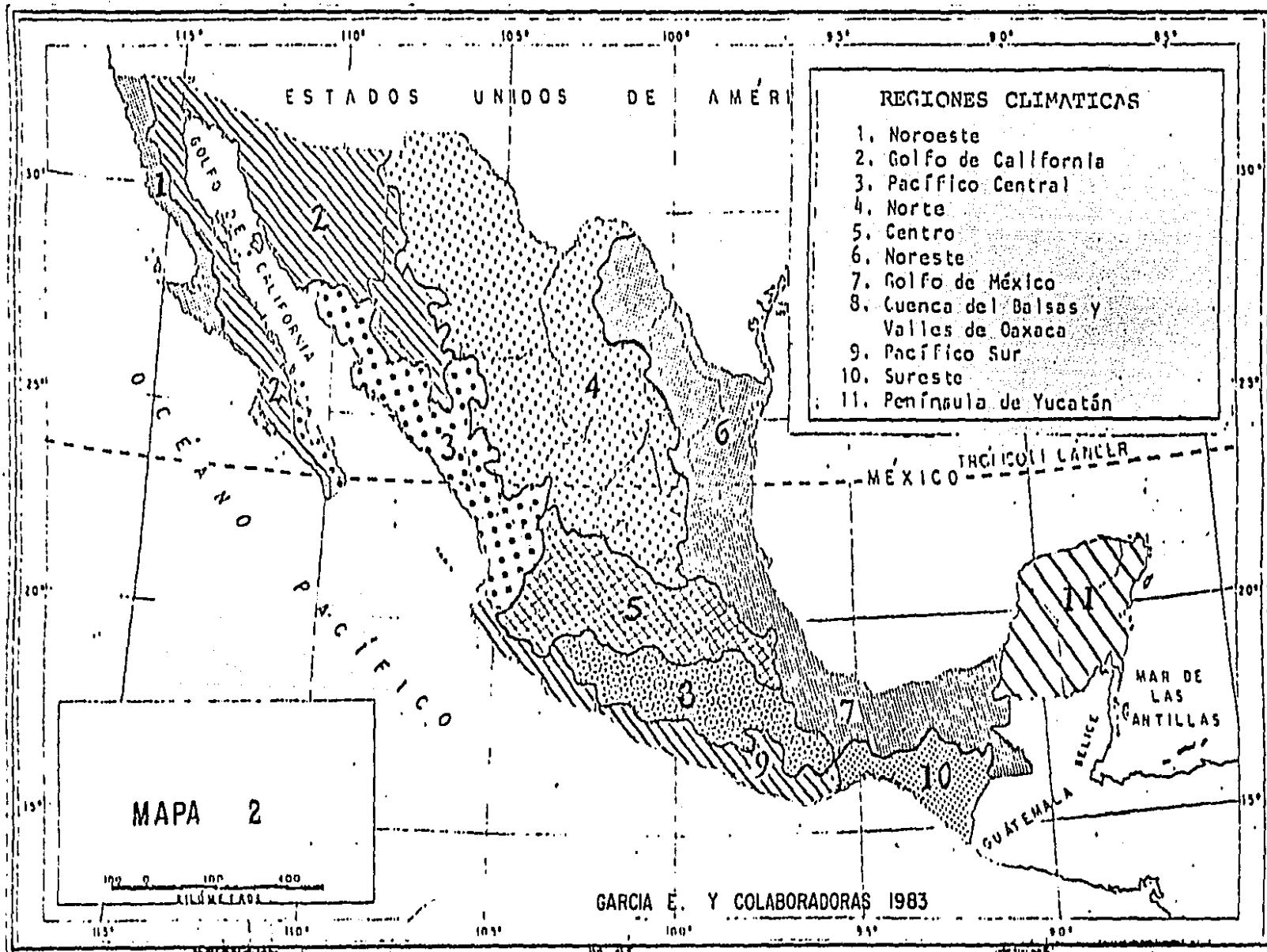


REGIONES HIDROLOGICAS

MAPA I

ESCALA GRAFICA
 0 100 200 300 Km
 ESCALA APROXIMADA 1 : 5 000 000

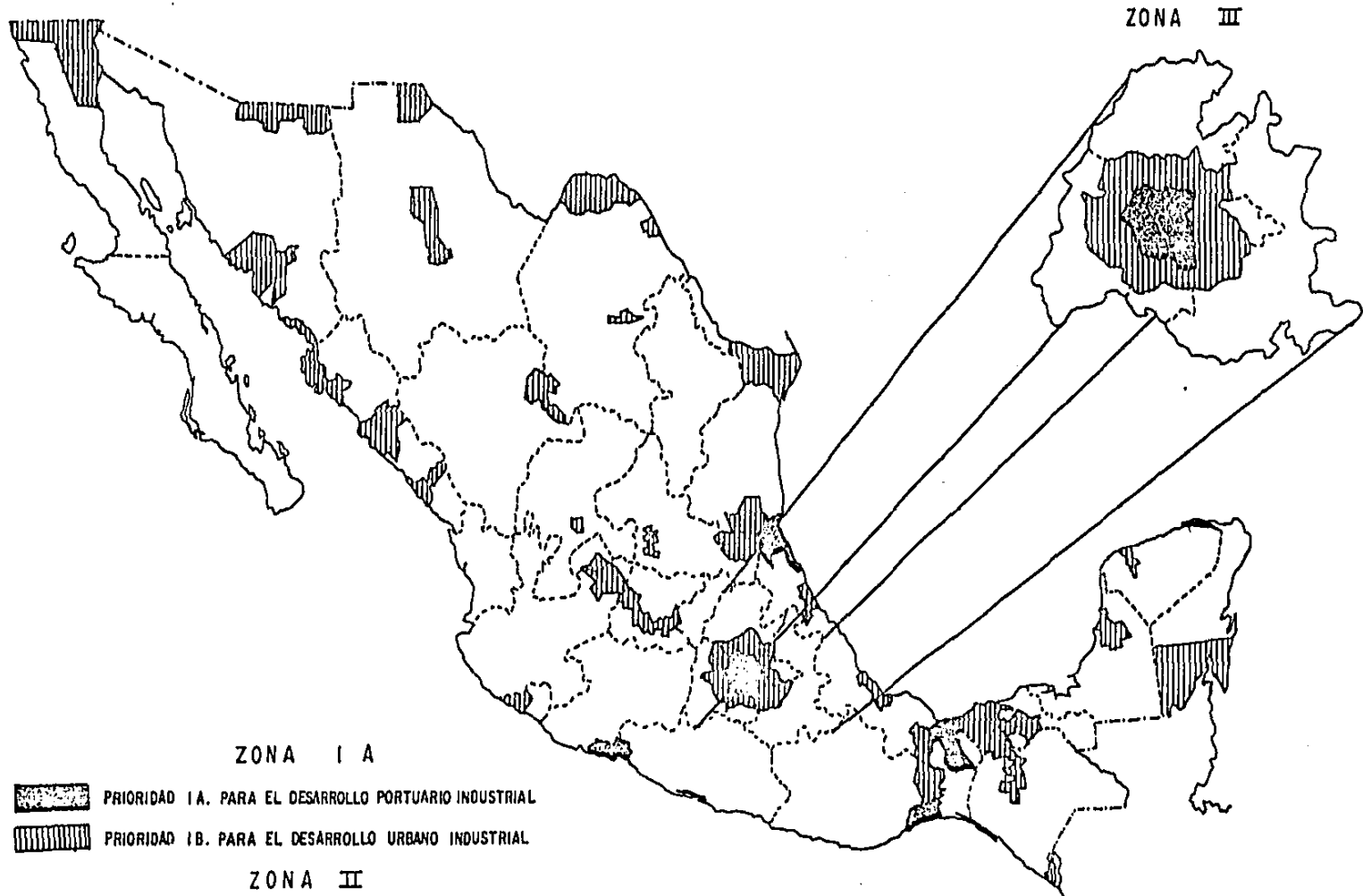
FUENTE: ATLAS DEL AGUA 1970



MAPA 3



REGIONALIZACION DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES



ZONA I A

 PRIORIDAD IA. PARA EL DESARROLLO PORTUARIO INDUSTRIAL

 PRIORIDAD IB. PARA EL DESARROLLO URBANO INDUSTRIAL

ZONA II

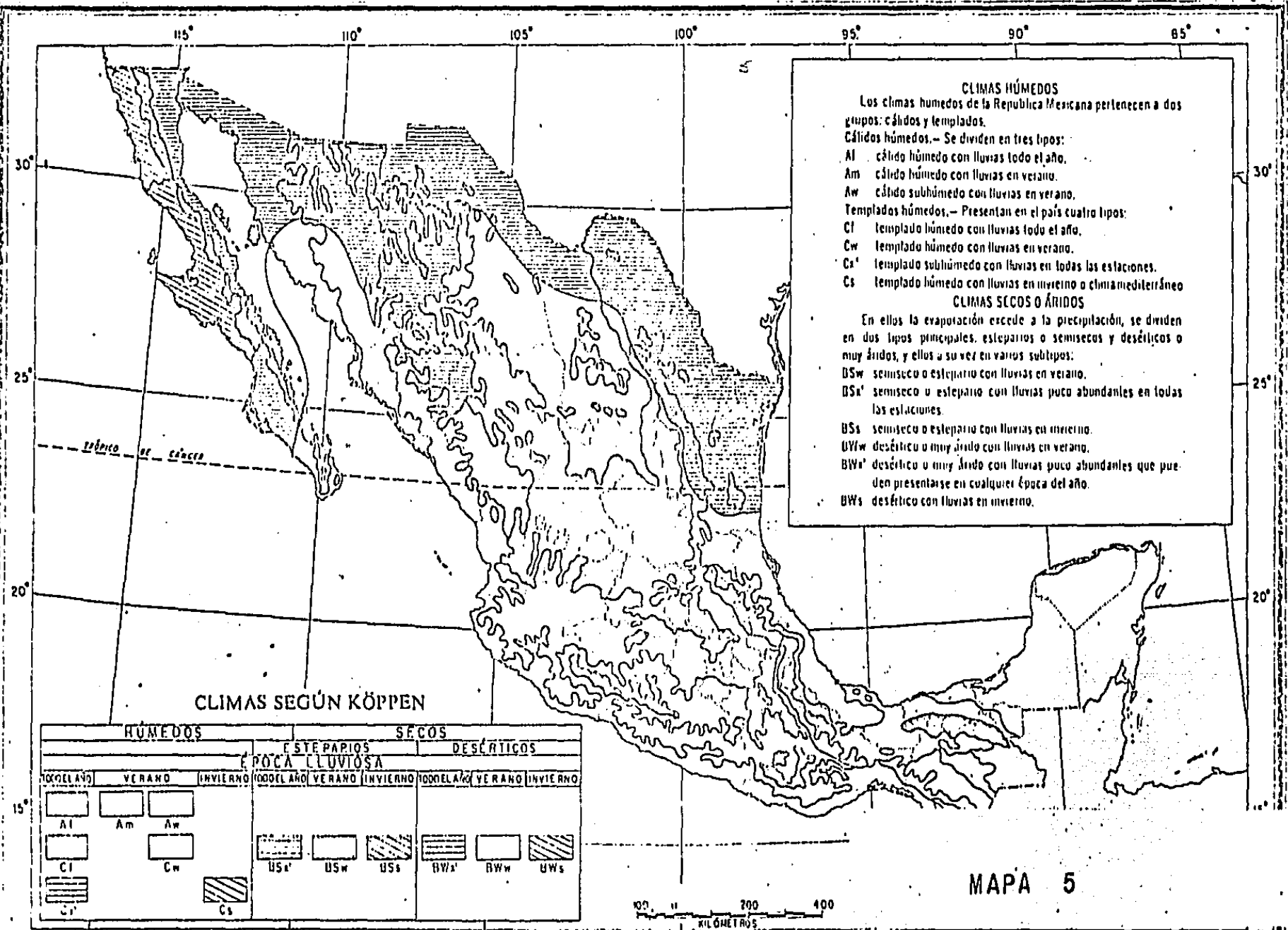
PRIORIDADES ESTATALES (EN PROYECTO DE SELECCION)

ZONA III

DE ORDENAMIENTO Y REGULACION

ZONA III

MAPA 4



CLIMAS HÚMEDOS

Los climas húmedos de la República Mexicana pertenecen a dos grupos: cálidos y templados.

Cálidos húmedos.— Se dividen en tres tipos:

- Al cálido húmedo con lluvias todo el año.
- Am cálido húmedo con lluvias en verano.
- Aw cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Templados húmedos.— Presentan en el país cuatro tipos:

- Cf templado húmedo con lluvias todo el año.
- Cw templado húmedo con lluvias en verano.
- Cs' templado subhúmedo con lluvias en todas las estaciones.
- Cs templado húmedo con lluvias en invierno o clima mediterráneo.

CLIMAS SECOS O ÁRIDOS

En ellos la evaporación excede a la precipitación, se dividen en dos tipos principales: esteparios o semisecos y desérticos o muy áridos, y ellos a su vez en varios subtipos:

- Bsw semiseco o estepario con lluvias en verano.
- Bs' semiseco o estepario con lluvias poco abundantes en todas las estaciones.
- Bs semiseco o estepario con lluvias en invierno.
- BWw desértico o muy árido con lluvias en verano.
- BW' desértico o muy árido con lluvias poco abundantes que pueden presentarse en cualquier época del año.
- BWs desértico con lluvias en invierno.

CLIMAS SEGÚN KÖPPEN

HÚMEDOS			SECO S					
			ESTEPARIOS		DESÉRTICOS			
ÉPOCA LLUVIOSA								
TODO EL AÑO	VERANO	INVIERNO	TODO EL AÑO	VERANO	INVIERNO	TODO EL AÑO	VERANO	INVIERNO
Al	Am	Aw	BSw	BS'	BS	BWw	BW'	BWs
Cf	Cw	Cs						

MAPA 5



LOCALIDADES CON 10000 O MAS HABITANTES - CENSO DE 1960.



ESCALA 1:4 000 000
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

2. PROPUESTA DE REGIONALIZACION DE FUENTES EMISORAS DE CONTAMINANTES.

Indicadores utilizados en la formación de regiones emisoras.

El estudio regional de emisiones de contaminantes atmosféricos, presenta algunos inconvenientes que básicamente son: escasos estudios realizados sobre el tema y carencia de datos de los contaminantes por tipo y volumen a nivel local; esta información se pudo obtener a nivel estatal, por lo cual se deforma parcialmente la finalidad de este trabajo. Sin embargo, con los datos disponibles se procedió a efectuar una división por regiones.

La interpretación y análisis de los mapas y datos estadísticos de los diferentes parámetros por entidad, dieron la pauta para poder determinar cuáles son los estados en donde se tiene una mayor cantidad de emisiones, alto grado de concentración industrial y mayor número de vehículos de combustión interna.

Además se consideró la densidad de población y las áreas geográficas en donde ésta se presenta más alta, en las llanuras, costas, valles, altiplanicies y montañas.

La información se comparó con los datos existentes a nivel local para poder llegar de los aspectos generales a los particulares.

Con los datos disponibles a nivel estatal y local se procedió a seleccionar los indicadores generales y particulares que dieron la clave para la división regional.

2.1 Indicadores Generales:

2.1.1 Emisiones Teóricas de fuentes fijas y móviles

El primer aspecto a tratar, por ser el punto central del que se partió para desarrollar este tema, es el que se refiere a las emisiones de contaminantes del aire; de su volumen y distribución dependen las categorías de concentración que existen en diferentes áreas del país, éstas se presentan con alto, medio y bajo nivel de emisiones.

Por otra parte hay que aclarar que la concentración depende del tipo de fuente que produce la emisión; si es por medio de fuentes fijas, las que a su vez también tienen diferentes volúmenes de emisión dependiendo de la rama industrial y el combustible utilizado.

En México se carece de estudios completos sobre emisiones por cada rama industrial, por lo que este trabajo se apoya en una clasificación hecha para algunos tipos de industrias que presentan problemas de contaminación.

Para este efecto se presenta el cuadro de R. Carbajal (1975) quien hace una clasificación de las industrias en base a los gases y partículas que emiten, para ello utiliza un elemento químico clave implicado en los contaminantes (azufre, nitrógeno, carbono, etc.).

En el cuadro I se observa que son 8 las ramas industriales que arrojan contaminantes al aire; de éstas el primer lugar corresponde a la refinación de petróleo. Siguen en importancia las minero-metalúrgica y fábricas de papel.

TIPOS DE CONTAMINANTES GASEOSOS, PARTICULAS Y SUS FUENTES PRINCIPALES.

CUADRO I

R. CARBAJAL (1975)

ELEMENTO	COMPUESTO CONTAMINANTE	PRINCIPALES FUENTES
Azufre (S)	Monóxido de carbono (CO) hollín, hidrocarburos, bióxido de carbono (CO ₂)	Refinería de petróleo
Carbono (C)	Monóxido de carbono (CO) vapores metalúrgicos	Industria minero-metalúrgica
Azufre (S)	Bióxido y trióxido de azufre (SO ₂) (SO ₃)	Industria de celulosa, papel, pulpa
	Polvos de sílice	Fábricas de cemento
Azufre (S)	Bióxido y trióxido de azufre (SO ₂), (SO ₃), polvos	Industria química
Fluor (F)	Acido fluorhídrico (HF)	Abonos y fertilizantes fosfatados
Olefinas	Butano	Industria petroquímica
Hidrocarburos oxigenados	Fenoles óxidos, propano	Manufactura de plásticos
	Bisulfuro de carbono (CS ₂)	Fibras textiles

El cuadro muestra que los contaminantes más frecuentemente emitidos por la mayor parte de las industrias son el bióxido y trióxido de azufre y el monóxido de carbono.

En México más de 80 mil industrias distribuidas en toda su superficie generan sustancias contaminantes (Novedades, 22 noviembre 1981).

Aplicando el criterio de R. Carbajal (1975) a estas industrias, se puede decir que las mayores concentraciones de emisiones de gases y partículas de la industria petrolera se tienen en las costas del Golfo de México (Cd. Madero, Cosoleacaque, Pajaritos, Minatitlán) y el centro del país (Distrito Federal, Tula y Salamanca), en donde se localizan las principales refinerías.

De acuerdo con los datos que aparecen en la Memoria de Labores 1980 de Petróleos Mexicanos (Pemex 1980-A) y en la publicación de Pemex en Cifras (Pemex 1980-B), de la producción de refinado por tipo de producto se obtiene el 30 % de gasolina, 22 % de diesel y 24 % de combustóleo. Lo anterior demuestra que la producción de combustible es alta, de manera que las emisiones deben ser considerables, pero también se debe tomar en cuenta el número de establecimientos de este tipo.

Las fundidoras de metales se ubican principalmente en el norte y centro del país, algunas cerca de las materias primas y otras en los grandes centros de población.

Por lo que respecta a las otras industrias, las fábricas de papel están ubicadas de preferencia en las regiones forestales o en los centros de abastecimiento (Distrito Federal, Guadaluajara, Toluca y otras). El coque se produce en donde se extrae el carbón mineral y en las zonas industriales del centro del país.

Las demás industrias se hallan distribuidas en diversas áreas.

Lo anteriormente expuesto no quiere decir que las de-

más fuentes industriales estén exentas de emisiones apreciables; estadísticamente se carece de estudios sobre el volumen y clase de contaminante que arrojan anualmente a la atmósfera.

Las emisiones teóricas de fuentes fijas deducidas del combustible quemado, diesel y combustóleo, se dan a nivel estatal (mapa 7). Del cual, se desprende que las mayores emisiones por este concepto, corresponden al Distrito Federal con más del 15 % de las emisiones totales, destacan también, el estado de Hidalgo con 12.7 % y Veracruz con 9.2 %, en término medio están Nuevo Laredo, Sinaloa y Sonora con 5.6 y 4.7 % respectivamente.

Los contaminantes emitidos son principalmente monóxidos de carbono, bióxido de azufre, hidrocarburos, dióxido de nitrógeno y partículas en suspensión.

Si las emisiones son de fuentes móviles, existen varios aspectos que se deben contemplar para establecer la cantidad de contaminantes y la clase del mismo. La Organización Mundial de la Salud (1969) menciona que los vehículos de motor son los que emiten mayor cantidad de contaminantes nocivos: entre ellos, monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. El grado de contaminación depende del tipo de motor y el combustible que utilicen, así por ejemplo los vehículos de combustión interna que consumen gasolina, poseen 4 tipos de fuentes de contaminación: escape, cárter, carburador y depósito de gasolina; en cambio los que consumen diesel "carecen de plomo y casi de óxidos de carbono y contienen menos hidrocarburos" (Op. cit 1969). Los carros diesel contaminan sólo por el escape (V. Murray 1975).

Además debe considerarse el estado del motor, el despla-

zamiento del automóvil y el peso de los contaminantes emitidos por unidad de tiempo o por distancia recorrida (Op. cit 1969).

Macdemontt, 1961 señala que en una investigación hecha por A. Chamber (1961) este menciona que 1 000 automóviles funcionando todo el día arrojan a la atmósfera 3.2 toneladas de monóxido de carbono, entre 180 y 360 kg de hidrocarburos y de 45 a 130 kg de óxidos nitrosos. Se considera que en la ciudad de México circulan 2.3 millones, entonces por este concepto se arrojarían diariamente a la atmósfera capitalina 6 400 toneladas de monóxido de carbono, 360 toneladas de hidrocarburos y 90 toneladas de nitrógeno.

En el valle de México, los contaminantes emitidos por fuentes vehiculares son principalmente monóxido de carbono 88.3 %, hidrocarburos 9 %, óxidos de nitrógeno 2.1 % y bióxido de azufre 0.4 %. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (1978). También se ha detectado plomo, metal pesado sumamente tóxico producido por los coches que usan gasolina (A. Báez 1980, Gaceta UNAM).

El mapa de distribución de emisiones de fuentes móviles, muestra que los mayores volúmenes corresponden al Distrito Federal con 20 %, siguen en importancia Estado de México con 8 %, Jalisco con 6.6 %, Nuevo León y Veracruz con 5 %. En los estados de Baja California Norte, Sonora, Chihuahua y Tamaulipas las emisiones son moderadas; hacia el sur, sureste y algunos estados del noroeste éstas bajan de 0 a 1 %. (mapa 8)

Otra de las fuentes que también emiten contaminantes, es la combustión doméstica, que está ampliamente distribuida en el país y de la que se tiene una cuantificación imprecisa.

También existen fuentes naturales de contaminación en-

tre las que se pueden mencionar: incendios forestales (Wexler 1951), tormentas de polvo (Jáuregui 1960) y otras.

Los incendios forestales son muy frecuentes en México, sobre todo en la época de secas, correspondiente principalmente al invierno y primavera, estaciones en las que se tiene el 90 % de incendios generados en el país.

Las partes más afectadas son el noroeste y norte en donde la contaminación natural es frecuente con la quema de pastos de agostadero para mejorar las especies; en el centro y sur los incendios se generan por el sistema de roza-tumba-quema, además de otras causas (G. Pérez 1980). Este tipo de combustión orgánica emite bióxido de carbono.

Las tolváneras ocurren principalmente en la ciudad de México y parcialmente en ciudad Juárez, Mexicali, Chihuahua y Durango (Jáuregui 1968) durante los meses más secos de noviembre a mayo, pero en la ciudad de México las tolváneras más frecuentes son de enero a marzo cuando la intensidad del viento es de 9 a 11 m/seg, generalmente ocurren por la tarde (Jáuregui 1971).

La contaminación crítica de la época invernal se ve acrecentada con tormentas de polvo en los meses citados.

2.1.2 Fuentes móviles por entidad.

Los pocos datos con los que se contó tanto a nivel general como particular son los correspondientes a las fuentes móviles por entidad que junto con las emisiones y las fuentes fijas forman los tres aspectos analizados a fondo para la integración de las regiones.

La localización de fuentes móviles (mapa 9), permite observar que de todos los estados que integran el país, en 5 de ellos se tienen los mayores porcentajes vehiculares. En el centro los estados de Puebla y México con 16 % y 5 % respectivamente, al oeste Jalisco con 7 % y al noroeste Baja California Norte con 6 %. El Distrito Federal concentra 2.3 millones de vehículos, lo que corresponde al 45 % del total del país (5 193 922).

Siguen en importancia los estados fronterizos de Sonora, Chihuahua y Nuevo León con 3 %; en el resto del país los porcentajes son menores, aunque no dejan de tener importancia las emisiones que éstos pueden producir.

La disminución más notable del porcentaje vehicular se hace perceptible en la zona ístmica y en el sureste con excepción de Yucatán que se coloca entre los de cuantía media.

Las fuentes móviles siguen dos tendencias, pueden estar concentradas en áreas diversas, con extensión variable o dispersarse siguiendo diferentes direcciones formando especies de corredores de emisión a lo largo de las carreteras más transitadas del país, por ejemplo las que se dirigen de México a Toluca con 7 % de movimiento vehicular, México-Pachuca 5 %, México-Guernavaca libre y cuota 2 %, México-Puebla libre 1.7 %, cuota 1.5 %. México-Querétaro 1.5 % del total del país (Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. Datos Viales 1981).

2.1.3 Concentraciones industriales.

La ubicación de las industrias y la concentración de las mismas en determinadas áreas del país son los factores primarios por considerar, puesto que no se establecen en toda la super

ficie de un estado ni tampoco en una extensión importante del mismo, sino en un mínimo de centros urbanos y, dentro de éstos, en contadas zonas industriales (E. L. Malo 1960).

La ubicación de las industrias en México no es uniforme, está sujeta a varios aspectos: disponibilidad de recursos naturales y de mano de obra, la cual a su vez depende de la densidad de población, además de la existencia de fuentes de energía y vías de comunicación, por tanto las industrias se hallan distribuidas en forma dispersa en todo el país de acuerdo con la rama de actividad a la que se dediquen. Algunas regiones del centro y norte son excepciones en donde existen concentraciones industriales importantes, pero en la mayoría de los casos se trata de los centros de desarrollo tradicionales: Distrito Federal, Guadaluajara, Monterrey, Puebla, en donde la actividad industrial es diversa, dado el carácter que tienen de constituir polos de atracción en los que se concentran las actividades secundarias y terciarias.

En el mapa de distribución de fuentes fijas (10) se aprecia que la mayor concentración de establecimientos corresponde al Distrito Federal con 36.5 %; siguen en importancia los estados de Jalisco 8.6 %, Nuevo León 5.3 %, Puebla 4.9 % y México 4.7 %, en algunos de ellos se sitúan los centros mencionados anteriormente; se tienen valores bajos en la península de Yucatán y extremo sur de la península de Baja California.

2.1.4 Densidad de población.

En la mayoría de los estudios que se han hecho sobre contaminación, los autores coinciden en que la densidad de población es uno de los indicadores de mayor peso, que junto con el

tipo de establecimientos industriales y vehículos de combustión interna, forman el grupo de los factores claves para saber en qué grado una ciudad o región presenta indicios de contaminación atmosférica.

En el mapa de densidad de población (II), se nota que la región geográfica más densamente poblada es la Mesa Central, en donde se sitúa el Distrito Federal con $9\ 314\ \text{hab}/\text{km}^2$ (1) que desde el punto de vista económico, político y social constituye el centro de mayor atracción para las migraciones campo-ciudad, dando como resultado una gran concentración humana en "Grandes Metrópolis o Megalópolis" (MacGregor, M. T. 1965); le siguen en importancia numérica el estado de México con $350.8\ \text{hab}/\text{km}^2$ (2), Morelos $188.7\ \text{hab}/\text{km}^2$ (3), Tlaxcala $140\ \text{hab}/\text{km}^2$ (4), pero se debe considerar también la extensión y localización de las entidades en el contexto general del país y la influencia que ejerce sobre ellas la cercanía de la ciudad capital.

Los estados menos poblados son: Baja California Sur y Quintana Roo con 3.0 y $4.0\ \text{hab}/\text{km}^2$ (5) respectivamente. Generalmente la población tiende a concentrarse en regiones en las que se desarrolla la industria, el comercio, las diversas fuentes de trabajo y los servicios, o sea en aquellas ciudades que ofrecen estos satisfactores.

Actualmente son varias las ciudades que llenan estos requisitos, entre ellas algunas ubicadas en la frontera norte, como son: Ciudad Juárez, Mexicali, Tijuana y Reynosa; en el centro, Guanajuato Irapuato, León y Querétaro.

(1), (2), (3), (4), (5), Secretaría de Programación y Presupuesto. X Censo General de Población y Vivienda, 1980 (datos preliminares).

Girault(1971) estima que los porcentajes de población urbana, que fue de 37.5 % en 1960, tenderá a elevarse a 55 % en 1980 y 68 % en 1990.

En el cuadro II se resumen todos los indicadores manejados para la creación de regiones y se observa que no existe relación conjunta entre las fuentes emisoras y las emisiones, a excepción del Distrito Federal en donde todos los indicadores siguen un patrón general de concentración. En el resto del país existe cierta discrepancia al respecto, las densidades de población más altas no siempre corresponden a los estados más industrializados sino a aquellos con poco desarrollo en la industria, pero cuya vecindad con el Distrito Federal los hace concentrar núcleos de población importantes.

Tampoco existe correspondencia entre el porcentaje de establecimientos y de emisiones, generalmente los censos industriales proporcionan datos en los que se registran como industrias las pequeñas factorías, de ahí que estos se toman con ciertas reservas para el análisis de relación conjunta. El Distrito Federal, Hidalgo, Veracruz, Tamaulipas y Guanajuato son los que contienen la mayor cantidad de emisiones a pesar de que el porcentaje de establecimientos no se colocan entre los de mayor cuantía, a excepción del Distrito Federal con el 33 % del total del país (Secretaría de Programación y Presupuesto. Censo Industrial 1975).

La cantidad de emisiones que arrojan cada una de las industrias a la atmósfera es distinta, existen fábricas altamente contaminantes sin que posean un gran número de establecimientos y viceversa una concentración de éstas no quiere decir que tengan grandes emisiones, sólo que se trate de un conjunto de industrias cla-

sificadas entre las que emiten mayor volumen de contaminantes.

Algo parecido ocurre con la cantidad de vehículos, mientras que en unas entidades se tienen porcentajes considerables de ellos, Puebla 16.4 %, Jalisco 6.9 % con emisiones poco alarmantes, en otros a pesar del menor número, las emisiones alcanzan porcentajes altos que hacen suponer una discrepancia total, pero en esto también intervienen varios factores que están en función de: la diferencia entre los factores teóricos de emisiones, el tipo de combustible, años de uso del motor, tipo de servicio que prestan, trayectoria y velocidad, además del uso del automóvil por la población flotante en los polos de desarrollo, en los estados fronterizos y en los de tipo turístico.

2.2 Indicadores Particulares.

Los indicadores que se pudieron obtener a nivel local son escasos, pero juegan un papel decisivo en la creación y formación de las regiones, debido a que precisan con más exactitud la localización de las fuentes emisoras y dieron la pauta a la delimitación propuesta sin salirse de las condiciones reales.

2.2.1 Vehículos registrados por localidad.

La Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente jerarquiza las unidades móviles por la cantidad de vehículos existentes en cada una de las principales ciudades del país; sobresalen con mayor número las regiones industriales: Distrito Federal, Puebla, Guadalajara, Monterrey y algunas de las ciudades fronterizas: Mexicali, Ensenada, Ciudad Juárez y Tijuana.

La distribución local de fuentes móviles (mapa 12) mues-

tra una concentración muy notoria en el centro del país, únicamente en el Distrito Federal se tienen 2.3 millones de vehículos que mantienen un crecimiento anual del 12 %. Del total de vehículos medio millón son flotantes (Excelsior, domingo 5 1981).

Tomando en cuenta que esos dos millones se mueven en un área de 1 499 km² y haciendo un cálculo estimativo resultan 1 334 vehículos / km²; esta cifra no puede ser en lo absoluto real porque se debe tomar en cuenta que en el centro del Distrito Federal la cifra se eleva doblemente, en cambio en otros sectores disminuye según la importancia de las actividades económicas.

La concentración de fuentes móviles disminuye gradualmente de las ciudades del centro a las del norte: Monterrey, Reynosa, Saltillo; en el noroeste Culiacán, Los Mochis, Hermosillo, para hacerse notable únicamente como puntos aislados en el sur y sureste: Oaxaca, Chilpancingo, Mérida y Chetumal.

Estas ciudades están bien conectadas por carreteras en donde existen fuentes de emisión discontinua y las partículas emitidas carecen de concentraciones in situ debido a que no son áreas fijas en las que se reúnen las unidades móviles, sino por el contrario circulan libremente en áreas lineales amplias.

2.2.2 Distribución y concentración de las industrias más contaminantes.

La distribución de las industrias (mapa 13) con más volumen de emisiones de contaminantes en el país se tiene en mayor cuantía en las ciudades del centro-oriente, México, Toluca, Puebla; en el centro-occidente, Guadalajara, Salamanca, Irapuato, hacia el

norte y noreste, Saltillo y Monterrey. Disminuye hacia el sur y en la península de Yucatán así como en algunas regiones del noroeste y del Pacífico septentrional y meridional.

De tal manera que la contaminación por fuentes fijas es perceptible en todo el país pero principalmente en las ciudades situadas en la Mesa Central en la que se localizan industrias diversas generadoras de altas emisiones de contaminantes.

2.3 Indicador normativo de contaminación.

Para evaluar los contaminantes emitidos a la atmósfera es necesario tomar en cuenta ciertos criterios que señalan el nivel normal de partículas contenidas en ella.

En E. U. la Agencia de Protección del Medio Ambiente, ha establecido un índice para determinar los niveles de concentración de contaminantes del aire. Es el índice normativo de contaminación PSI que incluye cinco contaminantes: monóxido de carbono CO, dióxido de azufre SO₂, total de partículas en suspensión TSP, oxidantes fotoquímicos O₃ y el dióxido de nitrógeno NO₂.

El índice PSI puede ser usado para evaluar las concentraciones de contaminantes del aire de un estado o localidad, y el nivel de concentración de cada contaminante señala la calidad del aire del lugar. Que según las categorías dadas por la institución arriba mencionada corresponden a buena, moderada, mala, muy mala y peligrosa.

El índice que señala el nivel de concentración de contaminantes, dentro de un área determinada, se establece por los siguientes rangos: PSI = 100, que es la norma primaria o el nivel

normal y PSI = 500 que corresponde al nivel significativo de daño; entre estos dos niveles existen otros intermedios que se les ha designado como: nivel de alerta PSI = 200, nivel de advertencia PSI = 300 y nivel de emergencia PSI = 400.

Para el TSP o sea el total de partículas en suspensión, el índice normativo de concentración es: TSP = 260 norma primaria; TSP = 375 nivel de alerta; TSP = 625 nivel de advertencia; TSP = 875 nivel de emergencia y TSP = 1 000 nivel significativo de daño.

El índice normativo y las categorías de calidad del aire están relacionadas con la salud y el bienestar de la población. Así se tiene que cuando el índice de concentración del contaminante es de 50, la calidad del aire es buena; los valores intermedios entre 50 y 100 se consideran dentro de la norma primaria, pero los niveles de contaminación del aire entre la norma primaria y el nivel de alerta se clasifican como de mala calidad porque afectan la salud, agravan las enfermedades del aparato respiratorio en personas susceptibles y producen síntomas de irritación en personas sanas.

Las concentraciones de contaminantes del aire entre el nivel de alerta y el nivel de advertencia se clasifican como malas, mientras que las concentraciones arriba del nivel de advertencia son críticas por lo que se clasifican como peligrosas para la salud.

En México las normas de calidad del aire adoptadas por la Secretaría de Salubridad y Asistencia, son similares a las mencionadas anteriormente y son utilizadas para los contaminantes más frecuentes: bióxido de azufre SO_2 (0.14pp), ozono O_3

(0.14pp) y partículas en suspensión TSP (190 mg/m^3).

En la ciudad de México son frecuentes los días en que la concentración de contaminantes del aire exceden la norma.

Para saber las condiciones de la calidad del aire en la ciudad de México, año de 1978, Jáuregui, E. (1981) hace una cuantificación de los días en que se excede la norma para SO_2 , O_3 y TSP. Divide a la ciudad en cinco sectores para determinar la frecuencia en que la concentración excede la norma: noroeste, noreste, centro, suroeste y sureste.

Para la cuantificación utiliza cuatro meses secos: enero, abril, noviembre, diciembre y el periodo lluvioso que comprende de mayo a octubre. De lo que resultan con mayor número de días en que se excede la norma en el año mencionado; los sectores centro con 35 días para TSP y 56 días para O_3 y el suroeste con 56 días para O_3 ; destaca el sureste con 54 días de TSP; los valores más altos se registran en la época seca.

De lo anteriormente expuesto se deduce que de los contaminantes emitidos anualmente en el aire urbano de la ciudad de México, las mayores concentraciones corresponden al ozono O_3 y a las partículas en suspensión TSP. Son considerables los días en que estos contaminantes exceden la norma principalmente en los sectores: centro, suroeste y sureste.

Esto da una idea del grado de contaminación que se tiene en la ciudad capital, la cual alcanza su máximo en los meses correspondientes a la época seca.

2.3.1 Capa límite planetaria.

La capa de superficie es donde los contaminantes son

generalmente emitidos, tiene una altura de 30 a 50 metros (Seinfeld 1978) y la capa de Ekman o límite planetaria es donde los contaminantes se mezclan y diluyen, tiene una altura de 300 a 500 metros. La altura de esta capa cambia según la estación del año.

2.4 Factores Naturales.

Los factores naturales que se consideran indispensables para completar la serie de datos trabajados para el trazo y formación de las regiones son: el clima y el relieve, mismos que se manejaron con el fin de apegarse hasta donde fue conveniente a la realidad y condiciones geográfico-climática del país, debido a que estos aspectos constituyen uno de los temas principales de este trabajo.

2.4.1 Clima

La distribución de los climas en México es uno de los factores que se toman en cuenta para la delimitación de las regiones emisoras de contaminantes.

Los rasgos fisiográficos de México son característicos de relieves muy accidentados, la mayor parte del suelo está formado por macizos montañosos de origen ígneo y sedimentario, que imprimen cambios climáticos regionales y locales, lo que da lugar a una gran variedad de climas.

En algunas ocasiones se pueden encontrar tipos y subtipos climáticos en distancias relativamente cortas por efecto de la variación del gradiente térmico en altitud, y de las diferencias pluviométricas, en las que influye la circulación general de la atmósfera.

Por otra parte la localización de los diferentes tipos y subtipos climáticos dentro de una región geográfica, proporciona las condiciones termopluviométricas del lugar y así se pueden encontrar desde los climas cálidos y húmedos hasta los semifríos y secos.

En cada uno de estos climas las variaciones de los principales elementos que los forman tienen características distintas.

El entorno geográfico en el que se establecen las principales fuentes de contaminación está íntimamente relacionado con el comportamiento de los elementos del clima que priva en él, los que determinan la dispersión o concentración de las emisiones y de ellos depende el que una región conserve altos o bajos índices de contaminación en diferentes épocas del año, así como las variaciones de estos durante las 24 horas del día.

2.4.2 Relieve.

El relieve influye en los cambios climáticos escalonados que se experimentan desde el nivel del mar hasta las regiones altas de la Altiplanicie Mexicana, debido a que la temperatura disminuye al aumentar la altitud a razón de 0.65°C cada 100 m de altitud, aunque la variación no es uniforme ya que varía con la hora del día, la estación del año y la situación del lugar (E. García, 1978).

Lo mismo sucede con las precipitaciones que son modificadas por el relieve en cuanto a la cantidad y distribución.

Desde el punto de vista climatológico, la presencia de

elevaciones montañosas que cierran una depresión o que se sitúan en lugares opuestos a la dirección de los vientos juegan un papel muy importante en las condiciones meteorológicas del lugar en determinada época del año. Los valles profundos y las tierras bajas presentan frecuentes inversiones de temperatura (A. Miller, 1975).

En lo que se refiere a las áreas en donde se distribuyen las fuentes emisoras de contaminantes, éstas se encuentran situadas en relieves que van desde el nivel del mar hasta los 2 600 m de altitud, algunas en valles cerrados que dificultan el drenaje del aire por advección y otras limitadas por montañas que interrumpen el libre curso de los vientos (Op. cit. 1975). Esto demuestra que la orografía es un factor que limita en parte la dispersión de contaminantes, porque, como señala la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (1978), los gases y humos que se ciernen sobre la ciudad de México se expanden verticalmente al medio día más allá del área urbana desplazados por el viento y se desbordan hacia los valles de Toluca y Cuernavaca.

2.4 Regiones emisoras de contaminantes del aire.

El mapa 14 es el resultado del análisis y manejo de los indicadores primarios y secundarios, así como también de los dos factores naturales estudiados. Representa 23 regiones de emisión de contaminantes existentes en el país, en las cuales en estudios posteriores se determinarán las características de difusión atmosférica.

Las regiones obtenidas se presentan a continuación:

1. Centro
2. Centro-Occidente

3. Nuevo León
4. Veracruz
5. Baja California Norte
6. Tamaulipas Norte
7. Coahuila
8. Chihuahua
9. Tabasco-Veracruz
10. Sonora-Sinaloa
11. Durango
12. Zacatecas-Aguascalientes-San Luis Potosí
13. Tamaulipas Sur
14. Sonora Norte
15. Sinaloa-Nayarit
16. Campeche-Yucatán
17. Guerrero
18. Baja California Sur
19. Colima
20. Centro de Oaxaca
21. Tepalcatepec
22. Istmo
23. Chiapas

Por otra parte, el mapa proporciona una visión del conjunto formado por las regiones con emisiones de contaminantes y simultáneamente la apreciación de aquellos espacios en los que no ha sido detectada la contaminación debido a que son regiones orográficamente inaccesibles o bastante elevadas.

En el mapa es notable que en las partes más altas de los macizos montañosos que forman las sierras Madre Oriental, Occidental, Transversal, del Sur y Mixteca la expansión de la indus-

tria y la presencia de fuentes móviles es escasa o casi nula. Este aspecto resalta en la parte central del país donde existen notables sistemas montañosos, incluso con bastantes elevaciones que sobrepasan los 3 000 msnm, por lo que la actividad industrial y el uso del automóvil disminuyen.

Asimismo en las zonas muy cálidas y húmedas del país la localización de concentraciones de industrias y servicios disminuye y las regiones de emisiones en la parte ístmica y la península de Yucatán se reducen.

También es posible deducir que en lugares muy secos (desierto de Altar, Son; Salamayucan, Chih; y en La Rumorosa, B.C.N) con escasos recursos naturales principalmente de tipo hidrológico, son regiones a las que no se les ha dado la verdadera importancia para los asentamientos humanos por lo que se deriva la inexistencia de industrias y la carencia de automóviles.

Algunas regiones abarcan grandes extensiones dentro de un mismo estado, en cambio existen otras de menor tamaño que abarcan parte de varios estados. Sin embargo, la importancia no radica en la extensión sino en la acumulación de varios factores, que determinan las áreas de emisiones de contaminantes, aún tratándose de regiones de extensión mínima. La mayor parte de las regiones se encuentran separadas una de la otra, sólo en contados casos hubo continuidad, en cuanto al límite municipal, porque en el natural son regiones bien definidas.

Cada una de las 23 regiones presentan uniformidad en la concentración de emisiones, vehículos, población e industria, en 18 de ellas existe un incremento de población del 47 % (Vidal, R. 1976), en particular en las situadas en el sureste y noroeste.

En las partes restantes los incrementos son de 0 a 28 %.

La región Centro está situada en la Mesa Central comprende el Distrito Federal, parte sur del estado de Hidalgo, casi la mitad del estado de México, norte del estado de Morelos, noroeste del estado de Puebla y oeste-suroeste de Tlaxcala.

Esta región está catalogada como la de más alta concentración de emisiones debido a que en ella se concentra el 48 % de las industrias contaminantes del total del país y el 45 % de vehículos.

La región Centro está considerada dentro del subsistema 1 de la clasificación de Garza, G. (1980). De las ciudades industriales que contiene, la ciudad de México está incluida dentro de los planes de descentralización de la industria, se propone como área de control.

En el centro-occidente se tiene la región 2, que incluye parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato y Querétaro.

Se considera a esta región como una de las más extensas pero complejas desde el punto de vista climático-geomorfológico. Contiene ciudades de gran dinámica industrial y de transportes entre ellas Guadalajara, León, Irapuato, Querétaro y Salamanca, a estas últimas se les ha dado el nombre de corredor industrial por la forma en que se encuentran situadas. Se especializan en industrias de bienes no duraderos e industrias de bienes de capital y consumo duradero.

La región Nuevo León es la tercera en importancia,

debido a su crecimiento constante que la convierte en polo de atracción estable (G. Bataillón 1975).

La actividad industrial es tradicional y las ramas son diversas y numerosas. Sus principales grupos industriales son de bienes de consumo no duradero e intermedio.

La vertiente del Golfo contiene las regiones más importantes por el tipo de industria, en las que predominan la explotación y refinación del petróleo; se localizan: la región Veracruz 4 desde las costas nororientales en Tuxpan hasta Veracruz, incluyendo la ladera este de la sierra Madre Oriental, la región Tabasco-Veracruz 9, en la costa suroriental, abarca parte del estado de Veracruz y planicie costera del estado de Tabasco.

Esta última región debido al auge petrolero reciente, ha visto incrementada su población, así como también la construcción de complejos petroquímicos, refinadoras y otras industrias; la ampliación de vías de comunicación, las cuales son insuficientes para la cantidad de tráfico que se moviliza en esa región, sobre todo en Coatzacoalcos y Minatitlán; aquí destaca el problema del congestionamiento urbano (O. Wadgymar 1982, Gaceta UNAM). Estos factores están provocando en la región graves problemas de contaminación.

En la parte septentrional de la península de Baja California Norte se tiene la región 5 cuyas ciudades importantes, Tijuana, Tecate y Mexicali, limitan con Estados Unidos; la primera de éstas rebasa el medio millón de habitantes, en el resto de la región se puede decir que la población es escasa. Esta región se extiende también en parte del estado de Sonora, englobando a San

Luis Río Colorado con algunas industrias de emisiones apreciables. El nivel industrial es diversificado y las empresas más sobresalientes son las de bienes de consumo no duradero.

Las regiones Tamaulipas Norte 6, Coahuila 7 y Chihuahua 8 se ubican: la primera en el noroeste de Tamaulipas; la segunda siguiendo una faja de norte a sur o viceversa en el estado de Coahuila y la tercera en la misma forma que la segunda en el estado de Chihuahua. Son de las más extensas a excepción de la región 6 de extensión media. Contienen ciudades representativas de la frontera, Reynosa, Nuevo Laredo, Acuña, Ciudad Juárez, muy dinámicas, dedicadas a la industria y el comercio fronterizo; su cercanía a la frontera da lugar a un gran movimiento de vehículos. Hacia el interior de estas regiones, la industria se diversifica sin dejar de ser la actividad minera la más sobresaliente con las siderúrgicas y la fabricación de coque, excepto la región 6, con predominio de industria petrolera.

En el Pacífico norte se sitúa la región Sonora-Sinaloa 10, incluye la parte oeste de Sonora y el noroeste de Sinaloa. Esta región se extiende siguiendo el mismo patrón de forma alargada.

La actividad industrial se basa en bienes de consumo no duradero e intermedio, se concentra en Hermosillo, Ciudad Obregón, Culiacán, y los Mochis; destacan la agroindustria, procesadoras de productos marinos y las industrias derivadas de la explotación minera.

La región Durango 11, comprende el centro-oeste de Durango y la parte suroeste de Coahuila, es típicamente minera, existe predominio de industrias metálicas básicas, pero también tienen importancia las industrias de transformación, en la ciudad de Durango se ha

instalado el parque industrial del Valle de Guadiana y en Gómez Palacio y Torreón se incrementan industrias variadas. La amplia red de vías de acceso a la región, la conecta con importantes ciudades del centro y norte del país.

La región Zacatecas-Aguascalientes-San Luis Potosí 12, se localiza en el centro-norte del país, incluye el sureste de Zacatecas, casi todo el estado de Aguascalientes y la parte oeste de San Luis Potosí. Las ciudades más importantes de la región surgieron al amparo de los yacimientos mineros que fueron la base económica en épocas pasadas, actualmente el establecimiento de diversas ramas industriales coloca a la región en importante fuente de distribución.

La región Tamaulipas Sur 13 se encuentra situada al nor este del país, al sur y suroeste del estado de Tamaulipas y una parte del estado de San Luis Potosí. Es otra de las regiones cuyo rasgo particular lo constituyen los yacimientos de petróleo y las industrias conexas distribuidas en Tampico y ciudad Madero. Estos deben su crecimiento al desarrollo del transporte y comercio más que a la industria (Carza, G. 1980).

Hacia el noroeste del estado de Sonora se halla la región 14, posee importantes núcleos de población: Nogales, Agua Prieta, Caborca y Nacoziari en las que se han desarrollado varios complejos industriales. Principalmente de bienes intermedios y consumo no duradero.

La región Sinaloa-Nayarit 15 se extiende al sur del estado de Sinaloa y noroeste-centro del estado de Nayarit. Los polos de desarrollo más importantes son Mazatlán y Tepic con algunas industrias metalúrgicas y alimenticias.

La región Campeche-Yucatán 16, se localiza en la parte noroeste del estado de Yucatán y el noroeste de Campeche. Los núcleos de población en los que se concentra la mayor parte de fuentes fijas y móviles que producen emisiones considerables son las ciudades de Mérida y Campeche.

La región 17 es exclusiva del estado de Guerrero, se localiza en la parte sur, dando hacia el litoral del Pacífico. La mayor actividad industrial y de servicios se tiene en Acapulco y Chilpancingo.

En la parte meridional del estado de Baja California Sur se extiende la región 18. En ella las empresas de productos marinos, despepitadoras de algodón y los molinos de trigo y aceite tienen gran significación, también existen fábricas de cemento, fertilizantes y fundidoras de metales, se concentran de preferencia en el centro industrial de La Paz.

Región 19 abarca la parte noroeste del estado de Colima y reconoce una pequeña porción meridional del estado de Jalisco. Los centros industriales y de servicios se encuentran en las ciudades de Colima, Zapotiltic, Atenquique y Ciudad Guzmán.

En el estado de Michoacán se extiende hacia el sureste la región Tepalcatepec que aloja a uno de los centros industriales siderúrgicos más recientes y, de acuerdo a la clasificación de R. Carbajal (1975), se encuentra entre las industrias contaminantes.

En el centro del estado de Oaxaca, en la capital del mismo nombre, extendiéndose hacia los municipios colindantes, se encuentra la región 20, hacia el este se tiene la región 22, for-

ma una faja ancha que va de noroeste a sureste. El centro industrial más notable es Salina Cruz.

El estado de Chiapas, a pesar de ser una entidad poco industrializada, posee la región 23 localizada en el centro-oeste del estado; es de emisiones bajas y una parte de ella se incluye en los planes de desarrollo industrial. En la región se encuentra la ciudad capital del estado, Tuxtla Gutiérrez, representa el núcleo de población más importante junto con los municipios de su área de influencia.

Jerarquización de las regiones emisoras.

La jerarquización de las regiones tiene por objeto comparar el nivel de concentración de fuentes fijas y móviles en la región Centro con las restantes del país a fin de intentar establecer niveles de emisión en las distintas regiones.

De acuerdo con el mapa 14 y considerando que las regiones no presentan el mismo grado de emisiones por la diferencia en el tipo y cantidad de fuentes productoras, se hizo la cuantificación de las ramas industriales contaminantes en base a la clasificación de R. Carbajal (1975) y se obtuvo un porcentaje.

Lo mismo se hizo con los datos de vehículos existentes por ciudad, tomando en cuenta la jerarquización hecha por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y siguiendo el criterio de la Organización Mundial de la Salud en el hecho de que los automóviles contaminan más que los autobuses y camiones.

De tal forma resultaron cuatro rangos de emisión (mapa 15).

1) Regiones de alta densidad de emisiones: sólo una, localizada en el centro-oriente del país. A últimas fechas se ha logrado reducir la contaminación en el Distrito Federal con la sustitución de combustóleo por gas natural en termoeléctricas e industrias cementeras para evitar la emisión de óxidos de azufre. También se instalaron quemadores de desechos tóxicos en la refinería 18 de Marzo (Novedades, 6 de noviembre 1983).

2) Regiones de densidad media de emisiones, son dos las que se encuentran en esta clase, una situada en el centro-occidente y otra en el noreste.

3) Regiones de densidad regular. El 45 % de las regiones se incluyen en este rango, se encuentran distribuidas en forma dispersa, pero el mayor número se localiza en el norte y noroeste.

4) Regiones de baja densidad, el 30 % está dentro de esta categoría, se localiza principalmente en las costas del Pacífico y región ítsmica, dos más en el Pacífico norte y parte meridional de la península de Baja California.

Existen áreas aisladas de emisión baja, y dentro de la mayor parte de las regiones estudiadas, se tienen áreas exentas de emisiones y otras de emisión potencial porque están incluidas dentro de los planes de desarrollo industrial.

CUADRO 11

INDICADORES GENERALES DE REGIONES DE EMISION EN PORCIENTO

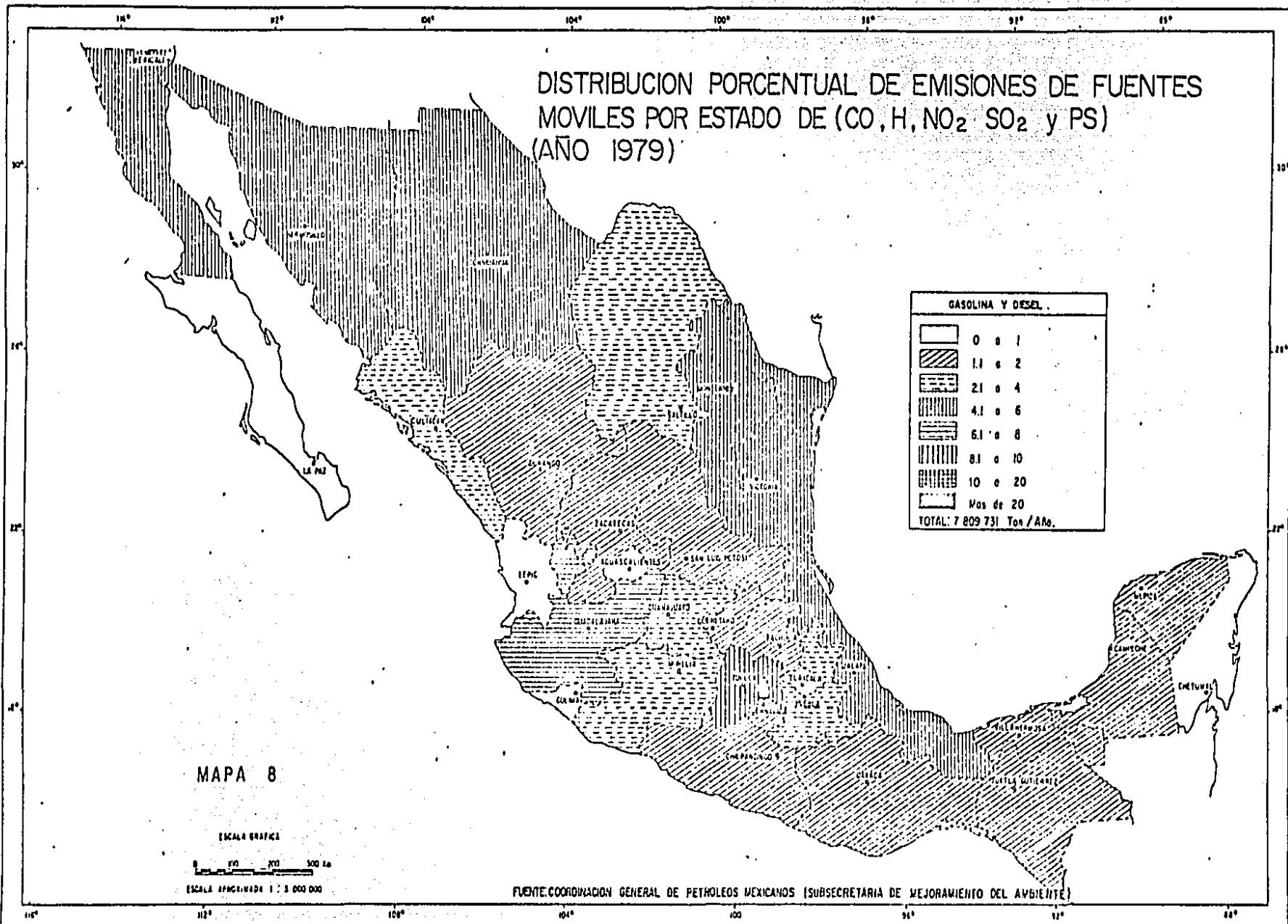
Estado	Densidad de Población ₂ Hab/km ²	Fuentes Móviles en %	Emisiones en toneladas/AÑO					Fuentes Fijas en %	Emisiones en Kgs x 10 ³ /AÑO					Total de emision es en Ton/AÑO %
			% CO	H ₂	NO ₂	SO ₂	PS		CO	H ₂	NO ₂	SO ₂	PS	
Aguascalientes	90.6	0.82			.667			0.68			.348			0.64
Baja California Norte	17.9	6.03			4.33			1.14			2.680			4.83
Baja California Sur	3.0	0.63			.010			0.15			.237			1.03
Campeche	6.1	-			1.08			0.75			1.512			0.63
Cosahuila	10.3	2.71			3.14			1.57			.916			3.01
Colima	62.4	0.23			.603			0.39			2.717			0.72
Chiapas	28.4	0.32			1.67			1.17			.405			1.60
Chihuahua	7.8	4.34			4.47			2.89			2.617			4.37
Distrito Federal	9 314.0	45.30			20.57			32.49			15.020			20.25
Durango	9.6	0.71			1.95			1.46			2.854			2.00
Guanajuato	99.6	3.15			3.34			3.21			9.010			3.67
Guerrero	34.0	0.66			1.81			1.86			.722			1.75
Hidalgo	72.2	0.84			1.33			1.38			12.788			2.19
Jalisco	53.6	6.95			6.68			7.71			3.485			6.50
México	350.9	5.06			8.00			4.18			1.337			7.61
Michoacán	30.9	0.96			2.56			1.09			1.799			2.51
Morelos	188.7	0.74			1.23			0.91			1.764			1.26
Nayarit	26.2	0.31			.912			1.67			.232			0.87
Nuevo León	38.1	3.99			5.03			4.71			5.665			5.07
Oaxaca	26.3	0.30			1.58			1.08			.970			1.55
Puebla	96.8	16.49			2.89			4.95			2.246			2.85
Querétaro	62.1	0.47			1.19			1.97			.258			1.13
Quintana Roo	4.0	-			.410			0.25			.0003			0.37
San Luis Potosí	26.6	0.72			1.85			1.12			1.995			1.86
Sinaloa	32.4	1.70			3.91			0.95			4.885			0.60
Sonora	8.9	3.17			4.36			0.51			4.700			4.38
Tabasco	46.6	1.45			1.23			1.58			.452			1.19
Tamaulipas	24.0	2.94			4.39			2.87			7.323			4.57
Tlaxcala	140.3	0.08			.610			4.03			-			0.57
Veracruz	72.3	2.23			5.34			2.27			9.210			5.56
Yucatán	23.8	1.30			1.26			2.03			1.578			1.28
Zacatecas	15.0	0.13			1.10			2.87			.276			1.05

- Fuente:
1. X Censo General de Población y Vivienda 1980 (datos preliminares)
 2. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (registro de vehículos 1980)
 3. Coordinación General de Petróleos Mexicanos 1978-1979
 4. X Censo Industrial 1975 (Resumen General)

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS POR ESTADO 1979.

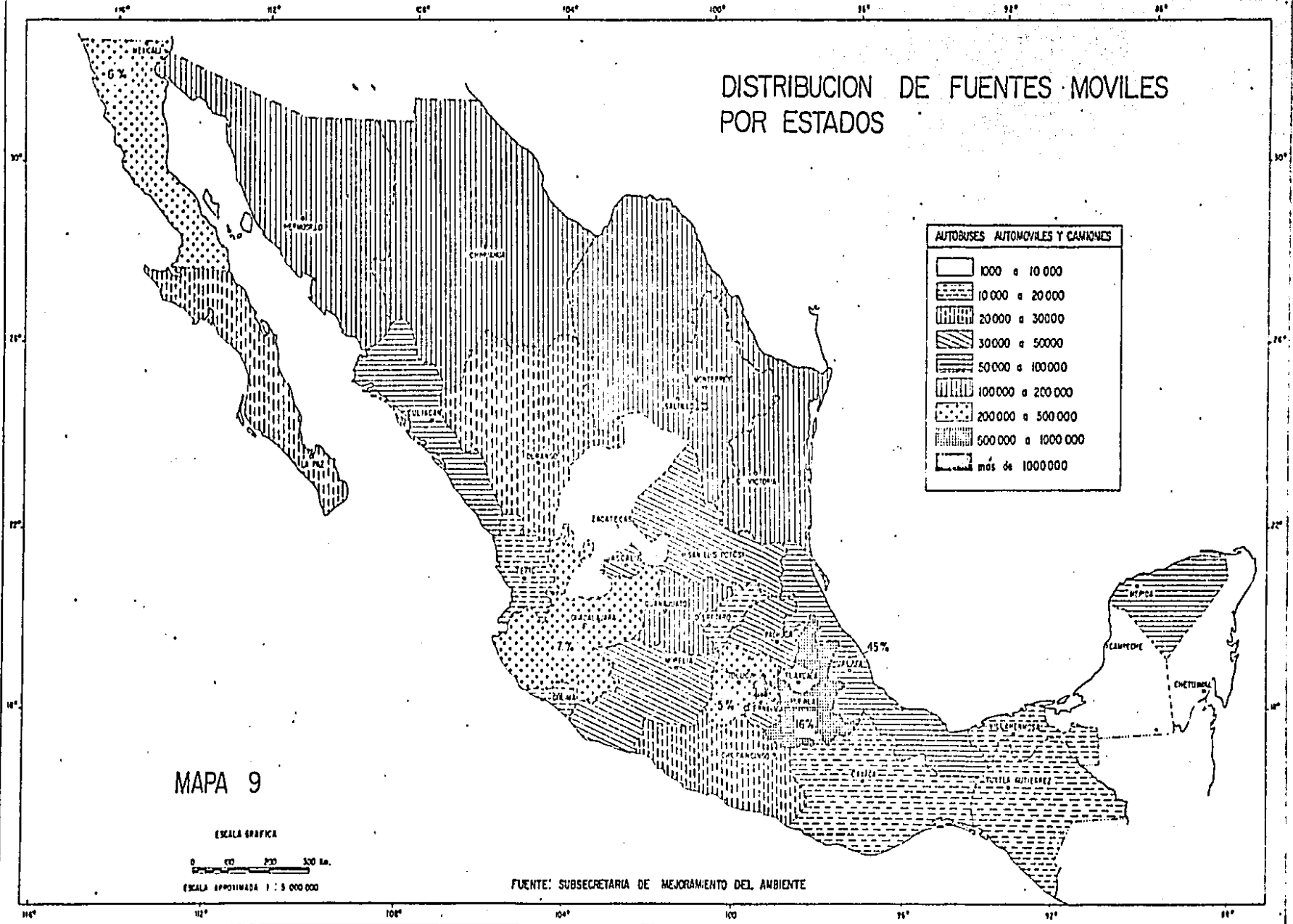


DISTRIBUCION PORCENTUAL DE EMISIONES DE FUENTES MOVILES POR ESTADO DE (CO, H, NO₂, SO₂ y PS) (AÑO 1979)



DISTRIBUCION DE FUENTES MOVILES POR ESTADOS

AUTOBUSES AUTOMOVILES Y CAMIONES	
	1000 a 10 000
	10 000 a 20 000
	20 000 a 30 000
	30 000 a 50 000
	50 000 a 100 000
	100 000 a 200 000
	200 000 a 500 000
	500 000 a 1 000 000
	más de 1 000 000

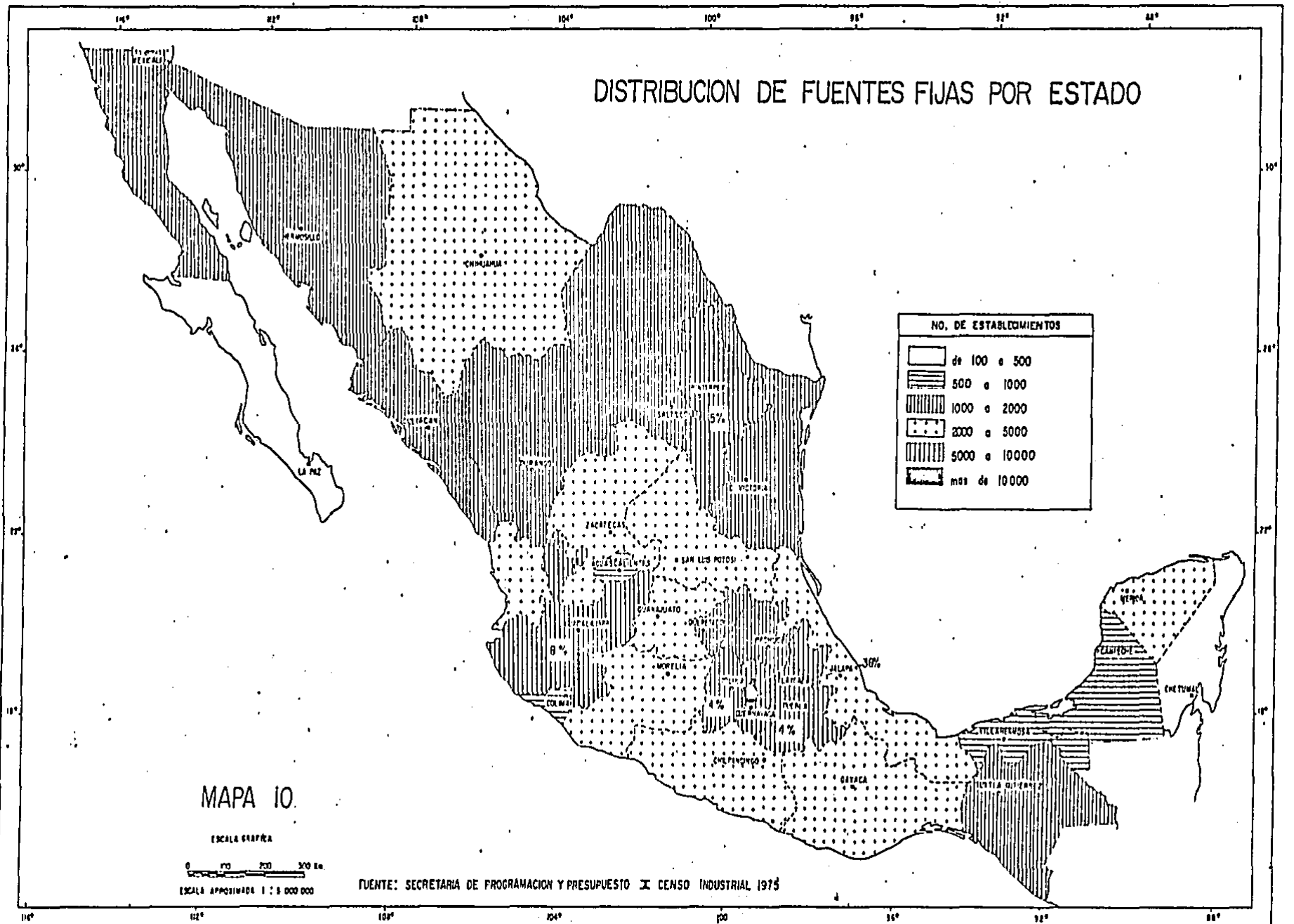


MAPA 9

ESCALA GRAFICA
 0 100 200 300 km.
 ESCALA APROXIMADA 1 : 5 000 000

FUENTE: SUBSECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE

DISTRIBUCION DE FUENTES FIJAS POR ESTADO

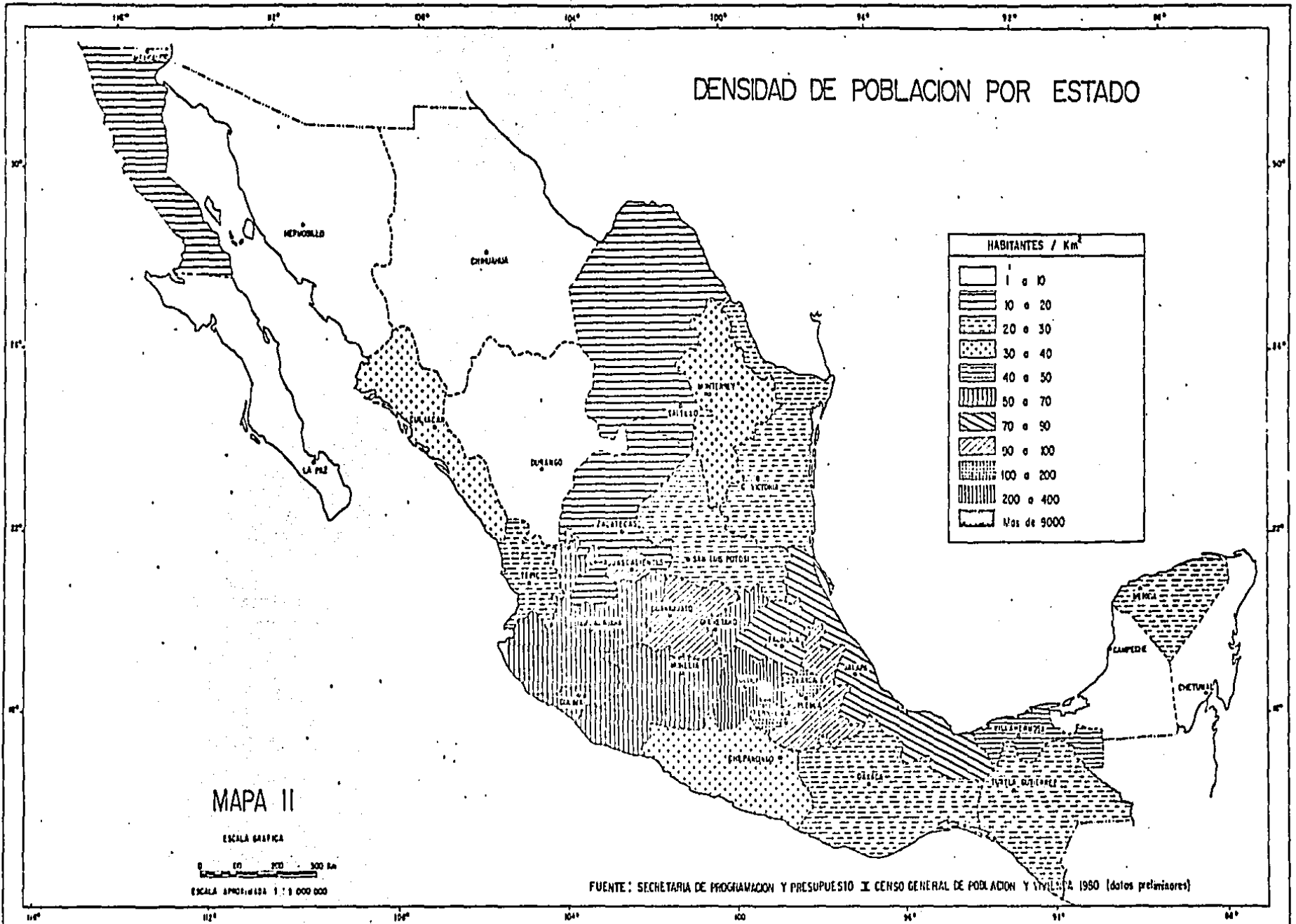


MAPA 10.

ESCALA GRAFICA
 0 100 200 300 Km.
 ESCALA APROXIMADA 1 : 8 000 000

FUENTE: SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO X CENSO INDUSTRIAL 1975

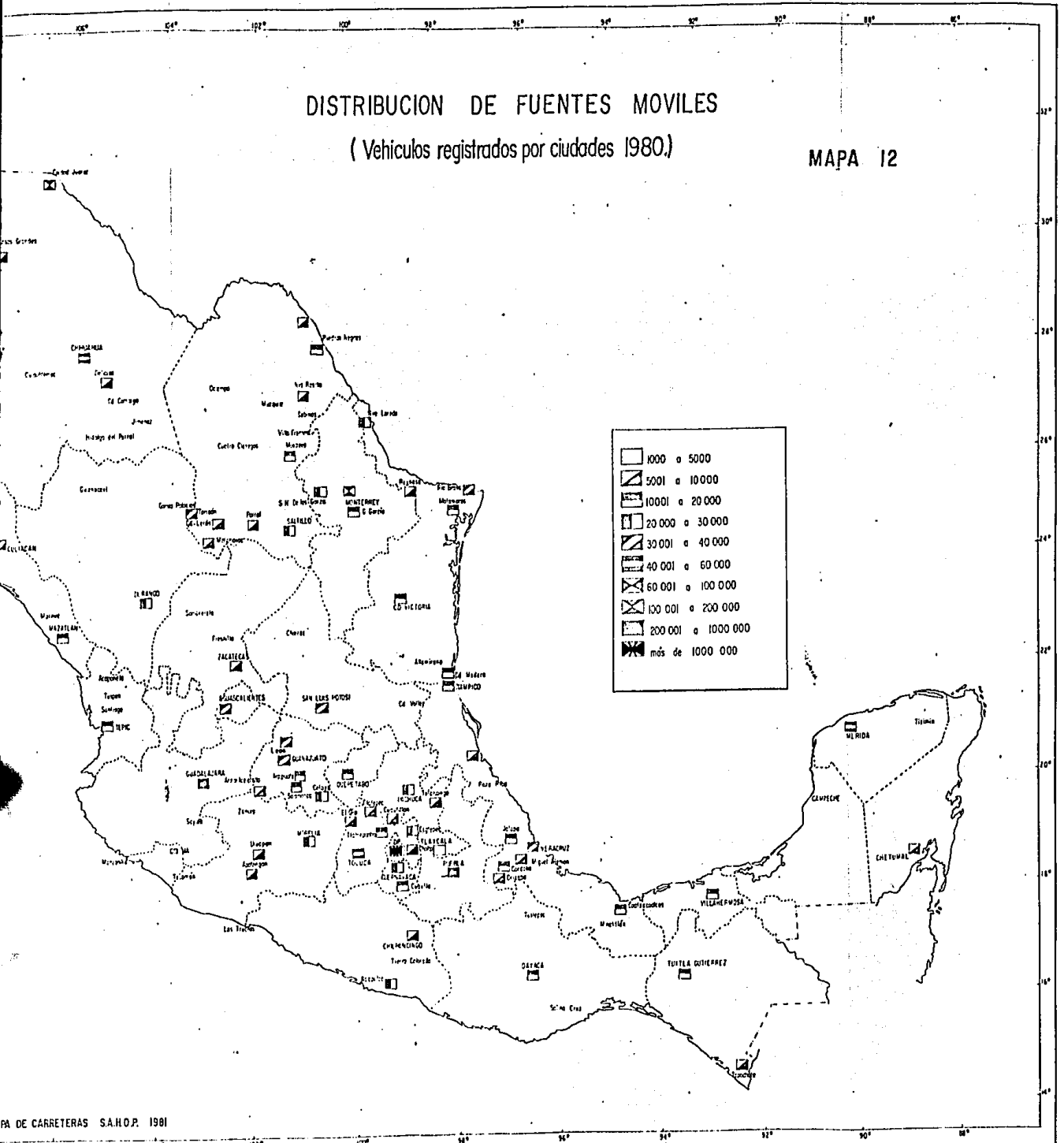
DENSIDAD DE POBLACION POR ESTADO



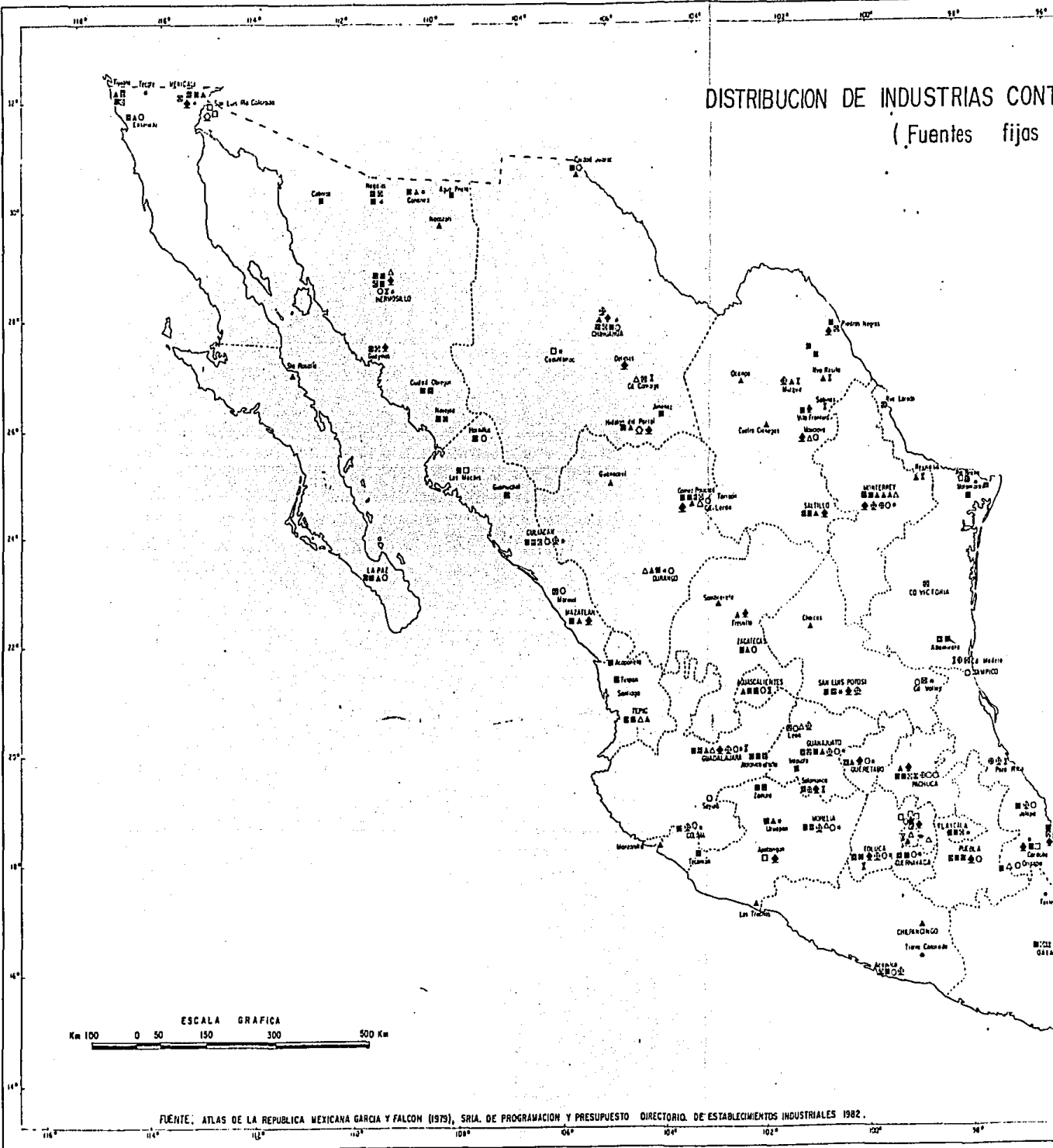
DISTRIBUCION DE FUENTES MOVILES

(Vehiculos registrados por ciudades 1980.)

MAPA 12



DISTRIBUCION DE INDUSTRIAS CONT (Fuentes fijas)

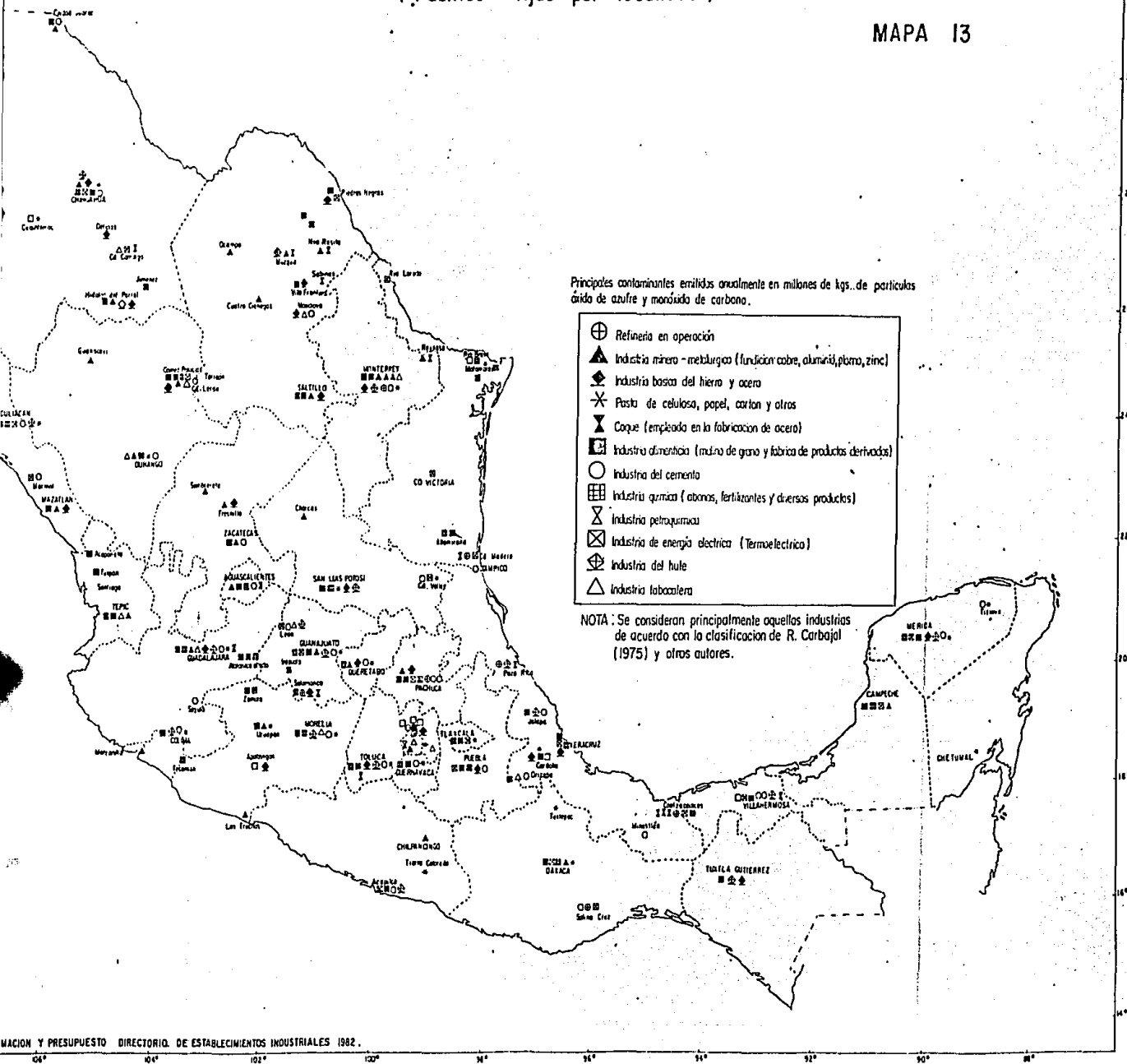


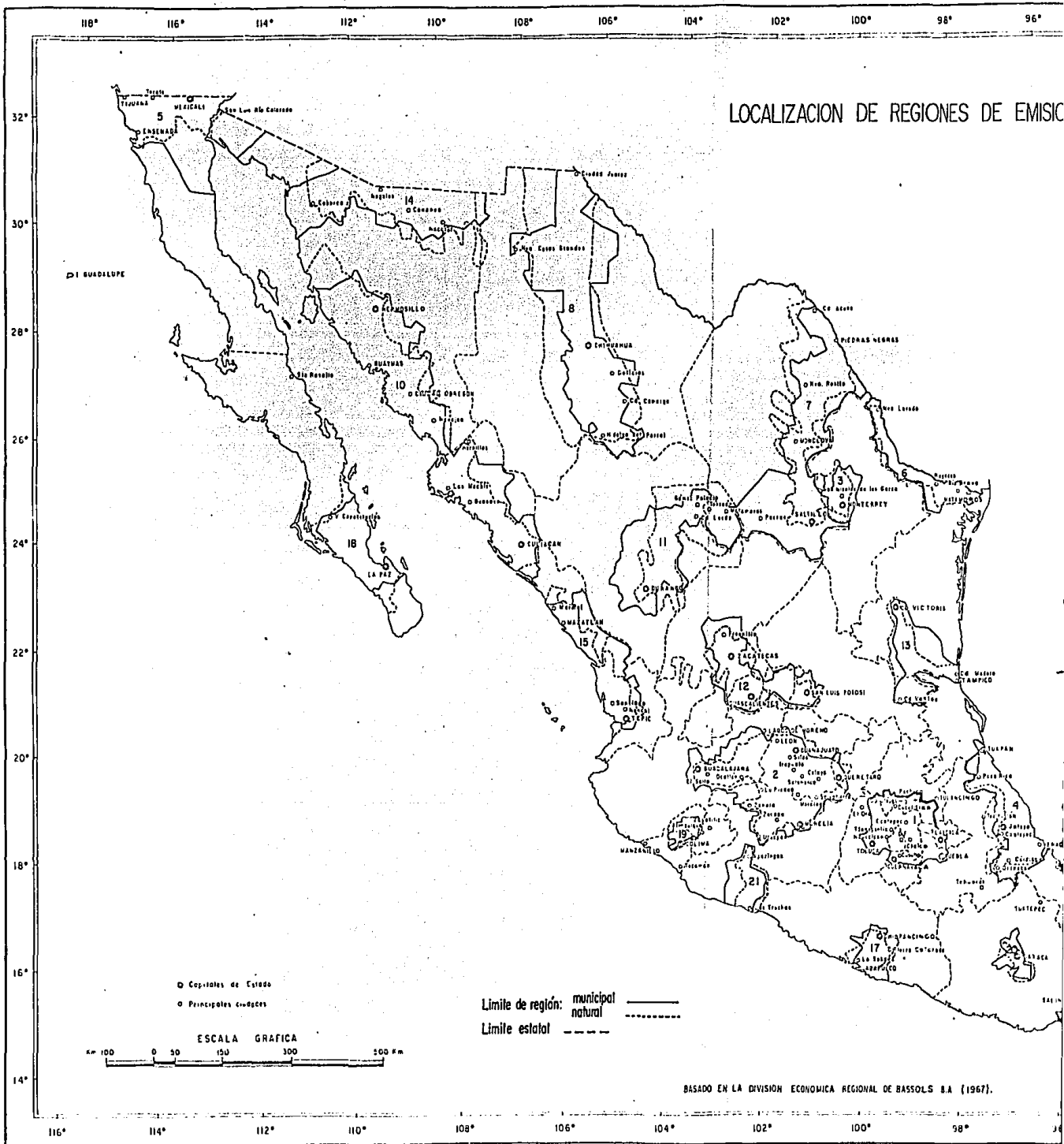
ESCALA GRAFICA
Km 100 0 50 150 300 500 Km

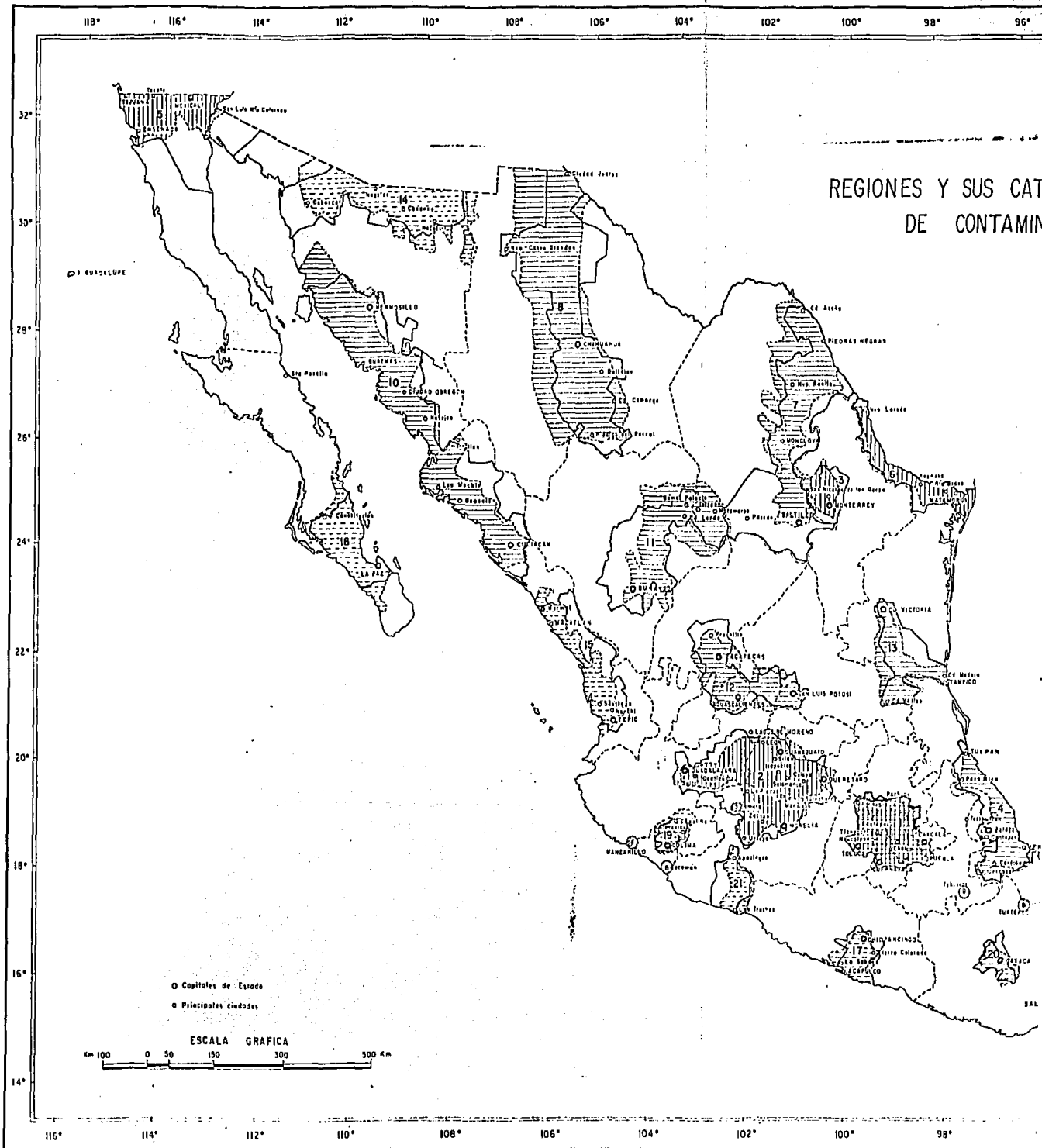
FUENTE: ATLAS DE LA REPUBLICA MEXICANA GARCIA Y FALCON (1979), SERIA. DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO DIRECTORIO DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES 1982.

DISTRIBUCION DE INDUSTRIAS CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA (Fuentes fijas por localidad)

MAPA 13





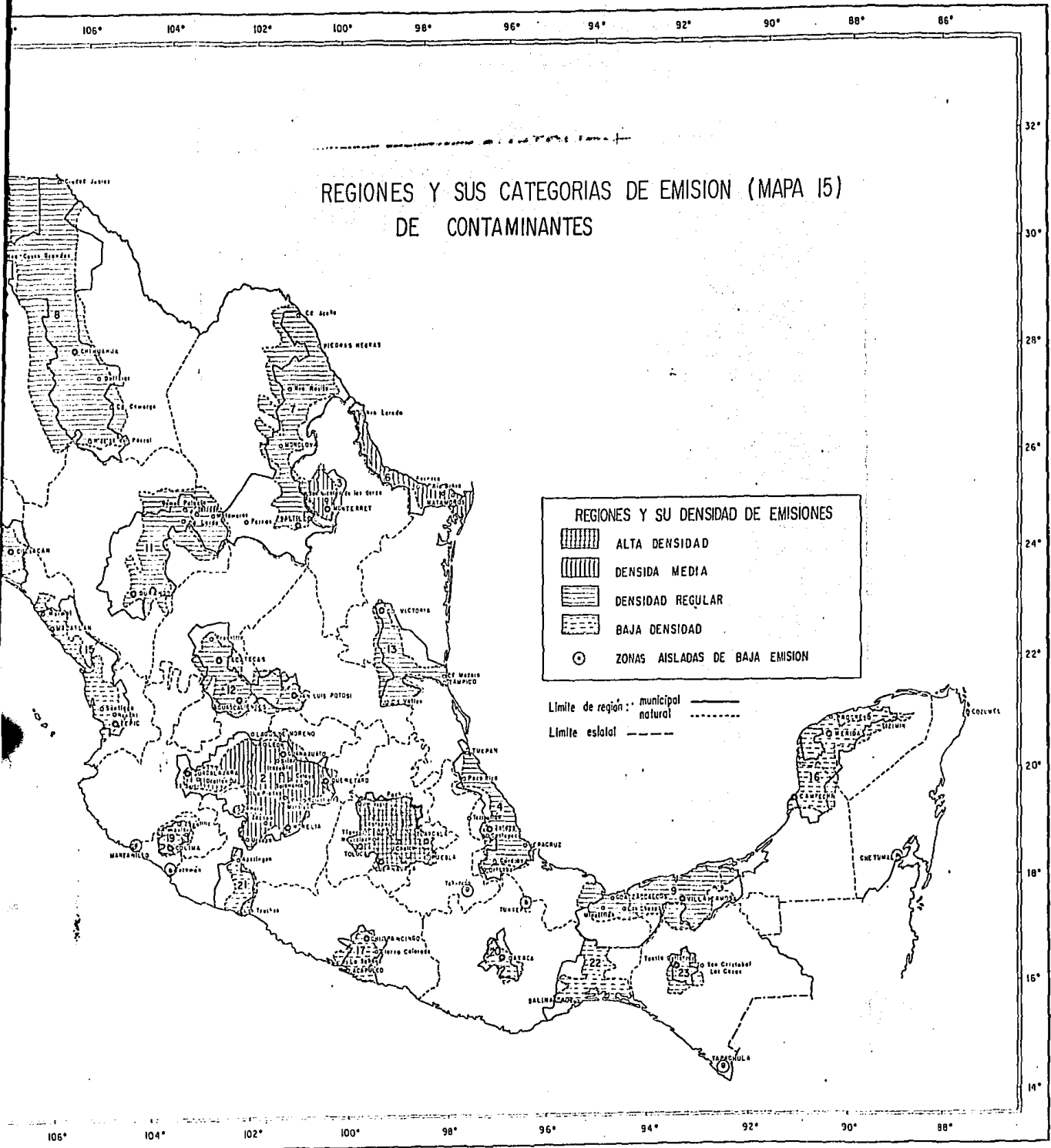


REGIONES Y SUS CATEGORIAS DE EMISION (MAPA 15) DE CONTAMINANTES

REGIONES Y SU DENSIDAD DE EMISIONES

▨	ALTA DENSIDAD
▧	DENSIDA MEDIA
▩	DENSIDAD REGULAR
▪	BAJA DENSIDAD
⊙	ZONAS AISLADAS DE BAJA EMISION

Limite de region: municipal
 natural
 Limite estatal



3. DESCRIPCION CLIMATICA POR REGION

Este capítulo se refiere principalmente al clima existente en cada una de las regiones de emisión, en forma general, sin profundizar en los diferentes tipos climáticos de las áreas que presentan características geomorfológicas y climáticas especiales, y su estudio específico implicaría un renglón aparte de esta tesis.

Sin embargo basándose en el sistema de clasificación de Köppen modificado por E. García, se pudieron hacer las apreciaciones de los diversos tipos y subtipos climáticos por región. Se elaboró un cuadro (III) en donde aparecen los climas existentes en las principales ciudades de cada región, ya que en ellas se sitúan los focos de emisión de contaminantes, así también se consideran las altitudes en las que se ubican y la región geomorfológica en la que se asientan los principales centros de población; esto se completó con algunos factores meteorológicos (temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos).

En dicho cuadro se observan los aspectos antes mencionados y se aprecia que de las 23 regiones existentes la 1 y 2 son las más complejas como se anotó anteriormente, en cuando a los subtipos climáticos que poseen, porque en ellos encontramos climas semicálidos, templados y semifríos subhúmedos, también se tienen climas secos.

El comportamiento de los diferentes elementos del clima en cada región, determinan si se trata de una zona con probabilidades de acumular contaminantes o de disiparlos, de acuerdo con las variaciones que experimentan a lo largo del día.

De los cuatro parámetros que se han estudiado en esta tesis, el viento y la temperatura son los de más efecto en la dilución y dispersión de contaminantes.

La frecuencia con que soplan los vientos y la dominancia de éstos en los meses de enero, abril, julio y octubre tienen variaciones muy marcadas en los diferentes periodos del día.

Las condiciones del viento para cada uno de los meses proporciona la dirección hacia donde son barridos los contaminantes en los meses más calurosos y en los más fríos y la frecuencia con que se presentan las calmas que, aunadas a las bajas temperaturas, favorecen el estancamiento de los contaminantes (inversión), claro está que también va a depender de la topografía del área en estudio.

El viento de las 14 horas no pudo ser aplicado para todas las regiones por carecer de datos, pero se tomaron los vientos dominantes de acuerdo a la circulación general de la atmósfera.

Las regiones 3, 5, 6, 7 y 8 que son de las más importantes por la mayor cantidad de fuentes contaminantes, se encuentran dentro del grupo de los climas secos, no existe gran variación en éstos y el viento generalmente sigue una dirección determinada.

El clima cálido subhúmedo existe en las regiones 4, 13, 15, 16, 17, 21, 22 y 23, pero de ellas en la primera es donde se emiten más contaminantes, de las restantes algunas se consideran como de emisión potencial y en otras la cuantía de las emisiones son poco alarmantes.

Entre los vientos que soplan en estas regiones influyen las brisas marinas y por lo general lo hacen en una sola dirección, con ligeras variaciones en la región con litoral al mar Caribe y costa sur del Golfo de México donde dominan las calmas a las 14 horas.

Región 1. Centro

Está formada de varias regiones geográficas que tienen valles abiertos y cuencas cerradas limitadas orográficamente por sierras de gran altura que forman sombras meteorológicas e impiden la fluidez del viento y la penetración de éste a sotavento.

Esta región, debido a su situación geográfica en latitud, debe poseer clima cálido, sin embargo su altitud al nivel del mar, de 2 000 a 3 000 metros y más, le imprime características de clima templado, y de acuerdo a E. García corresponde al templado subhúmedo con lluvias en verano C(w).

Temperatura

En la carta de isotermas se aprecia que las de 10, 14, 18 y 20°C son las que pasan por la región, lo que indica la variación térmica que de acuerdo a los límites propuestos por E. García (1981), un clima es semifrío cuando la temperatura media anual está entre 5 y 12°C, templado cuando la temperatura media anual está entre 12 y 18°C, y semicálido cuando la temperatura media anual está entre 18 y 22°C. En el cuadro III se nota que las temperaturas medias anuales varían de 10 a 18°C en la mayor parte de la región, a excepción de la porción sur que tiene temperatura de 20°C por lo que se encuentra en los climas semicálidos A(C).

Precipitación

En el mapa de isoyetas anuales de la República Mexicana se puede apreciar que en la región existen precipitaciones de 400, 800 y 1 500 mm anuales. La parte más lluviosa de la región es el sur en donde la isoyeta marca más de 1000 mm anuales, lluvias regulares en el centro-oeste y lluvias escasas en el norte y noreste.

Tiene régimen de lluvia de verano, con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 % de la anual (E. García, 1978). Las lluvias se concentran de mayo a octubre.

Humedad relativa

Las variaciones de la humedad relativa a las 14 horas en la región, están representadas por las isolíneas medias anuales que marcan en enero y abril 40 %, mientras que en julio y octubre sube a 50 y 60 % a excepción de la parte noroeste en donde se tiene 40 %.

Vientos

En el centro de la región, los vientos de las 14 horas, son principalmente del noroeste, en la parte este del sur y en el sector oeste soplan del sur-sureste y norte-noreste. Sus velocidades oscilan entre 1 y 3 m/seg. En los meses secos se forman las tolvaneras.

Región 2. Centro-occidente

El relieve de esta región está constituido por serranías de escasa altura en donde se obtiene la materia prima para la industria minera, por depresiones conocidas como bajos y extensos valles agrícolas.

Las altitudes varían de 1 000 a 2 000 m y forman sierras que en algunos casos como en el valle de Morelia sólo permiten que éste se abra hacia una dirección.

Las variaciones en altitud determinan que en la región existan tres tipos de climas: templado subhúmedo con lluvias en verano C(w); semicálido subhúmedo con lluvias en verano A(C) y (A)C, el primero presenta tendencias hacia los climas templados y el segundo hacia los cálidos; también se tiene el clima semi-seco BS.

Temperatura

Las isoterms que pasan por la región son las de 16, 18 y 20°C, lo que permite deducir que térmicamente los climas que hay son templados y semicálidos con temperaturas medias anuales de 17°, 18° y 19°C. En toda la región el mes más frío es enero con temperaturas medias de 12 a 15°C y el mes más cálido, mayo de 19° a 24°C.

Precipitación

El régimen de lluvias también es de verano y con porcentaje de lluvia invernal menor de 5 % y las precipitaciones se concentran en los mismos meses que en la anterior; época en la que se presenta más del 80 % de la precipitación total.

Los rangos de precipitación están entre 500, 700 y 900 mm anuales. El mes más seco es febrero y el más lluvioso julio.

Humedad relativa

Los porcentajes de humedad relativa para los meses de enero y abril, varían de 30 a 40 % y de 40 a 50 % en julio y oc-

tubre.

La atmósfera más húmeda de las 14 horas en estos meses se presenta en octubre.

Vientos

Los vientos de superficie a las 14 horas toman diferentes direcciones pero los más frecuentes son los del noreste en los meses de julio y octubre, y su intensidad está entre 2 y 4 m/seg, las calmas también son constantes en esos meses.

Región 3. Nuevo León

En esta región la topografía es poco accidentada, el principal centro de población, Monterrey, se halla situado en una depresión de las estribaciones nororientales de la sierra Madre Oriental, el resto de la región son planicies situadas de 200 a 500 msnm, interrumpidas por lomeríos; las eminencias montañosas se encuentran al suroeste y alcanzan altitudes de 2 000 m.

Los climas de la región son semiáridos BS_1 y áridos BS_0 , a diferencia de otras zonas con el mismo clima, presentan variantes en cuanto a la temperatura, humedad y precipitación. Se tienen dos subtipos climáticos: semiárido cálido con dos periodos de sequía, una marcada en el invierno y otra corta en el verano (canícula) $BS_1(h')hw''$ y árido semicálido BS_0hw'' .

En las elevaciones montañosas existen climas templados subhúmedos.

Temperatura

La temperatura media anual es mayor de $22^{\circ}C$ en los climas cálidos; en éstos el mes más frío es enero con $14^{\circ}C$ y el mes

más cálido agosto con 28° a 30° C. En los climas semicálidos la temperatura media anual está entre 18° y 22° C, el mes más frío enero con 12° C y el mes más cálido agosto con 25° C.

Precipitación

Se reciben precipitaciones anuales de 600 mm en el centro de la región, el mínimo de lluvias se tiene en enero y el máximo entre julio y septiembre. En cambio para el suroeste la precipitación media anual es de 385 mm, el mes más lluvioso es septiembre con 84 mm y el mes más seco marzo con 7 mm. Las lluvias se concentran en el verano y el porcentaje de lluvia invernal es mayor de 10.2 %.

Humedad relativa

La humedad en los meses de enero y abril es menos baja que en la región 2, los rangos varían de 50 a 60 % y en julio y octubre tienen el mismo valor.

Vientos

Los vientos más frecuentes son los del este y sureste, las mayores velocidades se tienen en enero y abril 6 m/seg y en los meses de julio y octubre 3 a 5 m/seg, las calmas se presentan con mayor frecuencia en enero y octubre.

Región 4. Veracruz

Incluye únicamente al estado de Veracruz y se localiza en dos regiones geográficas: la llanura costera con altitudes de 0 a 200 msnm, en donde existen dos importantes ciudades Tuxpan y Veracruz. La parte montañosa que contiene tres ciudades sobresa-

lientes en la industria, Jalapa, Córdoba y Orizaba se localizan en la ladera este de la sierra Madre Oriental. Al ascender sobre la vertiente de esta sierra las altitudes varían de 927 metros en Córdoba a 1 248 metros en Orizaba.

La región posee climas cálidos húmedos y subhúmedos A con dos tipos que se encuentran distribuidos en la planicie, los calientes subhúmedos con lluvias en verano Aw y los cálidos húmedos con lluvia todo el año Af.

Los climas de las laderas montañosas de la región son de transición climática entre los climas cálido A y templados C; en la parte más baja de la ladera este de la sierra, se tienen climas semicálidos (A)C y en la parte más alta los climas se vuelven templados húmedos C(fm).

Temperatura

En general la temperatura media anual de la parte baja es mayor de 22° C, registrándose valores de 24.3° C y 25° C en las ciudades de Poza Rica y Veracruz respectivamente, la temperatura del mes más frío es superior a 18° C.

En la parte de transición las temperaturas medias anuales varían de 17° C a 20° C, la temperatura media del mes más frío se encuentra entre -3° y 18° C y la del mes más caliente sobre 6.5° C.

Precipitación

En la llanura costera, las isoyetas muestran mayores valores que en las tres regiones vistas, la altura de la lluvia alcanza valores de 1 000 a 2 000 mm anuales, las más altas preci-

pitaciones se registran en la parte central de la región que tiene más de 2 000 mm anuales.

El régimen de lluvias es de verano y se concentran de mayo a octubre; en la parte norte de la región el porcentaje de lluvia invernal es de 5 a 10.2 % debido a la influencia que ejercen sobre de ella los nortes.

En la ladera oriental de la sierra del mismo nombre, el régimen de lluvias es de verano, con influencia de monzón (m) y lluvia la mayor parte del año (fm), con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 %.

La precipitación media anual varía de 1 000 a 1 500 y 2 000 mm, de las 5 ciudades industriales más notables, las más lluviosas de la región son Córdoba con 2 192.1 mm anuales y Orizaba con 2 035.5 mm anuales.

Humedad relativa

La humedad relativa de la atmósfera a las 14 horas se mantiene estable en los meses de enero y abril 60 %, en julio y octubre aumenta a 70 %.

Vientos

De acuerdo a la circulación general de la atmósfera los vientos dominantes de la región son del noreste y soplan principalmente en primavera y verano, en estos meses se tienen vientos monzónicos que influyen en la cantidad de precipitación. Durante el invierno invaden las masas frías procedentes del norte y producen lluvias en esa época.

En las costas de la región soplan las brisas marinas.

La intensidad muestra viento moderado de 2 a 6 m/seg, pero son fuertes los que vienen del norte de 8 a 11 m/seg.

Región 5. Baja California Norte

El relieve es variado, en ella se encuentran mesetas (mesa de Otay) y depresiones como la de Mexicali, en donde se ubican algunas poblaciones. Las altitudes varían de 0 a 200 y 500 m, la mayor eminencia es de 1 000 m y se localiza en la parte montañosa que se extiende en el centro de la región.

El clima es seco B con dos tipos característicos, seco o árido BS en el oeste y seco muy árido BW en la parte este.

Temperatura

Así como el relieve y su altura varían, lo mismo ocurre con las temperaturas; estas tienden a cambiar en función de la altitud. Así en las mesetas predominan temperaturas de 16° C en tanto que en las depresiones oscilan entre 17° y 22° C, el mes más cálido se tiene en julio pero en algunos lugares se corre hasta agosto con temperaturas de 21.7° C a 33.1° C, el mes más frío es enero con 9.3° C.

Precipitación

La parte occidente de la región tiene régimen de lluvia de invierno, es decir que la época seca se tiene en el verano; en la parte este el régimen es de lluvias repartidas en todo el año y el porcentaje de lluvias en el invierno es menor de 18 % respecto de la total anual.

Las isoyetas marcan precipitaciones medias anuales muy

bajas, de 50, 200 y 400 mm.

Humedad relativa

La humedad relativa a las 14 horas en los meses de enero y abril alcanza varios rangos, según la región geográfica: en las depresiones durante estos meses se tiene una humedad de 30 y 40 %, y en las mesetas y regiones costeras durante estos meses la humedad es de 60 a 70 %. Para los meses de julio y octubre en las depresiones se tiene de 40 a 50 %, y en las mesetas se mantiene en 60 %.

Vientos

Los vientos dominantes a las 14 horas son los del oeste aunque también existe un buen porcentaje de calmas, además de las brisas en las ciudades costeras, la intensidad del viento varía de 1 a 10 m/seg. Esto nos indica que se tienen periodos de relativa calma seguidos por otros de inestabilidad. La inversión superficial es una característica casi permanente del aire en Tijuana (E. Jáuregui 1981).

Durante la época de sequía los fuertes vientos producen tolvaneras en Mexicali, dando origen a una contaminación de tipo natural.

Región 6. Tamaulipas Norte

Hacia el oriente la región se extiende en parte de la llanura costera del Golfo y el resto se encuentra en la llanura aluvial del río Grande del Norte a altitudes comprendidas entre 0 y 200 m.

Debido a que es una región continental y con litoral al Golfo, presenta dos tipos de climas, semiárido BS_1 y árido BS_0 en la porción que limita con el río Grande del Norte, y clima semicálido (A)C en la llanura costera.

De los climas secos o áridos existen los subtipos climáticos: árido cálido con régimen de lluvias intermedio $BS_0(h')hx'$, y semiárido cálido también con régimen de lluvias intermedio $BS_1(h')hx'$, entre los semicálidos se tiene el semicálido con el mismo régimen (A)C(x').

Temperatura

La temperatura media anual es superior a 22°C en los climas cálidos, en los semicálidos mayor de 18°C , la temperatura del mes más frío es inferior a 18°C , en estos últimos, y sobre 18°C en los primeros.

Las temperaturas medias anuales más altas se presentan en el norte de la región con 24.1°C .

Precipitación

Tiene régimen de lluvia intermedio. Las precipitaciones alcanzan valores más altos en la región costera con 690 mm anuales, en cambio en la parte interior los valores disminuyen de 423 a 400 mm.

Humedad relativa

En la parte costera de la región la humedad relativa es de 70 % en los meses de enero y abril, y de 60 % en la porción interior.

Para los meses de julio y octubre la humedad atmosférica se conserva con el mismo valor.

Vientos

En la región costera el viento de superficie a las 14 horas es del sureste y este donde también se tienen las brisas.

Región 7. Coahuila

Posee dos regiones distintas; al norte las tierras bajas que forman extensas planicies de 200 a 500 m de altitud interrumpidas por algunas sierras y lomeríos; al sur y sureste se encuentra la zona montañosa con altitudes de 1 000 a 2 000 m, entre estas elevaciones existen valles intermontanos.

Esta región está limitada al sur y sureste por la sierra de Arteaga y la de Parras, al oeste por la sierra del Burro y la sierra Hermosa de Santa Rosa.

Los climas pertenecen al grupo de los secos B, con los tipos semiáridos BS_1 , árido BS_0 y muy árido BW; en el primero se tienen dos subtipos, uno se localiza en el norte de la región, el semiárido semicálido con régimen de lluvias intermedio $BS_0(h')hx'$ y hacia el sur se tiene el árido semicálido con dos épocas secas, una marcada en el invierno y otra en el verano (canícula) BS_0hw'' .

Los climas BW están representados por dos subtipos localizados en el centro de la región, el muy seco semicálido con dos periodos de sequía una marcada en el invierno y otra corta en el verano (canícula) $BWhw''$, y muy seco semicálido con régimen de lluvias intermedio $BWhx'$.

Temperatura

En la mayor parte de la región las temperaturas medias anuales están entre 18° y 22°C, la temperatura del mes más frío es inferior a 18°C, a excepción del noreste en donde la temperatura media anual es superior a 22°C y la temperatura del mes más frío sobre 18°C.

Precipitación

En el mapa de isoyetas anuales se observa que las precipitaciones están entre 200, 400 y 600 mm.

Las lluvias medias anuales en el centro alcanzan 545 mm las cuales resultan mayores que las del resto de la región.

El régimen de lluvias en la parte sur de la región es de verano y en el norte es de régimen intermedio.

El porcentaje de lluvia invernal es mayor de 10.2 % en el norte y 5 a 10.2 % en el centro y sur.

Humedad relativa

Tanto en el mes de enero como en el de abril la humedad atmosférica es baja, de 40 a 50 %, lo mismo se presenta en los meses de julio y octubre.

Vientos

En el mes de enero la parte central presenta calmas y para los meses de abril, julio y octubre, los vientos son del sur-este y este.

En el norte los vientos también son del este y sureste con intensidades de 3 a 6 m/seg.

Región 8. Chihuahua

Se localiza en la mesa del norte, el relieve está formado por llanuras y valles entre 1 000 y 1 500 m de altitud, en su mayor parte carece de elevaciones importantes; únicamente al oeste y suroeste la región está limitada por las estribaciones orientales de la sierra Madre Occidental.

El grupo climático al que pertenece la región es el seco B, con dos tipos: árido BS₀ y muy árido BW.

El clima árido BS₀ está representado por un subtipo, árido semicálido con lluvias en verano BS₀hw en el centro de la región.

El clima muy árido BW posee dos subtipos, el muy árido semicálido con lluvias en verano BWhw en el sur, y el muy árido templado con verano cálido y régimen de lluvias intermedio BWkx' en el norte.

Temperatura

Las temperaturas medias anuales de los climas semicálidos de la región están entre 18° y 22°C y la temperatura del mes más frío es inferior a 18°C. En los climas templados la temperatura media anual está entre 12 y 18°C y la temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C.

La carta de isotermas marca 16°C en el norte, 18°C en el centro y 20°C en el sur.

Precipitación

Las isoyetas muestran precipitaciones escasas con valores de 300, 400 y 500 mm anuales en toda la extensión de la región.

Las diferencias de precipitación entre los climas áridos y muy áridos son mínimas, mientras que en los primeros se tienen 300 mm de lluvia, en los segundos es de 200 y 295 mm.

En la parte norte de la región se tiene régimen de lluvias intermedio y en el resto régimen de lluvias de verano.

El porcentaje de lluvia invernal es mayor de 10.2 % en el norte y de 5 a 10.2 % en el resto de la región.

Humedad relativa

Durante el mes de enero la humedad de la atmósfera es baja, se tienen valores de 30 % en el sur, hacia el centro asciende a 40 % y en el norte a 50 %, pero en el mes de abril ésta decrece a 20 % en toda la región.

En los meses de julio y octubre se tienen los mismos valores, 30 y 40 %.

Vientos

En la parte norte predominan los vientos del suroeste y este, mientras que en el centro y sur se tienen calmas en el mes de enero; y vientos del suroeste y norte en los meses de julio y octubre.

La intensidad del viento es de 1 a 5 m/seg. (no hay dato para abril).

Región 9. Tabasco-Veracruz

Se localiza en parte de la llanura aluvial de Tabasco y la llanura costera del este y sureste de Veracruz de 0 a 200 metros

de altitud. Limita al noroeste con la sierra de los Tuxtlas, al sur con los estados de Oaxaca y Chiapas y hacia el noreste con el estado de Campeche.

El clima es del grupo de los cálidos A con un tipo caliente húmedo con lluvias en verano, e influencia de monzón Am representado por el subtipo cálido húmedo con lluvias todo el año e influencia de monzón Am(f).

Temperatura

La carta de isotermas anuales marca temperaturas superiores a 22°C que es el límite térmico inferior de los climas calientes. En la parte centro de la región se tienen temperaturas medias anuales de 25°C a 26°C.

La temperatura del mes más frío es superior a 18°C.

Precipitación

Las mayores precipitaciones se tienen en el verano y parte del otoño con un promedio anual de 2000 a 2500 mm.

El porcentaje de lluvia invernal es de 5 a 10.2 %, esto se debe a la mayor humedad en el invierno producida por los nortes (E. García 1980).

Hacia el sur de la región el porcentaje de lluvia invernal aumenta a más de 10.2 %.

Durante el verano y otoño los ciclones tropicales procedentes del mar de las Antillas llegan a las costas del Golfo y contribuyen a aumentar la cantidad de lluvia en esa época.

Humedad relativa

La humedad relativa a las 14 horas se mantiene estable tanto en los meses secos de enero y abril como en los meses lluviosos de julio y octubre con un valor de 70 %.

Vientos

Los vientos dominantes son los alisios que vienen del noreste y soplan la mayor parte del año, pero también existen las brisas marinas y los terrales principalmente en el puerto de Coatzacoalcos y Minatitlán.

Región 10. Sonora-Sinaloa

Se extiende en la llanura costera que da al Pacífico norte de 0 a 200 msnm, las ciudades más importantes se encuentran en los valles de los ríos más caudalosos de la región: Sonora, Yaqui, Culiacán y otros, a excepción de Guaymas que es una ciudad costera.

El clima que existe en la región pertenece al grupo de los secos B representado en la región por dos subtipos, el muy árido BW que predomina en la mayor parte de la región y el semi-árido BS₁ que se localiza sólo en una parte del sur.

Temperatura

Las isotermas de la región son las de 22°, 24° y 26°C, se encuentran en el límite térmico que marcan los climas calurosos por lo que se tienen climas secos cálidos, la temperatura media mensual está entre 24° y 26°C.

Algunos lugares de la región son extremos y otros muy extremos debido a que la oscilación anual de las temperaturas

está entre 7 y 14°C.

Precipitación

En el mapa de isoyetas anuales se nota que las precipitaciones son escasas, alcanzan rangos de 200 a 400 y 600 mm anuales. De los 6 centros de población más importantes de la región, el que recibe la máxima precipitación es Los Mochis, Sinaloa, con 630.4 mm y el de menor precipitación Ciudad Obregón, con 238.1 mm.

El régimen de lluvia es de verano y el porcentaje de lluvia invernal está entre 5 y 10.2 %.

Humedad relativa

La humedad relativa en los meses de enero y abril es baja, de 30 % en la parte norte y de 40 a 50 % en el resto de la región; la atmósfera más húmeda se tiene en los meses de julio y octubre, de 60 a 70 %.

Vientos

A las 14 horas los vientos en el noroeste de la región son débiles, el mayor porcentaje corresponde a las calmas; pero en la parte oeste que da a la costa se tienen vientos del oeste que son los predominantes en casi toda la región, aunque también se tienen las brisas marinas, sobre todo en Guaymas, Sonora.

La intensidad de los vientos es de 1 a 3 m/seg.

Región 11. Durango

La mayor parte del relieve son planicies y valles; aunque también existen regiones montañosas, sierra de Gamón y sierra de Santa María, las cuales dividen a la región en: planicies

del norte y noreste y Malpaís de la Breña al sur.

Se tienen altitudes de 1 000 m en las planicies y 2 000 m en las partes altas.

El clima para la región es el seco B con dos subgrupos, seco o árido BS y muy seco BW.

Hacia el sur de la región se tiene el subtipo climático semiárido templado con verano cálido y lluvias en verano BS₁kw.

En el norte y noreste de la región en donde se localizan las ciudades de Gómez Palacio, Lerdo y Torreón el clima es muy seco semicálido con dos máximos de lluvia separados por dos estaciones secas (canícula) BWhw".

Temperatura

Las condiciones de temperatura media anual en los climas secos semicálidos está entre 18° y 22°C, la temperatura para el mes más frío es inferior a 18°C. En los climas secos templados la temperatura media está entre 12° y 18°C y la del mes más frío entre -3° y 18°C.

La temperatura más alta de la región se registra en el noreste, 22.6°C.

Precipitación

Las precipitaciones en la región son escasas debido a su situación respecto a la faja subtropical de alta presión.

El promedio de lluvia media anual está entre 200 y 400 mm. En los climas secos BS las lluvias llegan a alturas de 400 mm

anuales, y en los climas muy secos BW se reducen a 200 mm anuales.

Humedad relativa

El porcentaje de humedad relativa en los meses de enero y abril es muy baja, se tiene un 30 % para toda la región y en los meses húmedos de julio y octubre asciende ligeramente a 40 %.

Vientos

Los vientos dominantes a las 14 horas son del norte en los meses secos de enero y abril, y del noreste en julio y agosto, pero también se tienen vientos del oeste principalmente en el sur de la región.

Región 12. Zacatecas-Aguascalientes-San Luis Potosí

El relieve es bastante accidentado debido a que la región se encuentra en parte de las estribaciones de la sierra Madre Occidental en altitudes de 2 000 a 3 000 m, entre las sierras que forman el macizo montañoso, existen algunos valles y depresiones intermontanos.

Las ciudades más importantes se hallan situadas a altitudes diversas; la ciudad de Zacatecas en la sierra del mismo nombre a 2 612 m de altitud, Fresnillo también en la sierra, a 2 238 m, San Luis Potosí en el valle de San Luis a 1 877 m, éste se abre ampliamente hacia el norte y se estrecha hacia el sur, Aguascalientes, situada en el extenso valle del mismo nombre, a 1 979 m.

El clima es del grupo de los secos B con tres subtipos: semiárido templado con verano cálido y lluvias en verano BS₁k'w, este clima se tiene en el norte de la región. El clima árido tem-

plado con verano cálido y lluvias en verano BS₀kw al sureste. En el centro existe el subtipo climático semiárido semicálido con lluvias en verano BS₁hw.

Temperatura

Las condiciones de temperatura media anual son distintas en los dos tipos climáticos semicálido y templado.

En el primero la temperatura media anual oscila entre 18° y 22°C, la temperatura del mes más frío es inferior a 18°C. Para el segundo la temperatura media anual está entre 12° y 18°C, la del mes más frío entre -3 y 18°C.

Precipitación

En esta región de clima seco las lluvias son escasas, éstas alcanzan rangos de 200, 400 y 500 mm anuales, la zona que se considera con precipitaciones mayores es el sureste con 535 mm.

En el oeste y noroeste se tienen 330 mm y 419 mm respectivamente.

El régimen de lluvias es de verano y éstas se concentran de mayo a octubre.

Se tiene un porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10.2 % de la anual.

Humedad relativa

La humedad relativa media en los meses de enero y abril es de 30 a 40 %, siendo ésta una región seca la humedad en los meses lluviosos asciende de 40 a 50 %.

Vientos

En el valle de San Luis situado al este de la región, a las 14 horas y durante los meses de enero, abril, julio y octubre predominan las calmas. En cambio para el centro, en el valle de Aguascalientes más extenso que el anterior, en los meses de abril y octubre los vientos son del oeste y suroeste.

En el norte, durante el mes de enero predominan las calmas y en los meses de abril, julio y octubre los vientos más frecuentes son del sureste y noreste.

La intensidad de estos vientos es de 1 a 6 m/seg.

Región 13. Tamaulipas Sur

El relieve está formado por valles, montañas de escasa altura y llanura costera. Las altitudes varían de 0 a 200 m, en la planicie, y de 500 a 1 000 m en las partes más altas.

En esta región se localiza la ciudad capital del estado, Ciudad Victoria, ubicada a 321 m de altitud en un valle abierto limitado al noroeste, oeste y suroeste por las estribaciones de la sierra Madre Oriental.

En la región existen dos grupos climáticos, el cálido A en la parte sur y sureste, con un subgrupo, cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw y dos subtipos: cálido subhúmedo el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano Aw_0 y cálido subhúmedo intermedio con lluvias en verano Aw''_1 y el clima seco B en la parte noroeste con el subtipo semiárido cálido con dos épocas secas una marcada en el invierno y otra corta en el verano (canícula) $BS_1(h')w''$, este clima lo encontramos en Ciudad Victoria.

Temperatura.

Las temperaturas medias anuales son superiores al límite térmico inferior marcado para los climas cálidos, es decir más de 22° C. En la mayor parte de la región que tiene climas ya sea cálidos A o secos B las isotermas medias anuales marcan 24° C.

La temperatura del mes más frío es superior a 18° C.

Precipitación.

El régimen de lluvias es de verano y el promedio de lluvia anual está entre 800 y 1 200 mm en la parte sur de la región, en donde se registran 1 053 mm y 1 144 mm.

Hacia el norte las lluvias disminuyen a 700 mm anuales de tal forma que en Cd. Victoria localizada en esa parte de la región la lluvia alcanza 749 mm.

El porcentaje de lluvia invernal es de 5 a 10.2 % en el norte y noreste y de 0 a 5 % en el suroeste.

Humedad relativa.

En los meses secos de enero y abril, la humedad relativa es de 60 % en enero y 70 % en abril, en los meses húmedos se mantiene en un 60 % para toda la región a excepción de una pequeña parte de las costas en donde se tiene 70 %.

Vientos.

Los vientos dominantes en la región son los del noreste que vienen cargados de humedad y producen lluvias en la vertiente oriental.

Durante el invierno también llegan los nortes a la región y dan lugar a precipitaciones en esa época.

En las costas se tienen brisas marinas y terrales. Hacia el interior soplan los vientos del oeste con intensidades de 3 a 10 m/seg.

Región 14. Sonora norte

El relieve es accidentado y está formado por las elevaciones primarias dentro del territorio mexicano de la sierra Madre Occidental, en las que se encuentran la ciudad de Nogales a 1 120 m de altitud y Cananea a 1 640 m de altitud.

Las tierras bajas abarcan en parte el desierto de Altar y las planicies situadas en la base de las sierras.

Predomina el clima seco B, pero debido a las diferencias en altitud se tiene también clima templado subhúmedo C.

En la parte más baja de la sierra el clima es semiárido, templado con verano fresco y lluvias concentradas en el verano $BS_1kw(x')$. En las partes más altas el clima es templado subhúmedo el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano $C(w_0)(x')$.

En la parte del desierto el clima es muy seco cálido con dos épocas secas una marcada en el invierno y otra corta en el verano $BW(h')hw''(x')$.

Temperatura

Las temperaturas son más altas en la parte del desierto de Altar, el valor de la temperatura media anual es mayor de 22°C y la temperatura del mes más frío inferior a 18° C.

En la sierra las temperaturas medias anuales oscilan entre 12° y 18° C, la temperatura para el mes más cálido es en los climas templados subhúmedos con verano cálido, mayor de 22° C y en los climas con verano fresco menor de 18° C, la temperatura para el mes más frío está entre - 3 y 18° C.

Precipitación

Las precipitaciones son escasas sobre todo en el desierto en donde se tienen 185.8 mm anuales, estas aumentan ligeramente con la altitud a 430.7 mm anuales en Nogales, para subir a 557.9 mm en Cananea.

El porcentaje de lluvia invernal es mayor de 10.2 %.

Humedad relativa

La humedad relativa en las partes bajas en el mes de enero es de 30 % y en las partes altas de 40 %, en el mes de abril se mantiene el mismo valor de 20 % tanto para las planicies como para las sierras.

En los meses húmedos de julio y octubre se mantienen los valores de 30 y 40 %.

Región 15. Sinaloa-Nayarit

La mayor parte de la región se encuentra en la llanura costera de 0 a 200 m de altitud, exceptuando la depresión de Tepic situada a 915 m de altitud entre las sierras de San Juan y San Pedro.

En la llanura costera existe el clima cálido A con dos subtipos, el cálido subhúmedo el más seco de los subhúmedos con

lluvias en verano Aw_0 , y el cálido subhúmedo intermedio con lluvias en verano Aw_1 .

En la parte más alta se tiene clima de transición entre los climas cálidos y los templados, el semicálido (A)C, con un subtipo el semicálido subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos con lluvias en verano (A)C(w_2).

Temperatura

En las costas la temperatura media anual está entre 22° y 26° C, con temperatura del mes más frío superior a 18° C.

En la parte más alta la temperatura media anual es mayor de 18° C, y la temperatura del mes más frío bajo 18° C.

Precipitación

La altura de la lluvia está entre 800 y 1 000 mm anuales, las mayores precipitaciones se tienen en el sur de la región con 1 100 y 1 300 mm anuales. Hacia el norte las lluvias disminuyen a 800 mm anuales. El porcentaje de lluvia invernal es de 0 a 5 %.

Humedad relativa

Debido a que el 90 % de la región se localiza en la costa, la humedad relativa en los meses secos es de 60 a 70 % y asciende en el mes de julio a 80 %, para mantenerse en 60 y 70 % en octubre.

Vientos

En la parte norte los vientos dominantes son los del oes-

te para los meses de abril, julio y octubre; en la parte sur los vientos dominantes son del noroeste para los mismos meses; pero en la región costera también se tienen vientos locales; brisas diurnas.

Región 16. Campeche- Yucatán

La región está situada en la Plataforma Yucateca en una topografía completamente plana con altitudes de 0 a 100 m.

En la mayor parte de la región el clima es cálido A, a excepción del noreste en donde se tiene el seco B.

El subtipo climático cálido subhúmedo el más húmedo de los subhúmedos con lluvias en verano y dos periodos de sequía una marcada en el invierno y otra corta en el verano (canícula) Aw''_0 se localiza en la mayor parte de la región.

La parte noreste tiene clima árido cálido con régimen de lluvias intermedio $BS_0(h')(x')$.

Temperatura

En el mapa de isotermas anuales se nota que la región tiene temperaturas medias anuales entre 22° y 26° C, la temperatura para el mes más frío es mayor de 18° C.

Precipitación

Entre el clima cálido subhúmedo y el clima seco las precipitaciones presentan rangos de 400, 600, 700, 800, 900 y más de 1 000 mm.

Es por eso que en el noreste de la región el agua precipitada anualmente apenas alcanza 460 mm, mientras que en el norte se tienen 940 mm y hacia el sureste 1 000 mm.

Humedad relativa

La humedad que contienen la atmósfera a las 14 horas en la región del noroeste de la península yucateca en el mes de enero varía de 60 % en la parte más septentrional a 80 % en la meridional; en el mes de abril se registran los porcentajes más bajos, de 50 a 70 %. En los meses de julio y octubre la humedad es la misma que en el mes de enero.

Vientos

En enero y abril el viento más frecuente a las 14 horas es del sureste con intensidades de 2 a 4 m/seg, en julio del este-sureste, aunados a vientos marítimos con ligeras brisas; en octubre traen una dirección norte-noreste, la intensidad llega a 5 m/seg.

El mes con mayor frecuencia de calmas para esa hora es enero.

Región 17. Guerrero

La topografía es un tanto accidentada porque la región se encuentra abarcando una parte de la sierra Madre del Sur en la que existen altitudes de 1 000 a 3 000 m, en los valles intermontanos se asientan las principales poblaciones entre ellas la capital del estado Chilpancingo, en el valle del mismo nombre a 1 360 m de altitud. Se tienen regiones costeras que se extienden en una angosta faja de 0 a 200 m de altitud y se encuentran franqueadas

por elevaciones de escasa altura.

El clima en la costa es cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw, con un subtipo cálido subhúmedo intermedio con dos épocas secas una marcada en el invierno y una corta en el verano (canícula) Aw₁ en los valles intermontanos se tiene clima semicálido subhúmedo A(C).

Temperatura

Las temperaturas medias anuales más altas las encontramos en el puerto de Acapulco 27.5° C en los climas cálidos y 21.8° C en los semicálidos. La temperatura media para el mes más frío es mayor de 18° C.

Precipitación

Las precipitaciones anuales son de 1 000 a 1 500 mm, con régimen de lluvias de verano y porcentaje de lluvia de invierno de 0 a 5 %, hacia el sur de la región se presenta la máxima precipitación con 1 400 mm anuales. El mes más lluvioso julio y el mes más seco enero.

Humedad relativa

La humedad atmosférica es más alta en las costas 70 % en los meses de enero y abril, en cambio en el valle se tiene 60 %, lo mismo sucede en los meses de julio y octubre, 80 % en la costa y 70 % en el valle.

Vientos

En la parte que da a la costa los vientos más frecuentes

a las 14 horas durante los meses de enero, abril, julio y octubre son del oeste y suroeste, el promedio de intensidades es de 2 a 5 m/seg, las brisas también son frecuentes. En el valle los vientos son del sureste con intensidades de 3 a 5 m/seg.

Región 18. Baja California Sur

El relieve es plano se extiende de 0 a 200 m de altitud, al oeste la región limita con la sierra de la Giganta. La Paz está ubicada en la costa, frente a la bahía de la Paz y se extiende hasta los llanos de la Paz.

El clima es muy seco BW en toda la extensión de la región, con un subtipo, muy seco cálido con lluvias en verano BW(h')hw, localizado en la ciudad de la Paz.

Temperatura

Las temperaturas medias anuales son mayores de 22° C y la temperatura para el mes más frío es menor de 18° C.

Precipitación

Las precipitaciones en esta región son escasas, debido a la influencia de la corriente fría de California que al enfriar las capas inferiores aumenta su densidad y limita los movimientos verticales (Mosiño, P. 1966).

Los rangos que alcanzan las lluvias se limitan a 100, 200 y 300 mm anuales.

El porcentaje de lluvia invernal es de 5 a 10.2 % en la parte sur de la región y de 10.2 a 18 % en el noroeste.

Humedad relativa

A pesar de ser una región seca, la humedad relativa en enero es de 60 % y en abril de 50 %; para los meses de julio y octubre se tiene 60 % en la costa y 50 % en el resto de la región.

Vientos

El viento a las 14 horas sigue diferentes direcciones, en los meses de enero y abril es del noreste y noroeste, en los meses de julio y octubre del suroeste y sur, con intensidades de 2 a 4 m/seg, lo que indica un viento moderado. Además las brisas soplan en la región costera.

Región 19. Colima

El relieve está formado por los valles escalonados del interior de 200 a 500 m de altitud en donde sobresalen el valle de Colima a 494 m de altitud y el valle de Tuxpan a 1 700 m en el que se sitúan Atenquique y Zapotitíc.

Estos valles están separados por las elevaciones montañosas que forman el Nevado de Colima (4 330) y el Volcán del Fuego de Colima (3 960).

En la región se presentan los climas cálido A, semicálido (A)C y templado subhúmedo C, debido a los cambios altitudinales.

En la llanura costera el clima es cálido subhúmedo el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano A_{w_0} ; en el valle de Colima se presenta el mismo clima cálido subhúmedo el más seco de los subhúmedos con dos épocas secas una larga en el in-

vierno y otra corta en el verano Aw⁰, o sea con presencia de canícula.

En el valle de Tuxpan el clima es de transición entre los climas cálidos A y templados C.

Temperatura

Por las diferencias en altitud, las temperaturas varían y por tanto en las costas se tiene que la temperatura media anual oscila entre 22° a 26° C, y en los valles situados a 1 000 y 1 500 metros de altitud, la temperatura media anual es mayor de 18° C, la temperatura del mes más frío está entre -3 y 18° C.

Precipitación

Se tiene régimen de lluvias de verano y las precipitaciones están entre los rangos de 1 000 a 1 500 mm.

En el valle de Colima se tienen 860.6 mm. El porcentaje de lluvia invernal es de 0 a 5 %.

Humedad relativa

El porcentaje de humedad relativa es igual tanto para los meses secos: enero y abril como para los meses húmedos julio y octubre 60 %.

Vientos

Los vientos dominantes son los del noroeste, aunque también existen los vientos locales que son las brisas, las cuales soplan durante la noche.

Región 20. Centro de Oaxaca

En la parte central del estado de Oaxaca se localiza la región 20, cuyo relieve está formado casi exclusivamente por valles, entre los que destacan el de Oaxaca, Ejutla y Etlá; son valles estrechos limitados hacia el norte, noreste y sureste por la sierra de Ixtlán, al noroeste, oeste y suroeste por las sierras de Nochixtlán y de Oaxaca.

El valle de Oaxaca es más extenso situado a 1 563 m de altitud con dos drenajes uno al sureste y otro al suroeste.

En la región existe el clima semiárido BS₁ y el clima semicálido subhúmedo (A)C.

Temperatura

La temperatura media anual es de 20.6°C, el mes más caliente mayo 23.1°C; el mes más frío diciembre 18°C.

Precipitación

Las lluvias también se concentran de mayo a octubre, por lo que el régimen es de verano y el porcentaje de lluvia invernal de 0 a 5 %. La precipitación media anual es de 645.3 mm. La del mes más lluvioso, julio, de 138 mm y del mes más seco, febrero, de 2.4 mm.

Humedad relativa

Para los meses de enero y abril, la humedad atmosférica en esta región se mantiene en un 50 % en la parte norte, y de 60 a 70 % en el sur; en los meses lluviosos de julio y octubre asciende a 70 % en el norte y a 80 % en el sur.

Vientos

En los meses de enero y abril los vientos más frecuentes son del sur y en los meses de julio y octubre del oeste y sur; de esto se deduce que existe una tendencia hacia una misma dirección con una ligera componente hacia el oeste, la intensidad muestra que son vientos ligeros de 2 a 3 m/seg.

Región 21. Tepalcatepec

Los asentamientos humanos más notables se encuentran en los extremos de la región, como es el caso de Apatzingán situado en las llanuras que se extienden al norte de la Cuenca del Tepalcatepec a una altitud de 500 m y Lázaro Cárdenas al sur en la llanura costera.

La sierra del Diablo es bastante accidentada, atraviesa la región y la divide en dos partes: llanura septentrional y llanura costera meridional.

Las diferencias en el relieve modifican la temperatura, humedad y precipitación que dan por resultado la existencia de clima semiárido BS_1 en las partes bajas de la cuenca; templado subhúmedo C en las montañas y cálido subhúmedo A en las laderas que dan al Tepalcatepec y hacia el Pacífico.

Al norte de la región existe el subtipo semiárido cálido con lluvias en verano $BS_1(h')w$.

Temperatura

Las condiciones térmicas anuales son mayores de $22^{\circ}C$ en algunos casos, en otros los valores están entre 12° y $18^{\circ}C$ y la

temperatura para el mes más frío es mayor de 18°C en las partes bajas; entre -3 y 18°C en las sierras, la temperatura del mes más cálido es superior a 22°C.

Las temperaturas medias anuales más altas se registran en el norte de la región, de 28.3°C (Apatzingán).

Precipitación

En la vertiente del Pacífico la cantidad de precipitación media anual está entre 600 y 800 mm, la que resulta menor que en las costas del Golfo de México.

Las lluvias aumentan con la altitud, así en la sierra del Diablo la cantidad de lluvia anual que cae es de 1000 a 1200 mm, mientras que en la parte baja, cuenca del Tepalcatepec, se tienen 700.1 mm de lluvia anual.

El régimen de lluvia es de verano y el porcentaje de lluvia en el invierno es de 0 a 5 %.

Humedad relativa

La humedad relativa es baja, menor que en las costas meridionales del Pacífico, en los 4 meses que se han venido estudiando, representativos de la época seca y húmeda. Se observa en el mapa de isolíneas de humedad que en las zonas norte y sur de la región la humedad es distinta, el porcentaje en las llanuras del norte es de 30 a 40 % en enero y abril, y de 60 % en julio y octubre. En cambio, en la parte sur el porcentaje es de 50 % en enero y abril y de 60 % en julio y octubre.

Vientos dominantes

Los vientos locales más frecuentes son las brisas y los terrales durante el día y la noche respectivamente, y los vientos anabáticos y catabáticos que soplan a sotavento debido a la presencia de la sierra del Espinazo del Diablo, localizada al sur de Michoacán.

Región 22. Istmo

Limita al norte con la región 9, al oeste con la sierra de Mixes y al suroeste con la de Miahuatlán.

El relieve está formado por llanuras y elevaciones montañosas de escasa altura, como la sierra de Niltepec o Atravesada, a 650 m de altitud, que divide a la región en dos partes; la norte, en donde dominan las llanuras del Istmo de Tehuantepec a una altitud de 200 m, y al sur y sureste la llanura costera, de 0 a 200 m.

Clima

Es otra de las regiones de clima cálido subhúmedo Aw, con un subtipo cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos con dos épocas secas, una marcada en el invierno y una corta en el verano (canícula) Aw''_o(w).

Temperatura

Las condiciones de temperatura media anual son superiores a 26°C, la temperatura del mes más frío es superior a 18°C.

En Juchitán la temperatura media anual es de 27.6°C y en Salina Cruz de 27.2°C.

Precipitación

Las lluvias se concentran en el verano, pero existe en

esta época un periodo de sequía del medio verano o sequía intraestival que generalmente se presenta en el mes de agosto.

La cantidad de lluvia que cae anualmente es de 1000 a 1500 mm, y el porcentaje de lluvia de invierno es de 0 a 5 %.

Humedad relativa

En los meses secos de enero y abril la humedad relativa aunque no es muy alta, de 60 a 70 %, se mantiene más elevada que en otras regiones de la costa septentrional; durante los meses de julio y octubre asciende a 80 % en las partes costeras y 70 % en el interior.

Vientos dominantes

El viento más frecuente a las 14 horas es el que sopla del norte principalmente en los meses de enero, julio y octubre, varía en el mes de abril con una componente del sur, la intensidad es de 6 a 10 m/seg.

El viento continental es modificado por las brisas.

Región 23. Chiapas

Se localiza en la mesa de Ocozocuatla, tiene altitudes entre 200 y 500 metros.

El clima corresponde a los cálidos A, en particular el cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw; en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se tiene clima cálido, el más seco de los subhúmedos

Aw''
o.

Temperatura

La región queda comprendida entre las isoterms de 22°

y 24°C, la temperatura media anual en el centro de ésta es superior a 22°C y la temperatura del mes más frío es mayor de 18°C.

Precipitación

La temporada lluviosa comprende la época del verano y principios de otoño, siendo la causa principal de ésta los vientos alisios (L. Cardoso 1979).

Las isoyetas de la región son las de 1000 y 1500 mm, pero la precipitación aumenta en las regiones altas que marcan el límite de la región y disminuye en la depresión central.

La altura de la lluvia en el centro es de 949.2 mm, resulta menor debido a que se encuentra en el lado opuesto de las montañas del Norte de Chiapas que impiden el paso de los vientos alisios cargados de humedad.

El mes más lluvioso es junio con 228.3 mm y el más seco, enero con 0.5 mm. El porcentaje de lluvia invernal es menor de 5 %.

Humedad relativa

La humedad relativa como es lógico suponer baja en los meses de enero y abril a 50 y 60 % y en julio y octubre sube a 60 y 70 %; en general es más húmeda que otras regiones situadas en los estados con litoral al Pacífico.

Vientos

Debido a la orientación de los rasgos principales del relieve, los vientos dominantes soplan del noroeste (Op. cit 1979) tanto en los meses de la época seca, enero y abril, como en los de la lluviosa, julio y octubre.

En este capítulo, se hace una descripción climática para las regiones, con el propósito de poder reunir las características climáticas prevaletientes y tratar de definir las propiedades de difusión de cada una, las cuales dependen también de la estación del año, la topografía y la situación geográfica.

En los climas templados subhúmedos localizados en la Mesa Central, así como en los climas secos del norte y sur de la península de Baja California, la difusión de contaminantes en la vertical se restringe en el invierno debido al desplazamiento de las anticiclones que producen periodos de calmas y cambios de temperatura.

En los climas cálidos costeros la dispersión de contaminantes es más eficaz, porque se tiene la influencia de las brisas marinas principalmente en la vertiente norte del Golfo de México.

Región de Delimitación	Poblaciones importantes	Localización	Altitud Sobre el Nivel del Mar	Temperatura Media Anual en °C	Precipitación Anual en mm	Clima o climas	Vientos de Superficie ENE ABR JUL OCT
CENTRO	1. Ciudad de México	Cuenca del Valle de México	2240 a 2250	10° a 18°	500 a 1500	BSKw y C(w)	C NE NW NW
	2. Toluca	Valle de Toluca	2675	12,7	800,2	C(w ₂)(w)bl _R	S N SE NE
	3. Puebla	Valle de Puebla	2209	17,1	822,9	C(w ₁)(w)h(l ¹) _R	S S S S
	4. Huehuetlangua	Ladera occidental de la Sierra de Huehuetlangua	2435	14,2	386,8	BS ₁ h ¹ w ¹ _R	- - - -
	5. Cuernavaca	Valle de Cuernavaca	1539	20,7	1061,0	A(C)w ₁ ¹ (w) _R	- - - -
	6. Tlaxcala	Valle de Tlaxcala	2352	16,2	802,3	C(w ₁)(w)bl _R	S S C C
CENTRO OCCIDENTAL	1. Guadalajara	Valle de Atemajac	1589	19,1	902,3	(A)C(w ₁)(w)a(e) _R	NW W NE E
	2. Morelia	Valle de Morelia	1941	17,6	760,7	C(w ₀ /l)(w)bl(l ¹) _R	S C C C
	3. Querétaro	Valle de Querétaro	1853	18,7	520,9	BS ₁ hw(w)(e) _R	NW C C C
	4. Guanajuato	Riñas de Guanajuato	2037	17,9	683,7	C(w ₀)(w)bl(e) _R	SW W NE NE
	5. León	Valle de Sanil	1809	19,2	619,8	BS ₁ hw(w)(e) _R	S CYS C C
	6. Irapuato	Llanos del Bajío	1724	20,3	714,6	A(C)(w ₀ ¹)(w)a(e) _R	- - - -
	7. Salamanca	Llanos del Bajío	1722	20,0	744,7	(A)C(w ₀ ¹)(w)a(e) _R	- - - -
NUEVO LEÓN	1. Monterrey	Planicie Oriental	-	-	-	- - - - - - - -	- - - -
	2. Santa Catarina	" "	538	22,9	634,1	BS ₁ (h ¹)hw ¹ (e)	C NW E SE
	3. San Nicolás de los G.	" "	-	-	-	- - - - - - - -	- - - -
VERACRUZ	1. Veracruz	Costa Centro del Golfo	16	25,2	1667,6	Aw ₂ ¹ (w)(l ¹)	- - - -
	2. Poza Rica	Llanura Costera	60	24,3	1156,1	Aw ₁ ¹ (e)	- - - -
	3. Tampán	Costa Centro del Golfo	14	24,2	1350,1	Aw ₂ (e)	- - - -
	4. Minatitlán de la Torre	Llanura Costera del Golfo	151	24,0	1743,4	Al(m)w ¹ (e)	- - - -
	5. Jalapa	Ladera este de la Sierra	1361	17,2	1514,8	C(m)w ¹ bl(l ¹) _R	- - - -
	6. Córdoba	Ladera Oriental	927	20,4	2199,1	(A)C(m)w ¹ bl(l) _R	- - - -
	7. Orizaba	" " "	1248	19,0	2035,5	(A)C(m)w ¹ bl(l) _R	- - - -
BAJA CALIFORNIA NOROCCIDENTAL	1. Tijuana	Vertiente Occidental Californiana	35	16,8	270,3	BSK(a)(e)	W W W W
	2. Mexicali	Depresión de Mexicali	4	22,5	60,6	BW(h ¹)hw ¹ (e) ¹	- - - -
	3. Ensenada	Bahía de Todos Santos	13	16,7	290,0	BSK(a)(e)	C C C C
	4. Tecate	Valle de Tecate	514	17,5	260,8	BSK(a)(e)	- - - -
	5. San Luis Río Colorado	Desierto de Altar	10	-	-	BW(h ¹)hw ¹ (e) ¹	- - - -
TAMAULIPAS NOROCCIDENTAL	1. Nuevo Laredo	-	140	24,1	421,6	BS ₀ (h ¹)hw ¹ (e)	- - - -
	2. Reynosa	Llanura aluvial del río Bravo	38	21,6	421,8	BS ₀ (h ¹)hw ¹ (e) ¹	- - - -
	3. Matamoros	río Bravo	12	23,1	690,9	(A)(C)(h ¹)w ¹ bl(e)	S SE S SE
	4. Río Bravo	-	30	23,0	517,0	BS ₁ (h ¹)hw ¹ (e)	- - - -
COAHUILA	1. Saltillo	Valle de Saltillo	1589	17,7	303,9	BS ₀ hw ¹ (e)	- - - -
	2. Piedras Negras	Llanura aluvial del río Bravo	120	21,6	545,1	BS ₁ hw ¹ (e)	C SE E SE
	3. Huixtla	Cuenca del río Salado	586	21,6	338,4	BW ₁ hw ¹ (e) ¹	- - - -
	4. Nueva Rosita	Cuenca del río Sabinas	170	21,3	410,8	BS ₁ hw ¹ (e) ¹	- - - -
	5. Ciudad Acuña	Llanura aluvial del río Bravo	100	21,9	416,6	BS ₀ (h ¹)hw ¹ (e) ¹	- - - -

CONT. CUADRO III

Región de Emisión	Poblaciones Importantes	Localización	Altitud Sobre el Nivel del Mar	Temperatura Média Anual en °C	Precipitación Anual en mm	Clima o climas	Vientos de Superficie ENE ARR JUL OCT
CHIHUAHUA	1. Ciudad Juárez	Llanura aluvial del río Bravo	1133	17.2	233.7	BWh ¹ (e)	SW SW E E
	2. Chihuahua	Valle de Chihuahua	1473	18.7	332.7	BShw(w)(e ¹)	C SW NE NE
	3. Ciudad Delicias	Valle de Delicias	1171	19.3	275.3	BWh(e ¹)	- - - -
	4. Camargo	Valle del río Conchos	1227	20.8	295.0	BShw(w)(e ¹)	- - - -
TAMASCO- VERACRUZ	1. Coatzacoalcos	Costa sur de Veracruz	14	25.3	2726.2	Amw ¹ (l ¹) _R	- - - -
	2. Villahermosa	Planicie costera del suroeste	10	26.8	2050.4	Am(f)w ¹ (l ¹) _R	- - - -
	3. Minatitlán	Planicie costera de sotavento	64	26.2	2570.3	Amw ¹ (l ¹) _R	- - - -
SONORA-SI- NALOA	1. Hermosillo	Valle del río Sonora	237	25.2	244.9	BWh(h ¹)hw(e ¹)	C C C C
	2. Culiacán	Valle de Culiacán	53	24.9	630.4	BSh(h ¹)w(e)	W W SW W
	3. Los Mochis	Llanura costera del Pacífico Norte	10	25.1	320.9	BWh(h ¹)w(e ¹)	- - - -
	4. Guaymas	Valle de Guaymas	8	24.9	238.1	BWh(h ¹)hw(e)	C C C C
	5. Ciudad Obregón	Valle del río Yaqui	40	26.1	307.1	BWh(h ¹)w(e ¹)	- - - -
	6. Navojoa	Valle del río Navojoa	38	25.4	385.9	BWh(h ¹)w(e ¹)	- - - -
DURANGO	1. Durango	Sierra de la Bruña	1884	17.5	440.6	BShkw(w)(e)	- - - -
	2. Gómez Palacio	Comarca Lagunera	-	-	-	-	- - - -
	3. Ierdo	Comarca Lagunera	1117	21.1	239.0	BShw ¹ (e)	N NE NE N
	4. Torreoán	Comarca Lagunera	1117	22.6	217.1	BWh(h ¹)hw(e)	- - - -
ZACATECAS- ACUASCALIEN- TES- SAN LUIS POTOSÍ	1. Zacatecas	Sierra de Zacatecas	2612	13.5	330.5	BShw ¹ (e)	- - - -
	2. San Luis Potosí	Valle de San Luis	1877	17.9	359.4	BShw ¹ (e)	C SE E SE
	3. Aguascalientes	Valle de Aguascalientes	1979	18.2	535.0	BShw ¹ (e ¹)	- - - -
	4. Fresnillo	Sierra de Fresnillo	2238	16.8	419.0	BShw ¹ (e ¹)	- - - -
TAMAULIPAS SUR	1. Ciudad Victoria	Valle de Victoria	321	24.4	748.7	BSh(h ¹)w ¹ (e)	- - - -
	2. Ciudad Madero	Valle de Tampico	12	24.1	788.6	Aw ₀ (e)	- - - -
	3. Tampico	Valle de Tampico	12	24.3	1079.9	Aw ₁ ¹ (e)	E E E E
	4. Ciudad Valles	Valle de Cd. Valles	95	25.3	1053.5	Aw ₀ ¹ (e)	- - - -
	5. Ciudad Mante	Llanura costera nor-oriental	90	24.2	1144.2	Aw(w)(e)	- - - -
SONORA NIKIE	1. Nogales	Sierra de Pinaltos	1120	17.8	430.7	BShkw(x ¹)(e ¹)	- - - -
	2. Caborca	Desierto del Altar	292	22.8	185.8	BWh(h ¹)hw(x ¹)(e)	- - - -
	3. Cananea	Sierra de Cananea	1604	15.2	557.9	C(w ₁)(x ¹)n(e)	- - - -
SINALOA- NAYARIT	1. Mazatlán	Sur de la Llanura Costera del IM	3	24.1	800.3	Aw ₀ (w)(e)	IM W W W
	2. Tepic	Depresión Intermontana	915	20.9	1348.9	(A)C(w ₂)(w) _n (l ¹)	W NW NW NW
	3. Santiago	Valle de Santiago	44	26.4	1178.9	Aw ₁ (w)(l ¹)	- - - -
CAMPECHE- YUCATAN	1. Mérida	Llanura Yucateca	9	26.0	940.0	Aw ₀ ¹ (x ¹)(l ¹) _R	C SE C C
	2. Campeche	Costa norte de Campeche	8	26.1	1016.0	Aw ₀ ¹ (w)(l ¹)	C C C C
	3. Progreso	Costa NNE de Yucatán	2	25.4	469.0	BSh(h ¹)(x ¹) _I	- - - -

CONT. CUADRO III

Regiones de Emisión	Poblaciones Importantes	Localización	Altitud Sobre el Nivel del Mar	Temperatura Media Anual en °C	Precipitación Anual en mm	Clima o climas	Vientos de Superficie			
							ENE	ABR	JUL	OCT
GUERRERO	1. Acapulco	Costa sur de Guerrero	3	27.5	1412.9	$Aw_1''(w)i$	W	SW	SW	W
	2. Tixtla Guerrero	Valle de Chilpancingo	1380	21.8	1024.6	$A(C)w_1(w)ig$	-	-	-	-
	3. Chilpancingo	Valle de Chilpancingo	1360	21.8	820.7	$A(C)w_0''(w)ig$	C	SE	SE	SE
BAJA CALIFORNIA SUR	1. La Paz	Sur de la Vertiente Oriental Californiana	19	24.0	204.6	$BW(h')hw(e)$	NE	NW	SW	S
COLIMA	1. Colima	Valle de Colima	494	24.8	860.6	$Aw_0''(w)i$	-	-	-	-
	2. Atenquique	- - - - -	-	-	-	-	-	-	-	-
	3. Zapotiltic	Valle de Tuxpan	-	-	-	-	-	-	-	-
GENTRO DE OAXACA	1. Oaxaca	Valle de Oaxaca	1563	20.6	654.3	$BS_1 h'(h)w''(w)(i')g$	S	S	W	S
TEPALCATEPEC	1. Apatzingán	Cuenca del Río Tepalcatepec	500	28.3	700.1	$BS_1(h')w(w)(i')g$	-	-	-	-
	2. Lázaro Cárdenas	Costa sur de Michoacán	-	-	-	-	-	-	-	-
ISTMO	1. Salina Cruz	Oriente de la planicie	56	27.2	1041.2	$Aw_0''(w)ig$	N	S	N	N
	2. Juchitán	Costera suroccidental	18	27.6	932.2	$Aw_0''(w)ig$	-	-	-	-
	3. Tonalá	-	55	27.6	1796.1	$Aw_2''(w)ig$	-	-	-	-
CHIAPAS	1. Tuxtla Gutiérrez	Planicie costera ítsmica chiapaneca	536	24.7	948.2	$Aw_0''(w)(i')g$	-	-	-	-

Fuente: 1. Localización de varios autores

2. E. García (1980) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen

3. Soto y Jáuregui (1968) Cartografía de elementos bioclimáticos

4. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Atlas del Agua (1976)

4. ESTUDIO CLIMATICO PARA UNA REGION

Para este capítulo se escogió la región Centro que es la de mayor riesgo de contaminación, con la idea de analizar el clima prevaleciente en ella, con especial referencia a las variaciones diurnas de la temperatura, humedad, precipitación y vientos.

Los rasgos fisiográficos de esta región son particulares, en ella convergen dos de los sistemas montañosos más grandes del país, la sierra Madre Oriental cuyas estribaciones se continúan con la sierra de Pachuca, límite septentrional de la región, y la sierra Volcánica Transversal representada por la sierra Nevada y sierra del Ajusco.

Existen otras serranías menores que limitan la serie de valles que conforman su fisiografía (México, Toluca, Puebla, Tlaxcala) llanuras, cuencas y subcuencas.

La clasificación de Köppen sitúa a la mayor parte del centro del país dentro del grupo de los climas templados lluviosos Cw, este autor basa su clasificación estableciendo como límite térmico las temperaturas medias mensuales del mes más cálido y del mes más frío; en el caso de los climas templados, la temperatura del mes más cálido es superior a 10°C y la del mes más frío entre -3 y 18°C.

En la regionalización hecha por E. García y colaboradores (1983) se tiene que de las 12 regiones en que se ha dividido a México, la región emisora de contaminantes, Centro, se localiza en su mayor parte hacia el sureste de la región climática Centro-sur mostrada en el mapa 2 con el número 5, en la que predominan climas templados, la parte meridional pertenece a la región

climática de la Cuenca del Balsas con clima semicálido y cálido subhúmedo.

Debido a lo accidentado del relieve, como se anotó anteriormente, las altitudes varían de 1 600 a más de 5 000 m, lo que hace variar la temperatura de un lugar a otro, de tal manera que existe variedad de climas que se distribuyen de acuerdo a las características pluviométricas y térmicas dentro de los índices de humedad pertenecientes a los climas semiáridos o áridos BS_1 ; a los templados subhúmedos $C(w)$ con tres grados de humedad de acuerdo con el criterio de García (1981). El subgrupo BS_1 indica el menos seco de los BS.

Los símbolos con los que se designan los tres grados de humedad para los climas templados son: el más seco de los subhúmedos $C(w_0)$; intermedio $C(w_1)$; y el más húmedo de los subhúmedos $C(w_2)$.

También se tienen climas semicálidos $(A)C$, abarcan una mínima parte hacia el sur, y en forma aislada existen climas fríos EF y ET.

Por otra parte en el mapa de climas, se nota que los subhúmedos abarcan el 80 % de la región emisora de contaminantes, éstos se extienden en casi toda la región a excepción de una franja norte-centro, el subtipo templado subhúmedo $C(w_2)$ se localiza en toda la región montañosa del sur, sureste y oeste de la zona en estudio, así como en el valle de Toluca y toda la parte sur del valle de México. Hacia el sur de la región el clima es semicálido con régimen de lluvias intermedio $(A)C(w_1)$, la temperatura media anual es superior a $18^\circ C$, y la del mes más frío entre -3 y $18^\circ C$.

El subtipo templado subhúmedo intermedio $C(w_1)$ y sus variantes se encuentra localizado en dos partes: formando una delgada franja que recorre la región de noroeste a este bordeando al subtipo $C(w_2)$, y otra parte que queda inserta en la zona de climas más subhúmedos; entre los intermedios $A(C)w_1$ y $(A)C(w_1)$ se tiene una faja angosta al sur de la región en donde existe el subtipo semicálido subhúmedo intermedio con lluvias en verano $A(C)w_1''(w)$ en la ciudad de Cuernavaca.

El templado subhúmedo intermedio $C(w_0)$ y sus variantes se halla rodeando al clima semiseco BS_1 , por el norte se extiende desde la sierra de Pachuca y sus estribaciones hasta la ciudad industrial de Tula; al este, sur y oeste forma un corredor que se ensancha ligeramente hacia el oeste para terminar en una faja angosta hacia el noroeste.

El clima semiárido BS_1 predomina en el centro-norte con el subtipo semiárido templado $BS_1k'w''$ en la ciudad de Pachuca, este clima se extiende formando dos lenguas una hacia el sur incluyendo la parte este de la ciudad de México y la otra hacia el oeste; existe una segunda parte al noreste de la región con el mismo subtipo.

En la cima de la Malinche y la sierra Nevada existe clima frío ET con temperatura media anual entre $-2^\circ C$ y $5^\circ C$; la del mes más frío sobre $0^\circ C$ y la del mes más cálido entre 0° y $6.5^\circ C$, el clima muy frío EF tiene temperatura anual menor de $-2^\circ C$ y la del mes más caliente menor de $0^\circ C$ (mapa 16).

La mayor parte de la región se caracteriza por tener verano fresco (b) y sólo una porción al sur, tiene verano cálido (a).

El porcentaje de lluvia invernal para toda la región es menor de 5 %. El norte, noreste, este y sur de la región se caracterizan por la presencia de canícula (w").

La oscilación anual de las temperaturas está entre 5° y 7° C, con poca oscilación (i') principalmente en la parte norte y centro y algunas áreas aisladas del este y oeste. Hacia el sur, sureste y suroeste la oscilación es menor de 5° C, isotermal (i).

La marcha anual de la temperatura es de tipo ganges (g), es decir que la temperatura del mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano.

4.2 Caracterización de condicionantes climáticos para una región.

En esta parte del trabajo se particularizan aquellas áreas que por sus características fisiográficas pueden dar lugar a condiciones adversas en cuanto a los fenómenos meteorológicos y que éstos favorezcan la mayor incidencia en la acumulación de sustancias nocivas en la capa planetaria.

Las condiciones atmosféricas varían según la estación del año; pero también estas variaciones se pueden producir en un mes, una semana o en un día, y dentro de éste en el lapso de las 24 horas, en éstas se presentan cambios en la temperatura, humedad relativa, precipitación y vientos.

Las variaciones diurnas de los elementos indicados son las que determinan las condiciones atmosféricas reales dentro de una área determinada, y la capacidad que éstos pueden tener para

dar lugar a inversiones de temperatura, limpieza de la atmósfera, estabilidad o inestabilidad del aire y desplazamiento de contaminantes.

Temperatura.

Es indispensable conocer las condiciones térmicas diarias de los meses fríos y cálidos ya sean secos o húmedos para que se pueda deducir si en la zona existen inversiones de temperatura que estacionen el aire frío en la superficie y den lugar a la formación de niebla que vuelve más crítica la concentración de emisiones.

Precipitaciones

Las precipitaciones son los agentes más eficaces en la purificación de la atmósfera, limpian el aire de sustancias tóxicas, sólidos y gases (Organización Mundial de la Salud, 1958).

Viento

La importancia del viento radica en dos aspectos, en lo que se refiere a contaminación. La dinámica de este puede ser por advección como agente de transporte de partículas del lugar de origen, al exterior, y como elemento de expansión contribuyendo al movimiento convectivo en forma de turbulencia que permite la dilución en la vertical de los gases emitidos.

La región Centro presenta en sus diversos sectores, características topográficas particulares que dan lugar, como se vió anteriormente, a una variedad de climas, en los cuales el comportamiento de los parámetros es diferente entre el día y la noche.

Para facilitar el análisis de las variaciones diurnas de los elementos climáticos que privan en la región, se seleccionaron cinco observatorios localizados en diferentes rumbos de la región: al norte, Pachuca; al este, Tlaxcala; al sureste, Puebla; al sur Cuernavaca; al oeste Toluca y en el centro, Tacubaya.

NORTE

Temperatura

En Pachuca la temperatura en enero y julio (fig. 1) muestra una variación semejante en los dos meses, la temperatura más baja se presenta de las 6 a las 8 horas, la más alta a las 12, para decrecer levemente de las 16 a las 20 horas. Es obvio que la temperatura de julio es más alta que en enero.

Durante los meses de abril y octubre, la marcha de la temperatura diurna es similar para ambos y se presentan dos máximos de temperatura a las 12 y 16 horas (fig. 2).

Humedad relativa

En la figura 3 aparece la humedad relativa para los meses de enero y julio, en la figura 4 la correspondiente a abril y octubre.

En la primera se nota que el mayor porcentaje de humedad en enero se tiene a las 6 horas (80 %) para decrecer a las 16 horas (30 %) y volver a aumentar a las 20 horas (46 %) desde luego que el mes más húmedo es julio con una variación de 77 % a las 6 horas a 73 % a las 20 horas.

Los meses de abril y octubre (fig. 4) presentan la mis-

ma similitud de porcentajes de humedad durante el día, es mayor a las 6 horas 64 % y 68 % con su mínimo a las 12 horas (35 %) para aumentar nuevamente durante la noche 54 y 64 % respectivamente.

Precipitación

En el periodo de 1961-80 el promedio de lluvia media anual en Pachuca es de 372.1 mm, valor muy bajo pero se debe considerar que la ciudad se localiza en donde predominan los climas semisecos BS, en donde el promedio de lluvia alcanza rangos de 500 a 600 mm.

El régimen de lluvia es de verano éstas se concentran de mayo a octubre, el mes más lluvioso es junio con 75.0 mm y el más seco, diciembre con 7.4 mm. De los 372.1 mm de lluvia que se reciben en Pachuca el 73 % corresponde a la época húmeda y el 27 % a la seca.

Vientos

La figura 5 muestra la intensidad del viento en Pachuca y su variación durante el día y en los meses de enero y julio.

En la gráfica se nota que la intensidad del viento está en relación con las condiciones térmicas diurnas, entre 8° y 10° C, de temperatura, la velocidad del viento en el mes de enero es de 1.5 m/seg, a medida que avanza el día éste aumenta a 4.3 m/seg después de las horas más calurosas; en el mes de julio con temperaturas de 12° a 16° C la velocidad del viento es de 1.3 m/seg, después del medio día éste comienza a aumentar su intensidad hasta alcanzar rachas de 7 m/seg.

En los meses de abril y octubre (fig. 6) la diferencia en la variación es más notable; en abril la velocidad del viento es de 0.8 a 4.5 m/seg y en octubre de 2.0 a 6.3 m/seg. el mes de abril presenta la mayor intensidad a las 18 horas con 6.3 m/seg pero también se tienen rachas de 9 m/seg.

La frecuencia de calmas en los cuatro meses (figs. 7 y 8) es más apreciable en las primeras horas del día de 80 a 95 % para descender casi bruscamente de las 16 a las 18 horas de 10 a 15 % y volver a ascender durante la noche. En julio el porcentaje de calmas es menor que en enero. En abril y octubre se sigue la misma tendencia.

ESTE

Temperatura

La distribución de la temperatura del aire en Tlaxcala, se muestra en la (fig. 9); la marcha diurna en los meses de enero y julio sigue una curva normal que se inicia pocas horas antes de salir el sol, en enero los niveles son inferiores a los 4° C a las 6 horas, pero a medida que el aire se calienta va ascendiendo hasta alcanzar los 21° C a las 16 horas, para después disminuir a medida que se oculta el sol a 6.4° C. En julio la temperatura mínima es de 10.3° C a las 6 horas y la máxima de 22° C a las 14 horas, periodo en el cual la convección local es más intensa.

Durante los meses de abril y octubre (fig. 10), los cambios de temperatura diurna son muy parecidos, no difieren en lo absoluto siguen la misma tendencia de baja, alta y baja temperatura, los rangos oscilan entre 8°, 25° y 12° C respectivamente.

Humedad relativa

Comparando las gráficas de temperatura y humedad para los meses de enero y julio, en Tlaxcala se puede observar que por la mañana cuando se presentan las horas más frías, el porcentaje de humedad es alto en ambos casos, al aumentar la temperatura se abate la humedad y en el mes de enero el porcentaje más bajo se tiene a las 14 y 16 horas, 48 %, y en el mes de julio a las 12 horas, 60 % (fig. 11).

En los meses de abril y octubre la irregularidad que presenta la humedad en las diferentes horas del día se puede apreciar en la fig. 12, en la que se tiene que en el mes de abril la humedad se mantiene por arriba de la del mes de octubre hasta las 16 horas, a partir de esta hora pasa lo contrario, la humedad relativa de octubre se encuentra por encima de la de abril, la menor humedad relativa de octubre se registra a las 12 horas (46 %).

Precipitación

La situación de Tlaxcala dentro de los climas templados intermedios hacen que la precipitación media anual sea superior a la que se tiene al norte de la región (Pachuca), la cantidad de lluvia media anual es de 804.8 mm y el 84 % del agua precipitada corresponde a los meses de mayo a septiembre, el 16 % a los otros meses del año.

Las lluvias se concentran de mayo a octubre, el mes más lluvioso se presenta a mediados del verano con 166.4 mm y el más seco en la mitad de la estación invernal.

Vientos

En la fig. 13 se aprecia la intensidad que tienen los vientos a lo largo de las 24 horas; en el mes de enero hace suponer que se trata de vientos débiles, en las primeras horas de sol, para luego aumentar su velocidad de las 14 a las 18 horas y disminuir su energía después de la ocultación del Sol.

En el mes de julio los vientos son débiles todo el día a excepción de un ligero aumento en su intensidad a las 18 horas, 2.5 m/seg, y a las 24 horas, 2.6 m/seg.

La figura 14 muestra cómo el viento en el mes de abril presenta tendencia a elevar y disminuir su intensidad, comienza con vientos de 1 m/seg hasta llegar a 2.8 m/seg a las 14 horas, después disminuye y nuevamente aumenta su intensidad a las 18 y 20 horas.

Los vientos del mes de octubre aparecen como una curva uniforme con una tendencia a aumentar después de las horas calurosas del día.

Las diferencias en la frecuencia de calmas que se observan en la fig. 15 para los meses de enero y julio, están determinadas por la mayor o menor intensidad de los vientos que soplan las 24 horas del día; es así como en el mes de enero el porcentaje de calmas es notable a las 6 de la mañana (78 %) y baja considerablemente a las 10 horas para reducirse a 0 en las horas en que aumenta la intensidad del viento, en la noche cuando el viento disminuye las calmas aumentan a 74 %.

En el mes de julio el fenómeno es distinto, las calmas varían en forma caprichosa a lo largo del día con un alto porcen

taje; en la mañana 77 %, al medio día no llegan a 0, aumentan en la tarde y noche y experimentan un brusco descenso a las 22 horas, para aumentar nuevamente sin llegar a niveles muy altos como en el caso de enero.

Las calmas en el mes de abril (fig. 16) permiten observar que la distribución que siguen en las distintas horas del día, está en relación con la intensidad del viento para ese mes.

En octubre, al inicio de las primeras horas, el porcentaje de frecuencias de calmas es bajo y sigue disminuyendo al medio día para aumentar en las horas vespertinas y nocturnas con valores más altos que en la mañana.

SURESTE

Temperatura

La distribución de la temperatura diaria en Puebla, durante los meses de enero y julio (fig. 17) es semejante; en la curva térmica la distancia entre ambas es corta y las horas en que se presenta el mayor enfriamiento del aire se tiene entre las 6 y las 8 de la mañana y el máximo de calor a las 14 horas, aunque las temperaturas de julio están por arriba de las de enero, tanto en el periodo de enfriamiento como en el de calentamiento.

En los meses de abril y octubre (fig. 18) se presenta el mismo caso, la marcha de la temperatura es igual para los dos meses, con temperaturas bajas en las primeras horas del día y un máximo de calor a las 14 horas para descender nuevamente durante la noche.

Humedad relativa.

En la gráfica de humedad relativa (fig.19), es poco notoria la diferencia que hay entre el mes de enero y julio, aunque existe una ligera excepción a las 12 horas en la que el porcentaje de humedad es de 55 % en enero y 60 % en julio.

En abril y octubre los cambios de humedad durante el día son más perceptibles (fig. 20), en abril la humedad del aire alcanza valores altos, 83 % por la mañana para descender a 38 % a las 14 horas, en cambio para el mes de octubre este descenso de humedad es paulatino formando una curva normal de 89, 52 y 80 %.

Precipitación.

En la ciudad de Puebla las lluvias más abundantes se registran en el verano, éstas se producen por la acción de los vientos alisios cargados de humedad combinados con fenómenos de convección local (L. Fuentes Aguilar, 1972).

La precipitación media anual en Puebla es de 815.8 mm, de éstos el 82 % corresponde a los meses de mayor precipitación, junio-octubre, y el 18 % a los otros meses. El mes más lluvioso es agosto, 152.0 mm, y el más seco febrero con 3.9 mm.

Vientos

Los vientos dominantes en enero y julio (fig. 21) son de poca intensidad y no hay diferencia marcada entre uno y otro, los valores varían de 1 a 2.0 m/seg; en julio el viento es más intenso que en enero y se tiene la mayor intensidad a las 18 horas.

La misma dinámica se percibe en los meses de abril y octubre, calmas de las 6 a las 10 horas, seguidos de vientos moderados de las 14 a las 18 horas (fig. 22).

A pesar de que las gráficas de vientos no presentan rachas, éste es lo suficientemente turbulento como para anular la presencia de calmas en las horas más calurosas del día, de manera que en el mes de julio (fig. 23) el comportamiento de las calmas durante las 24 horas es parecido o casi igual que en los meses de abril y octubre (fig. 24). En cambio en el mes de enero se presenta un brusco descenso de calmas a las 22 horas. Tentativamente se piensa que tenga su origen en una perturbación atmosférica.

SUR

Temperatura

Las temperaturas de la ciudad de Cuernavaca difieren de las del resto de la región por ser más altas debido a que se tiene clima semicálido.

La variación diurna para los meses de enero y julio (fig. 25) es muy parecida, siguen la misma curva; las horas más frescas se tienen de las 6 a las 8 de la mañana y las más cálidas de 14 a 16 horas.

En los meses de abril y octubre (fig. 26) el caso es diferente, en las primeras horas del día la temperatura se mantiene igual para los dos meses, pero de las 10 a las 18 horas comienza a ascender de 25° a 30° C en el mes de abril para luego descender en forma paralela a las temperaturas de octubre.

Humedad relativa

La humedad del aire en Cuernavaca durante los meses de enero y julio (fig. 27), presenta una variación diferente, para el mes de enero los porcentajes son de 72 en las horas más húmedas 6 de la mañana, para decrecer a 42 % después del medio día y ascender durante la noche. En el mes de julio la humedad se mantiene con valores más altos que en enero, el porcentaje más bajo se tiene a las 12 horas (66 %).

Por falta de datos para el mes de abril en la fig. 28, sólo se tiene la humedad correspondiente al mes de octubre y se observa que sigue el mismo patrón de variación, mantenerse alta en las primeras horas del día para disminuir al medio día y aumentar a las 20 horas.

Precipitación

En la ciudad de Cuernavaca el promedio de lluvia media anual es de 1378.2 mm, cifra superior a la del resto de la región, el régimen de lluvia es de verano y el mayor porcentaje de éstas corresponde a los meses de junio-octubre 97 %, el 3 % a los meses restantes. El mes más lluvioso es agosto con 310.2 mm y el mes más seco febrero 4.3 mm.

Esta parte de la región Centro es lluviosa debido a que la ciudad de Cuernavaca se encuentra en la ladera sur de la sierra de Chichinautzin en la que se registran las precipitaciones más altas del estado de Morelos 1 000 a 1 200 mm anuales (R. Vidal 1980).

Viento

En la ciudad de Cuernavaca, durante el día soplan vientos

débiles de 2 a 3 m/seg sobre todo en el mes de enero, para el mes de julio hasta las 16 horas se tienen vientos débiles, que aumentan su intensidad a las 18 horas (fig. 29).

Los vientos del mes de abril presentan 2 horas de mayor intensidad una a las 10 horas y otra a las 16 horas de 3 a 3.5 m/seg. En cambio en octubre el viento tiene casi la misma velocidad durante el día a excepción de las 14 horas en que sube ligeramente de 2.5 a 2.8 m/seg para bajar notablemente de las 18 a las 20 horas a 1.5 m/seg. (fig. 30).

La variación de la frecuencia de calmas en el mes de enero (fig. 31) es poco notable, los porcentajes se mantienen bajos durante las 24 horas del día, el máximo se presenta a las 6 horas con 20 %.

El mayor porcentaje de calmas en julio se tiene de las 6 a las 8 horas y baja en forma sorprendente a las 20 horas.

La forma de variación del porcentaje de calmas para los meses de abril y octubre es distinta, mientras en abril el porcentaje es alto a las 8 horas y baja a 0 en las horas siguientes para subir ligeramente en la tarde y noche, en octubre las calmas mantienen un porcentaje muy bajo que no presenta grandes modificaciones, incluso llega a 0 de las 12 a las 14 horas (fig. 32).

OESTE

Temperatura

Los cambios de temperatura del aire diurno en Toluca durante los meses de enero y julio se aprecian en la gráfica 33.

En ésta, la hora que registra la más alta temperatura corresponde a las 14 horas, la amplitud entre la máxima y la mínima es de 17° C, lo que demuestra la variación diurna tan marcada que se puede presentar en un mes frío y seco.

En el mes de julio se sigue la misma disposición hacia las altas temperaturas a las 15 horas 21° C, aquí las mínimas también son considerables, aunque sin llegar a los 0° C.

En la figura 34 se muestran las variaciones térmicas para los meses de abril y octubre, éstas son muy similares, tienen una máxima a las 14 horas y una mínima a las 6 de la mañana 5° y 4° C respectivamente. De los cinco observatorios analizados, éste es el que presenta los cambios térmicos más drásticos en un lapso de 24 horas.

Humedad relativa

La humedad del aire en enero a las 6 de la mañana es mayor que la registrada en julio (fig. 35) pero a medida que avanza el día, decrece hasta colocarse a un nivel inferior a la de julio. De tal suerte que la humedad presenta la misma propensión de aumentar en los extremos del día y disminuir en las horas intermedias.

En abril y octubre se nota una similitud en las curvas que forman los cambios de humedad, tanto en el mes de abril como en julio la humedad más baja es a las 14 horas (35 %).

Los valores de humedad para cada hora se aprecian más altos en octubre (fig. 36).

Precipitación

En Toluca se tienen precipitaciones de 981.4 mm anuales y las isoyetas que pasan por el lugar marcan rangos de 800 a 900 mm. Las lluvias se concentran en el mismo periodo que en los casos anteriores, mayo-octubre, temporada en la que se presenta más del 70 % de la precipitación total. El mes más lluvioso es agosto, con 163.6 mm, y el mes más seco es febrero, con 6.1 mm.

Toluca es la que recibe una de las mayores cantidades de lluvia después de Cuernavaca. Sin embargo, comparando los valores entre la lluvia que recibe el valle de Toluca con la que cae en otras regiones del estado de México, ésta resulta con valores medios.

Vientos

El dinamismo de los vientos de superficie que soplan en Toluca diariamente en el mes de enero es diferente a la dinámica del viento en el mes de julio; en el primer mes, a las 6 de la mañana el viento es nulo, comienza a soplar en las horas siguientes con poca intensidad, 1.5 m/seg, a las 12 horas decrece la velocidad y asciende más tarde a 2.3 m/seg para descender en las horas siguientes.

El viento diurno que sopla en el mes de julio se manifiesta con intensidades irregulares de 1 m/seg seguido de un periodo corto de calmas para después aumentar a 2.3 m/seg (fig. 37).

La distribución de las intensidades del viento en las 24 horas del día en abril aparece en la figura 38, con un ascenso uniforme, paralelo a la velocidad que se aprecia en el mes de octubre; las horas en que sopla el viento con mayor intensidad coinciden en

los dos meses, 16 horas, 2.3 y 3.6 m/seg respectivamente.

En la gráfica de frecuencia de calmas fig. 39 así como en los casos anteriormente analizados, se observa la misma secuencia de conservar valores altos en la mañana, para sufrir un descenso al medio día y experimentar un nuevo ascenso en la noche, la única diferencia entre los meses de enero y julio estriba en la hora del descenso que en enero es a las 16 horas, 24 % y en julio a las 14 horas, 16 %.

Existe la misma semejanza en los meses de abril y octubre únicamente que a partir de las 10 horas la frecuencia de calmas en abril sufre un descenso mayor que en las de octubre (fig. 40).

CENTRO

Temperatura

La temperatura diurna en Tacubaya sigue una variación muy semejante en los meses de enero y julio (fig. 41), la amplitud entre una curva y otra se manifiesta en las primeras 10 horas del día, después del medio día es igual para un mes y otro con un máximo de calor a las 16 horas en enero y 14 horas en julio.

En los meses de abril y octubre las curvas térmicas son iguales a los meses anteriores, la temperatura más alta en el mes de abril es a las 14 horas y en el de octubre a las 16 horas (fig. 42).

Humedad relativa

Para los meses de enero y julio el porcentaje más alto

de humedad se presenta a las 6 horas, comienza a descender a las 8 horas y su mínimo es a las 16 horas en enero y a las 14 horas en julio. La humedad del aire en julio se mantiene por arriba de la de enero con una amplitud de 12 % (fig. 43).

Los meses de abril y octubre prosiguen una curva casi igual con una ligera separación de 16 a 20 horas, el mayor descenso de humedad en los dos meses es a las 14 horas (fig. 44).

Precipitación

El régimen de lluvia es de verano y el periodo lluvioso de mayo a octubre. Una de las características de la ciudad es el aumento de lluvia en relación con las áreas rurales vecinas (E. Jáuregui, 1974).

La precipitación anual es de 810.1 mm. Las máximas precipitaciones se localizan al sur y oeste del centro de la capital, éstas decrecen hacia la periferia (Op. cit. 1974).

El análisis de las gráficas de temperatura, humedad e intensidad del viento, es con el propósito de tener una idea de la variación diurna de estos parámetros que en una u otra forma intervienen en el fenómeno contaminante.

Las variaciones diurnas de estos elementos están relacionadas con los niveles de concentración de contaminantes, dependiendo del periodo del día en que tengan lugar. Es así como se pueden determinar las horas en que el aire estratificado es más frecuente (horas negativas) y se consideran como de mayor riesgo de concentración de contaminantes.

El periodo del día en que las concentraciones decrecen

(horas positivas) está en relación con las altas temperaturas, baja humedad e intensidad del viento.

Comparando las gráficas de temperatura y viento, se nota que existe relación entre el gradiente vertical de la temperatura y la intensidad del viento. Cuando las temperaturas son bajas existe un periodo de calmas que generalmente se presenta de las 6 a las 8 de la mañana. De las 12 a las 14 horas las temperaturas alcanzan su máximo, el viento adquiere mayor velocidad y forma corrientes convectivas ascendentes.

Las gráficas de humedad, muestran la variación de éstas en las diferentes horas del día, notándose que la mayor cuantía se tiene en los extremos del día para abatirse en las horas intermedias.

La cantidad de humedad diurna, contenida en el aire contaminado, es importante porque junto con las partículas de polvo en suspensión forman núcleos de condensación y pueden dar lugar a lluvias.

Estabilidad de la atmósfera

La estabilidad e inestabilidad del aire es de suma importancia en una atmósfera contaminada, porque de ello depende que las sustancias tóxicas arrojadas al aire urbano, produzcan efectos de estancamiento o difusión de los contaminantes.

Para tal efecto Pasquill (1961) ha establecido seis categorías de estabilidad del aire, y para diferenciarlas utiliza los índices A, B, C, D, E y F. Las clases de estabilidad están basadas en la velocidad del aire superficial, en la cantidad de radiación solar y en la nubosidad.

El índice A indica una atmósfera muy inestable, el B inestabilidad moderada, C ligeramente inestable, D neutro, E ligeramente estable y F la más estable.

De acuerdo con el criterio de este autor, las categorías de estabilidad que se dan en la región Centro, debido a que siguieron el mismo mecanismo de acción en los diferentes sectores, sólo se ejemplifican en el cuadro IV en el cual se dan las clases de estabilidad del aire en Pachuca, Hgo.

En el cuadro IV se aprecia que en un mes frío y seco (enero) el comportamiento del aire muestra que la categoría E se mantiene con alto porcentaje, 87 %, cuando la radiación es ligera a temprana hora de la mañana y durante la noche, hacia el medio día se registra la mayor frecuencia de inestabilidad moderada, 62 % (B), los movimientos convectivos turbulentos del aire aumentan en las horas con mayor radiación (A), la categoría C alcanza un máximo valor en la tarde 16 a 18 horas, y la estabilidad es neutral (D) entre las 9 y 10 de la mañana, la clase F generalmente se da en la noche.

Durante las 24 horas del día se tienen fluctuaciones del aire superficial que están condicionadas por la intensidad de la radiación solar. En un mes cálido y seco (abril), las corrientes convectivas producen una mayor frecuencia de inestabilidad moderada, 52 % (B).

El aire ligeramente inestable (C) ocupa un porcentaje elevado después del medio día, 48 y 61 %, de las 14 a las 18 horas.

Por lo que respecta a la estabilidad, esta es más frecuen-

te de las 6 a las 8 de la mañana 92 % y de las 19 a las 24 horas 52 %.

El mes de julio es húmedo y la nubosidad es constante. En la tabla (IV) se observa que existe al medio día una misma frecuencia para las categorías A y B 31 %, en cambio la clase C presenta valores mayores, 38 %, éstos aumentan al caer la tarde 78 %, la situación neutral alta permanece en tres periodos del día de 9 a 10 de la mañana, después del medio día y en la noche.

Para el mes de octubre la categoría A sube a su máximo 32 % de las 14 a las 16 horas, pero el aire moderadamente estable (B) se coloca sobre este valor al medio día, 60 %. La inestabilidad ligera se incrementa en las horas vespertinas. La clase neutral sigue la misma tendencia que en los otros meses y la E y F se suceden en los extremos del día, mañana y noche, cuando las condiciones dan lugar a capas de aire estable.

Seinfeld, 1978, señala que durante la noche, el aire se estratifica de manera estable debido a que el suelo está más frío que el aire, produciéndose de esta manera una inversión térmica, en donde una capa de aire caliente se sitúa por encima de una capa de aire frío y éste queda atrapado.

Un mecanismo que detiene los movimientos convectivos del aire es la inversión térmica, cuando se produce este fenómeno en una ciudad contaminada, la capa de aire frío acumula una gran cantidad de agentes contaminantes (Macdemontt, 1961).

Circulación del aire superficial diurno.

La región Centro también se puede definir como la de los

valles del centro, que se caracterizan porque el aire superficial tiene dos componentes: la proximidad de las elevaciones montañosas que lo rodean o que flanquean uno de sus lados, originan corrientes advectivas locales que debido a las diferencias de temperatura y presión dan lugar a vientos anabáticos (de valle) en el día y catabáticos (de montaña) en la noche.

Los mapas 17, 18, 19 y 20 muestran las rosas de vientos que señalan la circulación del aire superficial y tratan de establecer la frecuencia con que soplan los vientos en una dirección determinada, para los meses de enero y abril (época seca) y julio y octubre (época húmeda) en las horas consideradas como negativas 6 a 8 y positivas 12 a 14.

En la ciudad de Pachuca en el mes de enero de las 6 a las 9 horas el viento sopla del noreste y de las 15 a las 17 es del oeste, en las horas siguientes predominan los vientos locales catabáticos que fluyen de la montaña.

El sentido que siguen los vientos en el mes de abril para las horas mencionadas es del noreste, las intensidades para los dos meses son de 1 a 4 m/seg.

Los meses lluviosos de julio y octubre presentan mayor frecuencia de vientos procedentes del noreste, la velocidad para ambos es de 1 a 4 m/seg.

Para Tlaxcala las rosas de vientos de las 6 a las 8 horas presentan la misma dirección, del noreste en los cuatro meses estudiados, con vientos débiles de 2 m/seg.

En la época seca la circulación del aire en las horas

más cálidas es del sur y sureste en enero, y del sureste en abril.

Durante la temporada lluviosa, julio y octubre, es notable la frecuencia de los vientos del noreste que vienen reforzados por los vientos alisios del verano tanto en la mañana como al medio día, a esta hora convergen con los vientos procedentes del sureste. La intensidad promedio es de 2 a 4 m/seg.

En el valle de Puebla por la mañana durante la temporada seca y húmeda, el flujo de aire diurno que domina en ese periodo del día procede del mismo cuadrante pero con dos direcciones, norte y noreste, son vientos muy débiles de 1 m/seg.

Generalmente, en las horas de mayor convección local en los meses de enero, abril, julio y octubre, el viento superficial sigue tres direcciones constantes: sur, sureste y suroeste; la máxima frecuencia la presenta el viento del sureste y algo más intenso que los del norte y noreste.

De las 6 a las 8 horas, en los meses de enero, julio y octubre, la ciudad de Cuernavaca recibe corrientes de aire más frecuentemente del noroeste, descienden de la zona montañosa, otros vientos de la montaña son los que soplan del norte, pero en menor escala, las intensidades son de 2 a 3 m/seg. En el mes de abril la mayor frecuencia corresponde al viento del norte, 2 m/seg.

El viento de las 12 a las 14 horas para los mismos meses, sopla constantemente del sur y alcanza su máxima frecuencia en enero, es de la misma intensidad que los vientos del norte y noroeste.

Para estas horas el mes de abril es la excepción, la di-

rección más constante del viento es del sureste con 3 m/seg.

En el valle de Toluca, el viento superficial diurno de las 6 a las 8 de la mañana es muy débil en los cuatro meses estudiados, sopla de diferentes direcciones; sin embargo en el mes de octubre el viento del sur trae una velocidad de 5 m/seg.

Al medio día en el mes de enero se tienen vientos fríos de la montaña procedentes del sureste y vientos que soplan del noreste; en abril siguen predominando los vientos del suroeste aunados a los del norte; en julio la dirección es del noreste y sureste y en octubre soplan del norte a velocidades de 1 a 2 m/seg.

En el centro de la región, el viento superficial de las 14 horas es generalmente de norte a sur inducido por los vientos de valle (E. Jáuregui, 1978) con velocidades de 2 a 4 m/seg.

La circulación de los vientos superficiales es importante, porque de la frecuencia y velocidad con que soplen en una región, depende la eficacia de la difusión de los contaminantes, aunque esto se da también en razón de la topografía.

La región Centro, es accidentada y existen valles profundos en donde el relieve es un factor que limita en parte el barrido de los contaminantes hacia el exterior, la presencia de elevaciones montañosas de gran altura sobre todo en el valle de México, hacen desviar los vientos, lo que impide la eficacia de la dispersión.

La dinámica del viento en toda la región es diferente para cada uno de los meses estudiados, los vientos más intensos se tienen en el mes de abril y los menos intensos en julio, el nor

este es el sector que presenta las mayores intensidades, de 3 a 6 m/seg, pero son vientos poco frecuentes.

De tal manera que las propiedades de difusión no son comunes para toda la región, ni los contaminantes son dispersados hacia un mismo lugar.

En la parte sureste los vientos más frecuentes de las 12 a las 14 horas son del sur y sureste, por lo que existe la posibilidad de que los contaminantes emitidos durante el día en el sureste de la región sean dispersados hacia el norte, así también las emisiones producidas por fuentes situadas al noreste de la región, expuestas a vientos del noreste se difundan hacia el oeste. Aunque también se tiene la influencia de los vientos locales anabáticos y catabáticos.

En estudios posteriores se dará más detalle sobre estos aspectos, situando las regiones en donde es necesaria una cuantificación minuciosa de las fuentes diversas.

CUADRO IV

FRECUENCIA DE CATEGORIAS DE ESTABILIDAD EN PACHUCA, HGO.
1979 - 1980

Horas	E N E R O						A B R I L					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
6 a 8	-	-	5	-	87	8	-	-	4	1	92	3
9 a 10	-	8	2	90	-	-	-	5	1	94	-	-
11 a 13	17	62	21	-	-	-	20	52	28	-	-	-
14 a 15	19	29	42	10	-	-	8	23	48	21	-	-
16 a 18	-	5	47	3	35	10	-	5	61	8	25	-
19 a 24	-	-	-	-	46	43	-	-	-	30	52	18

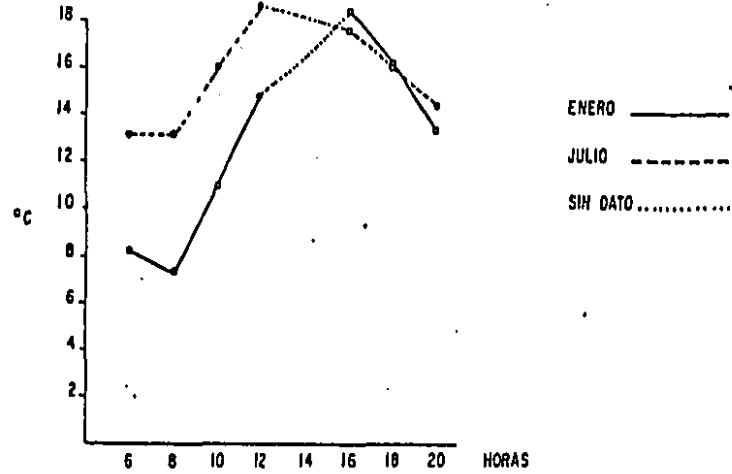
Horas	J U L I O						O C T U B R E					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
6 a 8	-	-	13	-	80	-	-	-	5	-	88	6
9 a 10	7	14	5	73	-	-	5	3	2	90	-	-
11 a 13	31	31	38	-	-	-	25	60	14	-	-	-
14 a 15	3	15	33	48	-	-	32	25	38	5	-	-
16 a 18	-	3	78	8	11	-	-	2	57	5	35	-
19 a 24	-	-	-	45	45	10	-	-	-	29	36	35

Pasquill (1961)

1979-80

PACHUCA, HGO

FIG. 1. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA



1979-80

PACHUCA, HGO.

FIG. 2. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA

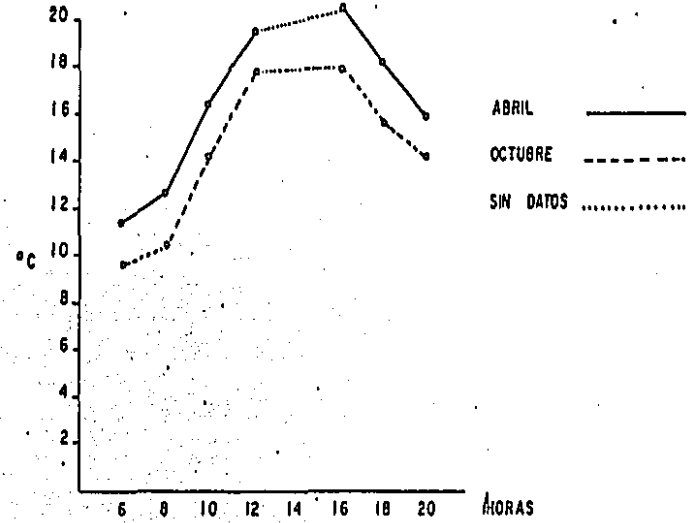


FIG. 3. VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA

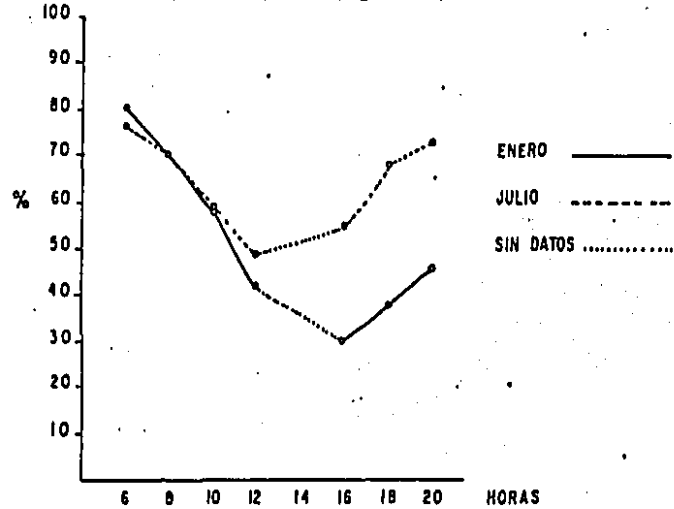
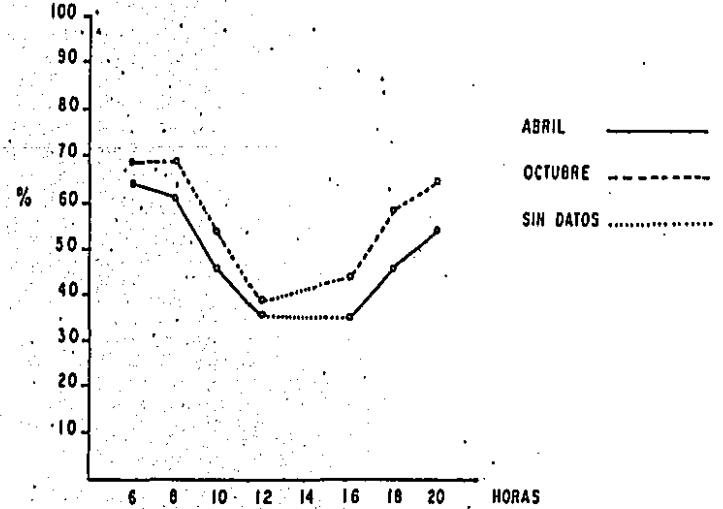


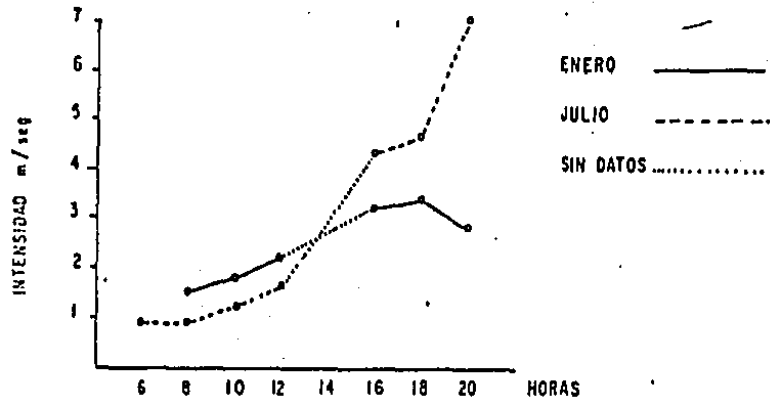
FIG. 4. VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA



PACHUCA, HGO.

1979 - 80

FIG. 5. VARIACION DIURNA DEL VIENTO



PACHUCA, HGO.

1979 - 80

FIG. 6. VARIACION DIURNA DEL VIENTO

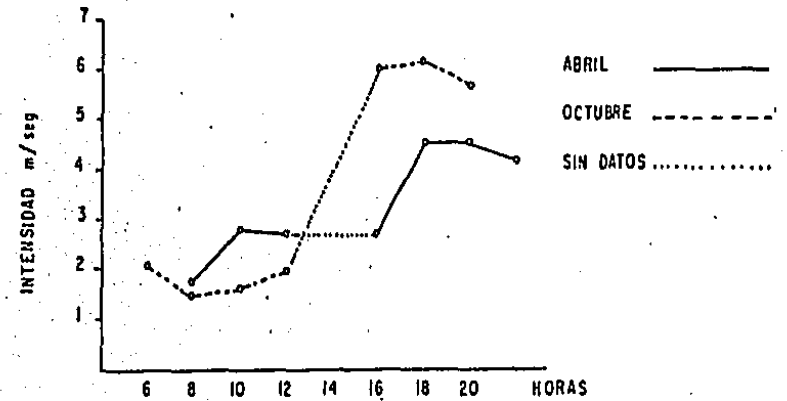


FIG. 7. VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS

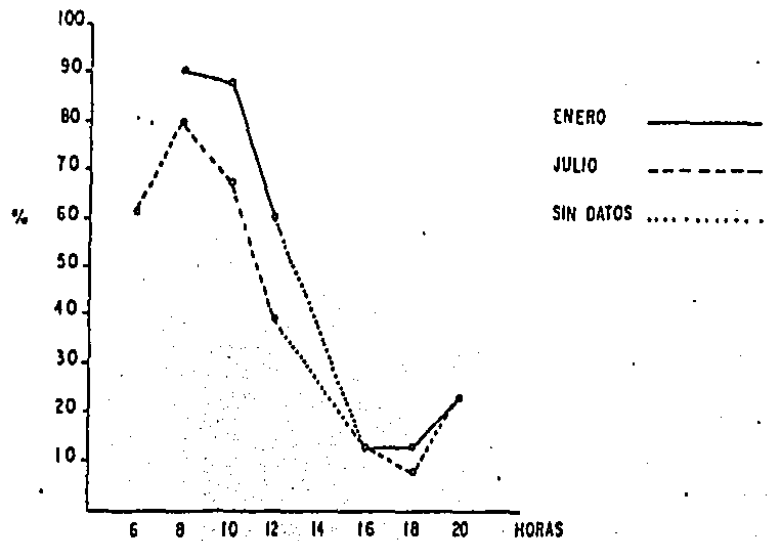
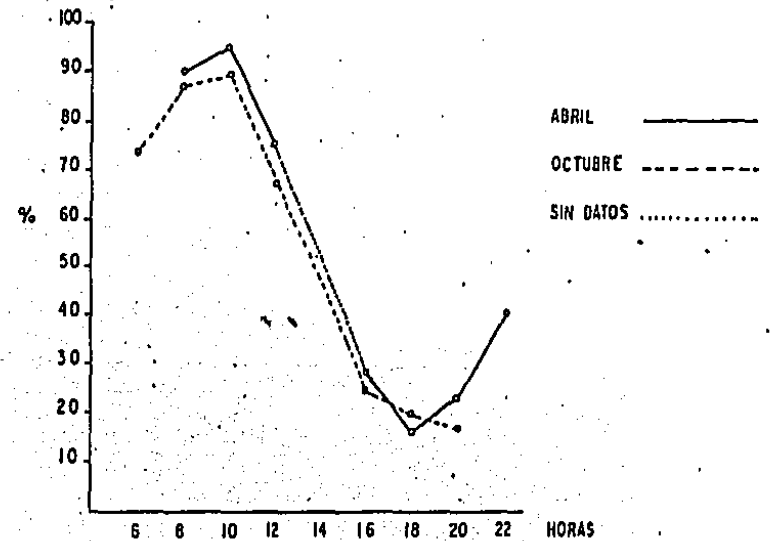


FIG. 8. VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS



TLAXCALA, TLAX.

1979 - 80

FIG. 9. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA

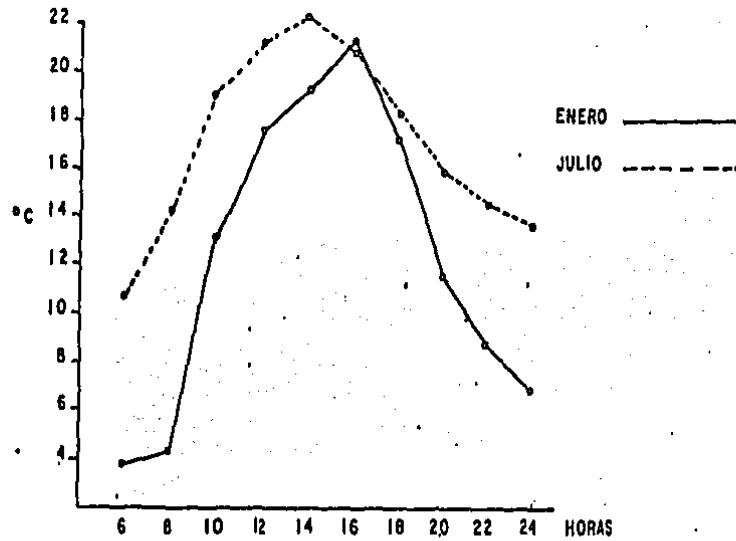
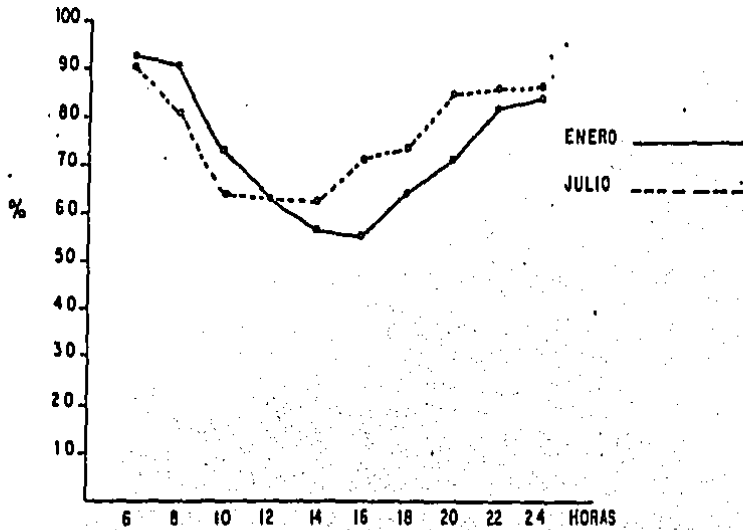


FIG. 11. VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA



TLAXCALA, TLAX.

1970 - 80

FIG. 10. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA

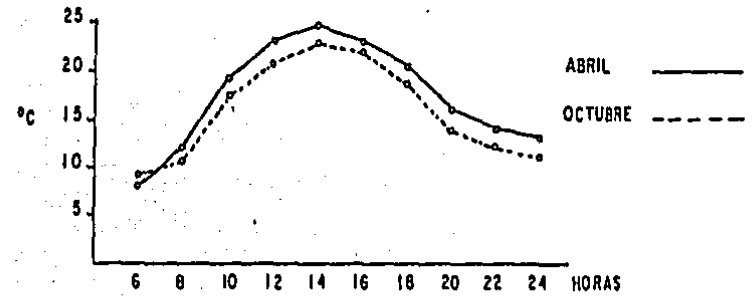
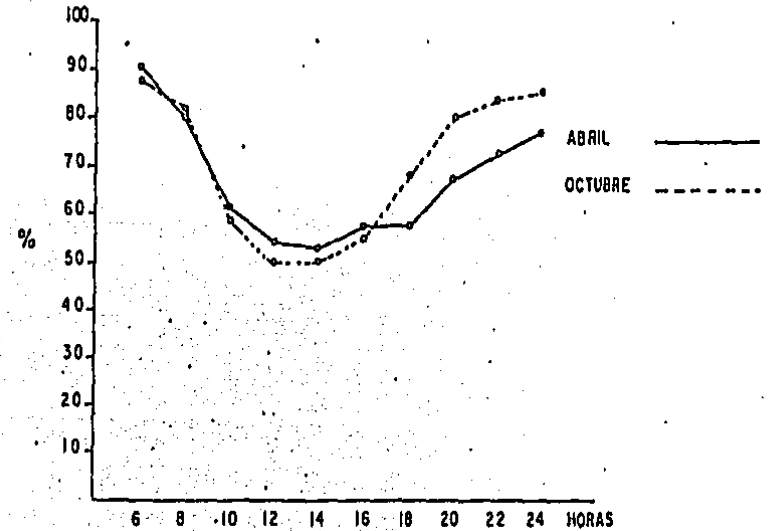


FIG. 12. VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA



TLAXCALA, TLAX.

FIG. 13. VARIACION DIURNA DEL VIENTO

1979 - 80



TLAXCALA, TLAX.

FIG. 14. VARIACION DIURNA DEL VIENTO.

1979 - 80



FIG. 15. VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS

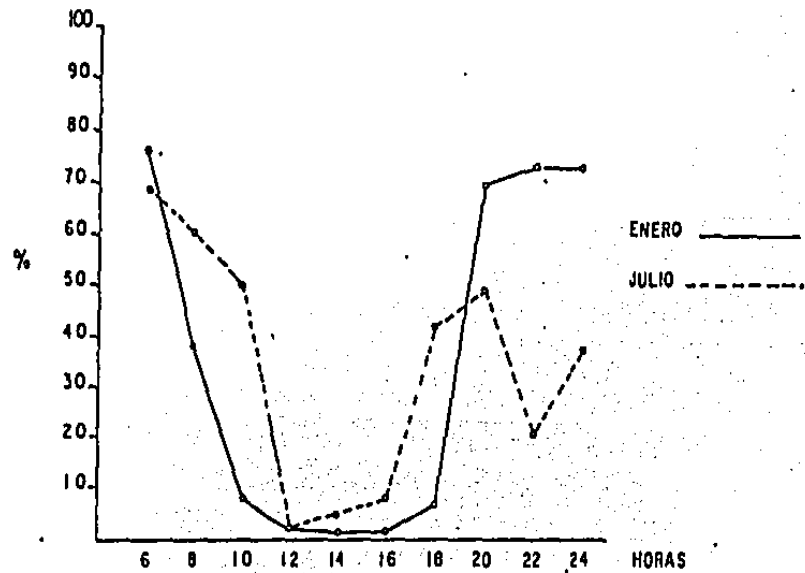
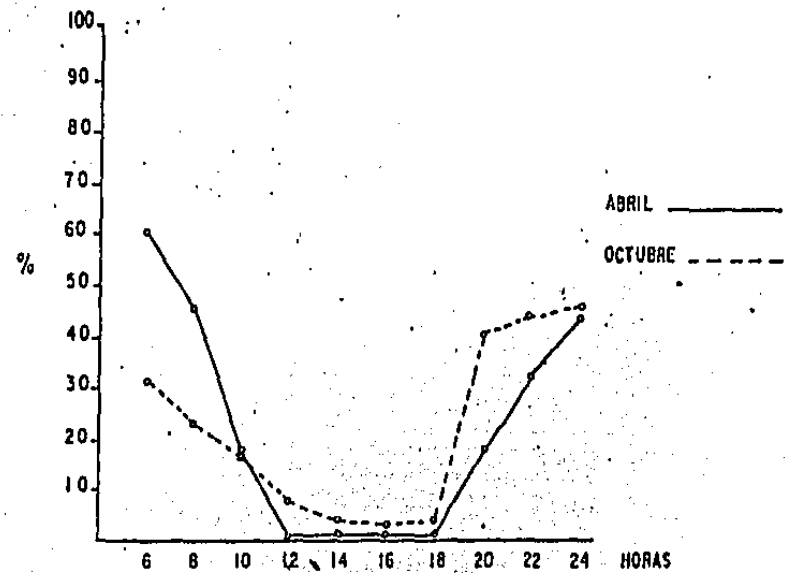
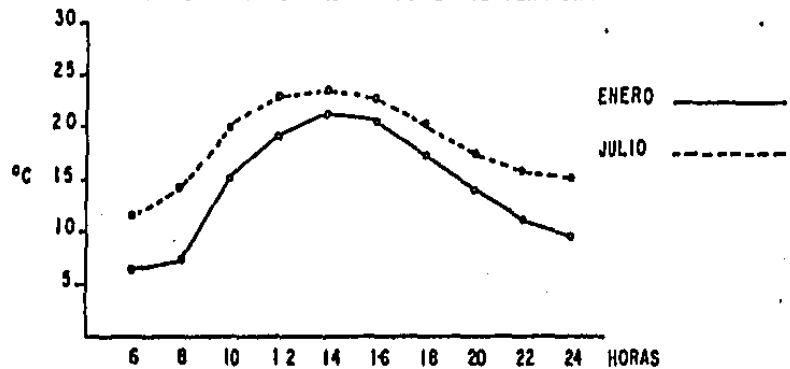


FIG. 16. VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS



1979 - 80

FIG. 17. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA



1979 - 80

FIG. 18. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA



FIG. 19. VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA

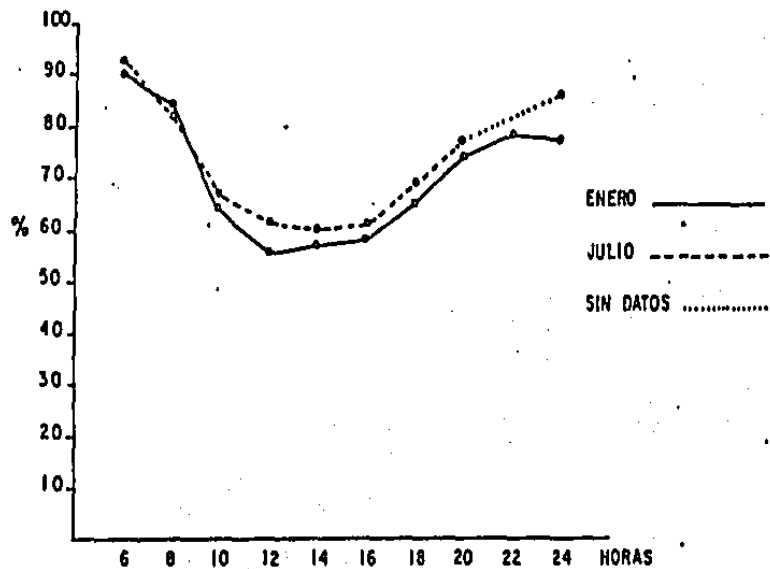
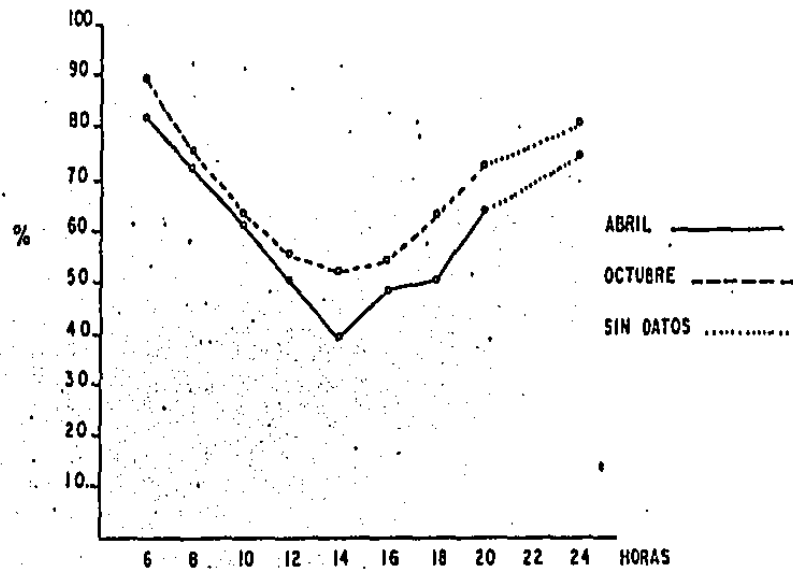


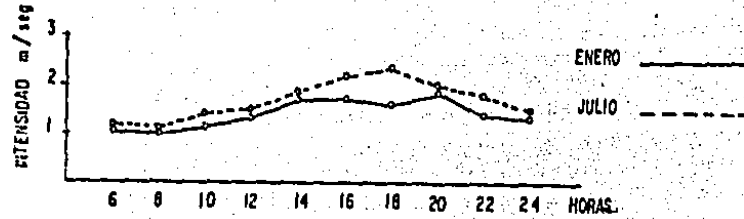
FIG. 20. VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA



PUEBLA, PUE.

1979-80

FIG. 21 VARIACION DIURNA DEL VIENTO



PUEBLA, PUE.

1979-80

FIG. 22 VARIACION DIURNA DEL VIENTO

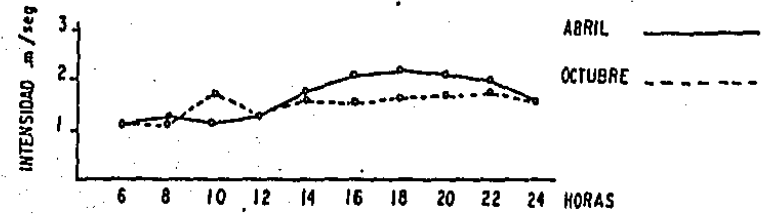


FIG. 23. VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS

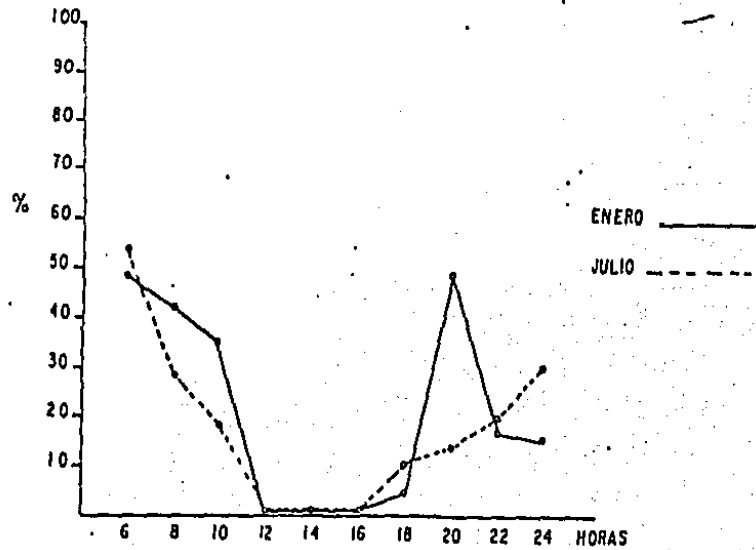
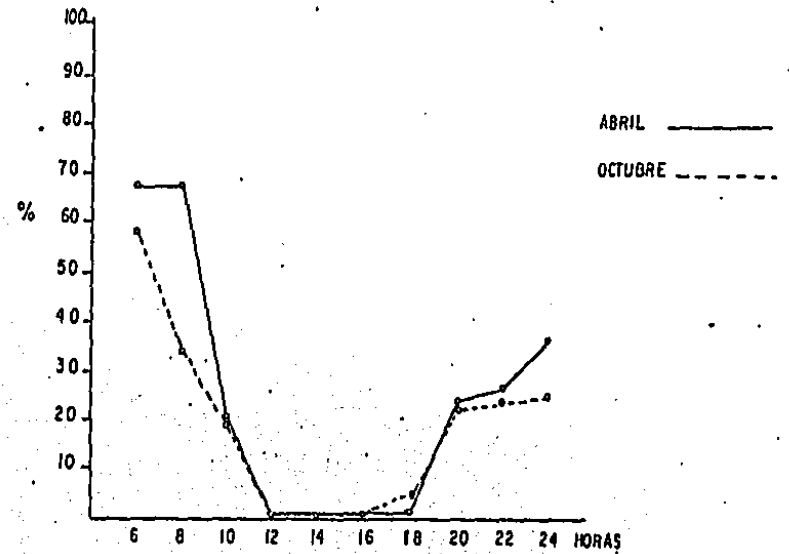


FIG. 24 VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS



CUERNAVACA, MOR.

FIG. 25. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA

1980 - 81

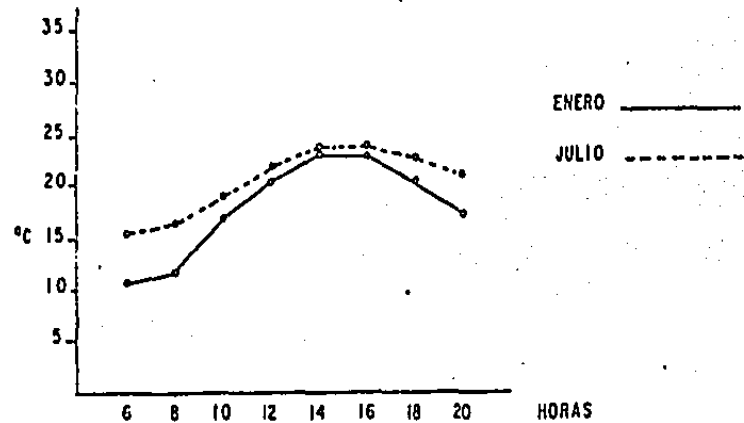
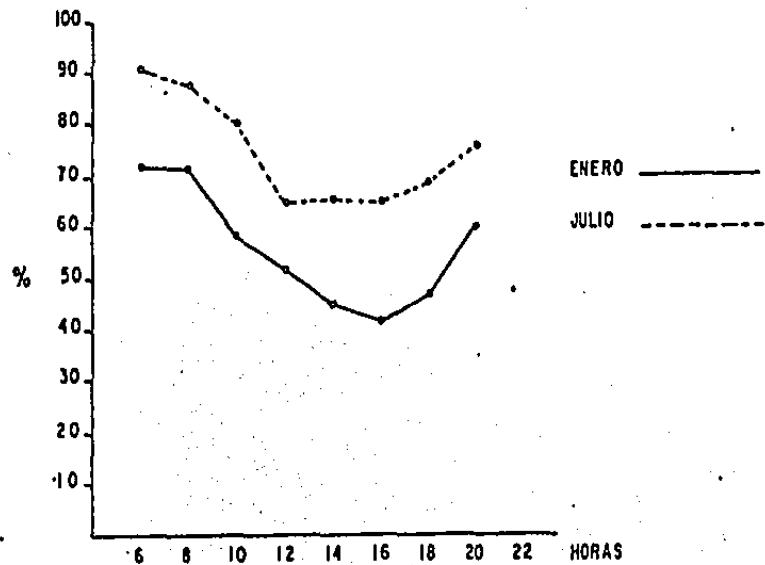


FIG. 27. VARIACION DIURNA DE LA HUMEDA RELATIVA



CUERNAVACA, MOR.

FIG. 26. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA

1980 - 81

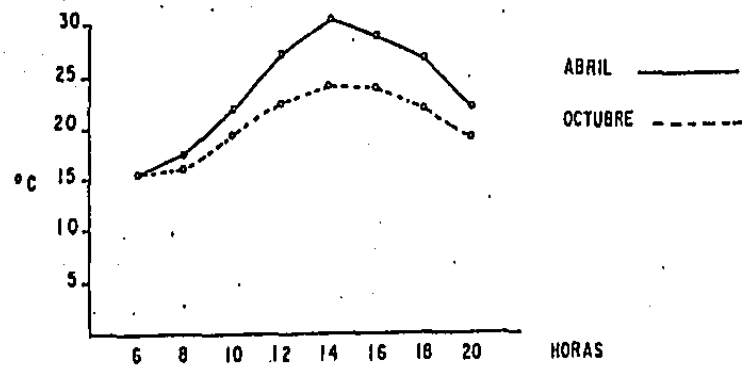
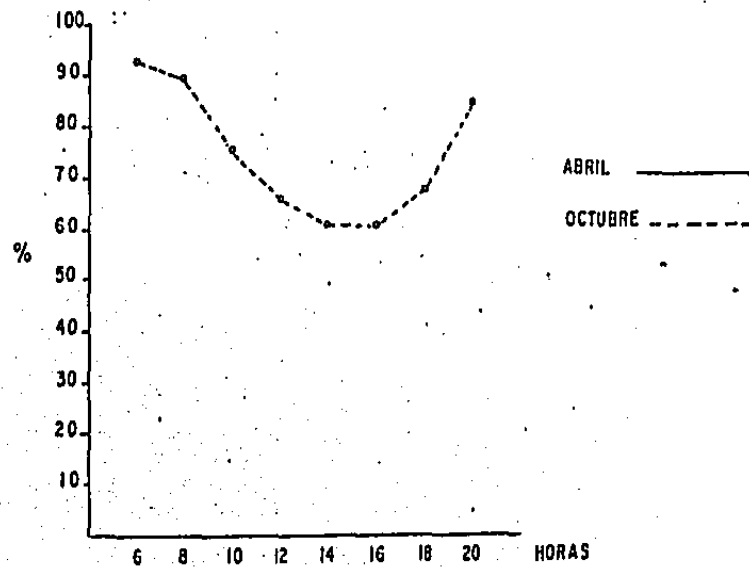
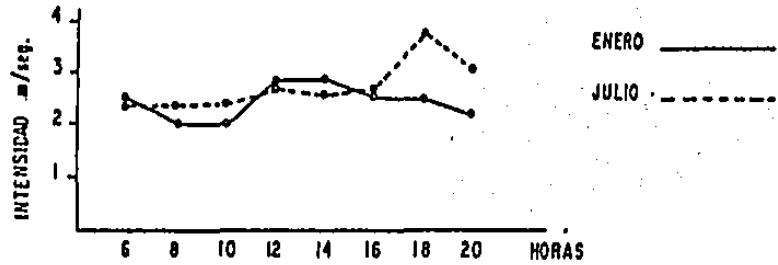


FIG. 28 VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA



CUERNAVACA, MOR.

1980-81 FIG. 29 VARIACION DIURNA DEL VIENTO



CUERNAVACA, MOR

1980-81 FIG. 30. VARIACION DIURNA DEL VIENTO

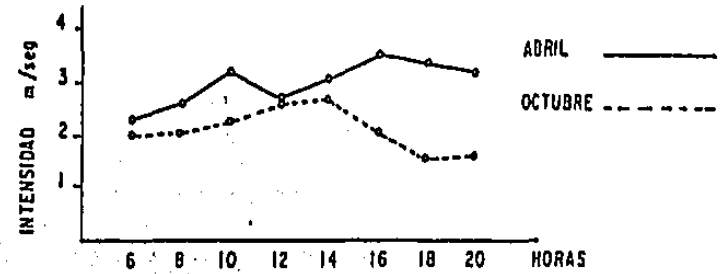


FIG. 31. VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS

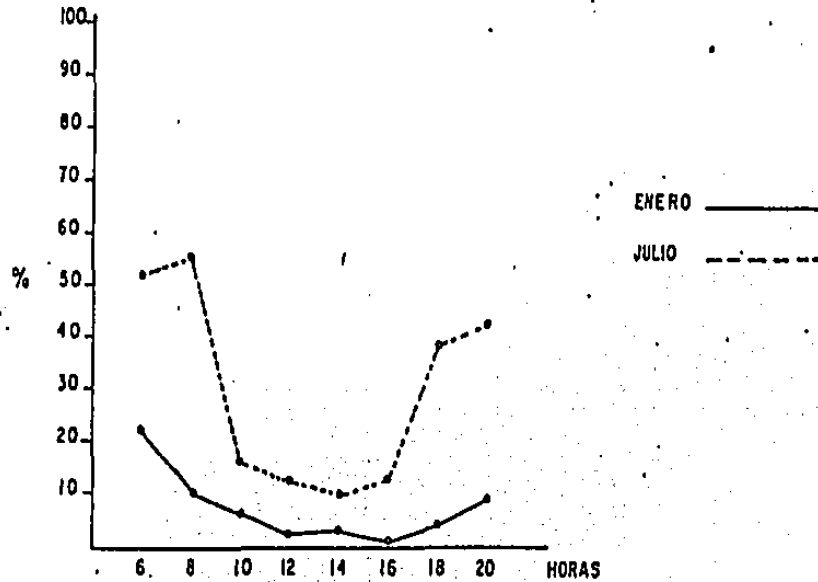
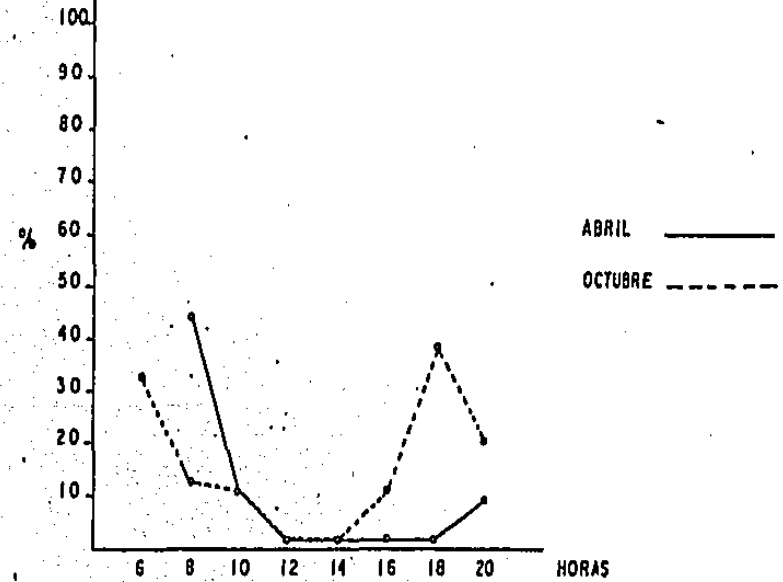


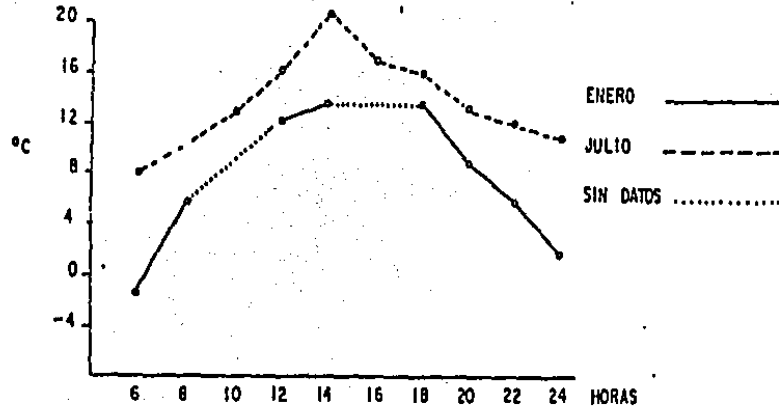
FIG. 32. VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS



TOLUCA, MEX.

1979 - 80

FIG. 33 VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA



TOLUCA, MEX

1979 - 80

FIG. 34 VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA

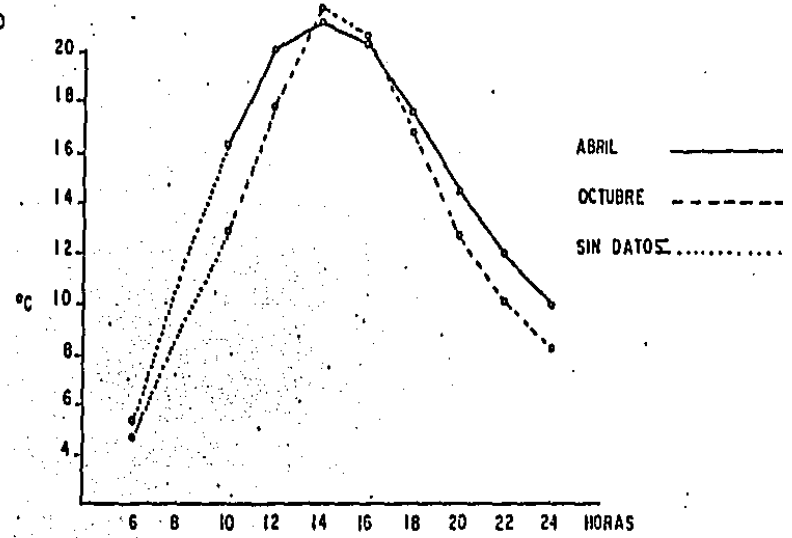


FIG. 35 VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA

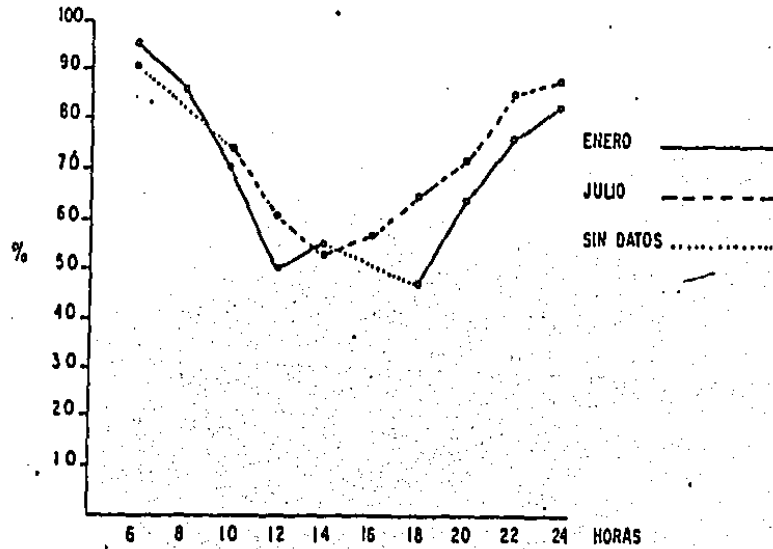
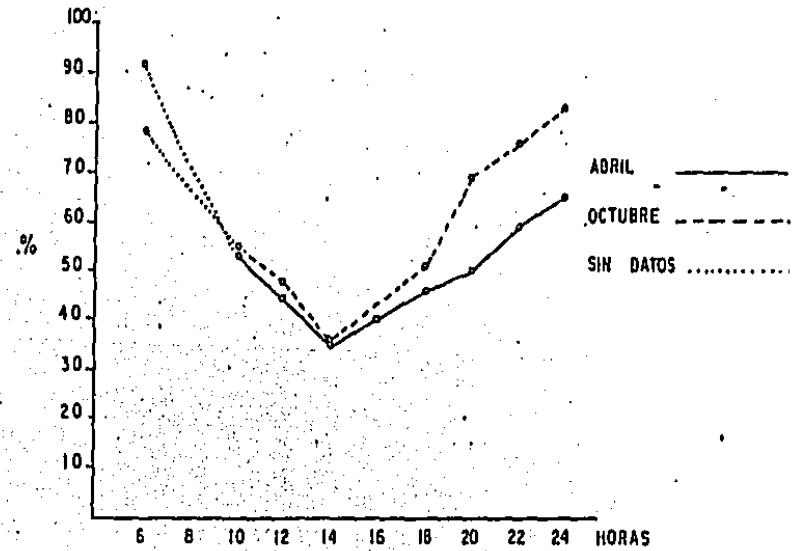


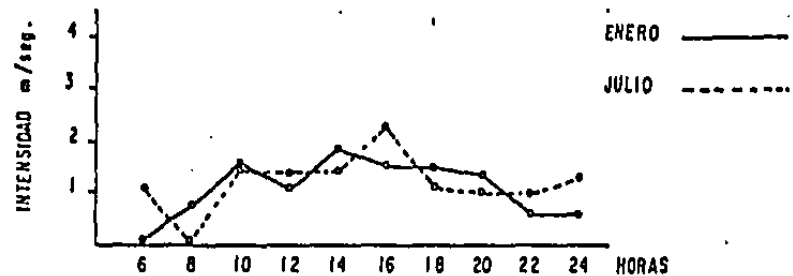
FIG. 36 VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA



TOLUCA, MEX.

1979 - 80

FIG. 37. VARIACION DIURNA DEL VIENTO



TOLUCA, MEX.

1979 - 80

FIG. 38 VARIACION DIURNA DEL VIENTO

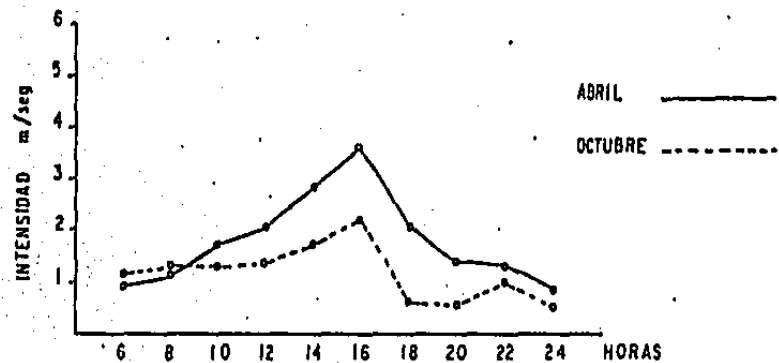


FIG. 39. VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS

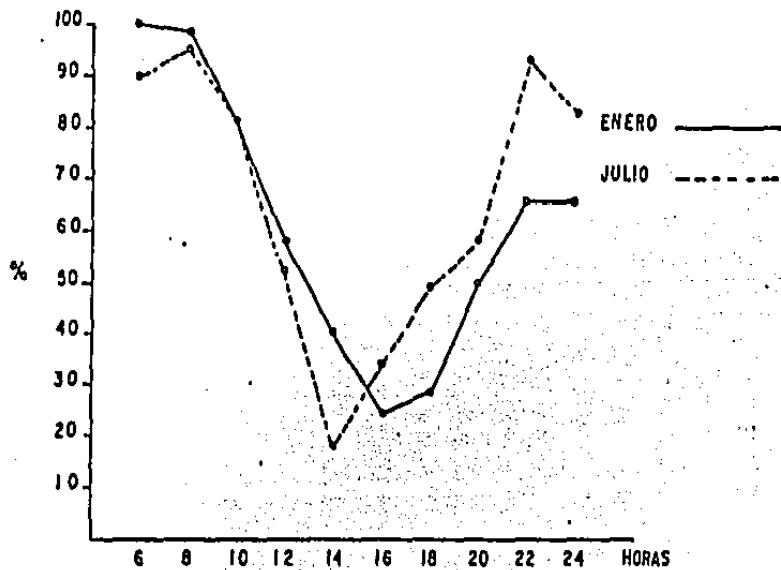
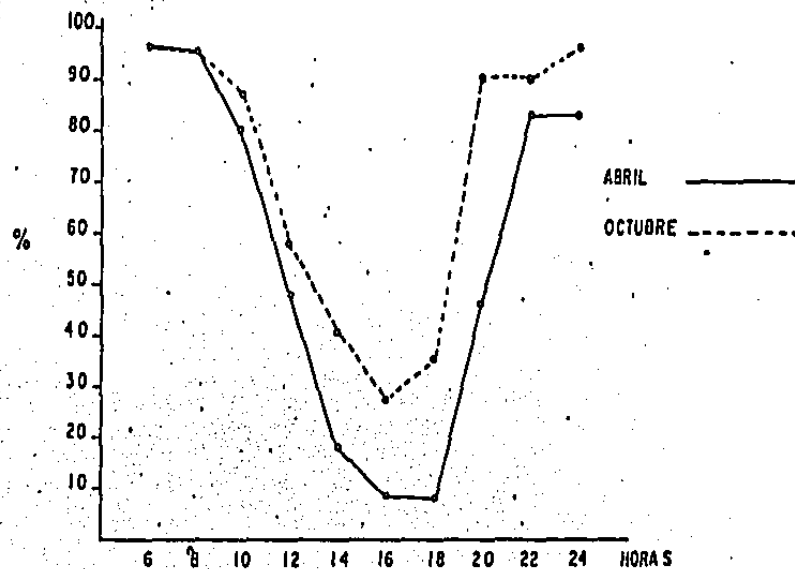


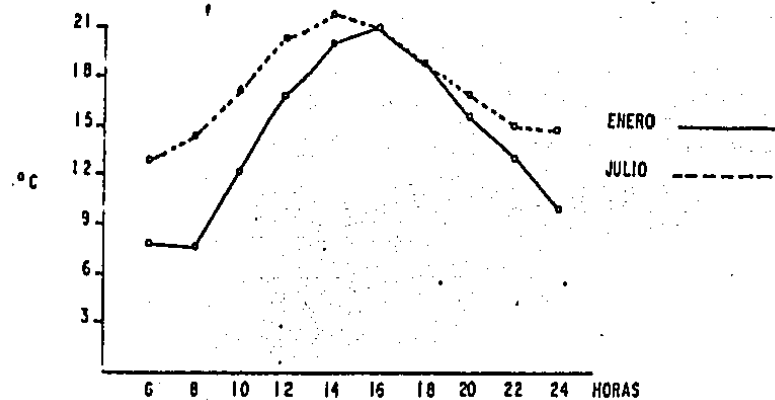
FIG. 40. VARIACION DIURNA DE LA FRECUENCIA DE CALMAS



TACUBAYA, D.F.

FIG. 41. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA

1979



TACUBAYA, D.F.

FIG. 42. VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA

1979

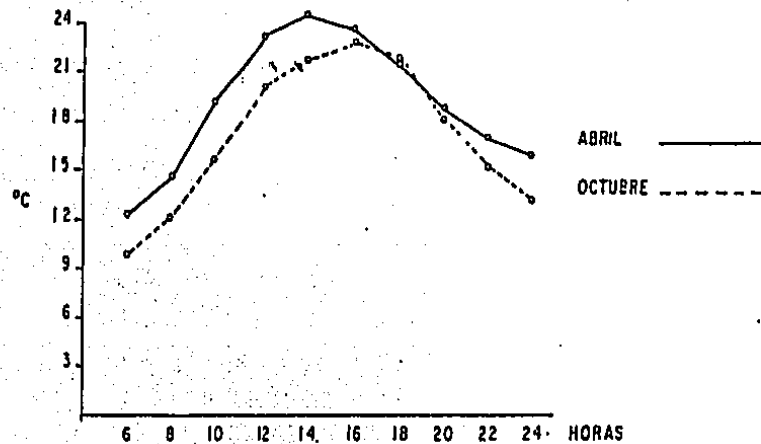


FIG. 43 VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA

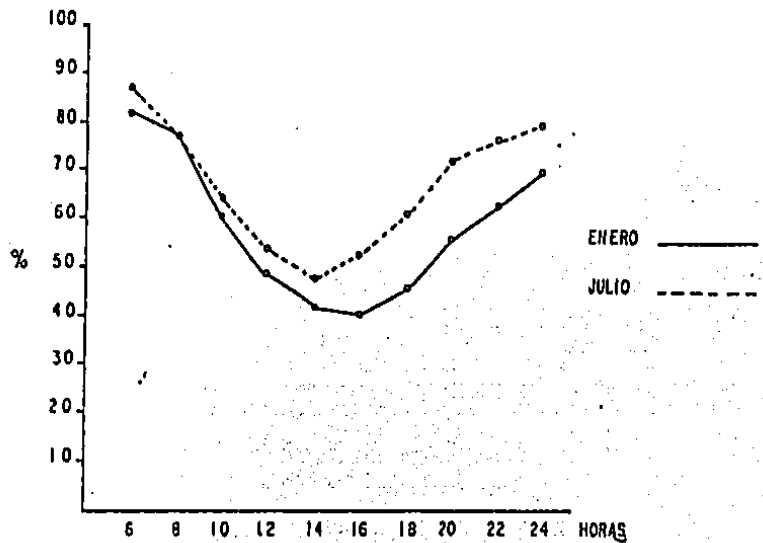
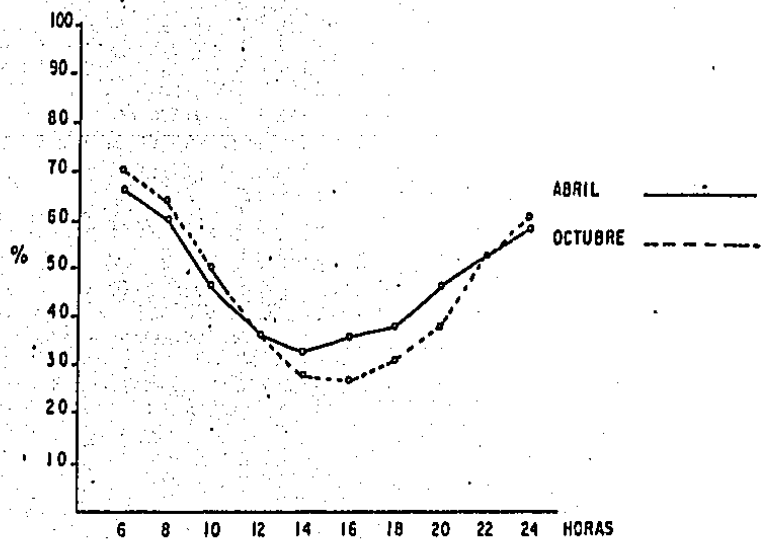
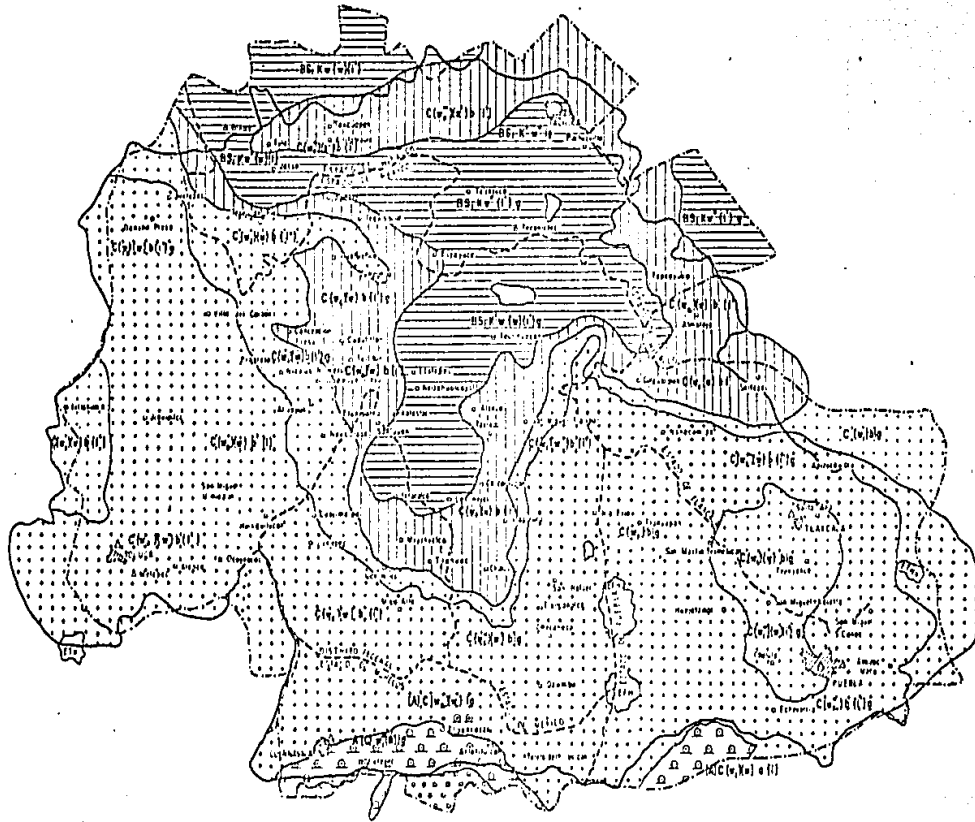


FIG. 44 VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA



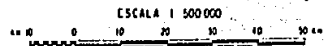
CLIMAS DE LA REGION CENTRO

MAPA 16



CLASIFICACION DE KÖPPEN MODIFICADO POR E. GARCIA

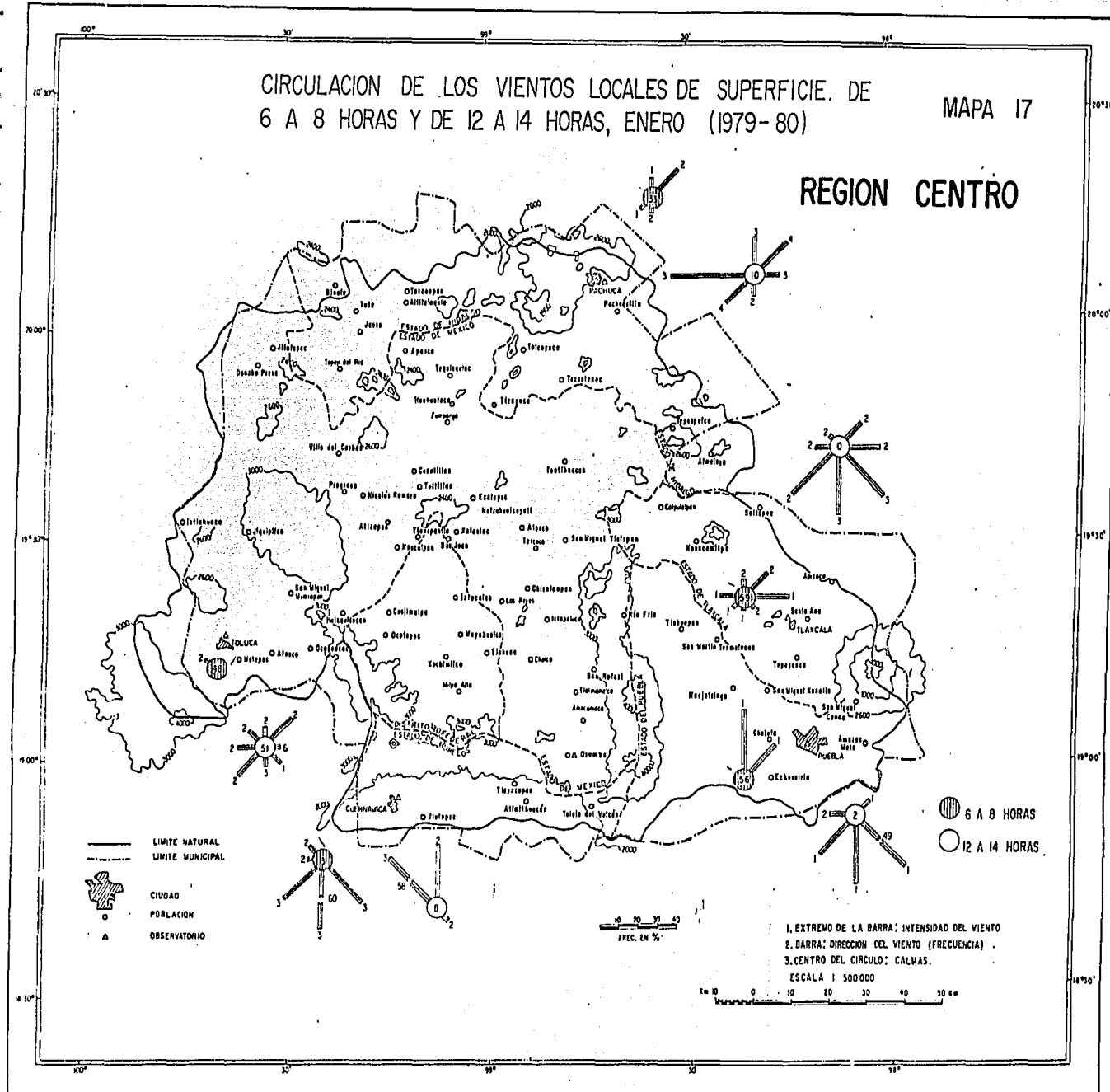
	SUBHUMEDOS			SEMISECOS O SEMARIDOS		FRIOS	MUY FRIOS
	W _a	W _s	W _e	BS	BS _s		
Temperatura E ₁ , E ₂ E ₃	[Diagram]	[Diagram]	[Diagram]	[Diagram]	[Diagram]		
Temperatura E ₁ , E ₂ , E ₃ E ₄	[Diagram]	[Diagram]	[Diagram]	[Diagram]	[Diagram]	[Diagram]	[Diagram]
FRIO MUY FRIO						[Diagram]	[Diagram]



CIRCULACION DE LOS VIENTOS LOCALES DE SUPERFICIE. DE
6 A 8 HORAS Y DE 12 A 14 HORAS, ENERO (1979-80)

MAPA 17

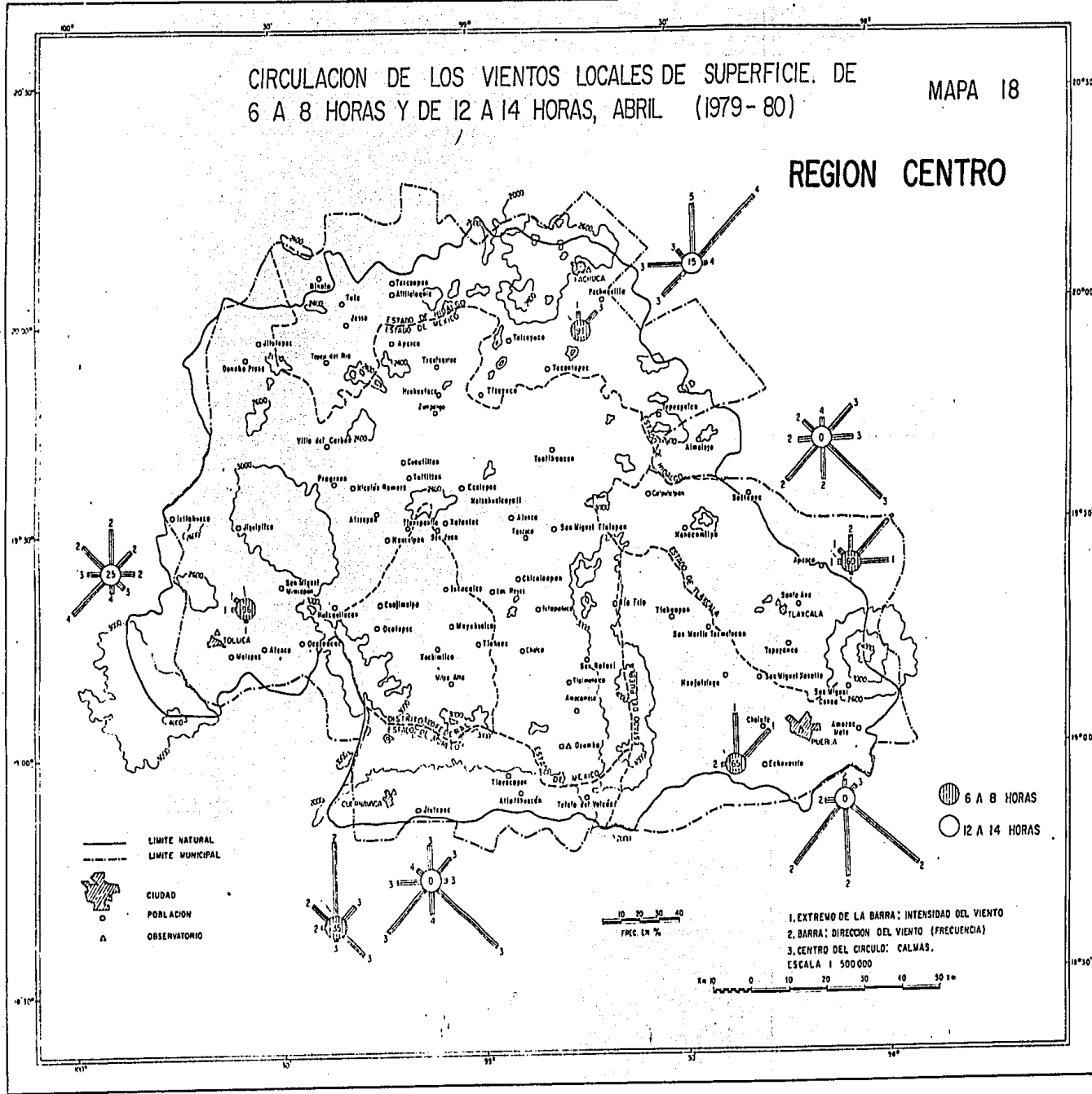
REGION CENTRO



CIRCULACION DE LOS VIENTOS LOCALES DE SUPERFICIE. DE
6 A 8 HORAS Y DE 12 A 14 HORAS, ABRIL (1979-80)

MAPA 18

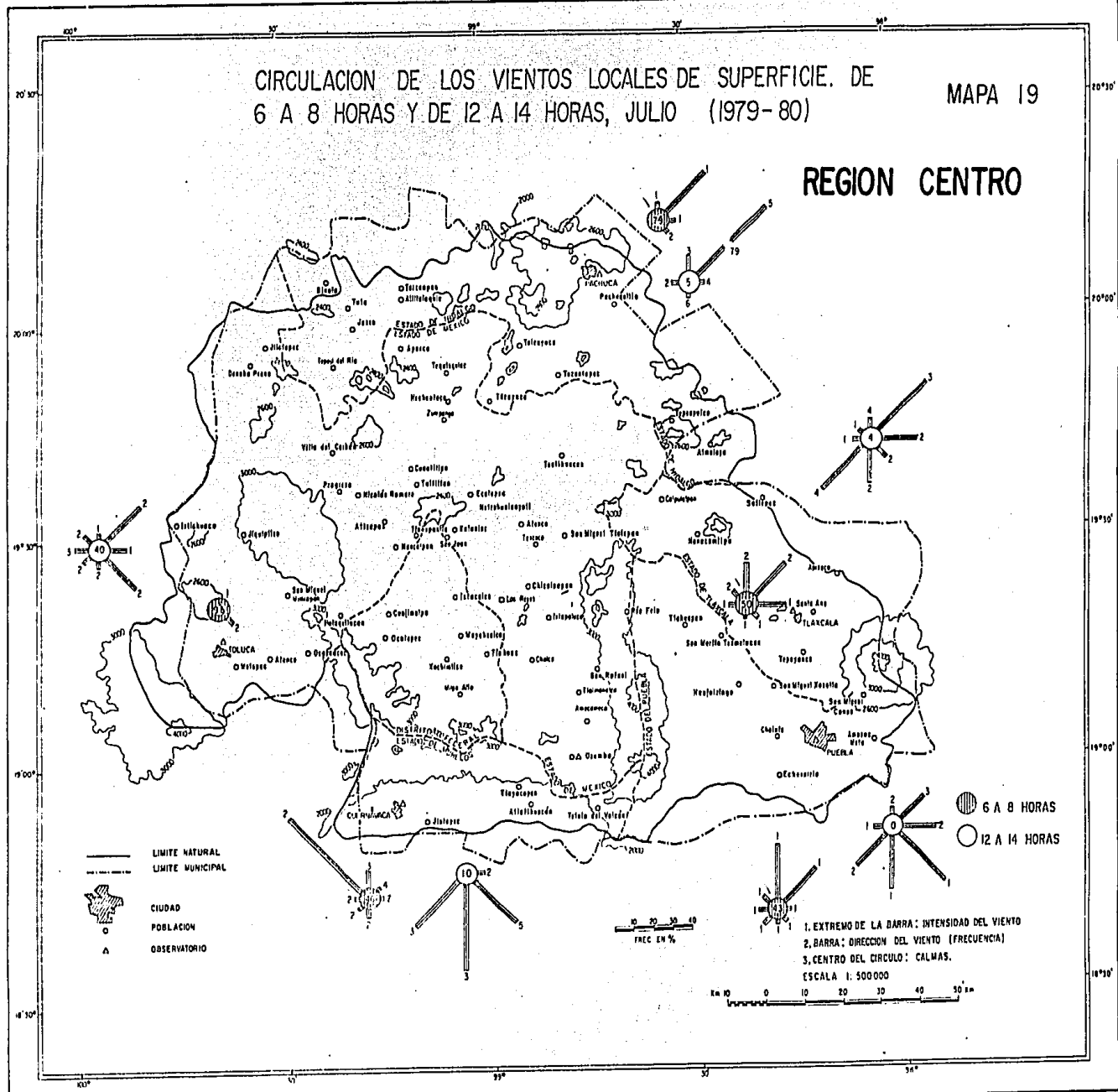
REGION CENTRO



CIRCULACION DE LOS VIENTOS LOCALES DE SUPERFICIE. DE
6 A 8 HORAS Y DE 12 A 14 HORAS, JULIO (1979-80)

MAPA 19

REGION CENTRO



— LIMITE NATURAL
- - - LIMITE MUNICIPAL

● CIUDAD
○ POBLACION
A OBSERVATORIO

10 20 30 40
FREC EN %

Km 10 0 10 20 30 40 50

1. EXTREMO DE LA BARRA: INTENSIDAD DEL VIENTO
2. BARRA: DIRECCION DEL VIENTO (FRECUENCIA)
3. CENTRO DEL CIRCULO: CALMAS.

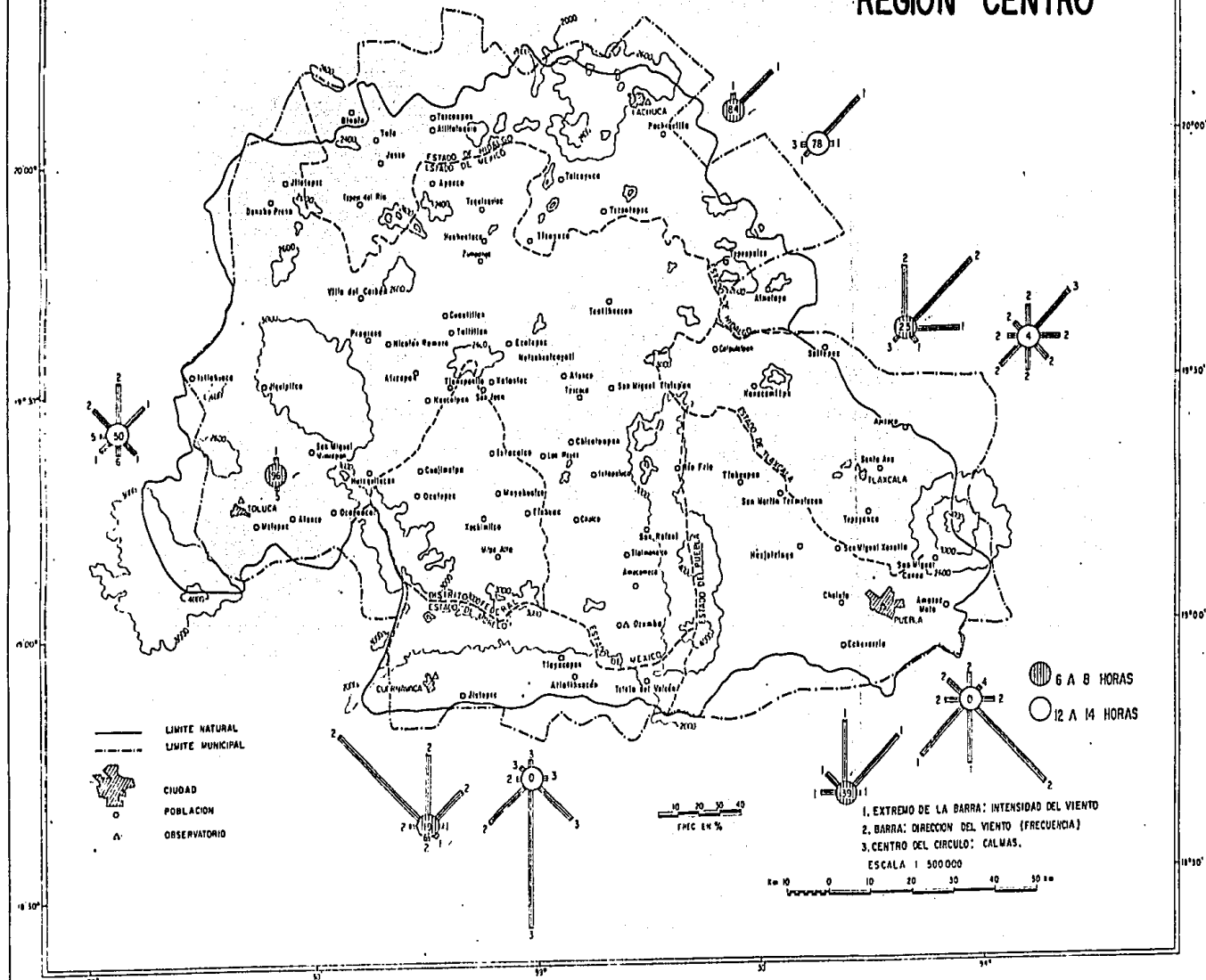
ESCALA 1:500000

● 6 A 8 HORAS
○ 12 A 14 HORAS

CIRCULACION DE LOS VIENTOS LOCALES DE SUPERFICIE. DE
6 A 8 HORAS Y DE 12 A 14 HORAS, OCTUBRE (1979-80)

MAPA 20

REGION CENTRO



- LIMITE NATURAL
- - - LIMITE MUNICIPAL
- CIUDAD
- POBLACION
- OBSERVATORIO

10 20 30 40
FREC EN %

- 1. EXTREMO DE LA BARRA: INTENSIDAD DEL VIENTO
- 2. BARRA: DIRECCION DEL VIENTO (FRECUENCIA)
- 3. CENTRO DEL CIRCULO: CALMAS.

ESCALA 1 500 000

0 10 20 30 40 50 km

CONCLUSIONES

Después de hacer un análisis cartográfico y gráfico de todos los aspectos tratados en esta tesis, y de haber logrado parte del propósito que se había planteado, se llegó a las siguientes conclusiones.

1. La naturaleza de los indicadores generales y particulares de contaminación atmosférica conllevan a una división regional somera, en la que se conjugan características topográficas y climatológicas particulares.
2. Cada una de las regiones de emisión presenta homogeneidad en la concentración de indicadores, y todas están conectadas por corredores de emisión formados por las carreteras, en las que existen afluencia de fuentes móviles.
3. La división proporciona un panorama general de las áreas de emisión de contaminantes de la capa planetaria en el país; lo anterior permite establecer una tentativa de jerarquización de cada una de estas regiones, apoyándose en los indicadores primarios y secundarios.
4. Las redes de monitoreo solo funcionan esporádicamente en contadas localidades del país, por lo que son escasos los datos sobre los principales contaminantes de la capa planetaria. En el futuro, cuando las emisiones y fuentes que las producen sean evaluadas y cuantificadas a nivel local, en el momento en que se extiendan las redes de monitoreo en todas las ciudades del país, que permitan el muestreo de los principales contaminantes en diferentes épocas del año, se podrá proceder a una división más integrada.

5. Tanto las categorías de emisión como las regiones son susceptibles de sufrir cambios a corto plazo; éstas no son permanentes, están condicionadas a varios factores económicos y humanos que determinan el desarrollo de una región y, por ende, el incremento de emisiones; quizá en otros estudios que se realicen a futuro se modifiquen estos conceptos y se establezcan rangos más adecuados.

6. En el método utilizado para obtener las categorías, los resultados son aproximados; quizá más adelante, a medida que se progrese en los estudios sobre las emisiones y fuentes contaminantes, se puedan hacer investigaciones más satisfactorias.

7. Como era de esperarse de las 23 regiones emisoras, la región Centro, como es sabido, presenta los mayores niveles de contaminación, secundada quizá por la región Centro-occidente y la Nuevo León.

8. Las regiones de la frontera norte (Chihuahua y Coahuila), noreste (Tamaulipas Norte) y noroeste (Sonora Norte, Baja California Norte) ocupan lugares intermedios de contaminación, hacia el sureste destaca la región Tabasco-Veracruz, la que en los últimos años, con el avance de la industrialización, comienza a tener una atmósfera contaminada que de no tomarse medidas puede llegar a adquirir niveles críticos.

9. Las regiones con litoral al Golfo de México y Pacífico tienen ciudades en donde se emiten contaminantes; sin embargo el peligro de que éstas permanezcan estables durante varias horas en las capas de aire superficial es remoto, debido a que el viento local de superficie no encuentra obstáculos para su

dispersión.

10. La mayor parte de los focos de emisión que contienen las regiones estudiadas, se sitúan en valles regados por alguna corriente superficial de importancia, como el río Lerma y el Atoyac; y de acuerdo a sus características topográficas, predominan los valles abiertos en donde el barrido de los contaminantes puede ser más efectivo, aunque existen otros sitios muy notables en donde la ventilación se dificulta, tales son los casos de las ciudades de México y Oaxaca.

11. Las fuentes de emisión en México se hallan dispersas en todo el país y se les puede encontrar en climas cálidos, templados y fríos; sin embargo, el mayor volumen se concentra en los valles del centro de México de preferencia en los climas templados, debido a la concentración de población, de manera que la relación del clima con las fuentes de emisión se realiza a través de la población: clima-población-contaminación.

12. Las temperaturas de las regiones emisoras situadas al sur del altiplano Centro y Centro-occidente, tienen valores bajos durante el invierno. El enfriamiento por radiación nocturno aunado a la atmósfera seca de esa época propicia la formación de inversiones, así también en las regiones de Baja California Norte y Baja California Sur son características las inversiones y la formación de nieblas.

13. Según el mapa de rosas de vientos de Soto y Jáuregui (1968), se puede concluir que de las 23 regiones existentes en el país, las que se localizan en las costas están mejor ventiladas, dependiendo de la orientación de éstas; si dan hacia el este la circulación de los vientos se ve reforzada por la brisa.

Pero existen algunos casos en los que el viento sopla en forma opuesta, no existe brisa que contribuya a transportar los contaminantes al exterior; es notable en la parte noroeste (Coatzacoalcos) de la región Tabasco-Veracruz pues aquí se tiene un buen porcentaje de calmas al mediodía y en la noche.

En las regiones costeras que ven hacia el oeste el viento local no es de gran importancia.

14. En general, las variaciones de la temperatura y del viento en la región Centro están en razón del calentamiento y enfriamiento diurno y nocturno.

Las temperaturas bajas de las primeras horas del día y durante la noche en enero, abril, julio y octubre, se relacionan con el alto porcentaje de calmas en las horas mencionadas; esto da lugar a periodos de aire estable, que en el cuadro IV (Pasquill 1961) corresponden a las categorías E y F, lo cual facilita la concentración de contaminantes. En el invierno el aire frío se estaciona en la superficie y se producen las llamadas inversiones, éstas evitan los movimientos convectivos y por ende la dilución en la vertical de los contaminantes.

Las temperaturas altas del mediodía producen convección turbulenta en los cuatro meses estudiados, el aire estable de las primeras horas de la mañana se vuelve inestable a medida que aumenta la radiación solar y adquiere características muy inestables, A y B. Este aire inestable ayuda a la dilución de los contaminantes.

a) Entre la temperatura y la humedad existe una relación inversa, la curva normal que siguen las temperaturas se con

trapone con la de la humedad, mientras la temperatura aumenta a medida que se acerca el mediodía, la humedad disminuye al aumentar ésta.

b) Las lluvias en toda la región Centro se concentran de mayo a octubre a pesar de ser ésta una región con características de clima subhúmedo la distribución de las lluvias es irregular, son más abundantes hacia el sur y oeste. El mes más lluvioso en la parte sur, sureste y suroeste es agosto, y en el norte y noreste junio o julio.

c) De acuerdo al criterio de la Organización Mundial de la Salud (1958), en cuanto a que las lluvias limpian parcialmente la atmósfera de gases y partículas contaminantes, se puede concluir que en la región Centro, la calidad del aire mejora de junio a agosto, cuando las lluvias son más abundantes y frecuentes.

SUGERENCIAS

Se sugiere que en las instituciones y dependencias interesadas en la polución atmosférica se efectúen estudios detallados sobre regionalización geomorfológica que coadyuven a los de regiones de emisión y difusión atmosférica en función de la relación relieve-viento, con el fin de detectar si los contaminantes se dispersan en áreas geográficas extensas y poder determinar su destino final.

La industria exige una adecuada ubicación desde varios puntos de vista, pero en particular las futuras empresas deben estar alejadas de los centros de población y evitar en lo posi-

ble su instalación a merced de los vientos superficiales más frecuentes; de ahí que se sugieren estudios sobre circulación local de aquellas áreas con problemas de concentración industrial actual y en las contempladas en planes como el de desarrollo industrial 1979-82*, así como en las áreas potenciales.

Evitar la instalación de nuevas industrias que arrojen desechos al aire sobre todo en el área central de la región Centro, y disminuir el número de las ya existentes, o en su defecto procurar que la mayor parte de ellas usen dispositivos anti-contaminantes.

Finalmente, se sugiere que además de las ya existentes se instalen o amplien redes de monitoreo en otras áreas urbanas así como en las rurales cercanas a las principales fuentes de emisión de contaminantes, que permitan conocer la calidad del aire en los dos medios, con el fin de detectar el nivel de contaminación y los efectos que ésta pueda tener en la salud de la población.

* Plan de Desarrollo Industrial 1979-82.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Barkin, D. y King, T. Desarrollo económico regional (enfoque por cuencas hidrológicas). México, 1970. Siglo XXI editores, S. A.
- Báez, A. Los vehículos, principal factor de contaminación en el Distrito Federal. Gaceta UNAM, 14 de enero de 1982.
- Bassols, B. Angel. La división económica regional. México, 1967. Textos Universitarios, UNAM.
- Bassols, B. Angel. Geografía, desarrollo y regionalización. México, 1971. Editorial Nuestro Tiempo, S. A.
- Bassols, B. Angel. Geografía económica de México. México, 1977. Editorial Trillas.
- Bataillón, Claude. Las regiones geográficas en México. México, 1975. Siglo XXI editores, S. A.
- Cardoso, Ma. D. El clima de Chiapas y Tabasco. México, 1979. Instituto de Geografía, UNAM.
- Chovin, P. y Roussel, A. La polución atmosférica. Barcelona, España, 1970. Oikos-Tau, S. A. Ediciones Villassar de Mar.
- Carbajal Galindo, R. (1975) "Contaminación atmosférica, evaluación y control", Tesis profesional.
- Curry, Kai-L. Conservar para sobrevivir, una estrategia ecológica. México, 1974. Editorial Diana.
- Durand-D., Francois. Climatología. 1972. Ediciones Ariel, S. A. Barcelona.
- Fuentes, A. L. Regiones naturales del estado de Puebla. México, 1972. Instituto de Geografía, UNAM.
- Garza, Gustavo. Industrialización de las principales ciudades de México. 1980. Colección Centro de Estudios Económicos y Demográficos. El Colegio de México.

- García, E., Vidal, R., Cardoso, Ma. D. y Hernández, Ma. E. Regionalización de los climas en México. México, 1983. Memoria del IX Congreso Nacional de Geografía.
- García, E. Apuntes de climatología. México, 1978. Impreso en México.
- García, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, 1981. Impreso en México.
- García, E. y Falcón, Z. Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana. México, 1974. Editorial Porrúa, S. A.
- García, A. y colaboradores. Introducción al concepto de regionalización. México, 1975. Instituto de Geografía, UNAM. Serie Varía.
- Girault, R. Mario. Distribución de la población en el Valle de México. México, 1971. Litografía Universo, S. A.
- Gutiérrez de Mac Gregor, Ma. T. Desarrollo y distribución de la población urbana en México. México, 1965. Instituto de Geografía, UNAM.
- Informe de un Comité de Expertos de la OMS. Contaminación del aire en el medio urbano (particularmente por vehículos de motor). Ginebra, 1969. Organización Mundial de la Salud. Serie de informes técnicos, No. 410. Organización Mundial de la Salud.
- Jáuregui, O. E. Climatología de difusión de contaminantes en la ciudad de México. México, 1978. Secretaría de Salud y Asistencia. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.
- Jáuregui, O. E. Mesoclima de la región Puebla-Tlaxcala. México, 1968. Instituto de Geografía, UNAM.
- Jáuregui, O. E. y Vidal, B. J. Aspectos de la climatología del estado de México. México, 1981. Boletín No. 11. Instituto de Geografía, UNAM.
- Jáuregui, O. E. Climatología de difusión de la ciudad de Tijuana. México, 1981. Boletín No. 11. Instituto de Geografía, UNAM.

- Jáuregui, O. E. Calidad del aire en la ciudad de México. México, 1981. Instituto de Geografía, UNAM.
- Jáuregui, O. E. Aspectos meteorológicos de la contaminación del aire en la ciudad de México. México, 1969. Revista Ingeniería Hidráulica I. Vol. XXIII.
- Jáuregui, O. E. La isla de lluvia de la ciudad de México. México, 1974. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. III, No. 2.
- Jáuregui, O. E. Mesoclima de la ciudad de México. México, 1971. Instituto de Geografía, UNAM.
- Jáuregui, O. E. La contaminación atmosférica potencial en los valles del centro de México. México, 1979. Comunicaciones, Proyecto Puebla-Tlaxcala 16. Puebla.
- Jáuregui, O. E. Las tolvaneras de la ciudad de México. México, 1960. Revista Ingeniería Hidráulica en México. SARH.
- Jáuregui, O. E. La erosión debida al viento en el área vecina al lago de Texcoco. México, 1971. Instituto de Geografía, UNAM.
- Lowry, P. W. El clima de las ciudades. Madrid, 1967, pp. 160-69. Selecciones de Scientific American. H. Blume Ediciones.
- López, M. Ernesto. Ensayo sobre localización de la industria en México. México, 1960. Dirección General de Publicaciones, UNAM.
- Miller, A. Austin. Climatología. Barcelona, 1975. Ediciones Omega, S. A.
- Mosiño, A. P. Factores determinantes del clima en la República Mexicana con referencia especial a las zonas áridas. México, 1966. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Macdemontt, W. La contaminación atmosférica y la salud pública. Madrid, 1961, pp. 150-159. Selecciones de Scientific American. H. Blume Ediciones.

- Nourse, O. Hugh. Economía regional. España, 1969. Ediciones Oikos-Tau, S. A. Villassar de Mar. Barcelona.
- Organización Mundial de la Salud. Colaboradores. Contaminación de la atmósfera. Ginebra, 1962. Organización Mundial de la Salud. Serie de Monografías No. 46.
- Ortiz, W. A. El impacto de la explotación petrolera en algunas regiones de Veracruz y Tabasco. Nov. 1980-Ene. 1981, pp. 135-146. Problemas del desarrollo económico. Revista Latinoamericana de Economía No. 44. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.
- Pérez, V. G. Los incendios como factor económico. México, 1980. Inédito.
- Quinto Informe del Comité de Expertos en Saneamiento del Medio. Contaminación de la Atmósfera. Ginebra, 1958. Organización Mundial de la Salud. Serie de informes técnicos, No. 157.
- Ross, R. D. La industria y la contaminación del aire. México, 1974. Editorial Diana.
- Sancho, C. Jaime. Regionalización e indicadores regionales. México, 1976. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Planeación Documentación del Plan Nacional Hidráulico.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Regiones hidrologías reagrupadas (cuencas y subcuencas de la República Mexicana). México, 1970. Dirección General de Aprovechamientos Hidráulicos. Plan Hidráulico Nacional.
- Secretaría de la Presidencia. Medio ambiente humano. México, 1971. Cuadernos de Documentación. Serie Estudios No. 1.
- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. Plan Nacional de Desarrollo Industrial 1979-82. México, 1979. Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial, Vol. I.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia. Plan Nacional de Saneamiento Atmosférico. México, 1978. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.

- Seinfeld, John H. Contaminación atmosférica. Fundamentos físicos. Madrid, 1978. Instituto de Estudios de Administración Local.
- Soto, M. C. y Jáuregui, E. Cartografía de elementos bioclimáticos en la República Mexicana. México, 1968. Instituto de Geografía, UNAM.
- Tellez, F. Francisco. La concentración industrial en México. México, 1973. Tesis profesional.
- U. S. Environmental Protection Agency. Guideline for public of daily Airquality-Pollutant standards index (PSI). Research Triangle Park, North Carolina, 1976. Office of Air Quality Planning and standards. Guideline series. EPA-450/2-76-013. OAQPS No. 12-044.
- Vidal, Z. R. Algunas relaciones clima-cultivo en el estado de Morelos. México, 1980. Instituto de Geografía, UNAM.
- Vizcaíno, M. F. La contaminación en México. México, 1980. Fondo de Cultura Económica.

Bibliografía Estadística y Cartográfica

X Censo General de Población y Vivienda, 1980 (datos preliminares). Secretaría de Programación y Presupuesto.

X Censo Industrial, 1975 (Resumen General). Secretaría de Programación y Presupuesto.

Censo de Industria y Transporte, 1970. Secretaría de Industria y Comercio.

Datos viales, 1981. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

Directorio de Establecimientos Industriales (industria extractiva y manufacturera), 1982. Secretaría de Programación y Presupuesto.

Memoria de Labores y Pemex en Cifras, 1980. Coordinación General de Petróleos Mexicanos.

Atlas del Agua, 1976. Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Atlas Físico de la República Mexicana, 1981. Secretaría de Programación y Presupuesto.

Carta Altimétrica de la República Mexicana, 1959. Instituto de Geografía, UNAM. 1: 4 000 000.

Carta de Incrementos de Población de la República Mexicana 1960-70. Rosalía Vidal. Instituto de Geografía, UNAM. 1: 4 000 000.

Carta de División Municipal de la República Mexicana 1960-70. Rosalía Vidal. Instituto de Geografía, UNAM. 1: 4 000 000.

Carta de Isoyetas Anuales de la República Mexicana. Distribución de la Precipitación en la República Mexicana. 1974. E. García. Instituto de Geografía, UNAM. 1: 5 000 000.

Serie de Cartas Climáticas de la República Mexicana, 1970. DETENAL-Instituto de Geografía, UNAM. 1: 500 000.

Serie de Cartas Topográficas, 1949. Comité Coordinador para el Levantamiento de la Carta de la República Mexicana. 1: 500 000.