

01039  
19.1

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

\$ 24510

TENDENCIAS CLIMATICAS EN TRES CENTROS URBANOS  
DE LA REPUBLICA MEXICANA: CIUDAD DE MEXICO,  
CIUDAD DE GUADALAJARA Y CIUDAD DE MONTERREY.

TESIS QUE PRESENTA  
GERARDO BUSTOS TREJO  
PARA OBTENER EL GRADO  
DE MAESTRO EN GEOGRAFIA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

161 P

MEXICO, D.F.

1981

- \$650 México (CIUDAD) CLIMA
- \$650 GUADALAJARA (CIUDAD) CLIMA
- \$630 MONTERREY (CIUDAD) CLIMA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
I. CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS DE LA CIUDADES ESTUDIADAS	6
II. ELEMENTOS CLIMATICOS	9
1. Elementos acuosos	9
A) PRECIPITACION	10
a) Precipitación media anual	11
b) Precipitación máxima en 24 horas	35
B) HUMEDAD	53
a) Humedad relativa media anual	54
b) Humedad relativa a las 14 horas	58
2. Elementos termodinámicos	61
A) TEMPERATURA	61
a) Temperatura media anual	62
b) Temperatura máxima extrema	79
c) Temperatura mínima extrema	93
B) VIENTOS	107
3. Evaporación	110
a) Evaporación potencial media anual	113
III. CLIMA	125
IV. TENDENCIAS GENERALES	130
PRECIPITACION	134
HUMEDAD RELATIVA	138
TEMPERATURA	142
EVAPORACION	150
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	155
BIBLIOGRAFIA. REFERENCIAS CARTOGRAFICAS Y ESTADISTICAS	160

" And now there came both mist and snow  
And it grew wondrous cold:  
And ice, mast-high, came floating by,  
As green as emerald."

Samuel Taylor Coleridge

" La semiobscuridad había pasado sin que  
se dieran cuenta. El cielo era ya azul,  
con copos de color carmesí que subían  
hasta el zenit, y una vez más el calor  
iba haciéndose más intenso.

...

Allí, carmesí y naranja, flameaba  
el último amanecer que ojos humanos  
vieran jamás. "

Frank Lillie Pollock

## INTRODUCCION

En los últimos tiempos (de 1960 a la fecha aproximadamente), las principales ciudades mexicanas han presentado un crecimiento desmesurado en cuanto a su extensión; este crecimiento es en gran parte producto de la atracción que ejerce la ciudad sobre las áreas rurales, no sólo periféricas sino también más alejadas. Esto se ha traducido en una serie de problemas físicos y humanos, entre los primeros se destaca una serie de cambios en los patrones de distribución de algunos elementos climáticos. Los segundos están representados fundamentalmente por la falta de servicios en algunas zonas y por la carencia de un transporte adecuado para movilizar a la gente que vive en esas ciudades.

La idea de este trabajo surgió al leer uno sobre tendencias climáticas en la Ciudad de México, publicado en 1976 por el Anuario de Geografía del Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras en el que precisamente se llama la atención sobre el cambio de los elementos climáticos que se ha observado en la ciudad y sus alrededores a partir de 1960, por lo que se consideró de interés presentar lo que ocurre con otras ciudades de importancia en la República Mexicana en lo referente a la tendencia de los elementos climáticos, incluyendo a la Ciudad de México.

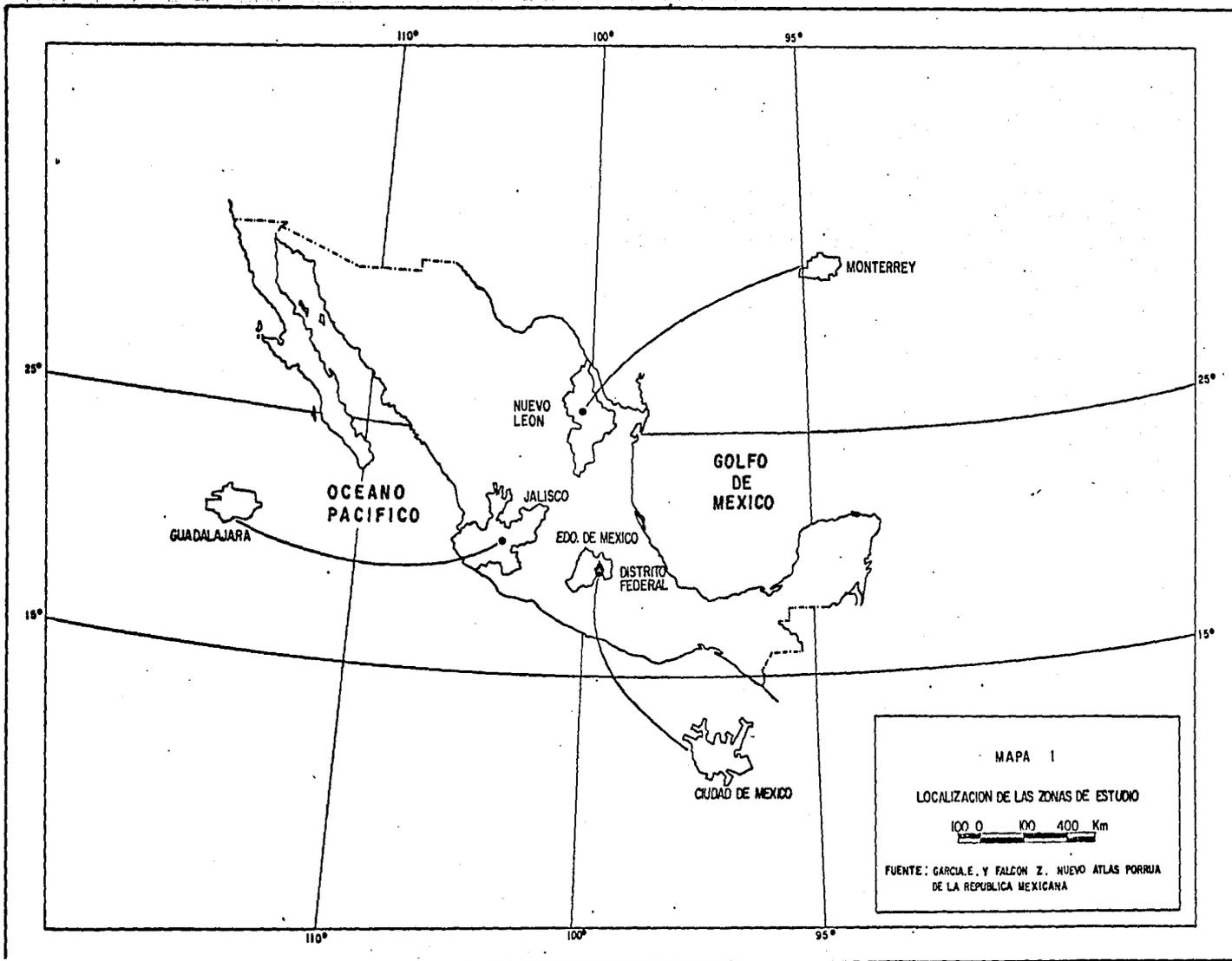
El objetivo fundamental de este estudio es observar el comportamiento de los elementos climáticos a través del tiempo en áreas urbanas, ver si a pesar de los cambios que experimentan las ciudades, la tendencia de dichos elementos se mantiene o en qué medida sufren modificaciones. Con ello se pretende llamar la atención para que este tipo de estudios se tomen en cuenta en la planeación del crecimiento de las áreas urbanas para un mayor bienestar de sus habitan-

tes en cuanto a los cambios que a los elementos climáticos se refiere. Se consideraron las tres ciudades más importantes de la República Mexicana: Ciudad de México ya mencionada, Ciudad de Guadalajara y Ciudad de Monterrey (mapa 1). La primera de ellas se encuentra en el centro de la República y tiene gran importancia por ser la capital del país. La segunda está situada al oeste de la República y poco a poco ha visto incrementada su importancia y su extensión. Monterrey, se encuentra en el norte del país y presenta características climáticas que difieren bastante de las otras dos. Dos de las ciudades se encuentran en valles, Ciudad de México y Guadalajara, según la tradición histórica del establecimiento de zonas urbanas en las partes bajas, común a la mayoría de las civilizaciones de la Tierra. Monterrey se encuentra situada en una zona de poca pendiente. Las tres ciudades tienen una característica en común y es el hecho de que presentan gran actividad industrial. La Ciudad de México ha absorbido con su crecimiento zonas industriales de importancia del Estado de México.

Cabe mencionar que tanto la Ciudad de México como la Ciudad de Guadalajara se encuentran en zonas templadas del país y dentro del Trópico de Cáncer, no así la Ciudad de Monterrey que se encuentra en una zona seca y fuera de dicho límite.

En la primera parte del trabajo se presenta una serie de características generales y la ubicación de cada una de las ciudades estudiadas.

En la segunda, se analizan los elementos climáticos más importantes: precipitación, humedad relativa, temperatura, vientos y evaporación, para lo que, en primer lugar, se definieron las estaciones climatológicas a utilizar y se procedió a la recopilación de



MAPA 1

LOCALIZACION DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

100 0 100 400 Km

FUENTE: GARCIA E. Y FALCON Z. NUEVO ATLAS PORRUJA DE LA REPUBLICA MEXICANA

la información de los distintos elementos considerados. Se procuró que todas las estaciones tuvieran el mismo periodo, al no ser esto posible, se utilizaron estaciones que tuvieran buena ubicación, tratando siempre de que tuvieran más de 10 años de observación. En algunos casos los registros no estaban completos, por lo que hubo que calcular los datos faltantes.

Una vez obtenidos los datos se procesaron para obtener los valores anuales, medios anuales y medios mensuales, con excepción de la precipitación máxima en 24 horas y la temperatura máxima y mínima extrema. Para el análisis de los valores se dividió a estos en dos periodos: el primero del inicio de las observaciones al año de 1960 y el segundo de 1961 a 1978. Se concluye en 1978 porque cuando se inició este trabajo no existían datos completos del año posterior. Esto se hizo para ver la variación que experimentan éstos de un periodo a otro, por la razón ya expuesta en cuanto al crecimiento de las ciudades.

Para el análisis de los vientos se hizo una aproximación de la dirección predominante en el año, y se elaboraron rosas de vientos que incluyen los vientos dominantes y su intensidad.

En la tercera parte se analiza el clima de acuerdo con la clasificación de Köppen. Se aprovechó el trabajo de García E., denominado Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, en donde se presentan los tipos de climas de la República Mexicana hasta 1960 e incluye la mayoría de las estaciones presentadas en este estudio. De las que no aparecen, se determinó el clima anterior a 1960 así como el de todas las estaciones para el periodo posterior, 1961-1978.

En la cuarta parte y como el título del trabajo lo indica,

se presentan, a través de una fórmula matemática, las tendencias que presentan los elementos.

Finalmente se concluye con una serie de consideraciones de lo que sucede en las tres ciudades estudiadas.

## I. CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS DE LAS CIUDADES ESTUDIADAS

La Ciudad de México se encuentra ubicada en la parte suroccidental del Valle de México muy cercana a la Sierra del Ajusco. El hecho de su situación geográfica hace que tanto el valle en general como la ciudad en particular, estén afectados por una circulación atmosférica que permite definir dos aspectos: por una parte las épocas húmeda y seca, y por otra la cantidad de precipitación en el año.

La época húmeda corresponde a los meses de mayo a octubre y los vientos que afectan a la zona son los alisios además de la influencia de los ciclones tropicales; se inicia cuando la zona intertropical de convergencia se desplaza hacia el norte del Ecuador geográfico. Los vientos alisios por su procedencia marítima están cargados de humedad. La ampliación de la época de lluvias a los meses de otoño se debe precisamente a la presencia de ciclones tropicales que afectan ambas costas del país, así como a las ondas del oeste.

En el invierno, que corresponde a la época seca de la zona, aunque existe un desplazamiento de la zona intertropical de convergencia hacia el sur, se produce precipitación principalmente por la acción de los vientos del oeste y de las masas polares que se desplazan del norte.

El tipo de precipitación más importante que afecta a la Ciudad de México es el orográfico, por efecto del sistema montañoso que se encuentra cercano a ella; sin embargo, no hay que descartar los tipos convectivo y frontal. El primero afecta a la zona en verano y otoño y es producto de la inestabilidad de las masas de aire, El segundo se produce en invierno y es producto de los frentes que se presentan en el país.

Al ser la Ciudad de México la que se encuentra a mayor altitud de las consideradas para este estudio, los valores de temperatura no son muy elevados lo que le da la característica de ser una zona templada, donde la oscilación térmica no es muy fuerte y donde las estaciones del año no tienen muy bien definido su principio y su fin, aunque sí se tiene una época cálida en primavera y principios de verano y otra fresca en invierno.

Es importante destacar que al encontrarse dentro de la zona intertropical de convergencia, la Ciudad de México presenta el valor máximo de temperatura antes del 21 de junio, fecha con que se marca el solsticio de verano y el inicio de dicha estación.

Al igual que la Ciudad de México, la Ciudad de Guadalajara se encuentra dentro de la zona intertropical de convergencia. Se ubica en el Valle de Guadalajara o Atemajac, pero a menor altitud que la ciudad anterior. Esta condición hace que, en cuanto a precipitación, presente las mismas características que la Ciudad de México, ya que existen dos periodos muy marcados: uno seco que corresponde a los meses de noviembre a abril y otro húmedo que corresponde a los meses de mayo a octubre.

En Guadalajara, aunque se encuentra relativamente cerca del Océano Pacífico, la influencia que representan las masas provenientes de él es realmente importante en otoño, cuando ocurren los ciclones tropicales.

Al encontrarse en una zona de altitud más baja que la Ciudad de México, los valores de temperatura son un poco más elevados y aunque es una zona templada la oscilación térmica es un poco más fuerte. Por localizarse esta ciudad dentro de la zona intertropical de convergencia el valor máximo de temperatura se registra antes del

solsticio de verano, es decir, antes del 21 de junio como en el caso anterior.

La Ciudad de Monterrey presenta, por su localización, ciertas características distintas a las de las otras dos ciudades mencionadas por encontrarse fuera del Trópico, como es la marcha anual de la temperatura y la cantidad de precipitación.

Por ser un lugar extratropical es extremoso, y la temperatura máxima se presenta después del solsticio de verano o bien muy cerca de él. Por otra parte, aunque la estación húmeda es también en verano y parte del otoño, la cantidad de precipitación que se registra en ella es menor, ya que aquí los vientos alisios no son tan profundos como en latitudes más meridionales y los ciclones tropicales influyen más levemente pero de manera notoria, puesto que es en otoño cuando se registra mayor cantidad de precipitación. Por otra parte, la presencia de masas polares que se desplazan del norte, hacen que en esta zona exista precipitación durante el invierno.

De las ciudades estudiadas, Monterrey es la que se encuentra a menor altitud y está limitada en su parte occidental por la Sierra Madre Oriental. El hecho de su poca altitud hace que los valores de temperatura sean un poco más elevados que los de las ciudades mencionadas anteriormente.

## II. ELEMENTOS CLIMATICOS

La Climatología está definida por Hann como "el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un lugar de la tierra"<sup>1</sup>. Este conjunto de fenómenos meteorológicos corresponde a los elementos del clima que se dividen en acuosos (humedad, nubosidad y precipitación) y termodinámicos (temperatura, presión y vientos). Existen además una serie de factores que pueden hacer que dichos elementos sufran modificaciones, estos son: latitud, altitud, relieve, distribución de tierras y mares y las corrientes marinas.

"En ocasiones un elemento puede actuar como factor: por ejemplo, la velocidad del viento representa un elemento, sin embargo puede obrar como factor controlando la precipitación según la proporción en que acarree humedad procedente del mar."<sup>2</sup>

Para realizar este trabajo sobre tendencias climáticas, se utilizaron los siguientes elementos: humedad y precipitación del grupo de los acuosos, aunque para los datos obtenidos de humedad no se contó con información de todas las estaciones empleadas ya que sólo tres de ellas la registran, y temperatura y vientos del grupo de los termodinámicos.

Otro elemento que se consideró para el estudio es la evaporación, aunque como en el caso de la humedad no se registra en todas las estaciones.

### 1. Elementos acuosos

Como su nombre lo indica, estos elementos son aquellos que se refieren al agua en sus distintos estados: sólido, líquido y ga-

1. Maderey, R., L., 1979, p. 2

2. Maderey, R., L., op. cit., p. 6

seoso.

### A. Precipitación

Se engloba "dentro del término precipitaciones, a todas las aguas meteóricas que caen en la superficie de la Tierra, tanto bajo la forma líquida como la sólida: nieve, granizo, etc. Esos diversos tipos de precipitaciones son, a menudo medidos sin discriminación 'por su equivalente en agua' mediante los pluviómetros usuales".<sup>3</sup>

Existe además otro tipo de precipitación, considerada como precipitación oculta, el rocío, que se produce cuando "en ciertas condiciones el vapor de agua de las bajas capas atmosféricas se condensa directamente en la superficie más fría que el aire ambiente, de los vegetales y la tierra, (...), pero se trata en este caso de una delgada película de agua que se evapora o se sublima rápidamente en la atmósfera..."<sup>4</sup>

La precipitación constituye directa o indirectamente la fuente de abastecimiento de agua en la Tierra, líquido fundamental en la vida humana, animal y vegetal, ya que es uno de los componentes vitales tanto del cuerpo humano y animal como de las plantas, quienes basan algunas de sus funciones en la presencia del líquido.

Existe una serie de estudios sobre las condiciones que influyen en la distribución y cantidad de precipitación sobre las ciudades. En uno de ellos, se considera que "los factores que introducen cambios en la precipitación dentro del área urbana y que se mencionan con frecuencia en la literatura son:

---

3. Remenieras, G., 1974, p. 64

4. Remenieras, G., op. cit., p. 64

- a) La ciudad proporciona cantidades abundantes de núcleos de condensación y congelación.
- b) La turbulencia del aire aumenta debido a mayor rugosidad que presenta la superficie urbana.
- c) La convección térmica se intensifica por los contrastes de temperatura entre el campo y la ciudad." <sup>5</sup>

De lo anterior se desprende que el crecimiento de la ciudad influye en forma parcial en la distribución de la precipitación, "ya que sin duda tanto la contaminación como la convección térmica en el aire de la ciudad deben contribuir a desencadenar con mayor intensidad los aguaceros urbanos." <sup>6</sup>

a) Precipitación media anual

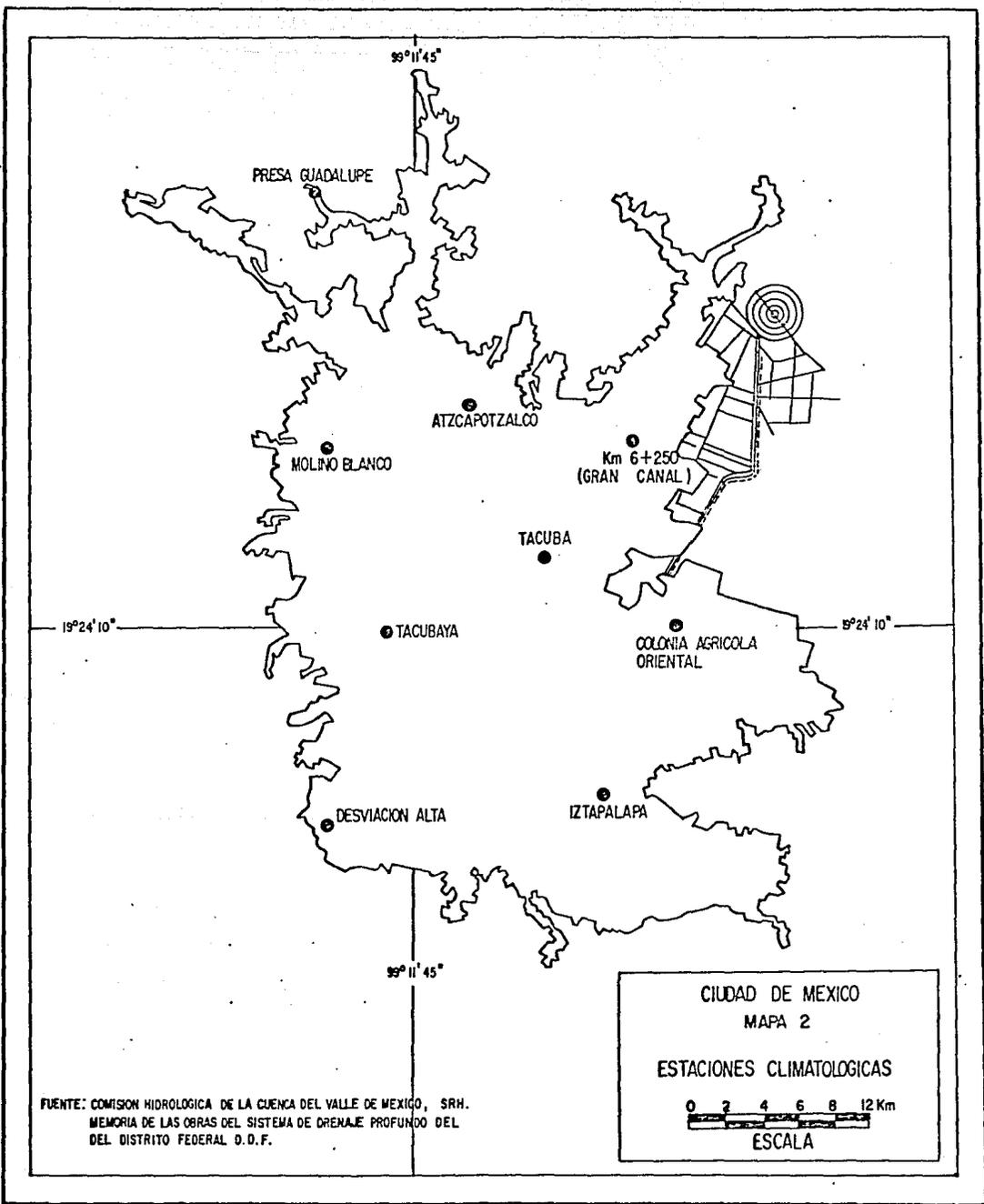
Este valor se utilizó por considerarlo como un parámetro de comparación para observar la variación que, con respecto a la media, tiene la curva de precipitación anual en el período considerado y por ser además, el valor que da una idea de la distribución espacial de la precipitación en general en el área de las zonas estudiadas.

Para el caso de la ciudad de México se utilizó la información de nueve estaciones climatológicas distribuidas en toda el área metropolitana de la misma (mapa 2); dichas estaciones se seleccionaron tomando en cuenta su localización y el período de años de observación; se procuró que fueran las estaciones de mayor período. Como esto no se pudo lograr completamente se trató de utilizar estaciones con más de 10 años de observación.

---

5. Jáuregui, O. E., 1974, pp. 138-139

6. Jáuregui, O. E., op. cit., p. 139.



FUENTE: COMISION HIDROLOGICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO, SRH.  
MEMORIA DE LAS OBRAS DEL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO DEL  
DEL DISTRITO FEDERAL D.D.F.

A continuación se presenta el cuadro I, donde aparecen las estaciones consideradas, los periodos y los valores medios anuales obtenidos.

CUADRO I  
PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm ( CIUDAD DE MEXICO)

ESTACIONES	PERIODOS	MEDIA ANUAL
Azcapotzalco	1949-1978	789.1
Colonia Agrícola Oriental	1961-1978	581.4
Desviación Alta al Pedregal	1949-1978	970.6
Iztapalapa	1956-1978	631.6
Km 6 + 250 Gran Canal	1947-1978	590.0
Molino Blanco	1933-1978	720.0
Presa Guadalupe	1950-1978	721.5
Tacuba	1961-1978	759.1
Tacubaya	1900-1978	728.4

NOTA: Las estaciones Molino Blanco y Presa Guadalupe se encuentran ubicadas en el Estado de México pero corresponden a la zona metropolitana de la Ciudad.

En el cuadro se observa que la estación que acumula la mayor cantidad de precipitación es Desviación Alta al Pedregal, que se localiza en el suroeste de la ciudad. Del resto de las estaciones, que se encuentran en la parte occidental y norte de la ciudad presentan los valores más altos. En ellas como en la primera influyen además de la altitud, las masas de aire húmedo que penetran al Valle de México por el oriente y que en su dirección hacia el oeste se encuentran con la barrera montañosa que representan las Sierras del Ajusco y de las Cruces, en cuyas laderas se precipitan provocando mayor precipitación que en el resto del Valle. La Ciudad de México, como ya

se vió, se localiza precisamente al occidente del Valle y sin embargo las estaciones que se encuentran en la parte oriental ya registran una menor cantidad de precipitación media anual, destacan la estación Colonia Agrícola Oriental que está localizada hacia el este de la ciudad y la estación Km 6 + 250 Gran Canal, que se sitúa en la parte nororiental de la misma.

Así se puede ver que la precipitación aumenta con la altitud aunque, como más adelante se verá, "la influencia urbana parece ser decisiva en su distribución...",<sup>7</sup> por el aumento del asfalto y las construcciones y la deforestación que afecta a la zona.

En el cuadro II se presentan los valores medios anuales obtenidos para los dos periodos escogidos.

Se observa que en casi todas las estaciones el valor del segundo periodo es mayor que el del primero y en algunos casos como en Molino Blanco y Tacubaya, la diferencia entre ambos es de más de 100 mm. En las estaciones Colonia Agrícola Oriental y Tacuba no se pudo comparar por no existir datos anteriores a 1960.

Es importante destacar que la estación Iztapalapa es la única, de las consideradas para este estudio, que presenta un decremento del valor obtenido en el segundo periodo con respecto al primero y aunque éste es inferior a 9 mm subraya la importancia que, como después se verá, tienen las serranías de la parte occidental que se encuentran muy cercanas a la ciudad, ya que esta estación se encuentra en la parte oriental de la misma.

Si se compara con el cuadro I, se nota que en ambos perio-

---

7. Olave, F. D., 1976, p. 125.

CUADRO 11

PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm EN DOS PERIODOS

ESTACIONES	PERIODO I	MEDIA ANUAL	PERIODO II	MEDIA ANUAL
Azcapotzalco	1949-1960	702.4	1961-1978	789.2
Colonia Agrícola Oriental	-	-	1961-1978	581.4
Desviación Alta al Pedregal	1949-1960	913.3	1961-1978	1005.2
Iztapalapa	1956-1960	639.8	1961-1978	630.0
Km 6 + 250 Gran Canal	1947-1960	577.7	1961-1978	599.2
Molino Blanco	1933-1960	659.9	1961-1978	808.9
Presa Guadalupe	1950-1960	712.7	1961-1978	726.8
Tacuba	-	-	1961-1978	759.1
Tacubaya	1900-1960	690.2	1961-1978	858.0

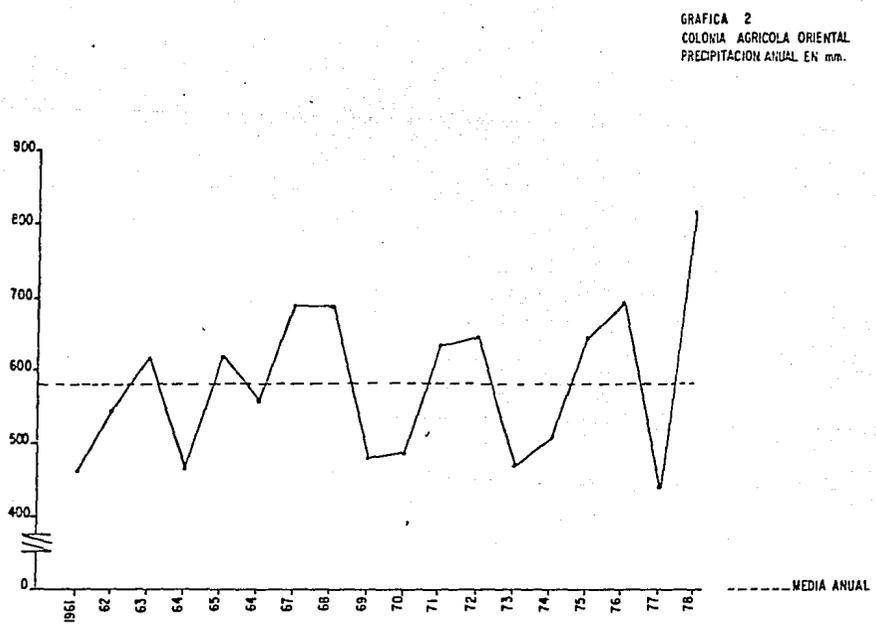
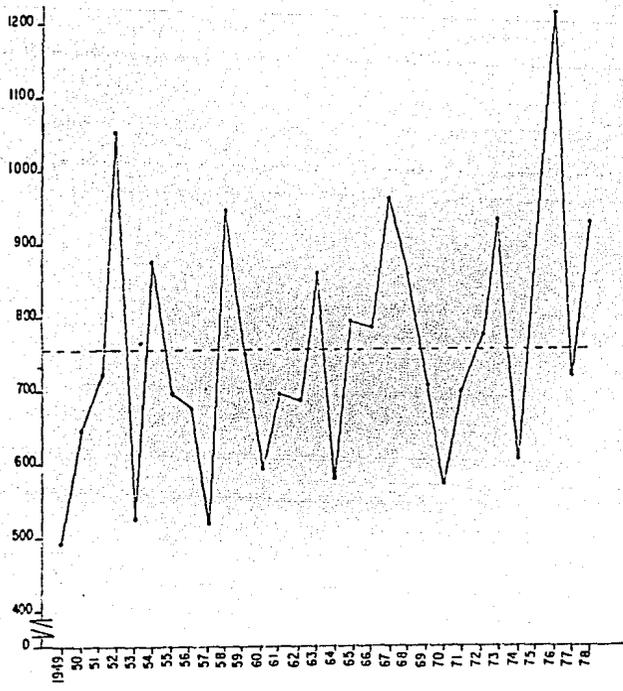
dos las estaciones que presentan los valores de precipitación más elevado y más bajo son las mismas que las de este cuadro; el valor más alto corresponde a la estación Desviación Alta al Pedregal y el más bajo se obtuvo en los tres casos en la estación Km 0 + 250 Gran Canal.

Por otra parte, en las gráficas elaboradas se observa el comportamiento que tiene la precipitación en el periodo de observación.

En la estación Azcapotzalco (Gráfica 1), se observa que el año de menor precipitación es 1949, año en que se inician los registros (493.0 mm) y la mayor precipitación corresponde a 1976 (1213.8 mm), diferencia bastante notable, además se nota que la precipitación en los últimos años presenta un incremento.

La estación Colonia Agrícola Oriental (Gráfica 2), tiene un periodo menor de observación y se nota que los años que presentan el valor más bajo y más alto corresponden a los dos últimos considerados para este trabajo; y si se compara con la gráfica anterior, se ve que el rango de variación que experimentan los valores es menor ya que aquí varían de 400 mm a 900 mm. Esta es la estación, de las consideradas para el estudio, que se encuentra más al oriente del área metropolitana de la Ciudad de México, zona donde la precipitación no es abundante.

La Gráfica 3 corresponde a la estación Desviación Alta al Pedregal, en donde el año de menor precipitación corresponde a 1949 y el de mayor a 1958, con una variación de 589.4 mm a 1436.5 mm; en ella se observa que los valores aumentan aunque no en forma constante del inicio de las observaciones (1949), hasta el año 1958, a continuación se presenta una disminución hasta 1960, posteriormente se nota un nuevo aumento hasta 1966 y a partir de ese año una disminu-



ción hasta finalizar el periodo.

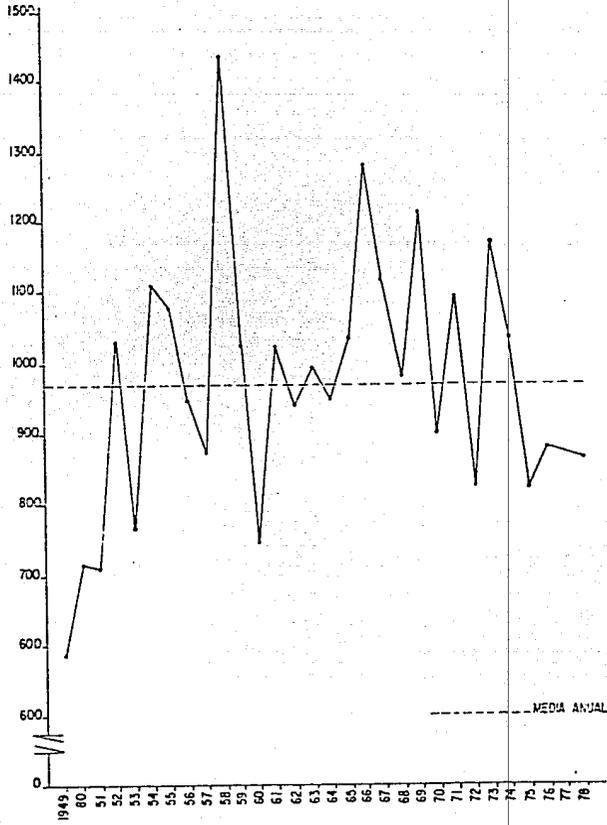
La estación Iztapalapa (Gráfica 4), presenta su menor valor en el año de 1961 y el mayor en 1978; en este caso, los valores de precipitación presentan algunas variaciones con respecto a la media, ya que al principio del periodo los valores se encuentran bastante alejados de ésta, en la parte central de la gráfica se observa que los valores se encuentran muy cercanos, y en los últimos años del periodo considerado los valores se vuelven a disparar con respecto al valor medio, lo que demuestra que en esta estación la fluctuación de la precipitación es muy fuerte.

La estación Km 6 + 250 Gran Canal (Gráfica 5), es la que presenta mayor homogeneidad en los valores que corresponden al periodo de observación, ya que sólo en dos casos se disparan con respecto al valor medio y son los que corresponden a los valores mínimo (384.8 mm) y máximo (768.8 mm) de precipitación (1957 y 1958 respectivamente), esta estación, por estar situada en la parte oriental de la ciudad, no presenta valores muy altos de precipitación.

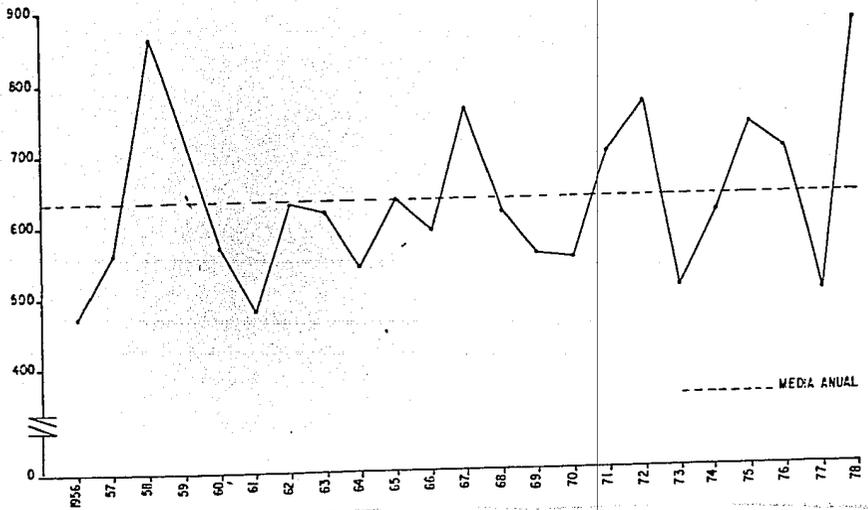
La estación Molino Blanco (Gráfica 6), se localiza en la zona metropolitana de la ciudad que corresponde al Estado de México, esta estación presenta su valor menor en 1950 (429.0 mm) y su valor máximo ocho años después, es decir en 1958 (1236.9 mm). A lo largo del periodo de observación, esta estación presenta tres disminuciones en cuanto a la ocurrencia de la precipitación, uno bastante fuerte al inicio de las observaciones, después presentan un incremento en los años que incluyen a la precipitación más elevada, posteriormente hay otra disminución, un ligero aumento, otra disminución no muy fuerte para volver a aumentar en los últimos años.

Otra estación que se localiza en el Estado de México es

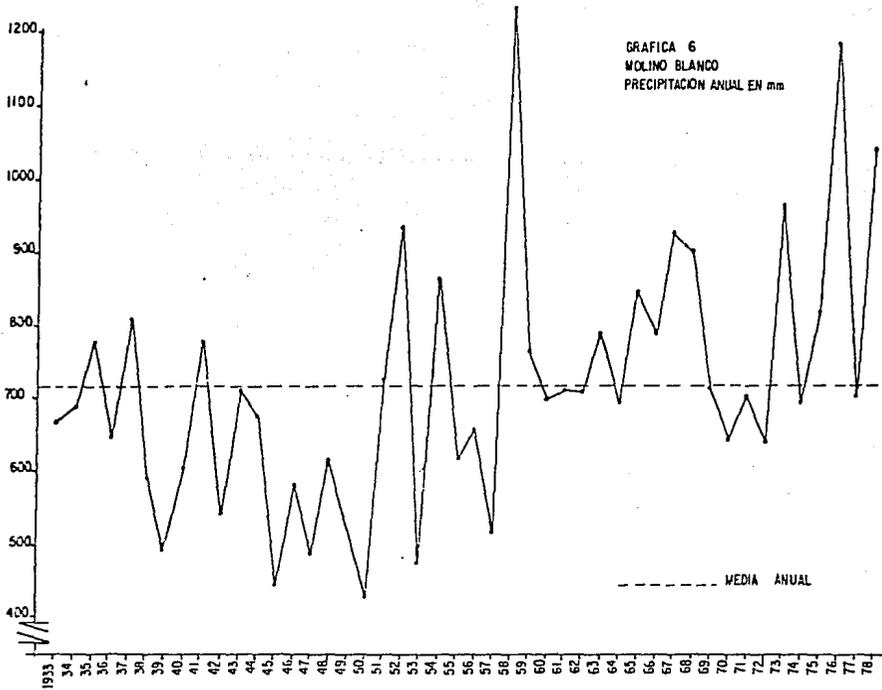
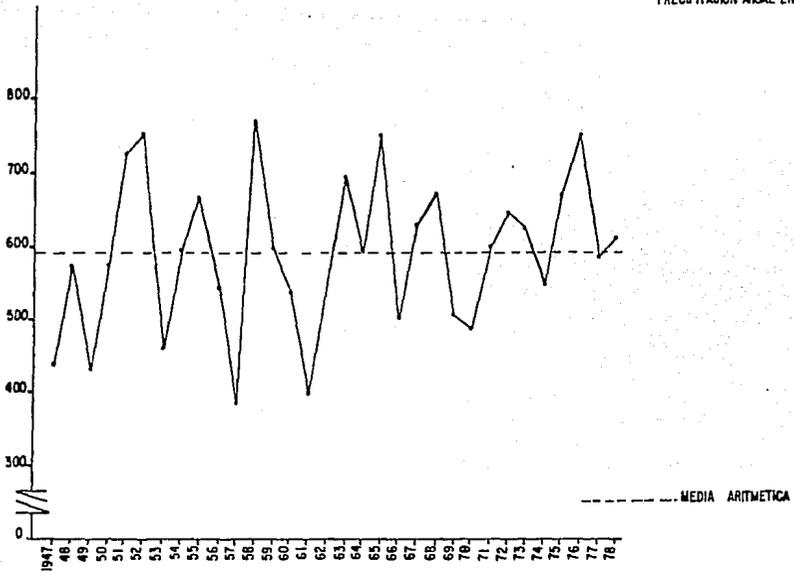
GRAFICA 3  
DESVIACION ALTA  
AL PEDREGAL  
PRECIPITACION ANUAL EN mm



GRAFICA 4  
IZTAPALAPA  
PRECIPITACION ANUAL EN mm



GRAFICA 5  
 Km 6 + 250 GRAN CANAL  
 PRECIPITACION ANUAL EN mm



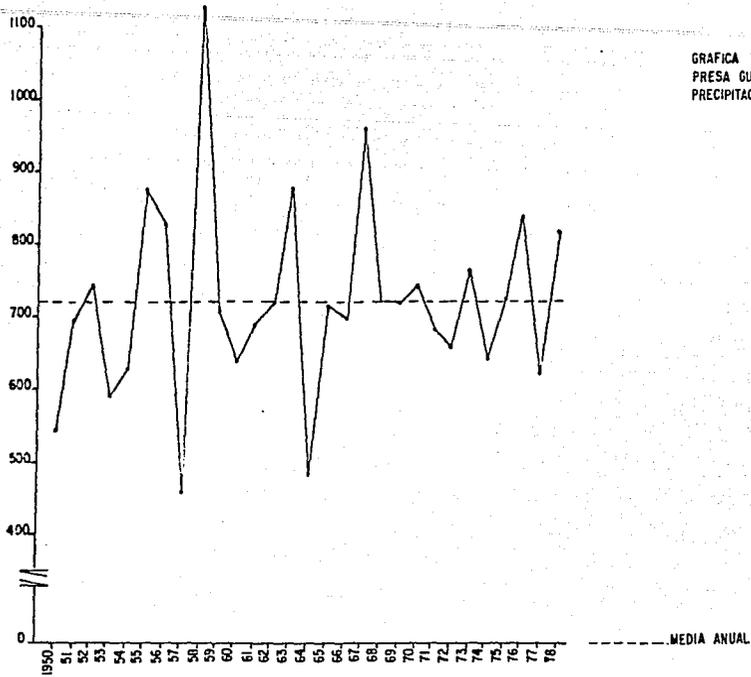
Presa Guadalupe (Gráfica 7), en donde no se puede decir que la precipitación presente periodos de aumento o disminución y los años de mayor y menor precipitación se presentan seguidos (1957 y 1958 respectivamente), con 458.1 mm y 1128.7 mm, aquí gran parte de los valores se encuentran cercanos a la media anual y son contados los ca sos donde se alejan mucho del valor medio.

La estación Tacuba (Gráfica 8), presenta un aumento de precipitación en los últimos años de observación; le corresponden a 1974 y 1976 los valores menor y mayor de precipitación, respectivamente (563.5 mm y 1118.2 mm), en esta estación se nota que en general los valores se encuentran dispersos con respecto a la media anual y sólo existe un año en el que el valor está muy cercano al valor medio.

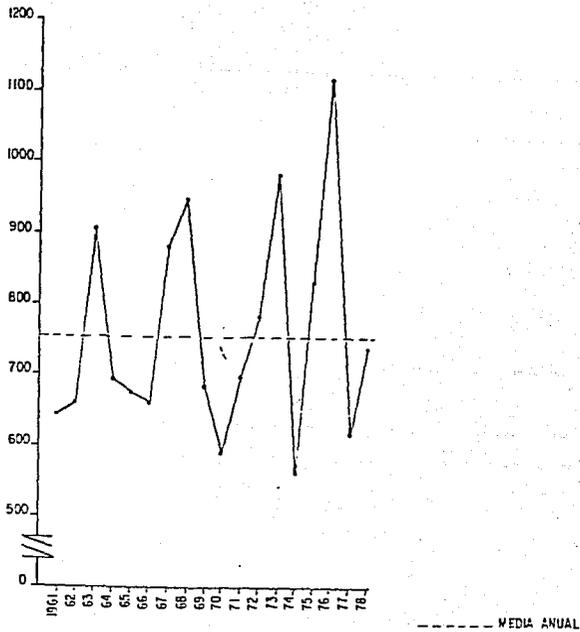
La estación que tiene el mayor periodo de observación es Tacubaya (Gráfica 9), por lo que en ella se pueden ver mejor los cambios que experimenta la precipitación. Al observar la gráfica, se notan dos disminuciones y dos ascensos con respecto a la cantidad media de precipitación; el primero ocurre en los primeros años de observación; aquí la mayoría de los valores se encuentran bajo la media anual; posteriormente hay un ascenso en el que casi todos los valores se encuentran sobre el valor medio anual; posteriormente presenta otro descenso, en el que se incluye el año de 1943, que representó en México un año de sequía muy fuerte, en este periodo también los valores de precipitación se encuentran en general debajo de la media anual; a partir de 1950 empieza a aumentar la precipitación y se puede considerar que a partir de 1962, el aumento de la ocurrencia del fenómeno es mayor y los valores, salvo una excepción, se encuentran en general sobre el valor medio y en algunos casos muy dispersos con respecto a este.

Debido a que, como ya se mencionó anteriormente, esta es-

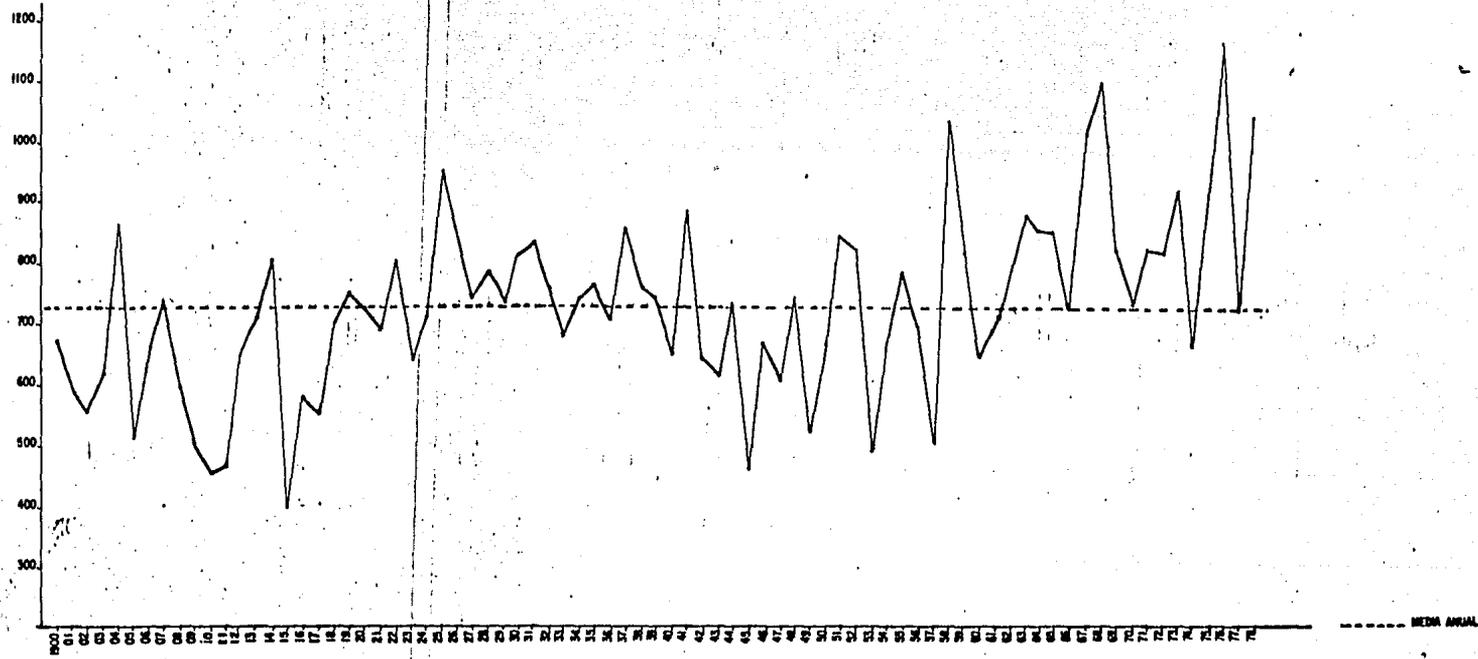
GRAFICA 7  
 PRESA GUADALUPE  
 PRECIPITACION ANUAL EN mm



GRAFICA 8  
 TACUBA  
 PRECIPITACION ANUAL EN mm.



GRAFICA 9  
TACUBAYA  
PRECIPITACION ANUAL EN mm.

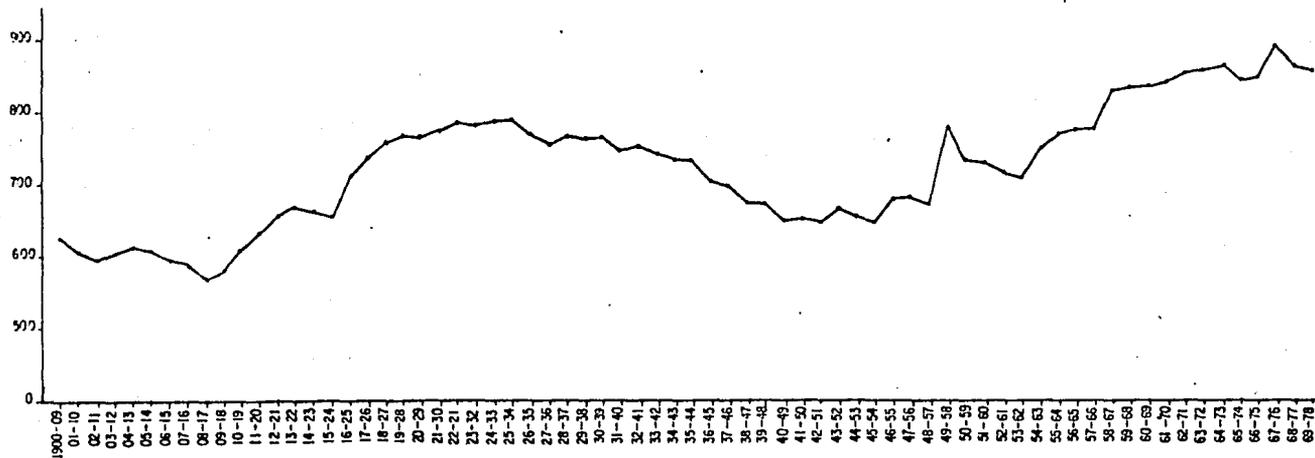
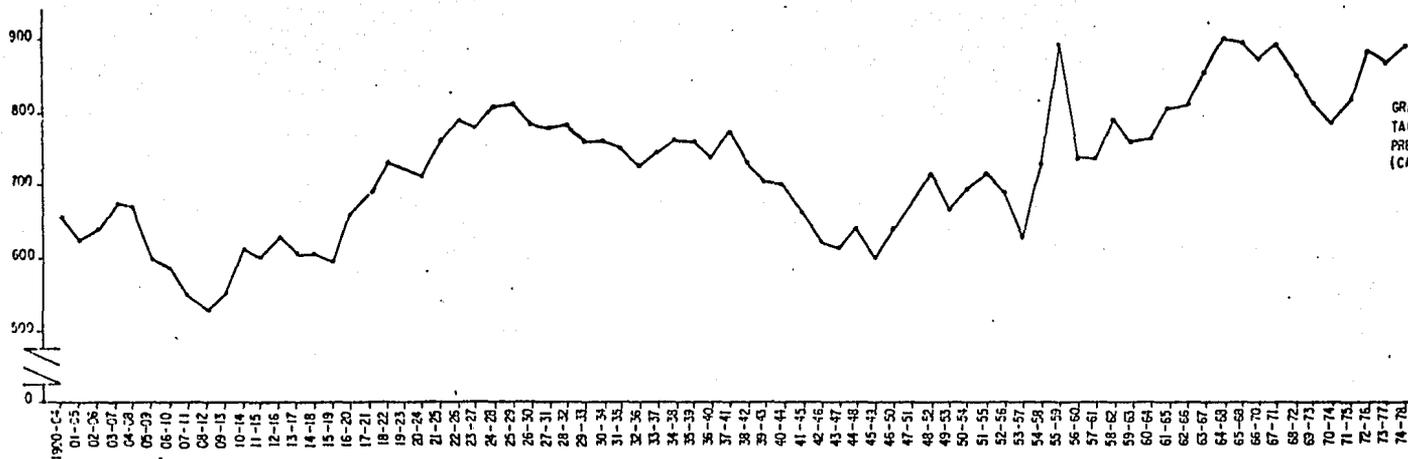


tación es la que tiene el mayor periodo de observación, se elaboraron dos gráficas (9a y 9b), en donde se agruparon los valores en periodos de 5 y 10 años respectivamente. En ambas gráficas se observa un comportamiento similar en los valores de precipitación ya que presentan un descenso al principio del periodo seguido de un aumento; a partir del quinquenio 1925 y 1929 y el decenio 1925-1934, presentan un descenso que termina en el periodo 1945-1949 y 1945-1954 respectivamente; a partir de ese momento se nota que los valores aumentan hasta finalizar el periodo, este aumento es más constante en la gráfica 9b, donde los valores se agrupan en periodos de 10 años.

Se puede considerar en general que casi todas las estaciones presentan una variación muy fuerte en cuanto al valor de precipitación anual al comparar los años de mayor y menor precipitación. Destacan por este hecho las estaciones Desviación Alta al Pedregal y Molino Blanco con una variación de más de 800 mm.

Por otra parte, algunas estaciones como Km 6 + 250 Gran Canal y Presa Guadalupe, presentan el valor máximo y mínimo en los mismos años y de manera consecutiva, es decir, primero se produce el valor menor y después se produce el mayor. En el caso de Tacuba esto es parecido, sólo que aquí los valores mínimo y máximo se producen alternados con un año.

Además, en algunas estaciones, el periodo posterior a 1960 se puede considerar que presenta aumento aunque no de manera definitiva por la presencia de altas y bajas, como ejemplo de esto se encuentran las estaciones Molino Blanco y Azcapotzalco. En otros casos se observa que los valores descienden, como en el caso de Desviación Alta al Pedregal, en donde se nota que a partir de 1966 hay una disminución. Pero en general se puede decir que se tiene un aumento de



precipitación para 1961-1978.

En Guadalajara se escogieron tres estaciones (mapa 3), que se localizan de la siguiente forma: una en la parte central de la ciudad (Guadalajara), otra en la parte noroeste (Zapopan) y otra en la parte sureste de la misma (Tlaquepaque); como en el caso anterior, los periodos de observación no son iguales, pero estas estaciones se pueden considerar como las más representativas de la ciudad por su ubicación. Las estaciones Tlaquepaque y Zapopan se encuentran en el área metropolitana de la Ciudad de Guadalajara.

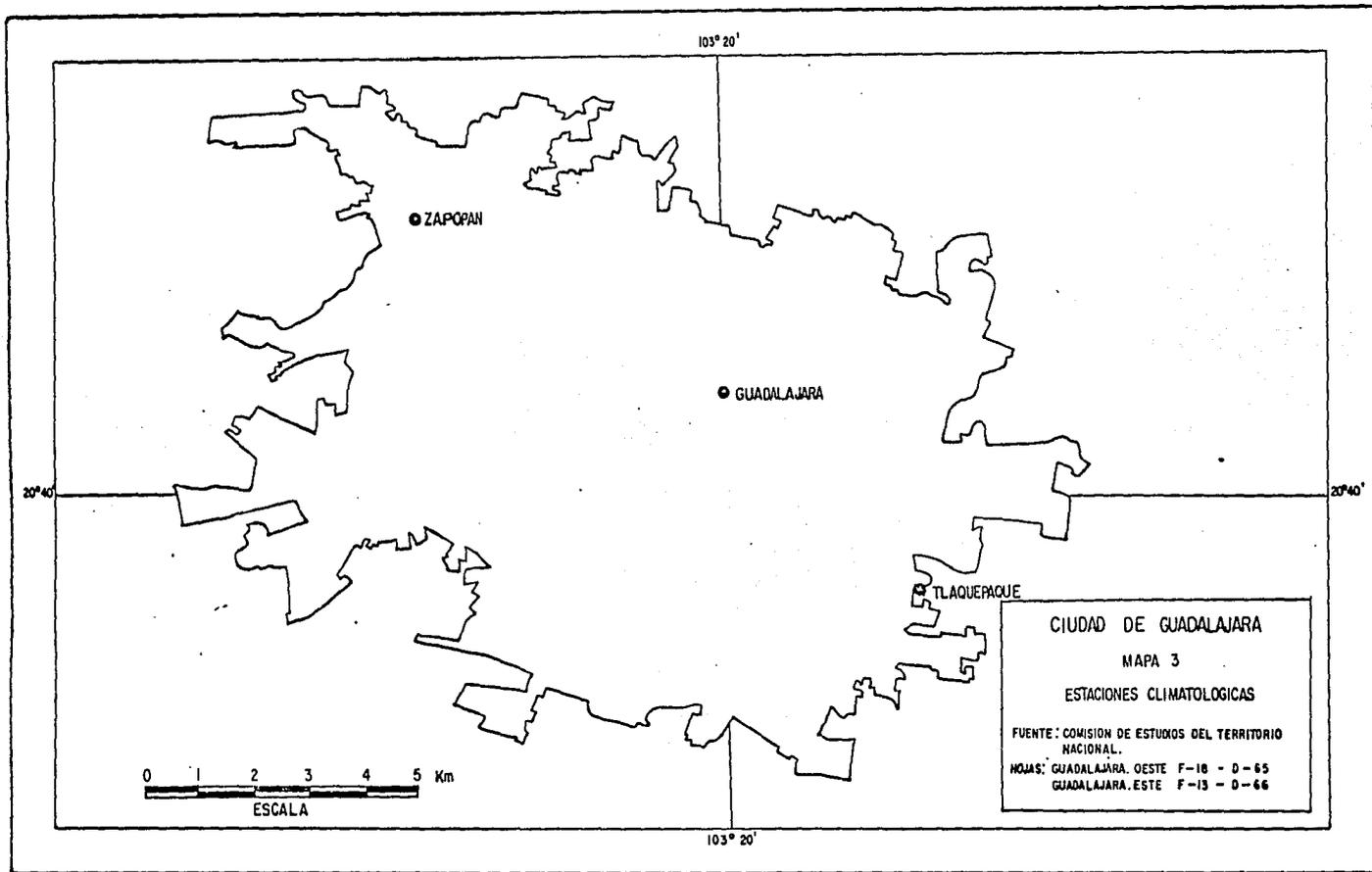
En el siguiente cuadro se presentan los valores medios anuales, así como los periodos de observación.

CUADRO III  
PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm (CIUDAD DE GUADALAJARA)

ESTACIONES	PERIODOS	MEDIA ANUAL
Guadalajara	1954-1978	1012.5
Tlaquepaque	1961-1978	914.4
Zapopan	1954-1976	928.5

En el cuadro se observa que la estación que acumula la mayor precipitación es Guadalajara que, como ya se dijo, se encuentra en el centro de la ciudad y seguramente recibe la influencia de la plancha de concreto que la circunda y que actúa acentuando la convección local incrementando así la nubosidad y, por lo tanto, la precipitación; además la concentración de la población facilita la creación de núcleos de condensación.

La estación Zapopan, que se localiza en la parte norocci-



dental de la ciudad, tiene una precipitación media menor a la de la estación antes mencionada y aunque se encuentra casi en el borde del área metropolitana de la ciudad, la influencia que recibe de ésta debe ser de importancia.

La estación que registra la menor precipitación es Tlaquepaque, que se localiza ya en el límite de la ciudad y guarda una cierta relación con la influencia que recibe de la zona construida.

En el siguiente cuadro se presentan los datos medios anuales para dos periodos.

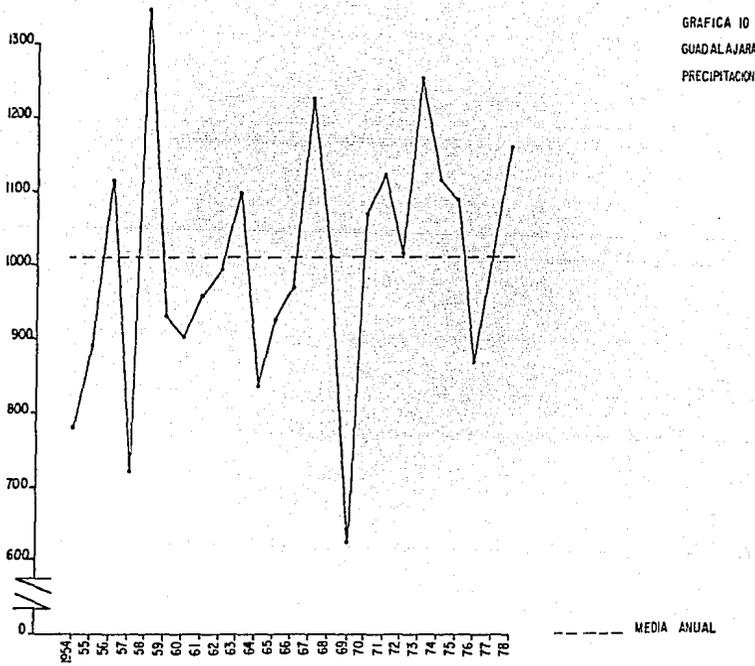
#### CUADRO IV

##### PRECIPITACION MEDIA ANUAL: EN mm EN DOS PERIODOS

ESTACIONES	PERIODO I	MEDIA ANUAL	PERIODO II	MEDIA ANUAL
Guadalajara	1954-1960	957.4	1961-1978	1026.6
Tlaquepaque	-	-	1961-1978	914.2
Zapopan	1954-1960	860.5	1961-1976	876.6

Se observa un incremento del valor medio en el segundo periodo. La estación Tlaquepaque no presenta valor en el primer periodo, pero se puede pensar que su comportamiento es similar al de las otras estaciones.

En la gráfica 10 se observa el comportamiento de la precipitación en la estación Guadalajara; se nota que dicho comportamiento es muy irregular a todo lo largo del periodo, y en general todos los valores se encuentran muy dispersos con respecto a la media anual excepto dos años (1972 y 1977), donde el valor de la precipitación coincide prácticamente con la media. El año de mayor cantidad de lluvia es



GRAFICA 10  
 GUADALAJARA  
 PRECIPITACION ANUAL EN mm.

- - - - - MEDIA ANUAL

1958 y la menor le corresponde a 1969, posterior a este año, se podría considerar a priori un aumento en la precipitación hasta el año 1975; en este intervalo todos los valores se encuentran sobre el valor medio anual.

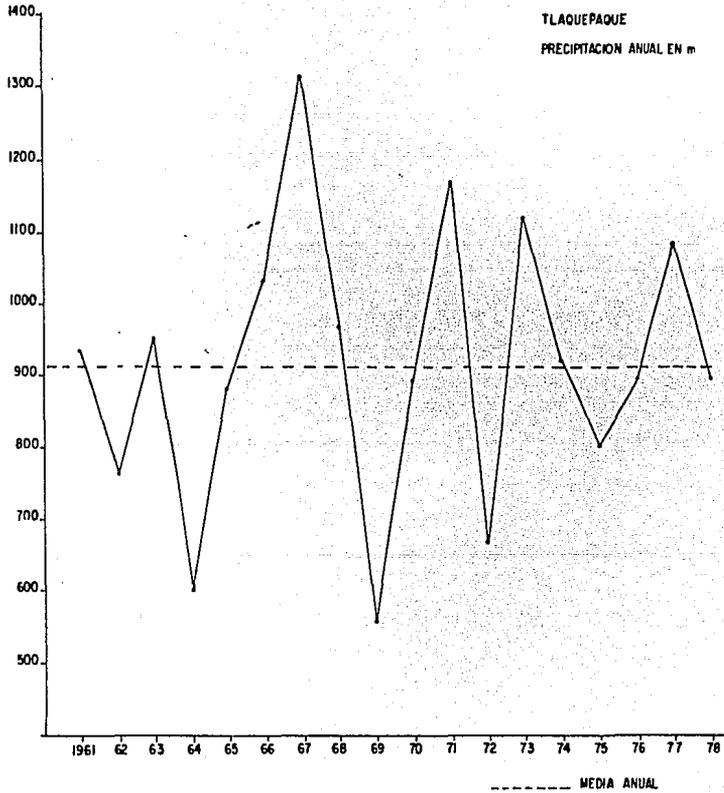
La estación Tlaquepaque (Gráfica 11), presenta un marcado descenso en los primeros años de observación y posteriormente se nota un aumento en los valores de precipitación; a partir de ese momento el comportamiento de la gráfica es muy irregular.

En cambio, en la estación Zapopan (Gráfica 12) se nota un comportamiento más regular en la variación de la precipitación; en el inicio de las observaciones se nota un descenso; posteriormente hay un aumento que incluye al año de mayor precipitación seguido de un descenso que no es tan marcado como el inicial, para presentar a partir de 1963 un aumento que contiene altas y bajas pero en el que todos los valores se encuentran sobre el valor medio anual.

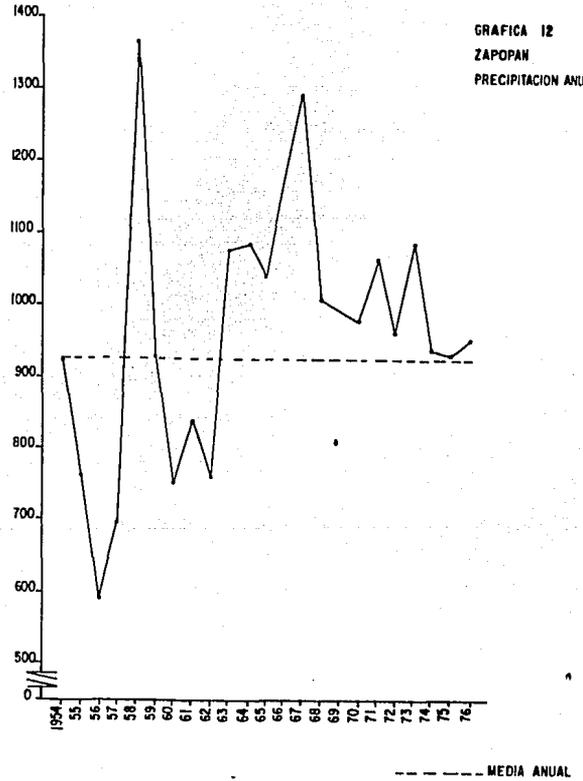
Del análisis anterior se desprende que las tres estaciones de esta ciudad presentan a todo lo largo del periodo de observación considerado un comportamiento muy irregular ya que, aunque algunas veces se pueden definir ciertos periodos de aumento o disminución, en general los valores presentan una serie de altas y bajas. Sin embargo, al comparar un periodo con respecto al otro se puede considerar que los valores de precipitación se incrementan con respecto al periodo anterior a 1960.

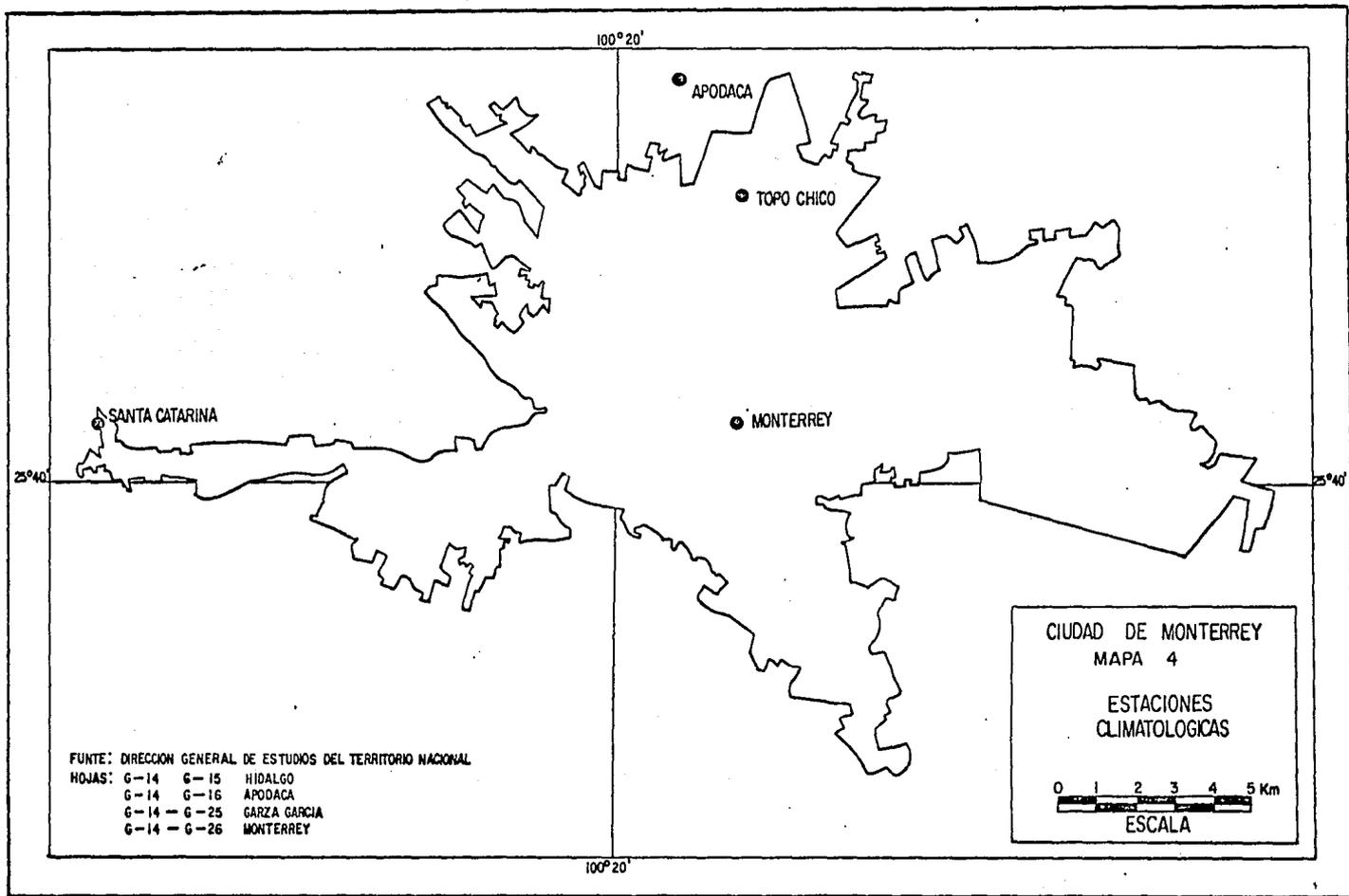
Para la Ciudad de Monterrey (mapa 4), se utilizó la información de cuatro estaciones meteorológicas, con el único inconveniente de que las cuatro se encuentran en la parte norte de la ciudad ya que en la parte sur no se encontró ninguna que tuviera periodo adecuado. En el caso de esta ciudad los periodos son más uniformes ya que so-

GRAFICA 11  
TLAQUEPAQUE  
PRECIPITACION ANUAL EN m



GRAFICA 12  
ZAPOCAN  
PRECIPITACION ANUAL EN mm





lamente una de ellas presenta pocos años de observación.

En el siguiente cuadro se presentan los valores medios anuales, así como los periodos de observación.

CUADRO V  
PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm (CIUDAD DE MONTERREY )

ESTACIONES	PERIODOS	MEDIA ANUAL
Apodaca	1964-1978	578.5
Monterrey	1940-1978	613.0
Santa Catarina	1940-1978	401.2
Topo Chico	1940-1978	495.6

En el cuadro se observa que las cuatros estaciones tienen un valor de precipitación media anual relativamente bajo en relación al de las otras ciudades estudiadas, esto es lógico ya que la zona donde se encuentra localizada la ciudad, es muy seca, por lo que la ocurrencia de precipitación es menor, manifestándose en una escasez importante de agua en la época seca del año.

De las estaciones consideradas, la que presenta mayor precipitación es Monterrey, que se encuentra ubicada en la parte central de la ciudad, por lo que la influencia de las construcciones y del asfalto debe ser fundamental.

En cambio, la estación Santa Catarina es la que presenta el valor más bajo de precipitación media anual, debido muy probablemente a que se encuentra en la parte occidental, en la orilla de la ciudad, por lo que la influencia que recibe de las construcciones no debe ser muy marcada y por otra parte, puede ser que las mis-

mas construcciones sirvan de obstáculo a los vientos húmedos que afectan a la zona.

Las estaciones restantes, Apodaca y Topo Chico, presentan valores intermedios, aunque en la primera de ellas el valor es mayor; esta estación se encuentra fuera del área construida de la ciudad, pero está tan cercana a ella, que seguramente recibe su influencia.

En la estación Topo Chico, en los últimos años de observación, los valores, aunque presentan altas y bajas, se encuentran por encima del valor medio anual.

Para dar una idea más objetiva del comportamiento de los valores de precipitación media en esta ciudad de un periodo a otro se construyó el siguiente cuadro.

CUADRO VI  
PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm EN DOS PERIODOS

ESTACIONES	PERIODO I	MEDIA ANUAL	PERIODO II	MEDIA ANUAL
Apodaca	-	-	1964-1978	578.5
Monterrey	1940-1960	628.4	1961-1978	668.6
Santa Catarina	1940-1960	376.5	1961-1978	430.4
Topo Chico	1940-1960	441.2	1961-1978	554.2

En las estaciones que presentan datos en ambos periodos se observa un incremento en el segundo periodo, el mayor aumento se encuentra en Topo Chico con más de 100 mm, seguido de Monterrey y Santa Catarina; esto parece indicar que el crecimiento de la ciudad influye favorablemente en el aumento de la cantidad de precipitación.

Es muy difícil determinar el comportamiento de la precipi-

tación en la estación Apodaca (Gráfica 13), porque durante todos los años de observación que presenta, la precipitación muestra altas y bajas, aunque se puede considerar que en los primeros años de observación hay una marcada disminución en los valores, de precipitación, y a partir de 1970 se presenta una serie de altas y bajas y es en el año de 1976, cuando alcanza su valor máximo.

Las estaciones: Monterrey, Santa Catarina y Topo Chico (Gráficas 14, 15 y 16), además de tener el mismo periodo de observación, tienen en general un comportamiento similar pues aunque en algunos casos presentan pequeñas variaciones una parte del periodo de menor precipitación corresponde casi exactamente a los mismos años y las tres estaciones tienen casi el mismo rango de variación en los valores. Por otra parte es interesante hacer notar que en los tres casos el valor máximo de la precipitación coincide en el mismo año (1967) y a partir de ahí cada estación se comporta de distinta forma.

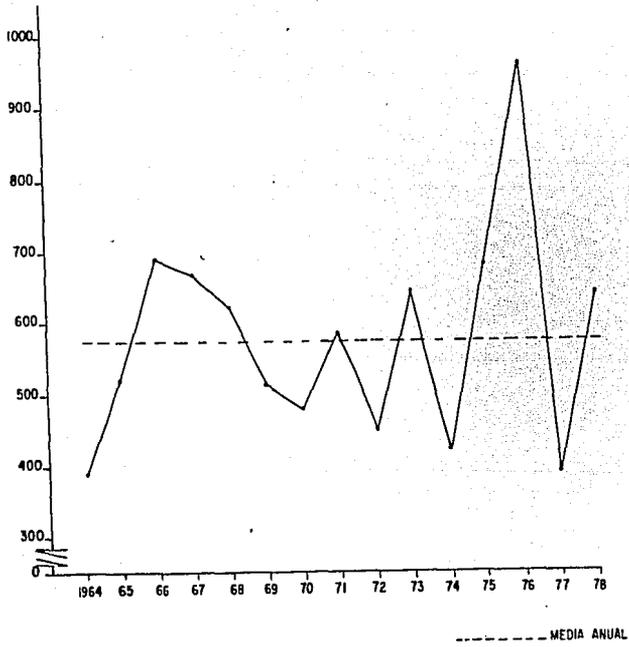
Así en la Ciudad de Monterrey se observa, a pesar de la existencia de periodos de aumento y disminución, la existencia de un incremento en los valores de precipitación; esto es más notorio en el caso de Topo Chico, donde en los últimos años de observación, los valores se encuentran sobre la media anual. Esto no puede verse en la estación Apodaca, que inició los registros de este elemento en 1964.

#### b) Precipitación máxima en 24 horas

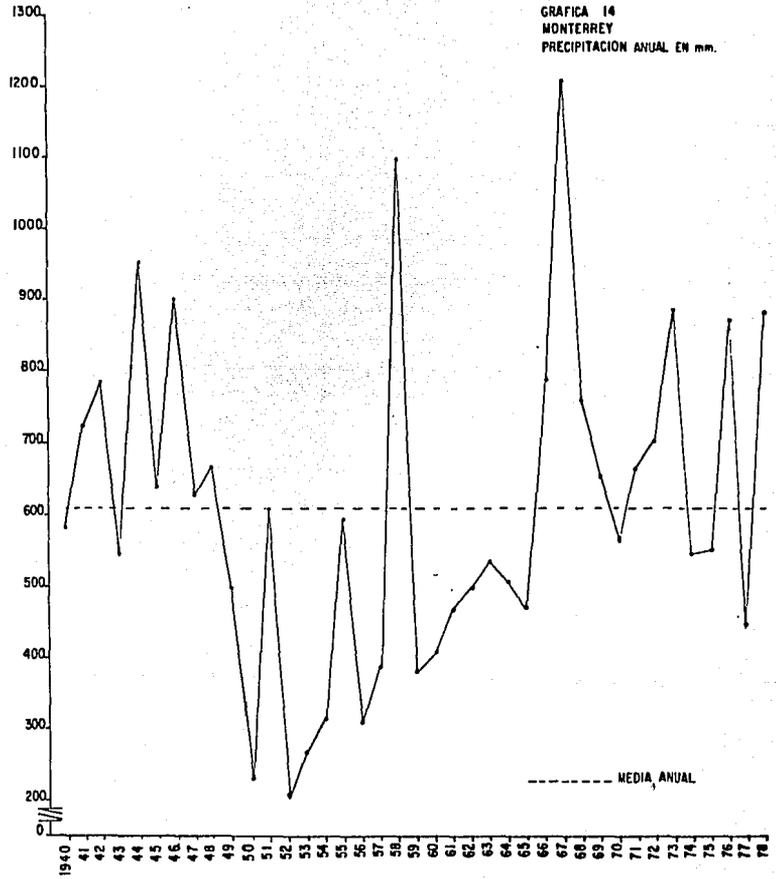
La precipitación máxima en 24 horas se refiere a la máxima cantidad de lluvia que se obtiene en un día en un año determinado.

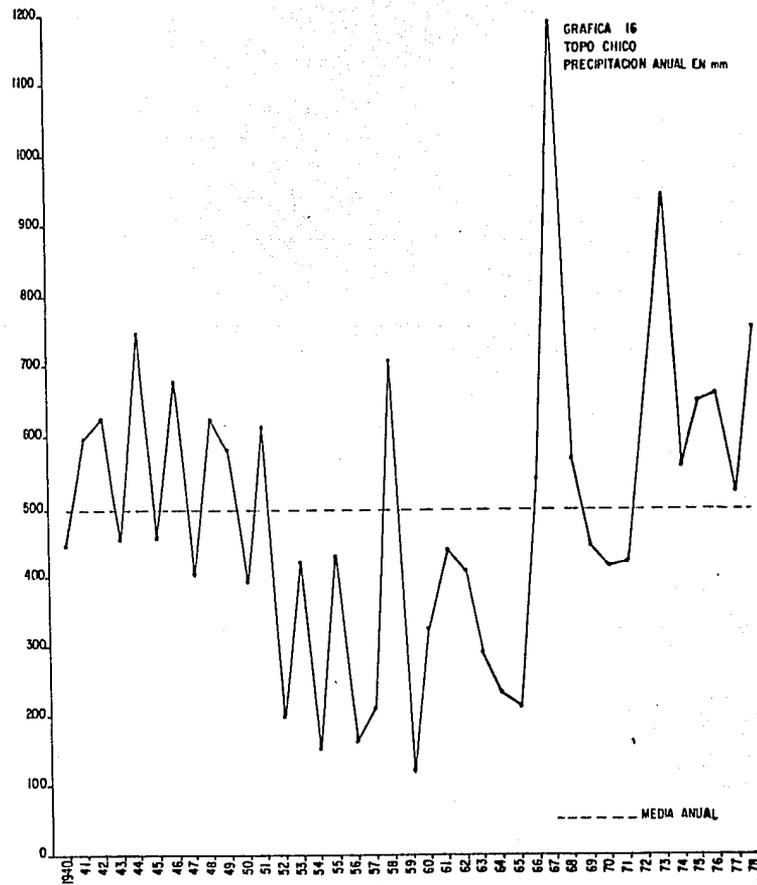
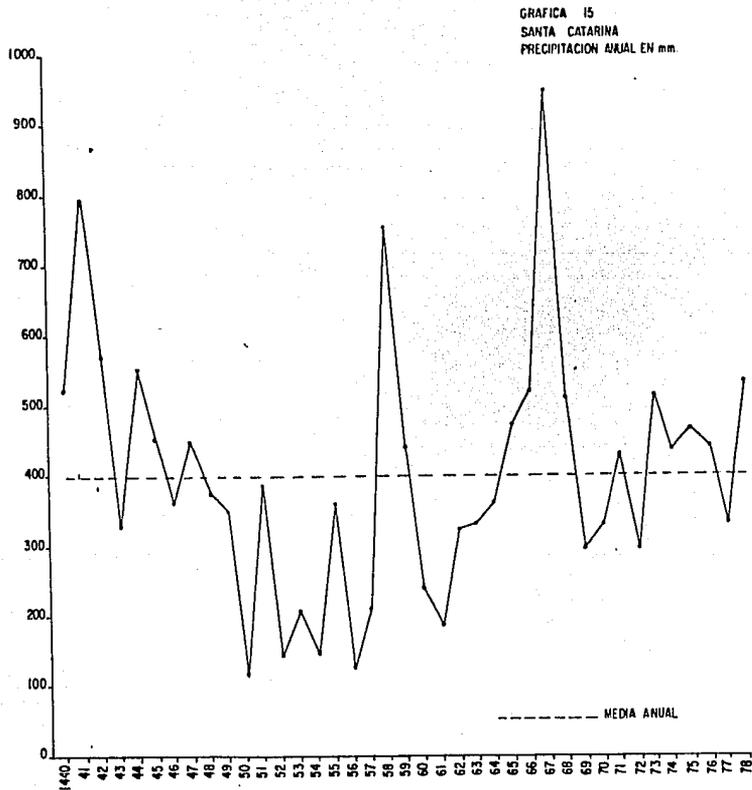
Para efectos de comparación, también se procedió a obte-

GRAFICA 13  
 APODACA  
 PRECIPITACION ANUAL EN mm.



GRAFICA 14  
 MONTERREY  
 PRECIPITACION ANUAL EN mm.





ner un valor medio que permitiera establecer una comparación del comportamiento de la precipitación en los periodos de observación de las estaciones consideradas.

Este parámetro cuenta con registro en todas las estaciones aunque como en el caso de la precipitación anual, no todas las estaciones tienen el mismo periodo de observación, lo que representa un inconveniente, ya que algunas estaciones presentan periodos muy cortos.

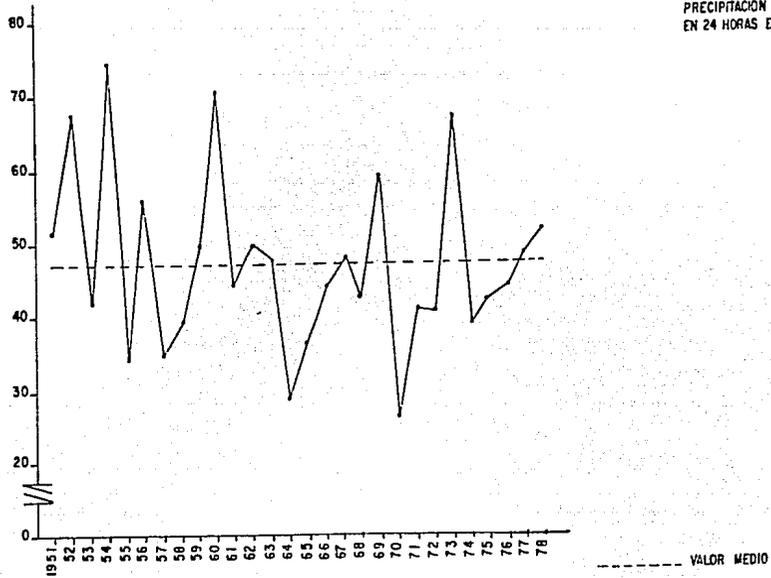
Por otra parte, algunas de las gráficas que se presentan muestran una curva truncada, lo que indica que en ese año el registro no se llevó a cabo, lo que representa una ruptura en la secuencia y en la observación del comportamiento del fenómeno.

En la estación Azcapotzalco (Gráfica 17), se observa que la precipitación máxima en 24 horas presenta aumentos y descensos a lo largo del tiempo; obtiene su máximo en el año de 1954 y el mínimo en 1970. En general los valores de precipitación en esta estación se encuentran debajo del valor medio y son contados los años que rebasan dicho límite y excepto los años de 1977 y 1978, en ningún otro caso se observa que dos años seguidos se encuentren sobre este valor.

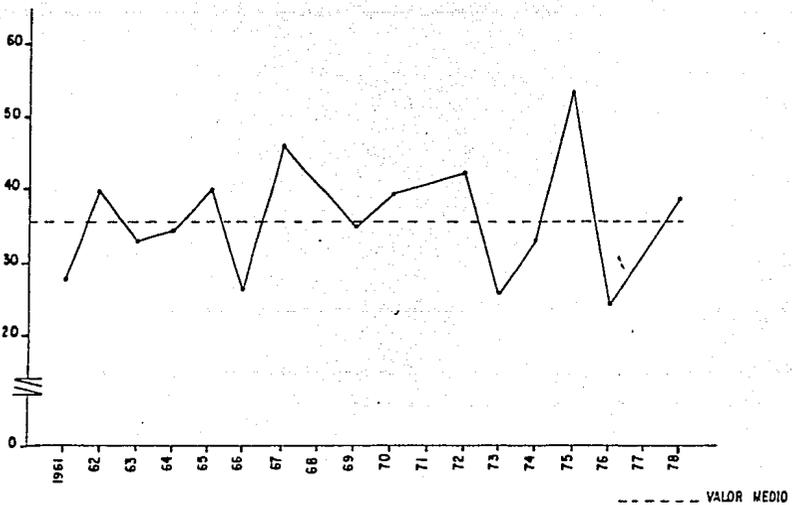
En Colonia Agrícola Oriental (Gráfica 18), la precipitación máxima en 24 horas se comporta de manera parecida a la de la estación anterior, ya que presenta una serie de altas y bajas y tampoco se nota que exista una tendencia de los valores a aumentar o disminuir; en este caso, la precipitación alcanza su máximo y su mínimo en 1975 y 1976 respectivamente, lo que es curioso porque se produce uno después del otro.

La siguiente gráfica (Gráfica 19), corresponde a la esta-

GRAFICA 17  
 ATZCAPOTZALCO  
 PRECIPITACION MAXIMA  
 EN 24 HORAS EN mm.



GRAFICA 18  
 COLONIA AGRICOLA ORIENTAL  
 PRECIPITACION MINIMA  
 EN 24 HORAS EN mm.

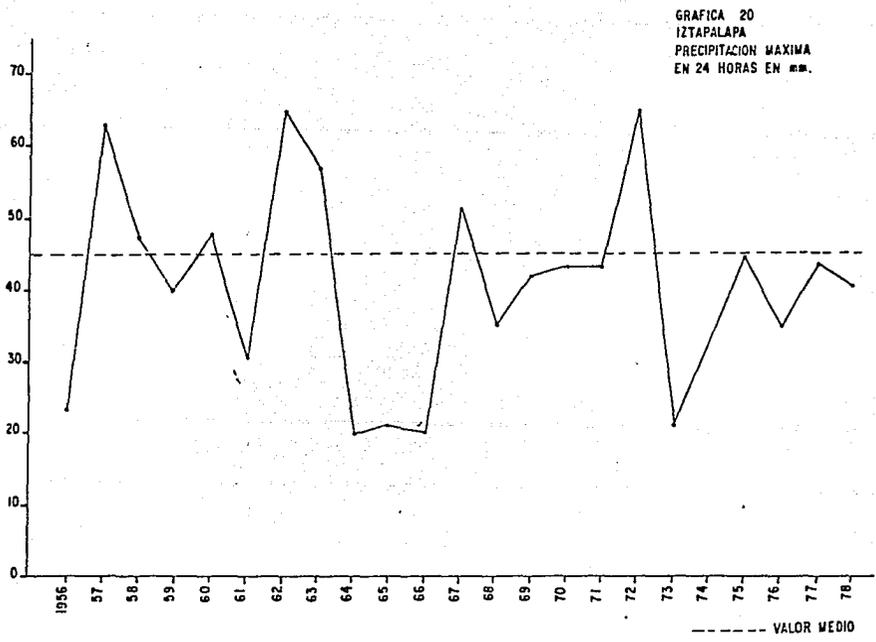
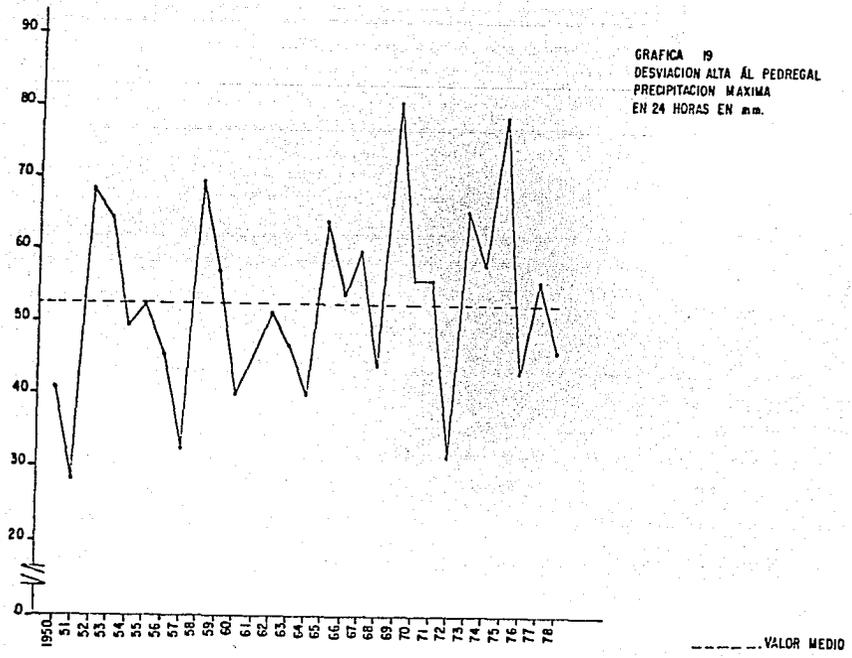


ción Desviación Alta al Pedregal, que tampoco tiene un comportamiento definido, aunque hasta cierto punto se observa que la precipitación tiende a aumentar en la parte central del periodo de observación y es ahí donde se encuentra el valor mayor de precipitación que corresponde al año de 1969 y tres años después se registra el valor menor. Posteriormente se presenta otro aumento, seguido de otra baja en la acumulación de precipitación.

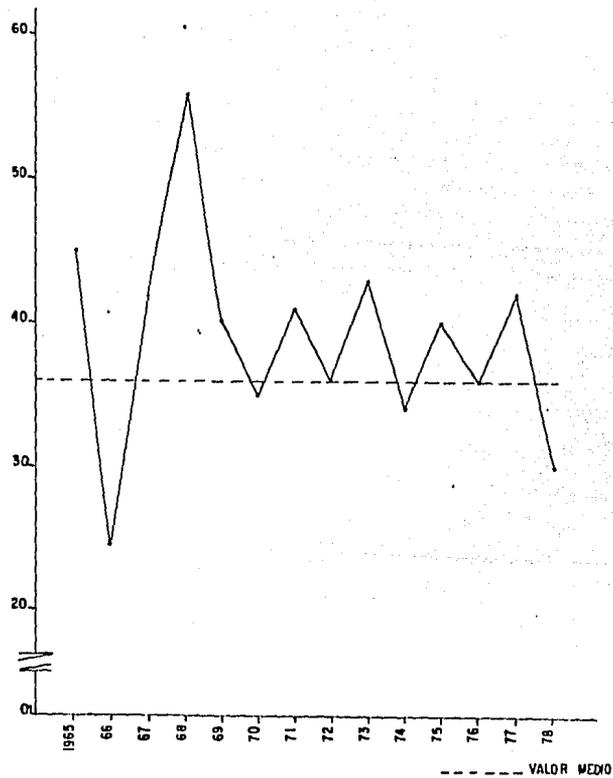
En Iztapalapa (Gráfica 20), la precipitación se comporta como en los casos anteriores, presenta durante todo el periodo de observación altas y bajas, aunque se puede considerar que existen gran cantidad de valores debajo del valor medio obtenido y se observa que en los últimos años, ésta tiende a disminuir. El valor menor se registra en dos ocasiones y casi consecutivas, ya que corresponde a los años 1964 y 1966. El valor máximo corresponde al año de 1972 a partir del cual se nota la disminución en los valores de precipitación.

La estación Km 6 + 250 Gran Canal (Gráfica 21), presenta también a lo largo de todo el periodo una serie de altas y bajas, pero curiosamente es en los primeros años de observación cuando se obtienen el valor mínimo y el valor máximo (1966 y 1968 respectivamente), a partir de ahí los valores se presentan sin seguir algún patrón definido aunque en general se encuentran sobre el valor medio, lo que indica que probablemente exista un aumento de la precipitación en esta estación.

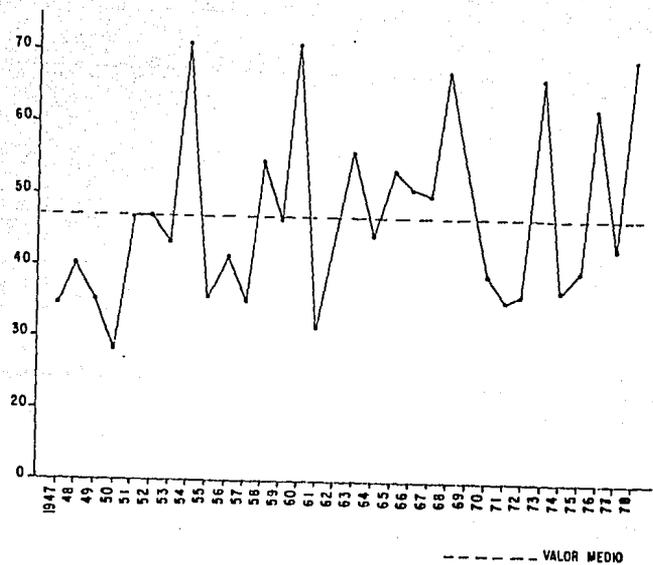
Molino Blanco (Gráfica 22), es todavía más complicada que las anteriores porque presenta una distribución de valores muy anárquica, ya que en ningún momento se puede decir qué tendencia sigue, ya que existen algunos periodos donde se nota un aumento en la pre-



GRAFICA 21  
Km 6+250 GRAN CANAL  
PRECIPITACION MAXIMA  
EN 24 HORAS EN mm.



GRAFICA 22  
MOLINO BLANCO  
PRECIPITACION MAXIMA  
EN 24 HORAS EN mm.

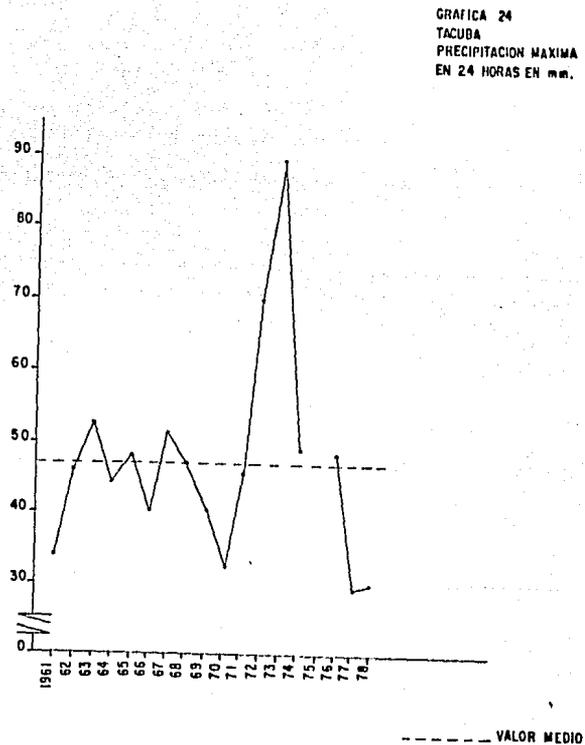
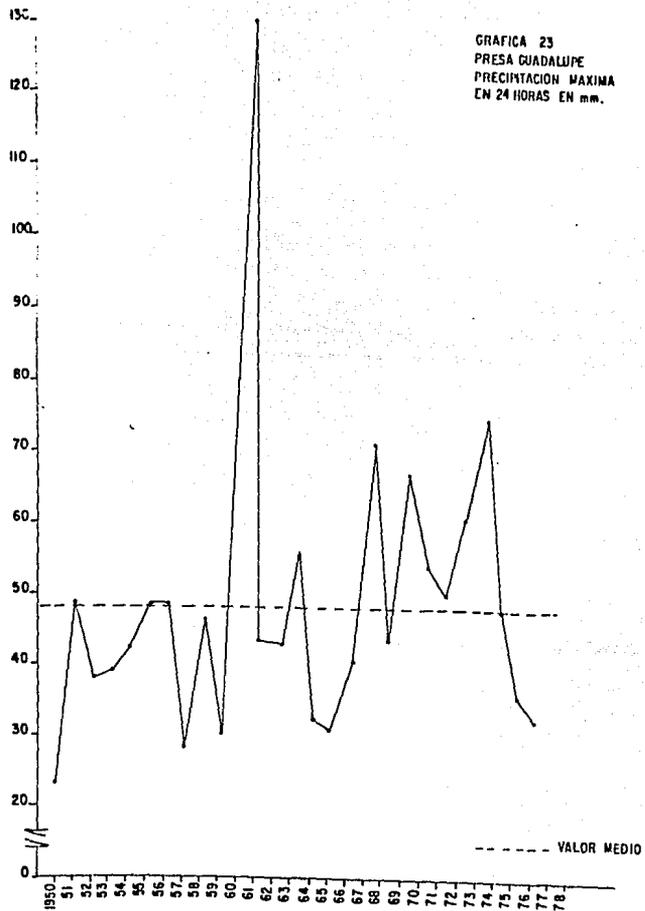


precipitación y otros donde hay una disminución. El valor mínimo se presenta en 1950 y el valor máximo corresponde a los años de 1954 y 1960, que es donde se podría detectar un aumento en la precipitación, así como también se puede considerar que hay un aumento que se inicia en 1961 y termina en 1968, aunque aquí también se presentan altas y bajas.

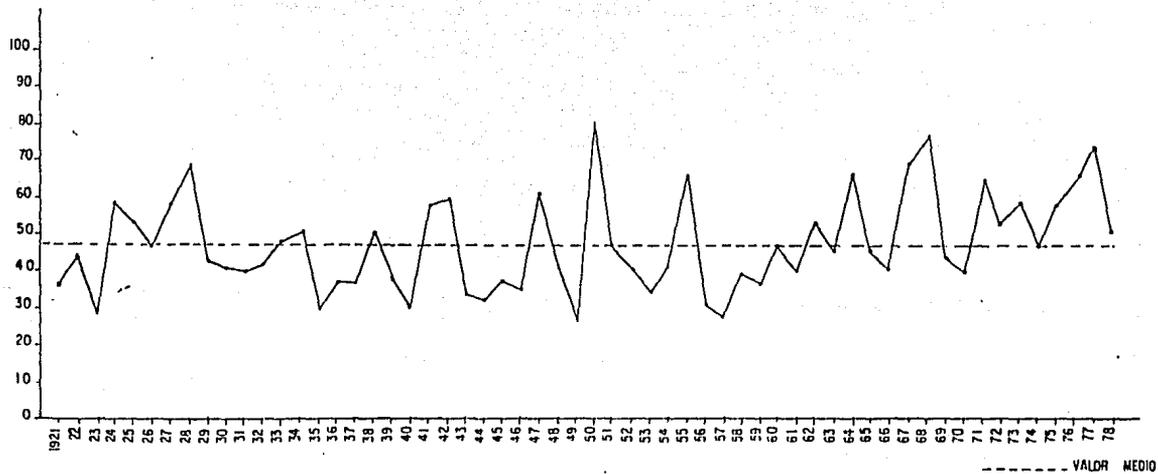
Más irregular resulta todavía la gráfica que corresponde a la estación Presa Guadalupe (Gráfica 23), que además presenta el problema de la falta de un dato en el penúltimo año de observación. En este caso, durante todo el periodo hay una serie de altas y bajas en donde el año de menor valor corresponde a 1950 (que es cuando se inician las observaciones de este parámetro) y el año de mayor precipitación corresponde a 1960, en donde el valor se dispara completamente del resto, ya que el valor que se obtiene es de 139.8 mm, valor muy elevado que hace que la gráfica presente un pico muy fuerte, ya que el valor anterior y posterior son bajos e incluso se encuentran debajo del valor medio. Este fenómeno se puede deber a que en ese año, septiembre registró un aguacero excepcional.

La estación Tacuba (Gráfica 24), es una de las que tienen el menor periodo de observación y aunque presenta el problema de la falta de uno de los datos de precipitación, se puede observar que existen dos comportamientos bastante definidos. Al inicio del periodo presenta un aumento, a continuación presenta una serie de altas y bajas para después notarse un periodo donde la precipitación disminuye para después aumentar. Se observa también un valor que se dispara con respecto de los demás que, como en el caso anterior, se puede deber a algún aguacero extraordinario que se produjo en ese año (1973).

La estación Tacubaya (Gráfica 25), presenta en sus prime-



GRAFICA 25  
TACUIYAYA  
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS  
EN mm



ros años de observación una disminución, posteriormente y en un periodo bastante amplio, presenta una serie de altas y bajas en donde se encuentra el año donde se obtuvo el dato máximo (1950), a partir de 1957 se nota una tendencia en el comportamiento de los valores a aumentar, que se puede considerar hasta el final del periodo y que seguramente se debe a la influencia del crecimiento de la ciudad.

Del análisis de las gráficas anteriores se puede considerar que en todas las estaciones la precipitación máxima en 24 horas no tiene un patrón definido ya que, a pesar de presentar algunos periodos donde se puede considerar que existen aumentos o descensos, en general presentan altas y bajas a todo lo largo del periodo. También en algunas estaciones, como Azcapotzalco, la mayoría de los valores se encuentran por debajo del valor medio, y en otras como Presa Guadalupe y Tacuba, existe un valor que se dispara de la generalidad, lo que representa la existencia de una ocurrencia muy fuerte de precipitación en un día determinado.

Al comparar los dos periodos se destacan algunas estaciones donde a partir de 1961 existe un aumento de los valores de este parámetro, los casos más notorios corresponden a tres estaciones ubicadas en la parte occidental de la ciudad: Molino Blanco, Presa Guadalupe y Tacubaya. En la estación Iztapalapa, en la parte oriental de la misma, se puede considerar que existe una disminución seguramente debida a la razón apuntada en el caso de la precipitación media anual. Fuera de estos cuatro casos, en general se presenta alternancia de altas y bajas.

En el caso de la Ciudad de Guadalajara, este parámetro se observó en tres estaciones, en la primera de ellas (Gráfica 26), que corresponde a la estación Guadalajara, presenta en los primeros

años de observación un aumento a partir del cual comienza un descenso de los valores hasta alcanzar el valor menor en el año de 1968; dos años después (1970), se presenta el valor máximo y a partir de ahí presenta una serie de altas y bajas hasta llegar a los dos últimos años del periodo en el que los valores son casi iguales y se puede considerar que en esos años se estabilizan.

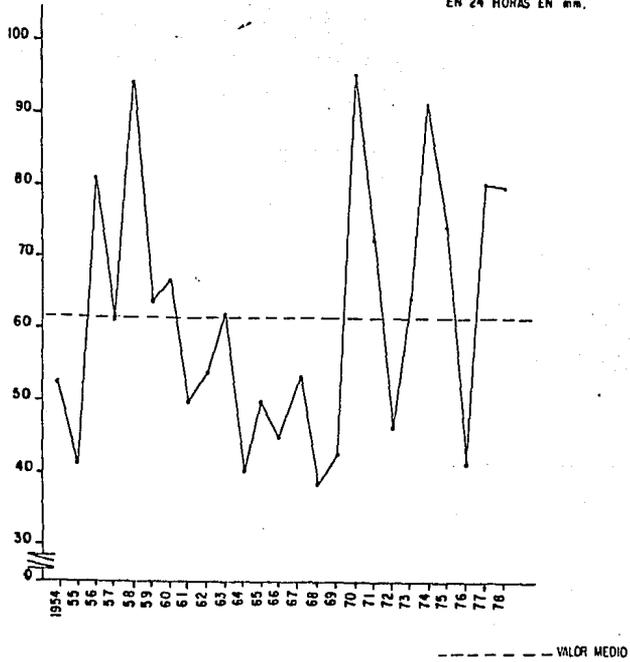
La gráfica 27 corresponde a Tlaquepaque, la estación con menos años de registro; en ella se observa que en los primeros años de registro hay una alta y una baja para posteriormente haber un pequeño aumento en la precipitación, sigue un descenso y vuelve a existir un pequeño incremento en los valores, a partir del cual presenta un decremento hasta finalizar el periodo.

Caso contrario es el de la estación Zapopan (Gráfica 28), en donde se nota claramente que la precipitación tiende a aumentar a medida que transcurren los años. Al principio se nota un pequeño aumento seguido de una disminución que marca el inicio de otro aumento. Es muy notorio que los años iniciales de observación presentan valores por debajo del valor medio obtenido, y que a partir de 1964 sean muy pocos los casos que se encuentran bajo dicho valor. Los años que reportan el valor más alto y más bajo son 1962 y 1968 respectivamente.

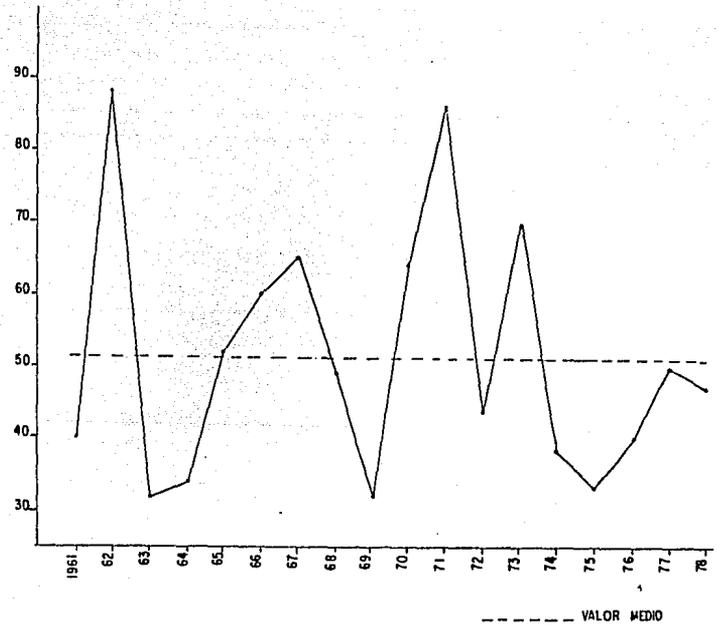
Generalizando se observa que los valores presentan una serie de altas y bajas en donde se pueden considerar cortos periodos de aumento o disminución, aunque en la estación Zapopan se deja ver un aumento de los valores a lo largo del tiempo, aunque no de una manera constante.

En la Ciudad de Monterrey, la primera estación considerada es Apodaca (Gráfica 29), se encuentra localizada fuera del área

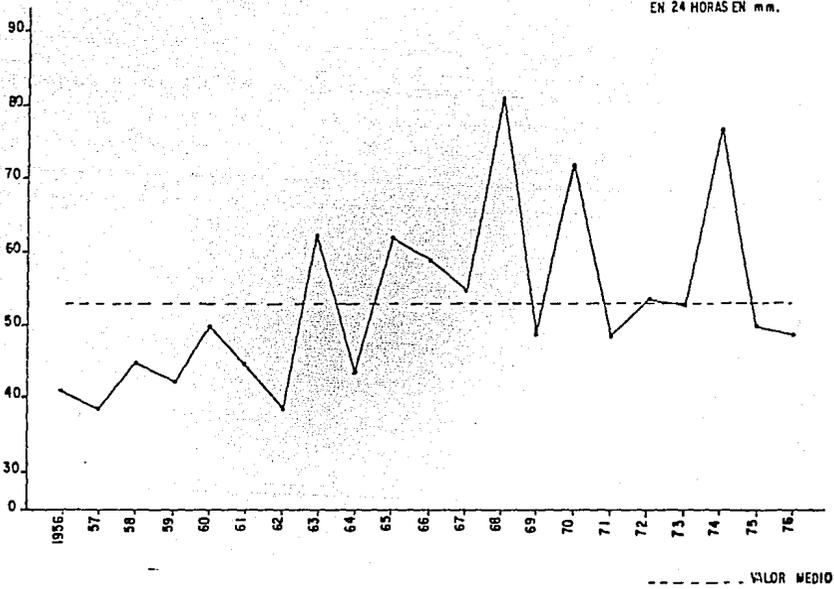
GRAFICA 26  
 GUADALAJARA  
 PRECIPITACION MAXIMA  
 EN 24 HORAS EN mm.



GRAFICA 27  
 TLAQUEPAQUE  
 PRECIPITACION MAXIMA  
 EN 24 HORAS EN mm.



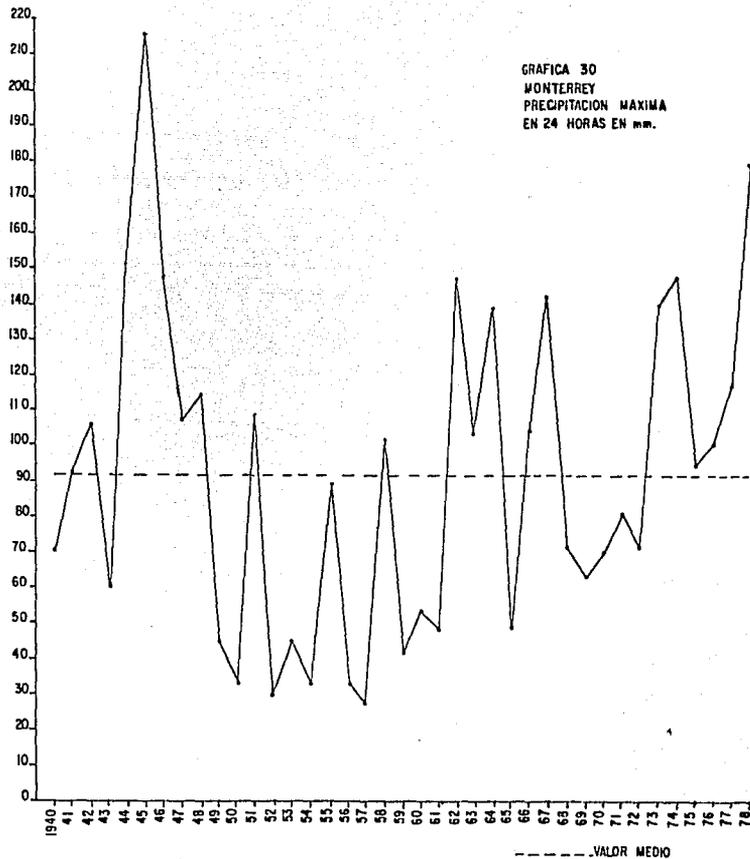
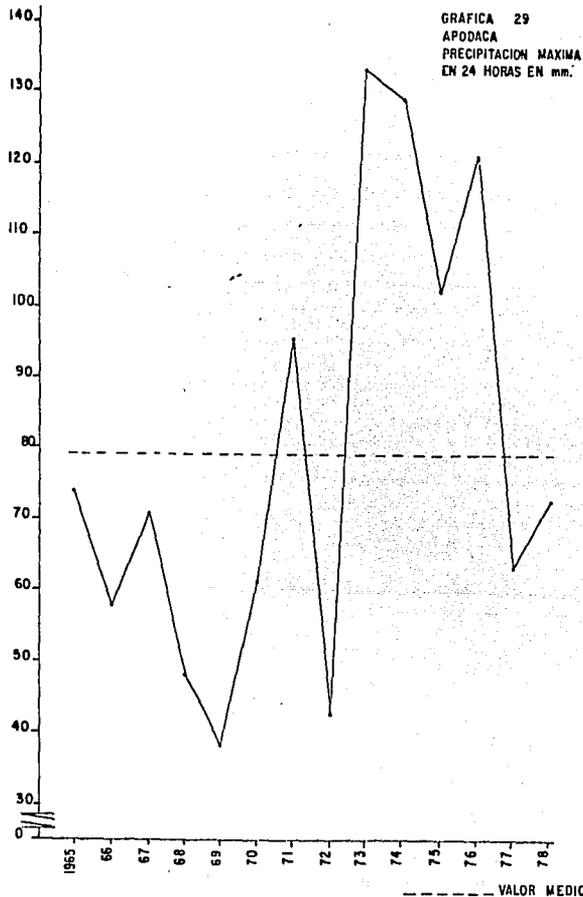
GRAFICA 28  
ZAPOCAN  
PRECIPITACION MAXIMA  
EN 24 HORAS EN mm.



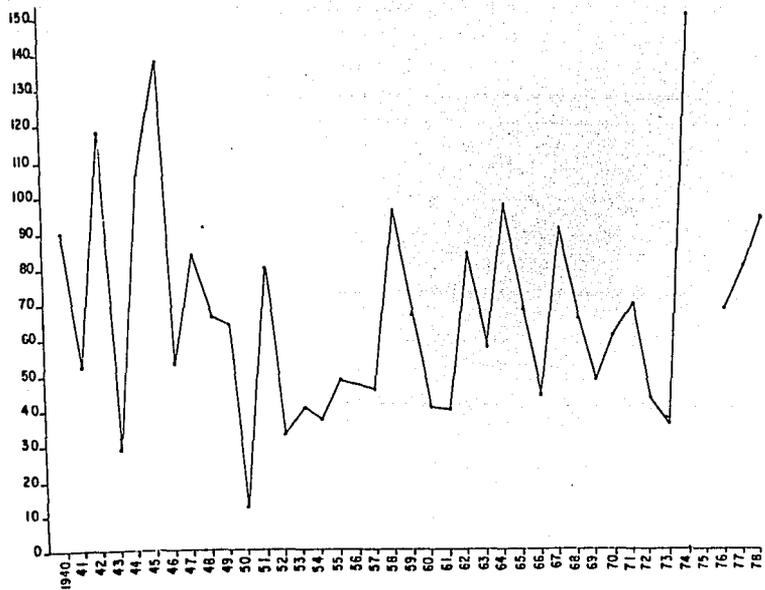
que corresponde a la ciudad, pero por su cercanía debe recibir influencia de la misma. En esta estación las observaciones de los primeros años presentan un descenso de los valores y todos ellos se encuentran por debajo del valor medio, y es el año de 1969 el que registra el valor menor; posteriormente presenta un pico donde hay un aumento seguido de un descenso; a partir de 1972 hay un aumento en los valores para enseguida registrar una baja muy fuerte; el aumento se caracteriza porque los valores se encuentran sobre el valor medio y le corresponde al año de 1973 el valor más alto.

En la estación Monterrey (Gráfica 30), se nota una tendencia bastante marcada a aumentar. Algo curioso en esta estación es que a partir de 1957 se nota que, aunque gran cantidad de valores se encuentran bajo el valor medio obtenido, van ascendiendo hasta que en 1973 lo rebasan y a partir de ahí hasta terminar en 1978 no vuelve a cruzar dicho valor. Es en este lapso donde se encuentra el valor mínimo que corresponde al año 1957 que, como ya se mencionó, es a partir de él cuando los valores aumentan. El valor máximo se encuentra en los primeros años de observación y corresponde a 1945, que es una etapa donde se puede considerar que existe un aumento de los valores y después se observa una tendencia de los mismos a disminuir.

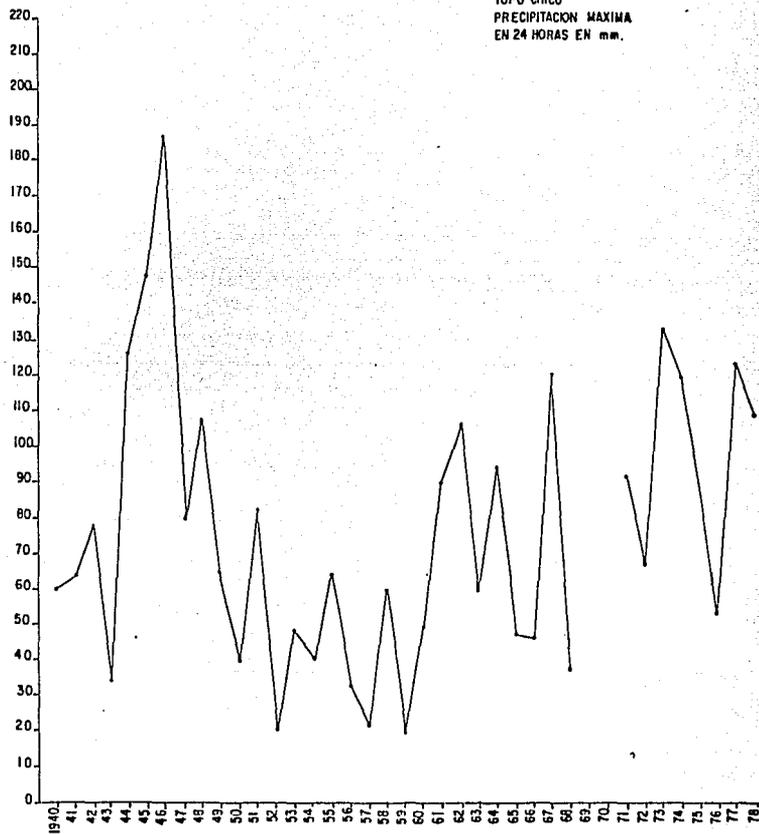
Las estaciones Santa Catarina y Topo Chico (Gráficas 31 y 32), presentan el problema de la falta de uno de los datos en el periodo de observación. En ambas se nota que al inicio de las observaciones hay un aumento en los valores de la precipitación, pero en la primera de ellas, Santa Catarina, el patrón cambia y sigue un periodo donde los valores disminuyen, posteriormente vuelven a aumentar y a partir de 1958 presenta una serie de altas y bajas hasta alcanzar, en 1974, el valor máximo, habiendo alcanzado el valor mínimo en el año de 1950.



GRAFICA 31  
 SANTA CATARINA  
 PRECIPITACION MAXIMA  
 EN 24 HORAS EN mm.



GRAFICA 32  
 TOPO CHICO  
 PRECIPITACION MAXIMA  
 EN 24 HORAS EN mm.



Por lo que respecta a la estación Topo Chico, ya se mencionó que en el inicio de las observaciones se nota una tendencia de los valores a aumentar y alcanza su máximo en 1946; a partir de ahí presenta un descenso con una cierta tendencia a disminuir, hasta registrar el valor mínimo en el año de 1959, posteriormente se observa una serie de altas y bajas hasta el año de 1968 donde se rompe la secuencia de la gráfica, porque en los dos años siguientes este valor no está registrado. A partir de 1971 vuelve a presentar hasta el final del periodo considerado, una serie de altas y bajas.

Resumiendo, se puede observar que las estaciones en esta ciudad presentan hasta cierto punto una tendencia marcada de los valores a aumentar. El caso más notorio es la estación Monterrey, en donde se nota que los valores se incrementan y en un momento dado rebasan el valor medio. En Santa Catarina y Topo Chico este aumento no es tan claro. Apodaca registra datos a partir de 1965.

Como se puede apreciar en las gráficas de las estaciones consideradas, en los tres centros urbanos, son muy pocas las que presentan alguna tendencia en cuanto al aumento o disminución de la precipitación máxima en 24 horas, ya que la gran mayoría existe una serie de altas y bajas durante todo el periodo de observación, por lo que posteriormente se presentarán las tendencias de este y cada uno de los elementos que se tratan en este estudio.

## B. Humedad

La humedad atmosférica es importante porque actúa como un regulador de la evaporación y presenta una relación directa con la precipitación.

Existen dos tipos de humedad: absoluta y relativa. La pri-

mera de ellas "es la masa de vapor de agua contenido en un volumen (de mezcla) determinado. En gramos por  $m^3$  es dada por la fórmula:

$$h_a = 217 \frac{e}{T} \quad (\text{en gramos por } m^3)$$

siendo  $e$  la tensión (o presión parcial) del vapor de agua en la atmósfera en milibares y  $T$  la temperatura absoluta en  $^{\circ}C$ .

Se puede observar que la humedad absoluta no es otra que el peso específico del vapor de agua bajo la presión parcial  $e$  y la temperatura  $T$ ." <sup>8</sup>

En cambio " un volumen determinado de aire no puede contener como máximo sino una cantidad de agua para cada determinada temperatura. Es común expresar esto indicando en gramos o milímetros de tensión la cantidad de agua contenida en un metro cúbico o fijando el porcentaje que representa la cantidad de agua que existe en un metro cúbico en relación con la máxima cantidad de agua que a esa temperatura es posible que la atmósfera contenga; a este valor, expresado en porciento, se le conoce como humedad relativa." <sup>9</sup>

#### a) Humedad relativa media anual

Para el caso de este estudio se tomó en cuenta la humedad relativa porque sus datos son de fácil obtención. Como se mencionó al principio, no fue posible contar con información en todas las estaciones consideradas, ya que de sólo tres, se obtuvieron datos y sólo de 1961 a 1978. Estas estaciones corresponden a los observatorios meteorológicos que se encuentran en las ciudades.

8. Remenieras, G. op. cit., p. 27

9. S.R.H., Atlas del Agua de la República Mexicana, p. 56.

En las tres estaciones el periodo es el mismo, lo que permite establecer comparaciones.

A continuación se presentan los valores medios anuales obtenidos para cada estación:

Tacubaya, D. F.	62 %
Guadalajara, Jal.	59 %
Monterrey, N. L.	64 %

Como se puede observar, la estación que tiene mayor porcentaje de humedad relativa media anual es Monterrey, ubicada en la parte central (de hecho dos de las tres estaciones se ubican en el centro de la ciudad), de la ciudad del mismo nombre en el Estado de Nuevo León. La estación que presenta menor humedad es Guadalajara, y Tacubaya en la Ciudad de México, presenta un valor muy parecido al de la estación Monterrey.

En el siguiente cuadro (Cuadro VII), se presenta la relación existente entre la precipitación y la humedad relativa.

CUADRO VII  
RELACION PRECIPITACION- HUMEDAD RELATIVA -

ESTACIONES	PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm	HUMEDAD RELATIVA MEDIA ANUAL EN %
Tacubaya, D. F.	858.0	62
Guadalajara, Jal.	1026.6	59
Monterrey, N. L.	668.6	64

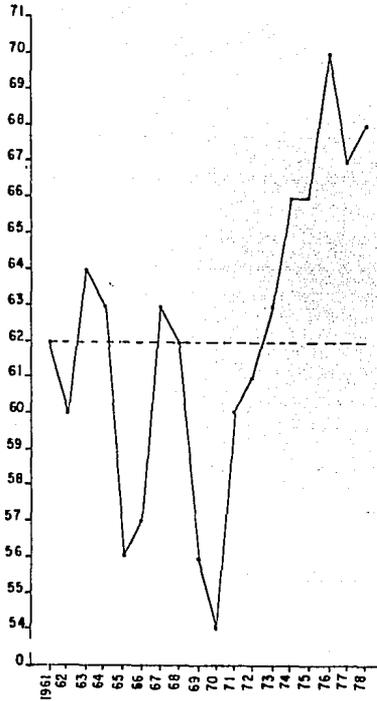
Para hacer esta relación se tomaron en cuenta los valores de precipitación del periodo 1961-1978, mismo que corresponde a los

valores de humedad relativa; en él se observa que de las tres estaciones la que presenta el menor valor de humedad relativa es Guadalajara, que a su vez presenta la mayor cantidad de precipitación media anual; al comparar Tacubaya con Monterrey se observa que entre mayor es la precipitación, menor es la humedad, esto resulta incongruente pues a mayor precipitación mayor humedad; sin embargo, al consultar los valores de evaporación media anual se tiene que de las estaciones de clima templado Guadalajara es la que tiene el valor más alto, además de tener también una elevada temperatura máxima extrema, lo cual explica el gran poder evaporante de la atmósfera en ese sitio que impide que la humedad relativa sea alta en comparación con Tacubaya y Monterrey.

A continuación se analizan las gráficas que se elaboraron para ver el comportamiento de la humedad relativa en el periodo considerado. La primera de ellas es Tacubaya (Gráfica 33), en donde se pueden considerar dos tipos de comportamiento: El primero corresponde al periodo que abarca de 1961 a 1970, que se caracteriza porque a pesar de que los valores presentan dos máximos, tienden a disminuir. A partir de 1970, que registra el valor mínimo de esta serie, el resto de los valores presentan la tendencia a aumentar hasta llegar al año de 1976, que es donde se alcanza el valor máximo y aunque al año siguiente hay una disminución, a partir de 1972, todos los valores se encuentran sobre la media anual.

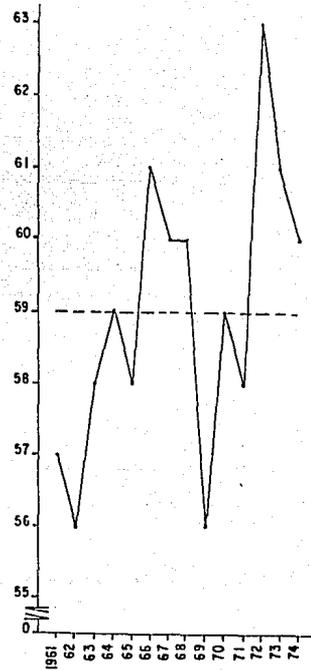
La estación Guadalajara (Gráfica 34), presenta dos comportamientos marcados, en los que se puede observar que los valores tienden a aumentar. En 1962 y 1969 se registran los valores más bajos. En este intermedio se encuentra el primer aumento de los valores, el segundo se produce a partir de 1969 y es en ese periodo donde se registra el valor máximo, que corresponde a 1972, a partir del

GRAFICA 33  
TACUBAYA  
HUMEDAD RELATIVA  
ANUAL EN mm



----- MEDIA ANUAL

GRAFICA 34  
GUADALAJARA  
HUMEDAD RELATIVA  
ANUAL EN mm.



----- MEDIA ANUAL

cual los valores empiezan a disminuir, pero como en el caso anterior, no rebasan el valor medio.

En la estación Monterrey (Gráfica 35), se observan también como en los casos anteriores, dos comportamientos bastante definidos, el primero de ellos corresponde hasta el año de 1968 en donde los valores tienen la tendencia a aumentar, lo que se hace más notorio a partir del año 1964 que representa el valor más alto de la serie. A partir de 1968, los valores empiezan a disminuir no en forma muy brusca sino de manera suave, hasta el año de 1974 cuando presentan otra vez una tendencia a aumentar, lo que probablemente suceda en años posteriores.

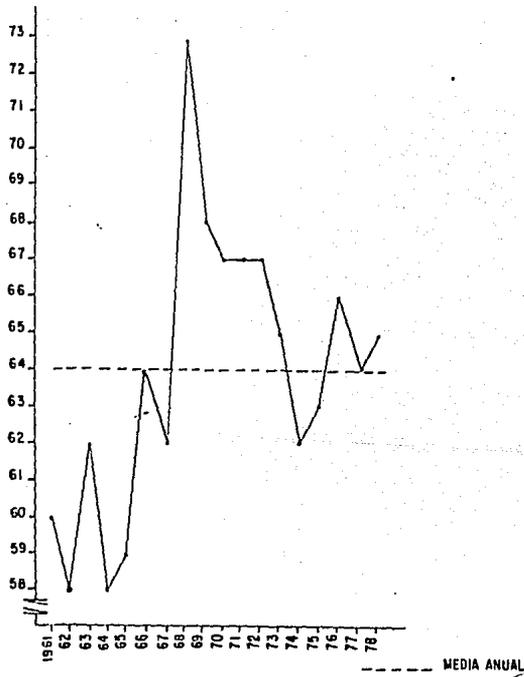
#### b) Humedad relativa a las 14 horas

Hasta ahora se ha definido lo que es la humedad relativa y cómo se representa, pero "para caracterizar el estado higrométrico del medio ambiente se usa comúnmente la humedad relativa, calculada con los datos de la temperatura del aire y del bulbo húmedo para las 14 horas. La variación de la humedad relativa es inversa a la temperatura durante el día, siendo máxima al amanecer que es cuando la temperatura del aire llega a su nivel más bajo. Al avanzar el día la humedad relativa disminuye con el caldeoamiento del aire, llegando a un valor mínimo durante las horas de mayor calor, para aumentar paulatinamente al caer la tarde. Esta oscilación diurna de la humedad relativa es pequeña en las costas, donde el contenido de humedad del aire es siempre elevado, siendo grande en el interior, tanto en el centro y sur del país como hacia el norte en las zonas semiáridas." 10

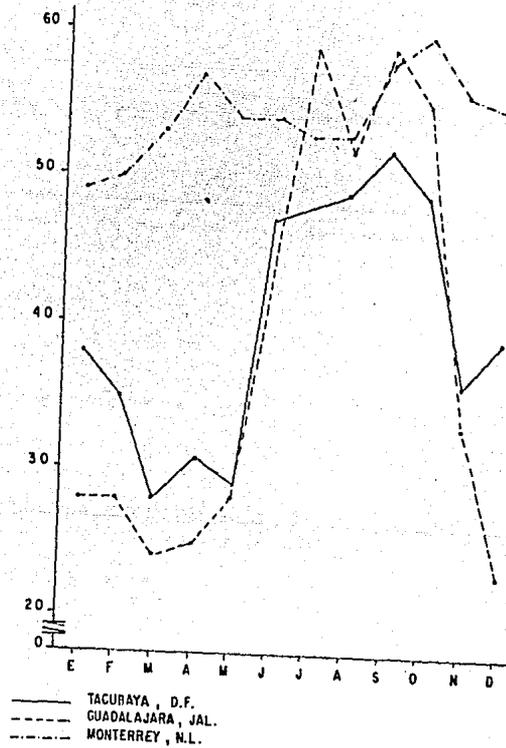
---

10. S.R.H., op. cit., p. 56.

GRAFICA 35  
 MONTERREY  
 HUMEDAD RELATIVA  
 ANUAL (%)



GRAFICA 36  
 HUMEDAD RELATIVA  
 MEDIA MENSUAL A LAS 14 HORAS (%)



Dada la dificultad que representa la obtención de este tipo de datos, se utilizaron los que aparecen en el Atlas del Agua de la República Mexicana, que se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO VIII

VALORES MEDIOS MENSUALES DE LA HUMEDAD RELATIVA A LAS 14 HORAS

ESTACIONES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA ANUAL
Tacubaya, D. F.	38	35	24	31	29	47	48	49	52	49	36	39	40
Guadalajara, Jal.	28	28	24	25	28	44	59	52	59	55	33	23	38
Monterrey, N.L.	49	50	53	57	54	54	53	53	58	60	56	55	54

Fuente: SRH, Atlas del Agua de la República Mexicana, pp. 56-65.

En este cuadro se observa la variación que experimentan los valores medios mensuales de humedad relativa a las 14 horas en el año, pero para hacerlo más objetivo se construyó la gráfica 36, en donde se observa que de las tres estaciones consideradas la que presenta la variación más fuerte es Guadalajara, seguida por Tacubaya y Monterrey, que tiene a lo largo del año una variación mínima.

En el caso de Tacubaya, la humedad relativa es mayor en la segunda mitad del año y alcanza su punto máximo en el mes de septiembre, a partir del cual empieza a disminuir.

En cambio, en el caso de Guadalajara este parámetro presenta una línea ascendente entre marzo y julio, mes en el cual alcanza su valor máximo, en agosto disminuye un poco para volver a aumentar en septiembre y de ahí disminuir hasta terminar el año, porque las lluvias son menores.

En Monterrey, como ya se dijo, se presenta la menor varia-

ción, se observa que en los primeros meses del año hay un aumento en los valores hasta llegar al mes de abril donde se inicia un descenso muy suave hasta el mes de agosto a partir del cual los valores aumentan hasta octubre que presenta el valor mayor de toda la serie, para posteriormente disminuir.

Como se puede apreciar en los tres casos la precipitación condiciona la humedad relativa, si no de manera tan patente como en el caso de la media anual, si se nota especialmente en algunos meses, esto es más notorio en la estación Guadalajara.

## 2. Elementos termodinámicos

Dentro de los elementos termodinámicos del clima, se encuentran entre otros la temperatura y los vientos, cuyo análisis es de gran importancia en este caso porque el crecimiento urbano influye en su comportamiento.

Otro elemento termodinámico es la presión, la que se puede considerar estrechamente vinculada a los arriba mencionados: la temperatura presenta una relación inversa con la presión, lo que crea zonas de alta y baja presión, ya que a mayor temperatura menor presión y viceversa. Esto condiciona el movimiento de las masas de aire que se mueven de zonas de alta a zonas de baja presión.

### A. Temperatura

Se define como "el grado mayor o menor de calor en los cuerpos"<sup>11</sup>, este grado de calor se representa en una escala convencional denominada escala centígrada, aunque en algunas partes del mundo se utiliza la escala Fahrenheit, por lo que existen fórmu-

---

11. Vivó, E. J., 1975, p. 180.

las para realizar conversiones de una escala a otra.

Existe un equilibrio calórico entre el calor diurno (es decir, cuando se produce mayor cantidad de calor), y el calor nocturno que es cuando disminuye la temperatura, debido a ciertos procesos; pero este equilibrio calórico se puede modificar en las ciudades "por uno o varios de los siguientes factores: 1) calentamiento debido a todo tipo de calderas y calentadores; 2) cantidad limitada de fuentes de humedad superficial; 3) estructuras urbanas y 4) contaminación atmosférica".<sup>12</sup>

Por otra parte, se debe considerar que "las temperaturas del día en las superficies urbanas pueden permanecer inferiores a las superficies rurales debido a la gran capacidad térmica y elevada conductividad térmica de los materiales de las construcciones urbanas. Estas propiedades térmicas impiden el enfriamiento rápido al ocultarse el sol, y el calentamiento acelerado al salir el sol; en cambio permiten el almacenamiento de grandes cantidades de energía solar y de la energía producida en la ciudad."<sup>13</sup>

Esto indica que a medida que crece una ciudad, tendrá más posibilidades de retención de calor y energía, porque hay mayor cantidad de materiales de construcción.

a) Temperatura media anual

Como en el caso de la precipitación, se tomó en consideración el valor de la media anual para tener un parámetro comparativo en el comportamiento de los valores anuales de temperatura.

12. Jáuregui, O. E., 1971, p. 9

13. Ibid.

En el caso de la Ciudad de México se tomó la información de las mismas estaciones que se utilizaron para precipitación, a continuación se presentan en forma de cuadro los valores medios anuales, así como la oscilación térmica media anual.

CUADRO IX  
TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN °C (CIUDAD DE MEXICO)

ESTACIONES	PERIODOS	MEDIA ANUAL	OSCILACION TERMICA
Azcapotzalco	1949-1978	16.6	5.7
Colonia Agrícola Oriental	1967-1978	17.2	6.1
Desviación Alta al Pedregal	1967-1978	15.0	5.1
Iztapalapa	1956-1978	16.5	5.9
Km 6 + 250 Gran Canal	1964-1978	16.7	6.0
Molino Blanco	1948-1978	15.8	4.9
Presa Guadalupe	1950-1978	16.1	5.8
Tacuba	1961-1978	17.7	5.1
Tacubaya	1921-1978	15.3	5.1

En el cuadro se observa que el mayor valor de temperatura corresponde a la estación Tacuba (17.7°C), en donde la variación de la temperatura es de 5.1°C a lo largo del año. Otra estación que sobrepasa los 17°C de temperatura media anual es Colonia Agrícola Oriental. El resto de las estaciones presentan valores medios anuales entre 15°C y 16°C y le corresponde a la estación Desviación Alta al Pedregal el valor más bajo, debido fundamentalmente a su situación geográfica.

Por lo que respecta a los valores medios mensuales de los meses más fríos y más calientes, el primero está representado en ca-

si todas las estaciones por el mes de enero y es sólo en el caso de la estación Tacuba donde el mes más frío corresponde a diciembre. En Tacubaya son estos dos meses los más fríos. Por lo que respecta al mes más caliente, coincide en todas las estaciones con el mes de mayo, que es cuando la incidencia de los rayos del sol y el calentamiento de la zona construida es más fuerte.

Enseguida se presentan los valores medios anuales de temperatura en los dos periodos estudiados.

CUADRO X  
TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN °C EN DOS PERIODOS

ESTACIONES	PERIODO I	MEDIA ANUAL	PERIODO II	MEDIA ANUAL
Azcapotzalco	1949-1960	15.8	1961-1978	16.3
Colonia Agrícola Oriental	-	-	1967-1978	17.2
Desviación Alta al Pedregal	-	-	1967-1978	15.0
Iztapalapa	1956-1960	16.4	1961-1978	16.6
Km 6 + 250 Gran Canal	-	-	1964-1978	16.8
Molino Blanco	1948-1960	15.4	1961-1978	16.0
Presa Guadalupe	1950-1960	15.7	1961-1978	16.2
Tacuba	-	-	1961-1978	17.7
Tacubaya	1921-1960	15.1	1961-1978	15.8

En el cuadro se observa que de las estaciones consideradas sólo en cinco de ellas existen los dos periodos, y en todos los casos el primero es muy irregular. Se nota que el valor de temperatura ha aumentado en el segundo periodo con respecto al primero. Este aumento no es muy fuerte ya que en todos los casos es de unas décimas de grado. El mayor aumento corresponde a Tacubaya seguida por Molino Blanco (ambas al oeste de la ciudad), Presa Guadalupe (al noroeste)

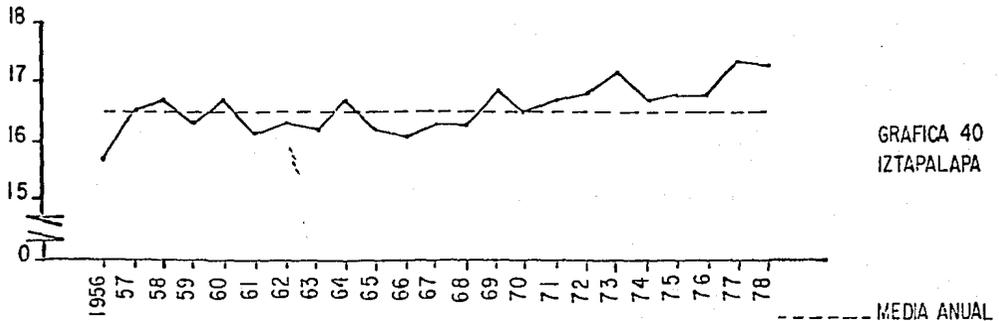
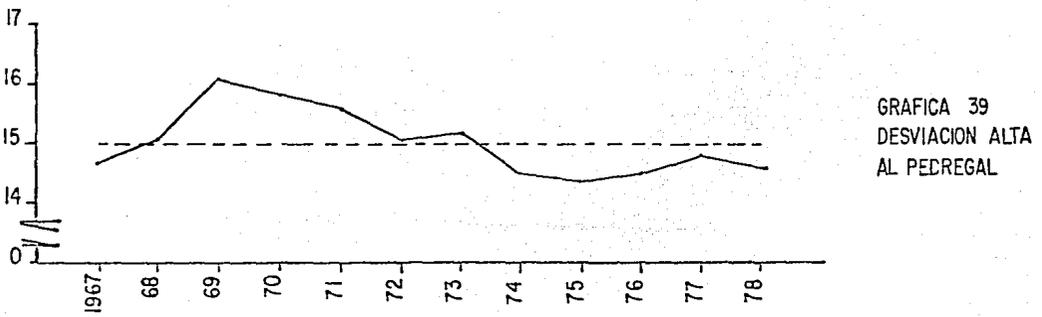
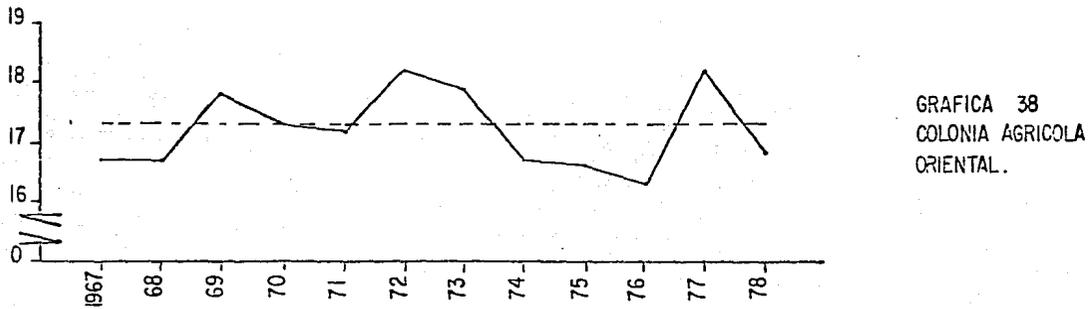
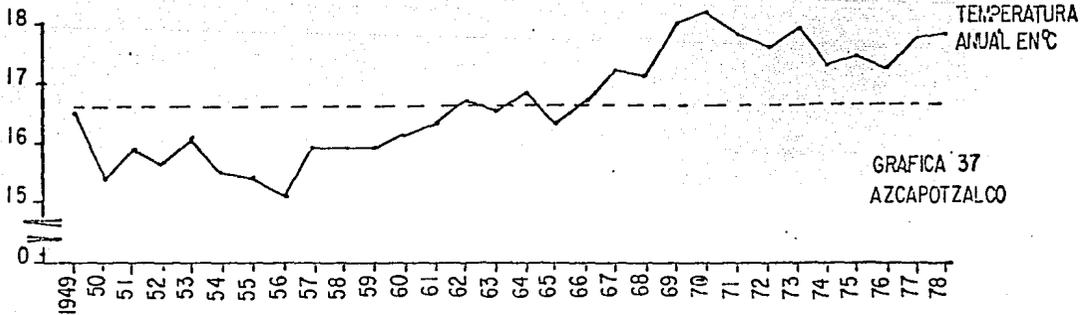
y Azcapotzalco (al norte); el menor incremento se registra en Iztapalapa ( $0.2^{\circ}\text{C}$ ), que se encuentra en la parte oriental de la ciudad.

De las gráficas que se elaboraron para ver el comportamiento de la temperatura durante el periodo de observación se puede decir lo siguiente:

Las gráficas 37, 38, 39 y 40 corresponden a las estaciones Azcapotzalco, Colonia Agrícola Oriental, Desviación Alta al Pedregal e Iztapalapa. En la primera de ellas la tendencia que presenta el comportamiento de la temperatura es a aumentar, sobre todo a partir del año 1965 en donde todos los valores se encuentran sobre la media anual; es en este periodo donde se observa el máximo valor que corresponde al año de 1970; el valor mínimo corresponde al año de 1956, a partir del cual los valores empiezan a aumentar hasta llegar al año ya mencionado donde los valores están sobre la media anual.

La siguiente gráfica corresponde a la estación Colonia Agrícola Oriental que no presenta un comportamiento definido en su corto periodo de observación, aunque se notan tres picos, dos de los cuales corresponden a los años en que se registran los valores máximos de temperatura media anual (1972 y 1977), el valor más bajo corresponde al año 1976.

En la estación Desviación Alta al Pedregal se nota que, a partir de 1969, que es el año en que se presenta el valor más elevado, los valores empiezan a descender y es a partir de 1974 cuando todos los valores se encuentran bajo la media anual; en esta parte del periodo de observación se encuentra el valor mínimo que corresponde al año de 1975.



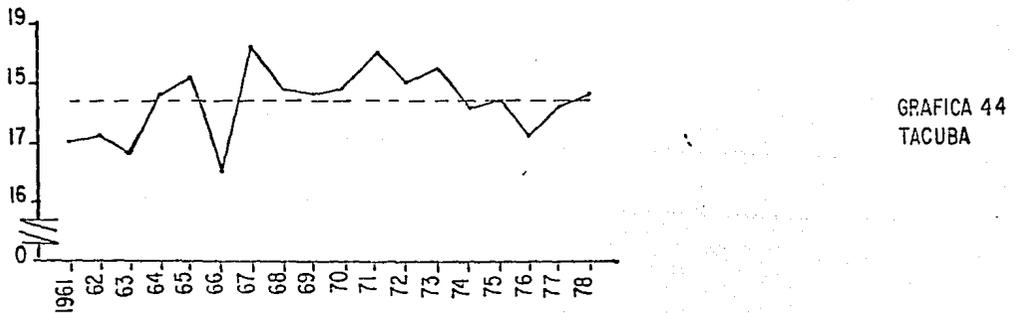
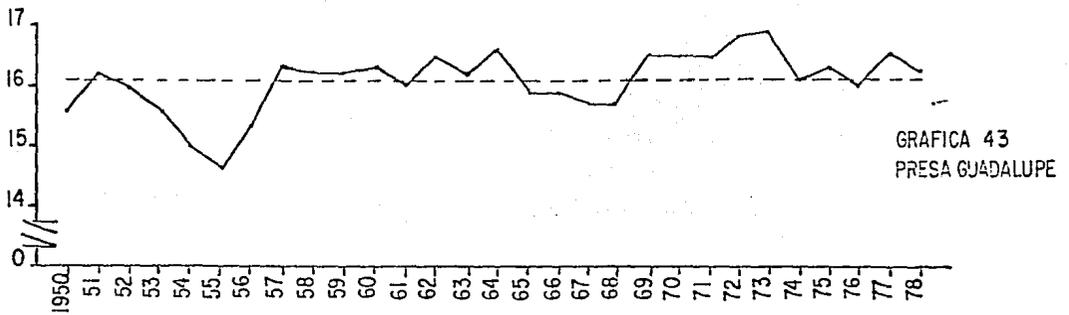
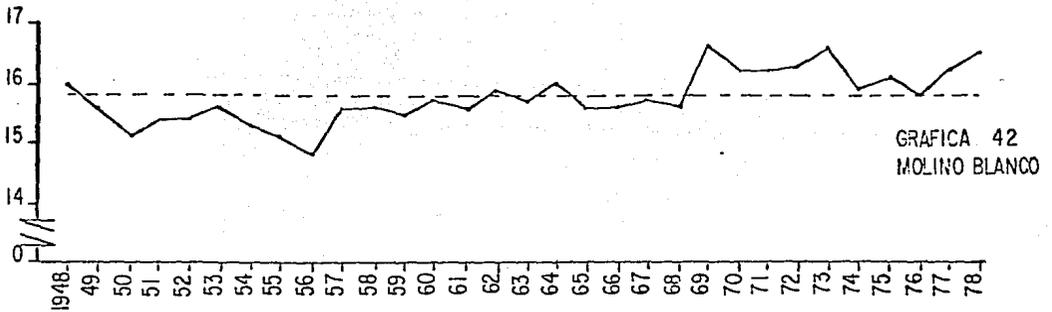
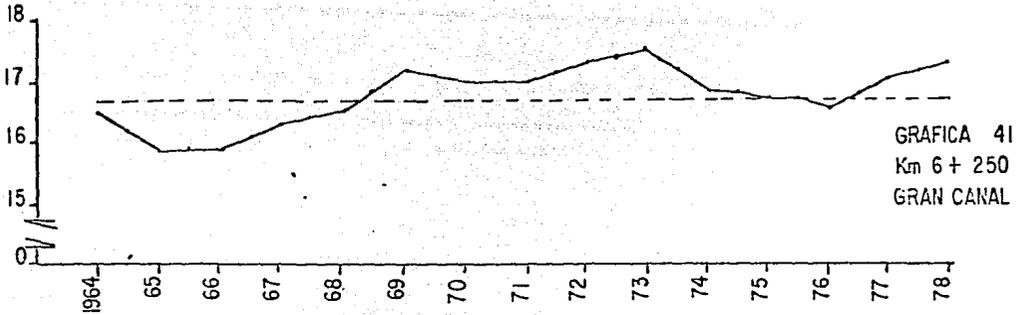
En la estación Iztapalapa sucede algo similar a Azcapotzalco, ya que los valores presentan en su comportamiento una tendencia a aumentar aunque en este caso ocurre en forma más suave; aquí el valor mínimo se presenta en el inicio del periodo de observación (1956), a partir de ese año los valores empiezan a aumentar y a disminuir sin tener un patrón definido en su comportamiento; desde el año 1970 los valores se encuentran sobre la media anual y el valor máximo se registra en los años 1977 y 1978.

En Km 6 + 250 Gran Canal (Gráfica 41) no se observa hasta cierto punto, una tendencia muy definida en su comportamiento, pero se puede considerar que aunque presenta un aumento a la mitad del periodo seguido de un descenso, éste no tiene valores tan bajos como en el inicio del periodo, en donde se encuentra el valor mínimo que corresponde a los años de 1965 y 1966; el valor máximo corresponde a 1973.

En Molino Blanco (Gráfica 42) las condiciones vuelven a cambiar ya que los valores inician un descenso hasta el año 1956, que registra el valor más bajo y a partir de ahí los valores empiezan a aumentar, lo que se hace más patente a partir del año 1969 cuando todos los valores se encuentran sobre la media anual. Los años que registran el valor máximo de temperatura en esta estación son 1969 y 1973.

Presa Guadalupe (Gráfica 43) presenta un comportamiento similar al de la estación anterior aunque aquí hay dos descensos notorios, uno se presenta en los inicios del periodo considerado y es en el año de 1955 cuando se presenta el valor más bajo, el otro descenso se presenta en el periodo 1964-1968, a partir del cual se nota un aumento de los valores y se registra el más alto en el año de 1973, en este caso la mayoría de los valores se encuentran sobre el valor

TEMPERATURA ANUAL EN °C



----- MEDIA ANUAL

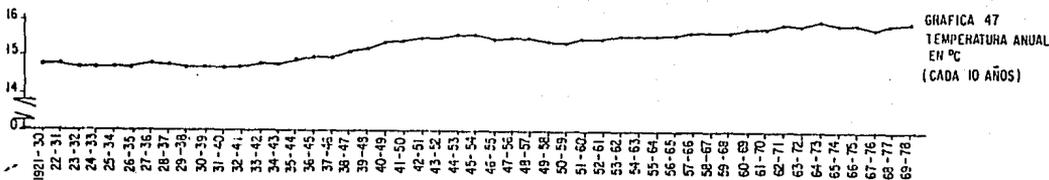
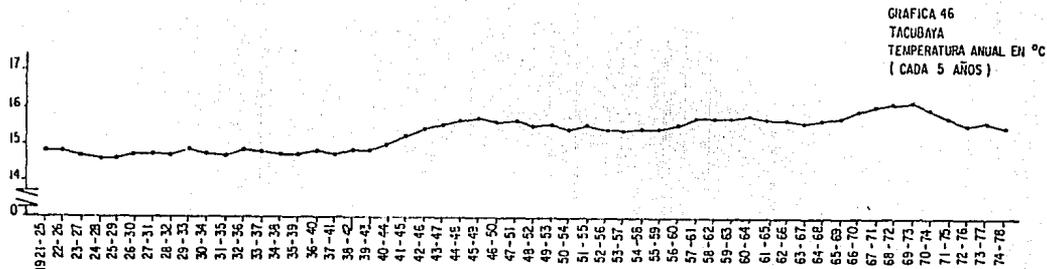
de la media anual.

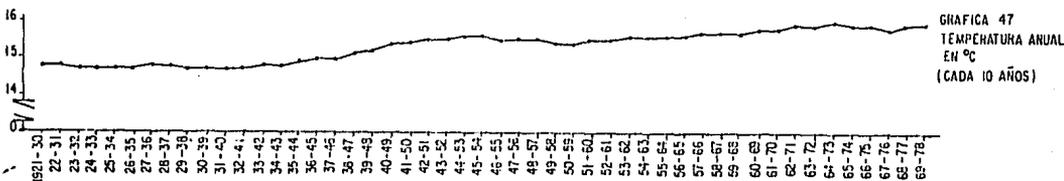
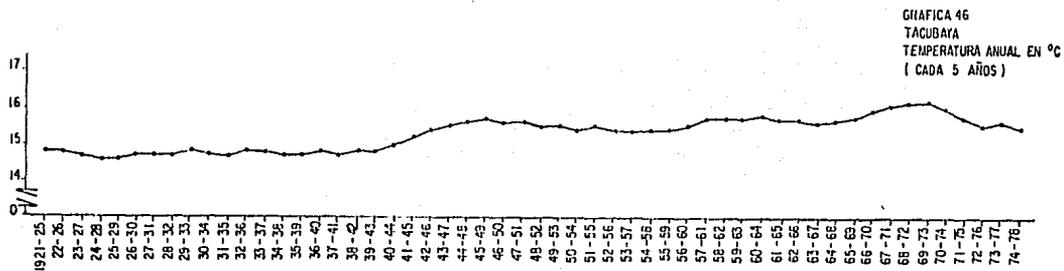
La estación Tacuba (Gráfica, 44) presenta un aumento de los valores en los primeros años, en el año de 1966 se registra el valor más bajo e inmediatamente después, en 1967, se produce el más alto, a partir de ahí aunque los valores presentan al principio un aumento, es a partir del año 1971 cuando se hace patente el descenso de los valores.

La gráfica 45 corresponde a la estación Tacubaya, que es de todas las estaciones consultadas la que presenta el mayor periodo de observación, aproximadamente hasta la mitad del periodo de observación (1921-1949) tiene una serie de altas y bajas, es en esta parte donde se registra el valor más bajo de temperatura en el año 1925. A partir del año 1950 los valores empiezan a aumentar; de 1957 a 1974 todos los valores son superiores a la media anual y aunque posteriormente existe una disminución esta es muy pequeña (dos años) y al final del periodo los valores aumentan de nuevo.

Por ser Tacubaya la estación que tiene el mayor número de años de registro de todas las estaciones consideradas para este estudio en los tres centros urbanos, se analizó elaborando dos gráficas (46 y 47) donde se agruparon los valores promedio de cada 5 y 10 años respectivamente, para observar de una forma más clara el comportamiento de la temperatura de esta estación. En la primera de ellas se siguen presentando altas y bajas en los valores, aunque es más notoria la tendencia a aumentar con el transcurso del tiempo los valores de temperatura. Esto es más notorio en la siguiente gráfica, donde los valores se encuentran agrupados en periodos de 10 años y presentan de manera definitiva una tendencia a aumentar.

El aumento que se presenta en ambos casos no es de forma





brusca sino que los valores presentan una pendiente muy suave. En ambas gráficas se nota que, a partir de un periodo determinado, los valores empiezan a aumentar. En el primer caso corresponde al periodo 1937-1941 y en el segundo al periodo 1932-1941.

Después de observar, a través de las gráficas, el comportamiento de los valores de temperatura anual de las estaciones escogidas para la Ciudad de México, se puede considerar que se presenta una tendencia general de la temperatura media anual a aumentar en Azcapotzalco, Iztápalapa y Tacubaya; esto se hace más notorio en las gráficas de valores agrupados por periodos de 5 y 10 años en la estación Tacubaya. El resto de las estaciones presenta aumentos y descensos a todo lo largo del periodo.

Al considerar los dos periodos en que se ha dividido al estudio se observa, como ya se dijo, que a partir de 1961 los valores presentan un aumento.

En la Ciudad de Guadalajara se tomaron las mismas tres estaciones que se utilizaron para la precipitación. A continuación se presentan los valores medios anuales así como la oscilación térmica media mensual de estas estaciones.

CUADRO XI  
TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN °C (CIUDAD DE GUADALAJARA)

ESTACIONES	PERIODOS	MEDIA ANUAL	OSCILACION TERMICA
Guadalajara	1957-1978	20.9	7.6
Tlaquepaque	1961-1978	21.6	7.0
Zapopan	1969-1976	20.7	6.7

Al establecer una comparación entre esta ciudad y la anterior, se nota que ambos valores son más elevados. En este caso, la estación que tiene la temperatura media anual más elevada es Tlaquepaque y las otras dos estaciones presentan valores un poco más bajos. Por lo que respecta a la oscilación térmica, el valor más elevado se encuentra en Guadalajara, seguido por Tlaquepaque y Zapopan en este caso. Las temperaturas más altas y más bajas presentan variaciones muy marcadas.

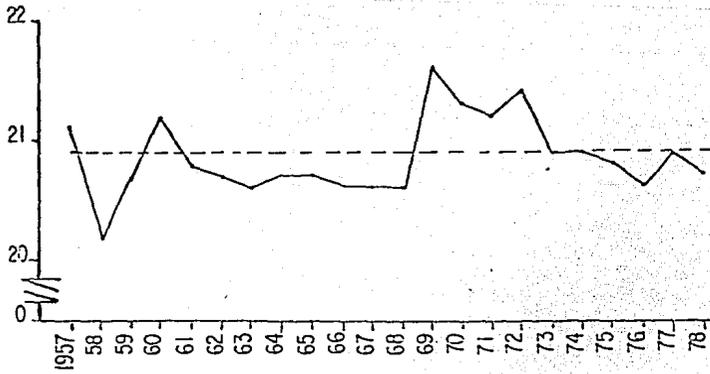
El mes más cálido corresponde en los tres casos a mayo, que como ya se indicó anteriormente, corresponde al mes en que la incidencia de los rayos solares es más fuerte. En cambio, el mes más frío corresponde a enero en Tlaquepaque y Guadalajara y diciembre en el caso de Zapopan.

En el cuadro también se observa que la única estación que presenta los dos periodos analizados es Guadalajara, el primero es muy corto de 1957 a 1960 con un valor medio de  $20.8^{\circ}\text{C}$  y el periodo de 1961 a 1978 con un valor de  $20.9^{\circ}\text{C}$ , es decir, que el aumento que registra es de una décima de grado, lo que indica que los valores casi se mantienen igual.

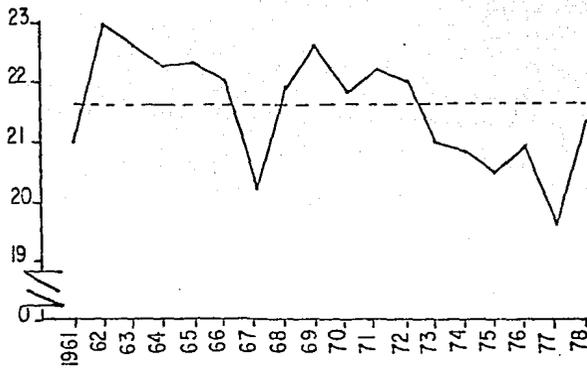
Como en los casos anteriores, también se elaboraron gráficas de cada estación (Gráficas 48, 49 y 50), en las que se regula el comportamiento de la temperatura en sus respectivos periodos de observación.

La primera de ellas corresponde a Guadalajara, en ella no se nota un cierto comportamiento definido y se pueden considerar dos periodos de aumento y dos de descenso. El primer periodo de aumento es muy corto y se presenta casi en el inicio de las observaciones, posteriormente hay una disminución que corresponde al periodo de

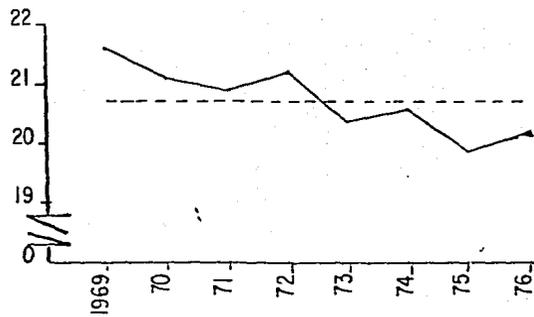
TEMPERATURA ANUAL EN °C



GRAFICA 48  
GUADALAJARA



GRAFICA 49  
TLAQUEPAQUE



GRAFICA 50  
ZAPOPAN

----- MEDIA ANUAL

1961-1968, a partir de ahí hay un aumento y es en el siguiente año cuando se presenta el valor máximo, para a partir de ese momento disminuir los valores hasta finalizar el periodo. El valor menor corresponde al año de 1958.

En la estación Tlaquepaque, los valores disminuyen a lo largo de todo el periodo, aunque se presentan altas y bajas, por ejemplo, en el año de 1962 se presenta el valor más elevado, a partir de ahí los valores disminuyen hasta el año de 1967, a partir del cual se nota una serie de aumentos y descensos hasta 1978 que es cuando concluye el periodo de observación considerado.

Por lo que se refiere a la estación Zapopan, en ésta se nota una franca tendencia de los valores a disminuir. El año de 1969, que es cuando se inician las observaciones, es el que tiene el valor más alto de temperatura y a partir de él, los valores disminuyen alcanzando su valor mínimo en el año 1975, pero lo más probable es que, aunque al año siguiente hay un ligero aumento, posteriores observaciones indiquen también un descenso por la tendencia general que se observa.

Del análisis de las gráficas anteriores se desprende que la temperatura tiende a disminuir en las dos estaciones que se encuentran en los extremos de la ciudad: Tlaquepaque y Zapopan, ya que el trazado de las gráficas así lo indica. En cambio, la estación Guadalajara, que se encuentra en la parte central de la misma, no presenta un comportamiento definido, aunque se podría considerar una disminución de los valores a partir del año 1969.

Para la Ciudad de Monterrey, se utilizó la información de cuatro estaciones, mismas que se consideraron para la precipitación. A continuación, se presentan en forma de cuadro los valores de tem-

peratura media y los de oscilación térmica media mensual.

CUADRO XII  
TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN °C ( CIUDAD DE MONTERREY)

ESTACIONES	PERIODOS	MEDIA ANUAL	OSCILACION TERMICA
Apodaca	1964-1978	21.8	13.4
Monterrey	1949-1978	21.6	14.0
Santa Catarina	1954-1978	20.6	14.7
Topo Chico	1959-1978	22.3	14.0

En el cuadro se observa que los valores de las cuatro estaciones son también elevados con respecto a los que registran las estaciones de la ciudad de México, esto es debido, en la mayoría de los casos, a la altitud a la que se encuentran ambas ciudades. La oscilación térmica tan elevada (más de 10°), obedece a la posición geográfica de la ciudad situada en una zona seca lo que indica que el clima es muy extremo con veranos muy cálidos, con una sequía marcada e inviernos muy fríos, con temperaturas inferiores a 0°C.

En esta ciudad los meses más cálidos corresponden a julio y agosto, meses de verano en los que la temperatura alcanza su valor máximo. El mes más frío está representado por enero en las cuatro estaciones.

Para tener una idea más clara de la variación de los valores medios de la temperatura en los periodos escogidos, se elaboró el cuadro 13.

Como se puede observar Santa Catarina y Topo Chico presentan un aumento bastante fuerte en la segunda (2.6°C), lo que probablemente se debe a que el primer periodo incluye sólo dos años. En la es

CUADRO XIII

TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN °C EN DOS PERIODOS

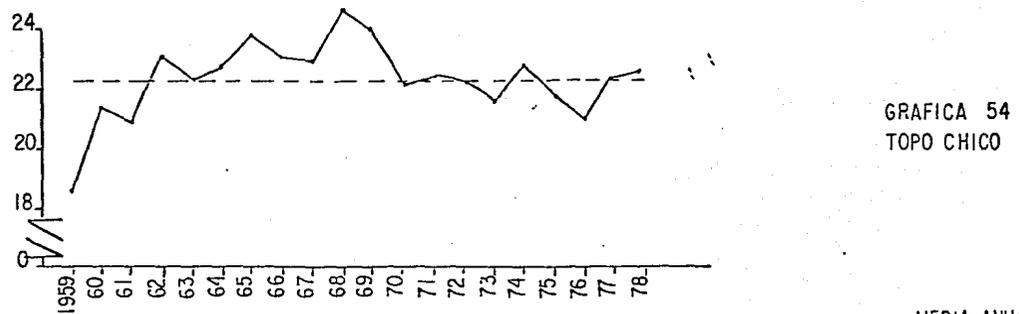
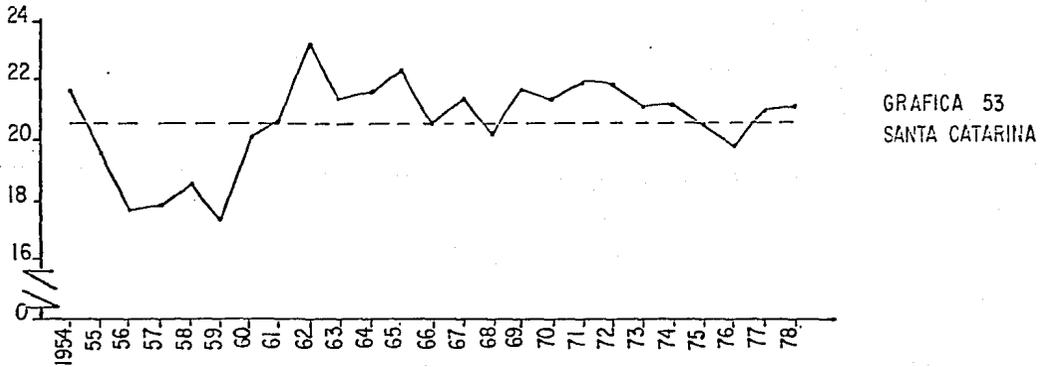
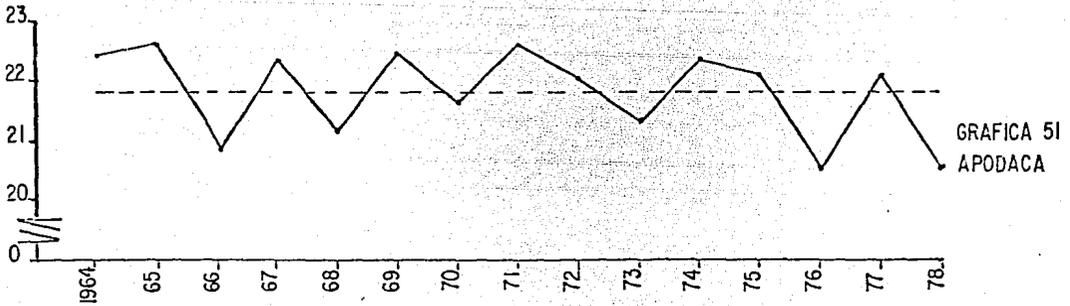
ESTACIONES	PERIODO I	MEDIA ANUAL	PERIODO II	MEDIA ANUAL
Apodaca	-	-	1961-1978	21.8
Monterrey	1949-1960	22.4	1961-1978	21.9
Santa Catarina	1954-1960	18.9	1961-1978	21.3
Topo Chico	1959-1960	20.0	1961-1978	22.6

tación Monterrey se observa una disminución de  $0.5^{\circ}\text{C}$ , lo que difiere del patrón seguido hasta ahora; esto se puede deber a que en el primer periodo hay dos valores altos que sobresalen de la generalidad y que corresponden a los años de 1957 ( $23.4^{\circ}\text{C}$ ) y 1958 ( $24^{\circ}\text{C}$ ).

Para representar de manera más objetiva el comportamiento de la temperatura en la Ciudad de Monterrey, se construyeron las gráficas 51, 52, 53 y 54. En la primera de ellas que corresponde a la estación Apodaca, aparentemente no se nota ninguna tendencia definida en el comportamiento de los valores, aunque se puede considerar que desde el inicio de las observaciones hasta el año 1971, hay un aumento en los valores de temperatura, en esta parte se encuentra el valor máximo que corresponde al año de 1965. A partir de 1971 y hasta finalizar el periodo, se nota una disminución en los valores. El valor más bajo corresponde a los años de 1976 y 1978.

En Monterrey, es también difícil determinar la tendencia de ese elemento. Hasta el año de 1958 que representa el valor más alto, se nota un aumento, pero a partir de ese año, los valores disminuyen hasta el año de 1966, que registra el valor más bajo; el resto del periodo presenta también un aumento en los valores, pero no tan elevado como el anterior.

TEMPERATURA ANUAL EN °C



----- MEDIA ANUAL

La estación Santa Catarina presenta al inicio del periodo de observación una corta época de disminución de los valores, 1954-1959, este último año representa el valor más bajo; a partir de ahí existe un corto periodo de aumento hasta el año 1962 que es el año que registra el valor más elevado de temperatura anual; a partir de ese momento y hasta finalizar el periodo, se nota una serie de altas y bajas pero se considera que los valores disminuyen poco a poco, si se observa el trazo que tiene la gráfica.

Por lo que respecta a la estación Topo Chico, en ella si se pueden considerar dos comportamientos muy marcados, desde el inicio del periodo hasta el año 1968, que registra el valor más alto de temperatura de todo el periodo, se nota un aumento de los valores, ya que en el inicio que corresponde al año de 1959, presenta el valor más bajo; este aumento no es en forma continua, sino que presenta una serie de altas y bajas. A partir de 1968, los valores tienden a disminuir pero tampoco lo hacen de manera constante, sino que presentan una serie de altas y bajas hasta concluir el periodo de observación considerado.

Al analizar las gráficas que corresponden a las estaciones que se encuentran ubicadas en la Ciudad de Monterrey, se puede decir que aunque las cuatro presentan un comportamiento indefinido que incluye aumentos y disminuciones a todo lo largo del periodo de observación, en dos de los cuatro casos se deja ver la existencia de una disminución; estos son las estaciones Santa Catarina a partir de 1962 y Topo Chico a partir de 1968.

La comparación de la temperatura media anual entre el primero y segundo periodos, resulta difícil debido a la irregularidad de los periodos de observación; sin embargo, en general se nota un aumento en los valores, pues la disminución que se tiene en Monterrey es

prácticamente mínima.

b) Temperatura máxima extrema

La temperatura máxima es el valor máximo de temperatura que se presenta en el día, este valor se obtiene entre las 12 horas y las 14 horas, que es el momento en que existe mayor caldeoamiento en la tierra.

Para su análisis se tomó el valor máximo de cada año. A continuación se presentan los valores de las estaciones en estudio, éstos corresponden a las temperaturas máximas extremas, es decir, el valor máximo obtenido de todo el periodo de observación considerado.

CUADRO XIV  
TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA EN °C

ESTACIONES		TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA	
CIUDAD	DE	MEXICO	
Azcapotzalco		36.0	(26-IV-1971)
Colonia Agrícola Oriental		32.0	(28-IV-1970)
Desviación Alta al Pedregal		32.5	(varias veces)
Iztapalapa		32.5	(10-V-1967)
Km 6 + 250 Gran Canal		39.5	(13-VI-1970)
Molino Blanco		32.5	(28-IV-1970)
Presa Guadalupe		34.5	(varias veces)
Tacuba		37.5	( - V - 1971)
Tacubaya		33.8	(10-V-1927)
CIUDAD	DE	GUADALAJARA	
Guadalajara		39.0	(varias veces)
Tlaquepaque		41.0	( 8-V-1967)
Zapopan		38.5	(9-VI-1969)
CIUDAD	DE	MONTERREY	
Apodaca		47.0	(varias veces)
Monterrey		48.0	(24-IV-1958)
Santa Catarina		49.0	(26-V-1955)
Topo Chico		44.0	(varias veces)

Como se puede observar en el cuadro, los valores varían al cambiar de ciudad, esto se hace más notorio en la Ciudad de Monterrey, debido a su ubicación geográfica, es la de menor altitud.

En general, el mes del año en que se presenta el valor máximo extremo de temperatura corresponde al mes de abril, aunque en algunas estaciones, éste se corre a mayo e inclusive a junio. En la Ciudad de México, 1970 es el año en el que se registra en varias estaciones el valor máximo. La estación Tacubaya lo registra en los primeros años de observación.

Por otra parte se elaboró el cuadro, donde se presentan los valores máximos extremos obtenidos para los dos periodos considerados.

En el cuadro se observa que en la mayoría de las estaciones el valor máximo extremo se incrementa en el segundo periodo; esto es muy marcado en Azcapotzalco en la Ciudad de México con un aumento de  $3^{\circ}\text{C}$  y Topo Chico en la Ciudad de Monterrey ( $4.0^{\circ}\text{C}$ ), el resto de las estaciones donde se nota el aumento, varía entre  $0.5$  y  $2.5^{\circ}\text{C}$ . En la estación Presa Guadalupe, se presenta el mismo valor en los tres periodos. Por otra parte en las estaciones Tacubaya en la Ciudad de México y Monterrey y Santa Catarina en la Ciudad de Monterrey, presentan una disminución en el segundo periodo, esta es muy fuerte en las dos últimas estaciones mencionadas, no así en Tacubaya, donde la temperatura disminuye  $0.8^{\circ}\text{C}$ . Hay que recordar lo corto del primer periodo de observación en el caso de las estaciones de Monterrey.

CUADRO XV

TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA EN °C EN DOS PERIODOS

ESTACIONES	PERIODO I	PERIODO II
CIUDAD DE MEXICO		
Azcapotzalco	33.0 (17- V-1953	36.0 26-IV-1976
Colonia Agrícola Oriental	-	37.0 23-IV-1973
Desviación Alta al Pedregal	-	32.0 28-IV-1970
Iztapalapa	32.0 varias veces	32.5 10- V-1967
Km 6 + 250 Gran Canal	-	39.5 13-VI-1970
Molino Blanco	32.0 15-IV-1952	32.5 28-IV-1970
Presa Guadalupe	34.5 16- V-1953	34.5 varias veces
Tacuba	-	37.5 V-1971
Tacubaya	33.8 10- V-1927	33.0 18-IV-1978
CIUDAD DE GUADALAJARA		
Guadalajara	37.5 9-IV-1960	39.0 varias veces
Tlaquepaque	-	41.2 8- V-1967
Zapopan	-	38.5 9-VI-1969
CIUDAD DE MONTERREY		
Apodaca	-	47.0 varias veces
Monterrey	48.0 24-IV-1958	43.0 26- V-1973
Santa Catarina	49.0 26- V-1955	45.0 12-VI-1970
Topo Chico	39.0 16-VI-1970	43.0 varias veces

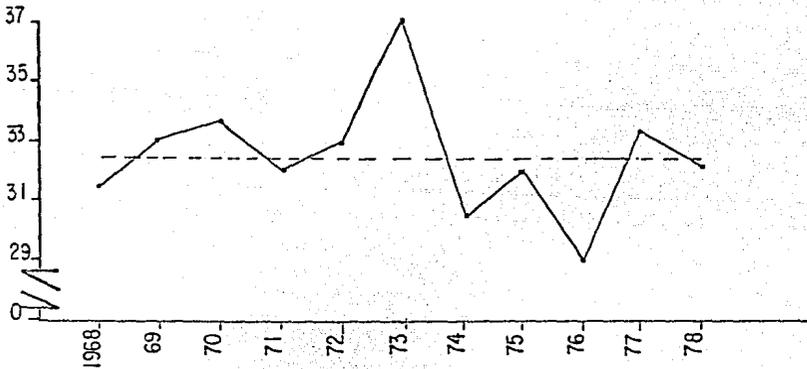
De las gráficas elaboradas para cada estación se puede decir lo siguiente:

Las gráficas 55, 56, 57 y 58 corresponden a las estaciones Azcapotzalco, Colonia Agrícola Oriental, Desviación Alta al Pedregal e Iztapalapa respectivamente. En la primera de ellas se observa que a pesar de las altas y bajas que presenta en su comportamiento, los valores tienden a aumentar, sobre todo a partir del año 1959, que es el que tiene el valor más bajo, a partir de ahí se nota un incremento hasta el año 1971, que corresponde al valor más alto, para posteriormente disminuir un poco, pero sin alcanzar los valores existentes en el inicio de la observación.

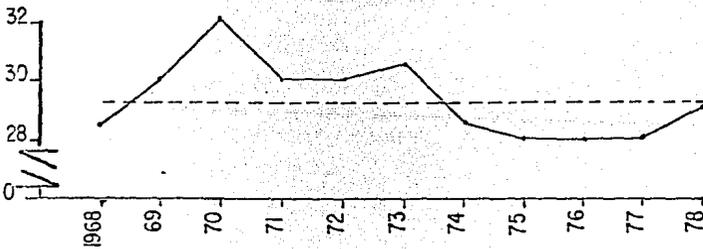
TEMPERATURA MAXIMA EN °C



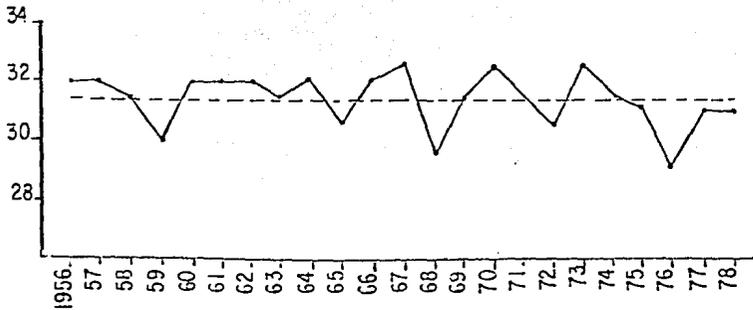
GRAFICA 55  
AZCAPOTZALCO



GRAFICA 56  
COLONIA AGRICOLA  
ORIENTAL



GRAFICA 57  
DESVIACION ALTA  
AL PEDREGAL



GRAFICA 58  
IZTAPALAPA

----- VALOR MEDIO

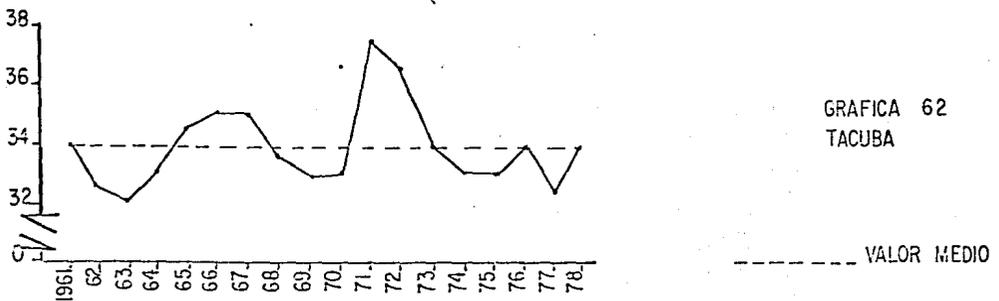
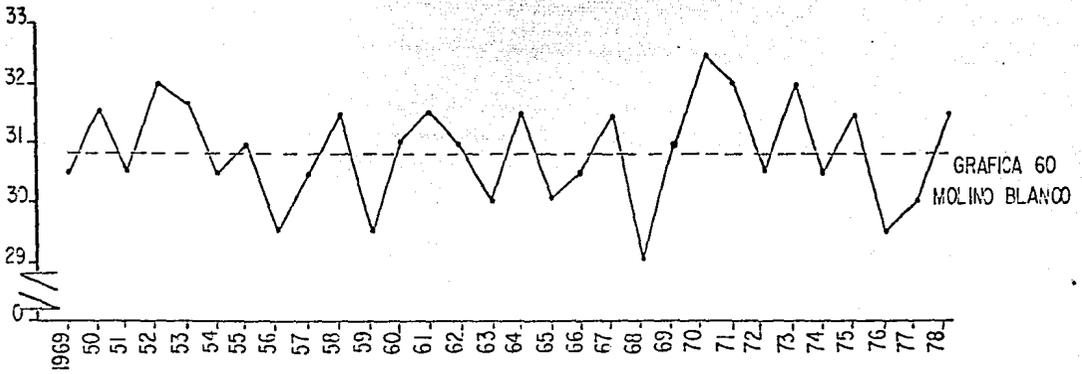
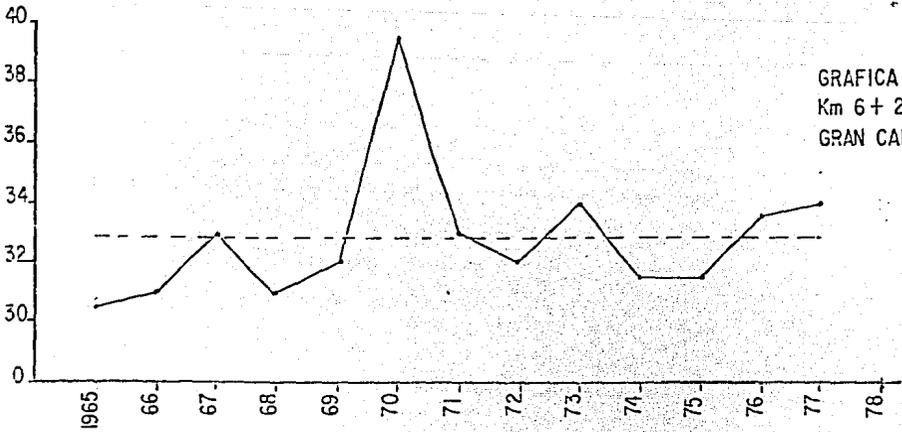
En Colonia Agrícola Oriental, sucede algo parecido, aunque en el inicio del periodo se nota que los valores aumentan hasta el año 1973, que es cuando alcanza el máximo valor; a partir de ese año los valores empiezan a disminuir y en 1976 se presenta el valor mínimo.

Desviación Alta al Pedregal es un ejemplo notorio de la disminución de los valores de temperatura máxima. Presenta al principio de los registros un pequeño aumento que termina en el año de 1970, que es cuando alcanza su valor máximo, para a partir de ahí empezar a disminuir, pero ésta no es muy fuerte, ya que se pueden observar dos periodos de estabilidad en los valores, uno entre los años 1971 y 1972 y otro entre 1975 y 1977; cabe decir, que a partir de 1974, todos los valores se encuentran bajo el valor medio.

En la gráfica de Iztapalapa, no se nota una cierta tendencia en el comportamiento de los valores de temperatura ya que en ningún momento se hace patente que los valores aumenten o disminuyan, sino que a todo lo largo del periodo de observación se presenta una serie de altas y bajas que impiden a simple vista notar si existe alguna tendencia. El valor máximo se presenta en tres ocasiones: 1967, 1970 y 1973 y el valor mínimo en el año de 1976 y desde el año anterior, se nota que los valores se encuentran bajo el valor medio.

Las gráficas 59, 60, 61 y 62 pertenecen a las estaciones Km 6 + 250 Gran Canal, Molino Blanco, Presa Guadalupe y Tacuba respectivamente. En la primera de ellas no se observa de manera muy notoria un aumento o disminución en los valores, aunque se pueden considerar dos periodos: un aumento del inicio del periodo hasta el año 1970 que es cuando alcanza el valor máximo y posteriormente una disminución de los valores, aunque presenta una serie de altas y bajas. El valor mínimo se registra en los años de 1974 y 1975.

TEMPERATURA MAXIMA EN °C



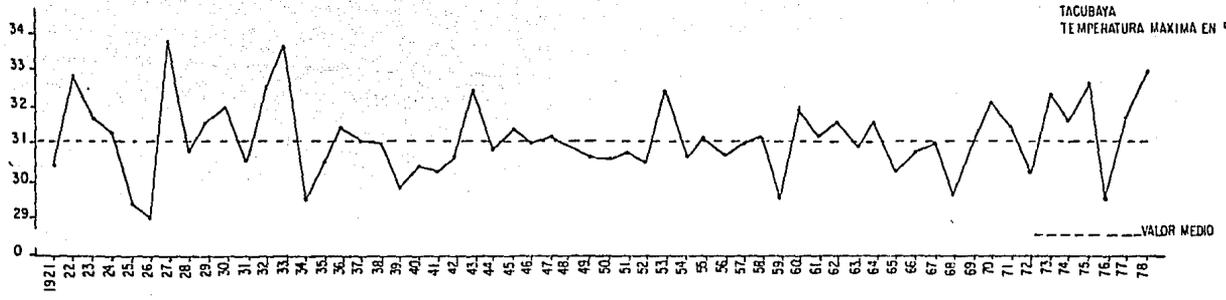
En Molino Blanco, que se localiza en el Estado de México, a todo lo largo del periodo de observación se registran una serie de altas y bajas por lo que no se puede decir que los valores tiendan a aumentar o disminuir. El valor mínimo se presenta en el año de 1968 y el valor máximo se presenta dos años después, es decir, en 1970.

Caso parecido es el de la estación Presa Guadalupe que también se encuentra en el Estado de México, ya que tampoco presenta alguna tendencia definida en su comportamiento sino que a todo lo largo del periodo de observación registra una serie de altas y bajas que no indican de manera objetiva un aumento o disminución paulatino. El año en que se presenta el valor mínimo es 1968 y corresponde al año 1953, casi al inicio del periodo, el valor máximo.

En la gráfica de la estación Tacuba se pueden observar cuatro comportamientos: el primero corresponde a un corto periodo de descenso que finaliza en 1963, al que corresponde al valor mínimo; a partir de ahí hay un aumento en los valores que se prolonga hasta el año 1967, para posteriormente descender de nuevo; este descenso es hasta el año de 1970 y sigue un aumento que en realidad forma un pico, porque a partir del año 1971, momento en que se produce el máximo valor, los valores disminuyen.

La gráfica 63 de la estación Tacubaya tampoco presenta una tendencia definida en el comportamiento de este elemento. Se podría considerar un descenso de los valores en los primeros años de observación hasta el año de 1926, en donde se registra el valor más bajo e inmediatamente, es decir, en el año de 1927 se registra el valor más elevado; en el resto del periodo se presentan una serie de altas y bajas y sólo en algunos casos se puede hablar de la presencia de descensos en los valores, ya que estos son más notorios que los aumentos, por ejemplo los valores descienden suavemente en el periodo 1947-1952, en cambio es muy notorio un aumento que se produce en el

GRAFICA 63  
TACUBAYA  
TEMPERATURA MAXIMA EN °C



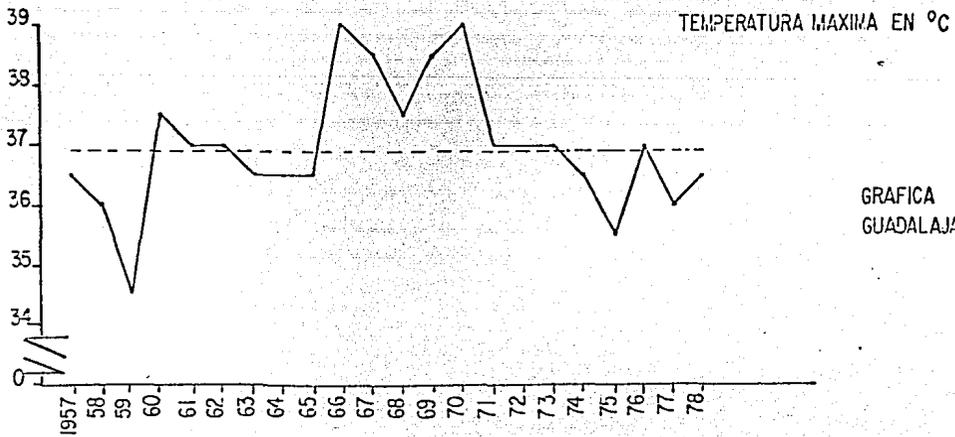
periodo 1933-1943, donde los valores sí experimentan una gran variación.

Del análisis de las gráficas anteriores se desprende que son pocas las estaciones que dejan ver alguna tendencia en cuanto a aumento o disminución, pues sólo se pueden considerar tres: Azcapotzalco y Colonia Agrícola Oriental de aumento, y Desviación Alta al Pedregal con un descenso.

En cuanto a la comparación entre periodos, la única estación donde se puede ver un comportamiento definido es Azcapotzalco, donde se nota que a partir de 1961 los valores se incrementan. El resto de las estaciones, no obstante presentar un comportamiento muy parejo en ambos periodos, al observar el valor máximo de uno y otro periodos, se tiene en general un aumento en la temperatura máxima extrema.

A continuación se presentan las gráficas que corresponden a las estaciones de Ciudad de Guadalajara (Gráficas 69, 65 y 66). La primera de ellas corresponde a la estación del mismo nombre de la ciudad, en donde el comportamiento de los valores de temperatura máxima presenta al principio de las observaciones un descenso de los valores hasta el año de 1959 que registra el valor más bajo, al año siguiente hay un aumento y posteriormente un descenso que abarca un periodo de 5 años, inmediatamente después se producen dos picos cuyos puntos máximos registran los valores mayores del periodo para, a partir de ahí, descender hasta el final, aunque en los últimos años los valores presentan una serie de altas y bajas.

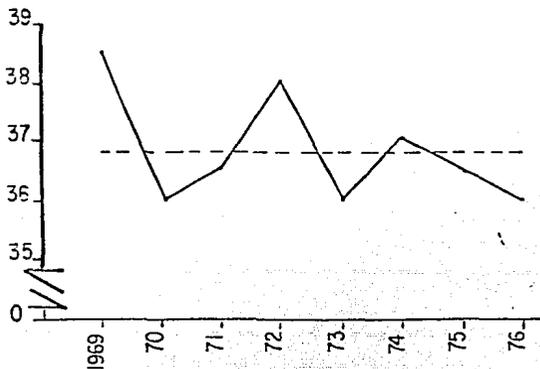
El caso de Tlaquepaque presenta dos descensos muy marcados, uno se nota al principio del periodo de observación hasta el año de 1966; al año siguiente se registra un aumento que corresponde al valor mayor de la serie a partir del cual, y hasta finalizar el perio-



GRAFICA 64  
GUADALAJARA



GRAFICA 65  
TLAQUEPAQUE



GRAFICA 66  
ZAPOPAN

----- VALOR MEDIO

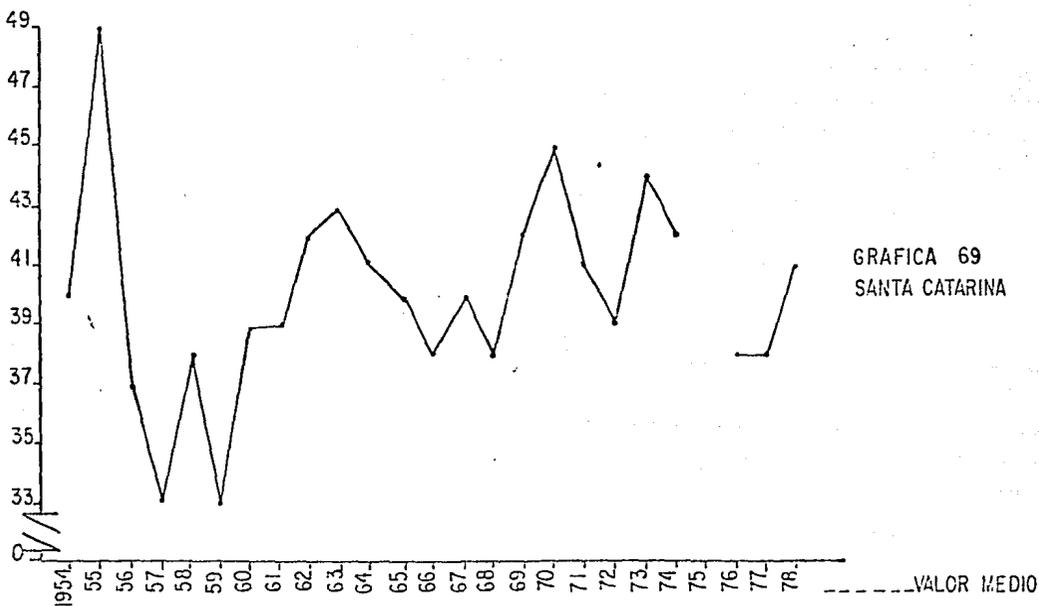
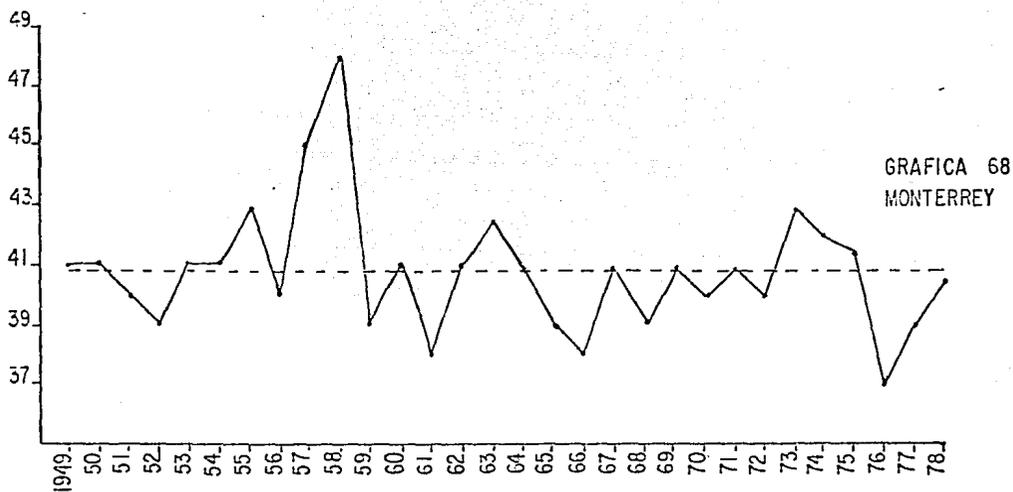
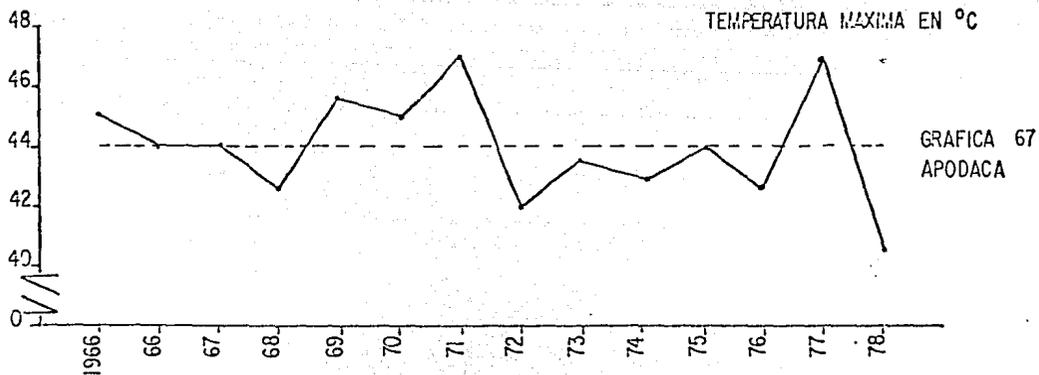
do, los valores presentan una disminución y desde el año 1970, todos los valores se encuentran bajo el valor medio. A partir de 1973, que junto con 1975, son los que registran el valor más bajo, la curva de temperatura presenta una serie de altas y bajas.

El comportamiento de la temperatura máxima en Zapopan es tendiente a disminuir aunque no de manera muy marcada. El valor mayor se produce en el principio del periodo de observación, en el año de 1969, a partir de ahí se presenta una disminución hasta el año 1972 y luego una serie de aumentos y disminuciones. Se registra tres veces el valor menor, que corresponde a los años de 1970, 1973 y 1976. Aunque se ha visto que en algunos años aumentan los valores, al hacerlo no alcanzan la altura que está representada por el valor obtenido al inicio del periodo.

De las gráficas anteriores se puede decir que la correspondiente a la estación Guadalajara, no presenta ninguna tendencia definida. En cambio, las otras dos estaciones muestran una tendencia a disminuir, esto es más patente en la estación Zapopan, ya que la estación Tlaquepaque a pesar de que presenta esto mismo, tiene una curva un poco menos regular a todo lo largo del periodo.

Por lo que respecta a los dos periodos en Guadalajara, no es posible definir muy bien el comportamiento de los valores, al observar la gráfica, pero al comparar los valores entre uno y otro se observa un incremento de los mismos en el segundo periodo.

Las gráficas 67, 68 y 69, presentan la variación de la temperatura máxima en las estaciones de la Ciudad de Monterrey. La primera de ellas corresponde a la estación Apodaca, que muestra una serie de aumentos y descensos de los valores de temperatura de la siguiente manera: del inicio del periodo hasta el año 1968 hay un descenso; a



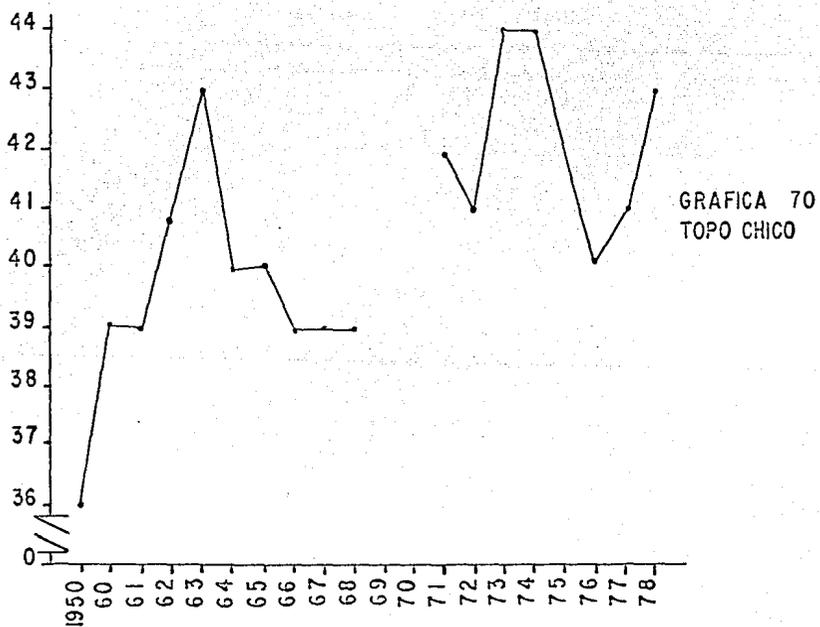
partir de ahí hay un aumento en los valores hasta 1971, que registra el valor máximo; después se produce un descenso no muy prolongado, de 1972 a 1977, año en que se registra de nuevo el valor máximo, seguido de un descenso en el año siguiente, que es cuando finaliza el periodo.

En la Estación Monterrey, también se nota una distribución de aumentos y descensos en los valores de temperatura máxima; del año 1952 hasta 1958, que es cuando se registra el valor mayor, hay un aumento, posteriormente una disminución para volver a aumentar y volver a disminuir. A partir de 1966 hasta 1973, hay un aumento aunque con una serie de altas y bajas; posteriormente hasta 1976 hay un periodo de disminución para volver a aumentar hasta finalizar el periodo.

La gráfica correspondiente a la estación Santa Catarina, presenta el problema de la falta de uno de los datos al finalizar el periodo, pero en el resto se puede observar una serie de aumentos y descensos en los valores; al principio del periodo de observación, hay un aumento y corresponde al año de 1955 el valor mayor del periodo. Posteriormente hay un descenso de los valores que se prolonga hasta el año de 1957, en donde se registra el menor valor, que también se registra en el año de 1959; de este año hasta 1963, se produce un aumento muy marcado y hasta 1968 hay una disminución, para presentar una serie de altas y bajas sin ninguna tendencia hasta terminar el periodo.

La gráfica 70 de la estación Topo Chico, tiene el mismo problema que la estación anterior, sólo que en ésta, los dos años que no hay registro se encuentran casi a la mitad del periodo, pero aun así, se pueden distinguir dos comportamientos en los valores, del inicio de las observaciones hasta el año de 1963 hay un aumento para a partir de ahí disminuir hasta llegar al punto en que no hay registro.

TEMPERATURA MAXIMA EN °C



A partir de los años en que no existen datos se nota un nuevo aumento de los valores hasta los años 1973 y 1974, que son los que registran el valor mayor y posteriormente hay un pequeño descenso seguido de un aumento hasta finalizar el periodo. Al inicio de las observaciones se registra el valor más bajo de temperatura máxima.

En las gráficas anteriores se puede observar la dificultad que se presenta para definir cualquier tipo de tendencia, ya que ninguno de los cuatro casos que corresponden a esta ciudad, muestran un comportamiento constante o definido. Pero en lo referente a la división por periodos, se observa que en dos estaciones, Santa Catarina y Topo Chico, hay un aumento de los valores en el segundo, esto es más notorio en la segunda estación a pesar de la falta de datos en años consecutivos. Esto es más difícil de ver en la estación Monterrey ya que a partir de 1961 se nota un ligero incremento de los valores, pero es en esta parte donde se registra el valor más bajo. En cuanto a los valores de cada periodo, se tiene que la máxima extrema del segundo es menor a la del primero.

### c) Temperatura mínima extrema.

La temperatura mínima es el valor mínimo que se puede obtener en un día de temperatura; ésta se produce en las primeras horas del día, por lo general entre las 6 horas y 7 horas; en muchos casos el valor que se obtiene es inferior a los 0°C, pero aquí se verá que algunas estaciones no rebasan este límite en todo el periodo.

A continuación se presentan los valores extremos de los periodos de observación de cada una de las estaciones y que corresponden a la temperatura mínima extrema.

En el cuadro se puede apreciar que la fluctuación de los

CUADRO XVI

TEMPERATURA MINIMA EXTREMA EN °C

ESTACIONES	TEMPERATURA MINIMA EXTREMA	
CIUDAD DE MEXICO		
Azcapotzalco	-6.0	12- 1-1956
Colonia Agrícola Oriental	-5.0	30- 1-1973
Desviación Alta al Pedregal	-5.0	1-1973
Iztapalapa	-7.0	varias veces
Km 6 + 250 Gran Canal	-5.0	25-XII-1967
Molino Blanco	-7.0	12- 1-1956
Presa Guadalupe	-7.0	12- 1-1956
Tacuba	-1.0	11-1976
Tacubaya	-4.4	13- 11-1960
CIUDAD DE GUADALAJARA		
Guadalajara	0.0	14- 11-1960
Tlaquepaque	1.7	8- 11-1971
Zapopan	1.0	12- 1-1975
CIUDAD DE MONTERREY		
Apodaca	-5.0	varias veces
Monterrey	-7.0	varias veces
Santa Catarina	-5.0	8- 1-1976
Topo Chico	-4.0	13- 1-1975

valores es muy fuerte; en la Ciudad de México, los valores extremos experimentan una variación entre  $-1^{\circ}\text{C}$  y  $-7^{\circ}\text{C}$ ; en este caso, dos estaciones se encuentran con el mismo valor y en la misma fecha y no se puede decir que un determinado año sea el que presenta el mayor número de valores extremos de todas las estaciones consideradas.

En la Ciudad de Guadalajara, lo más notorio es que en ninguna de las estaciones los valores extremos son menores a  $0^{\circ}\text{C}$  y realmente experimentan muy poca variación. En Monterrey a pesar de que se

presentan los valores más bajos no se experimenta mucha variación de una estación a otra. Al comparar los cuadros XIV y XVI se ve lo extremo de las variaciones de la temperatura ya que los valores mínimos son muy bajos y los valores de temperatura máxima extrema son muy elevados. Las oscilaciones varían entre 49°C y -7°C.

Por otra parte, en general en todas las estaciones el mes en que se registra la menor temperatura es enero y en algunos casos febrero y sólo en una de las estaciones consideradas, Km 6 + 250 Gran Canal, este valor se registra en el mes de diciembre.

Para dar una idea más clara de la variación experimentada por la temperatura mínima extrema, en el siguiente cuadro se presenta ésta en los dos periodos, el primero considerado del inicio de las observaciones hasta 1960 y el segundo que comprende los años de 1961 a 1978.

CUADRO XVII  
TEMPERATURA MINIMA EXTREMA EN °C EN DOS PERIODOS

ESTACIONES	PERIODO I		PERIODO II	
	CIUDAD DE MEXICO			
Azcapotzalco	-6.0	12-1-1956	-2.0	30- XI-1966
Colonia Agrícola Oriental		-	-5.0	30- I-1973
Desviación Alta al Pedregal		-	-5.0	I-1973
Iztapalapa	-7.0	varias veces	-5.5	26-XII-1963
Km 6 + 250 Gran Canal		-	-5.0	25-XII-1967
Molino Blanco	-7.0	12-1-1956	-3.0	varias veces
Presa Guadalupe	-7.0	12-1-1956	-3.5	30- I-1966
Tacuba		-	-1.0	II-1976
Tacubaya	-4.4	13-II-1960	-0.5	I-1965

---

CIUDAD DE GUADALAJARA

---

Guadalajara	0.0	14-11-1960	2.0	varias veces
Tlaquepaque		-	1.2	8-11-1971
Zapopan		-	1.0	12- 1-1975

---

CIUDAD DE MONTERREY

---

Apodaca		-	-5.0	varias veces
Monterrey	-7.0	varias veces	-7.0	11- 1-1962
Santa Catarina	-1.0	5-11-1956	-5.0	1-1976
Topo Chico	0.0	26-11-1960	-4.0	13- 1-1976

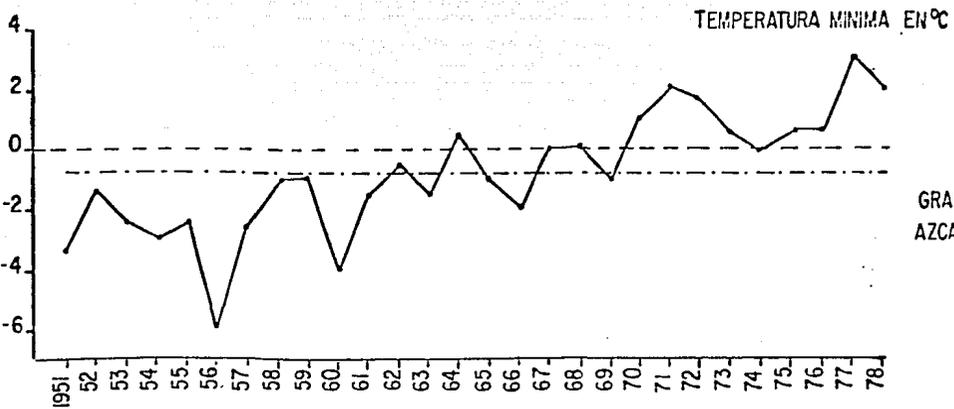
---

En el cuadro se nota que, tanto para las estaciones de la ciudad de México como de Guadalajara, los valores se incrementan en el segundo periodo; éste es mayor en las estaciones Azcapotzalco y Molino Blanco (4.0°C), Tacubaya (3.9°C) y Presa Guadalupe (3.5°C), las otras dos, Iztapalapa y Guadalajara presentan un incremento entre 1.5°C y 2.0°C.

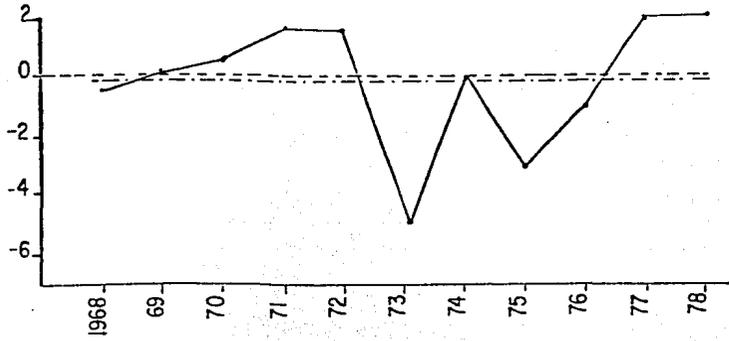
En cambio, en la Ciudad de Monterrey se ve que la estación del mismo nombre mantiene su valor en ambos periodos, no así Santa Catarina y Topo Chico, que presentan un decremento de 4°C. Recuérdese que estas se encuentran más alejadas de la influencia de la ciudad, sobre todo Santa Catarina y que tienen pocos años de observación.

Como en los casos anteriores también se elaboraron gráficas para ver la variación de los valores a través del tiempo. El primer grupo (Gráficas 71, 72, 73 y 74), corresponde a las estaciones Azcapotzalco, Colonia Agrícola Oriental, Desviación Alta al Pedregal e Iztapalapa de la Ciudad de México.

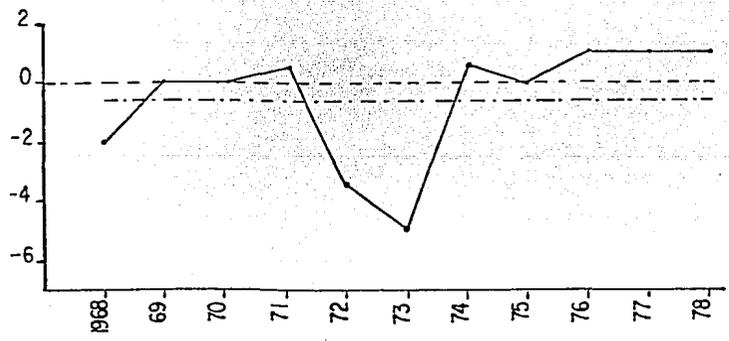
En la primera de ellas se observan dos tendencias, del inicio de las observaciones hasta el año de 1956, que es cuando se registra el valor más bajo, hay un descenso, pero a partir de ese momento,



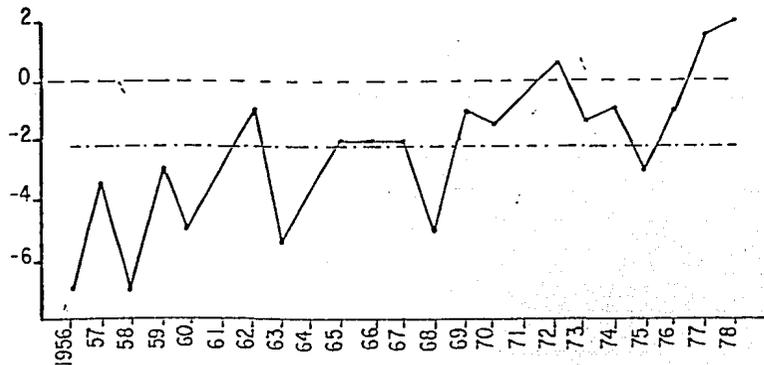
GRAFICA 71  
AZCAPOTZALCO



GRAFICA 72  
COLONIA AGRICOLA ORIENTAL



GRAFICA 73  
DESVIACION ALTA AL PEDREGAL



GRAFICA 74  
IZTAPALAPA

----- VALOR MEDIO

se nota un aumento de los valores que aunque no es constante, ya que existen una serie de altas y bajas, es patente al observar el trazado de la curva de la gráfica; el valor más alto se produce en 1977.

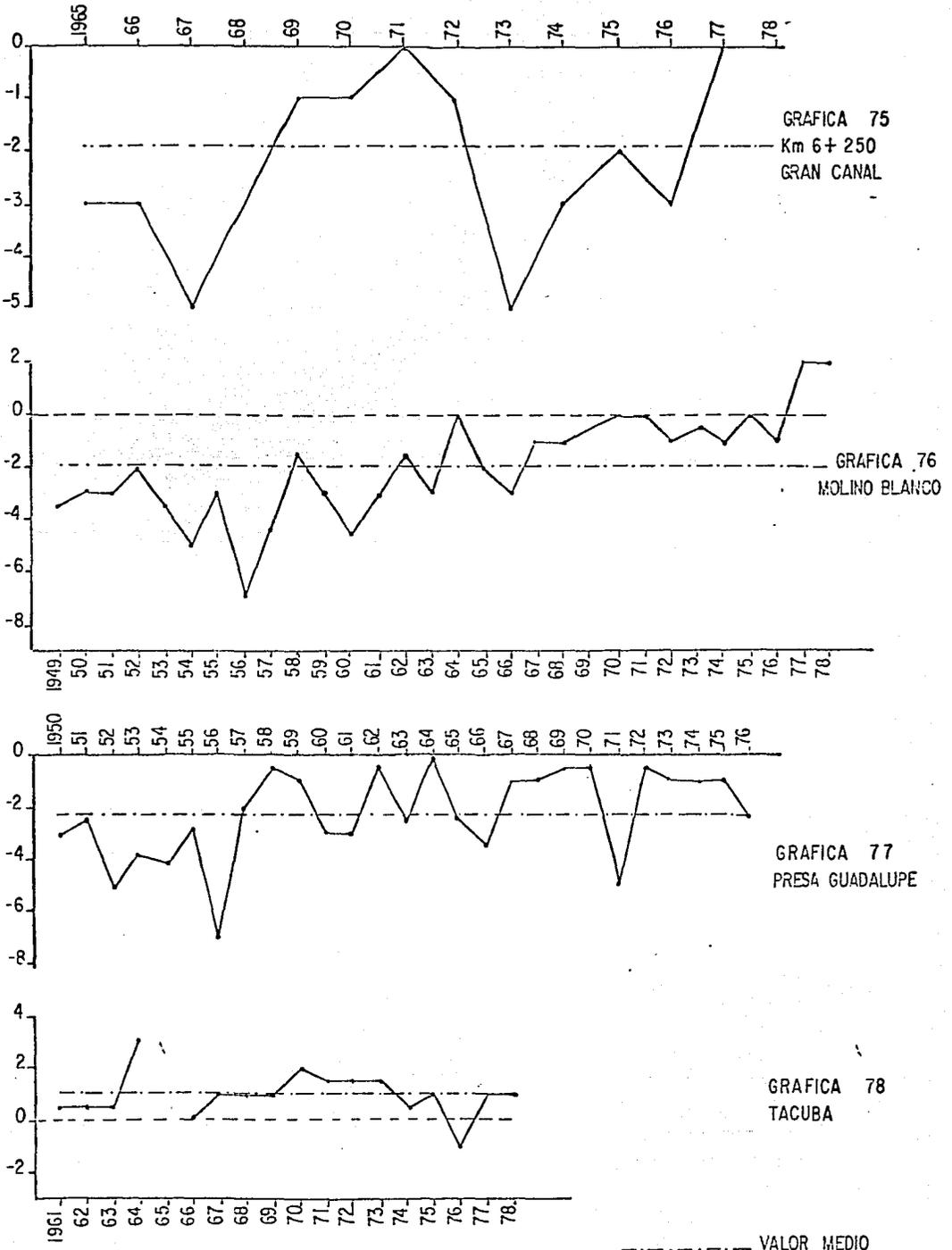
En Colonia Agrícola Oriental, se produce del inicio del periodo hasta el año 1972 un aumento de los valores, seguido de una disminución, ya que el año de 1973 registra el valor mínimo, a partir de ahí se nota otro aumento en los valores que no es completamente constante y son los años de 1977 y 1978, los que registran el valor más alto.

En la estación Desviación Alta al Pedregal, se notan dos aumentos en los valores, divididos por un descenso, el primer aumento se produce de 1968 a 1972, a continuación se tiene el descenso, ya que el año de 1973 registra el valor más bajo; a partir de ese momento los valores aumentan hasta finalizar el periodo y son los tres últimos años de éste, los que registran los valores más elevados.

Se puede considerar que en la estación Iztapalapa el comportamiento de los valores es con tendencia a aumentar y aunque en la gráfica esto no se observa de manera muy clara, si se puede considerar su existencia, puesto que al decrecer el valor de temperatura, no es en forma muy fuerte. El valor menor se registra en los años de 1956 y 1958 y el más elevado se obtiene en 1978, que es cuando finaliza el periodo.

El siguiente grupo de gráficas (75, 76, 77 y 78), corresponde a las estaciones Km 6 + 250 Gran Canal, Molino Blanco, Presa Guadalupe y Tacuba de la Ciudad de México). En Km 6 + 250 Gran Canal, se observan dos periodos de descenso y alternados, dos de aumento. El primer descenso se produce en los primeros años de observación hasta el año 1967 que registra el valor más bajo; a partir de ahí se nota un aumento que termina en 1971 que presenta el valor más alto, los dos años siguientes corresponden al segundo decremento de los valores

TEMPERATURA MINIMA EN °C



----- VALOR MEDIO

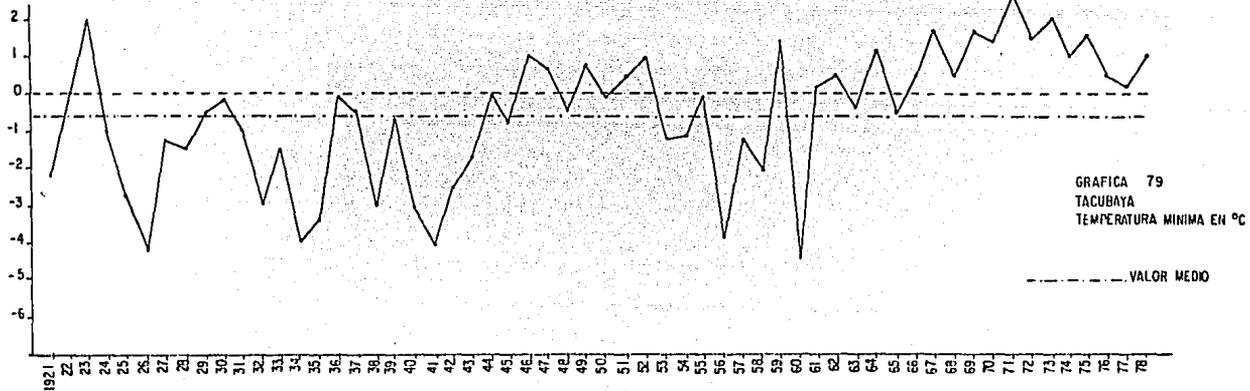
y es a partir de 1973, que vuelve a registrar el valor más bajo, que los valores aumentan y en los años de 1977 y 1978, se vuelve a presentar el valor más alto.

En la gráfica Molino Blanco se notan dos aumentos y un descenso; el primer aumento se produce al inicio de las observaciones y concluye en el año de 1952, a partir de ahí hay un descenso que termina en 1956, que registra el valor más bajo, posteriormente se produce un aumento que continua hasta el fin del periodo, este aumento no es constante ya que presenta una serie de altas y bajas y son los dos últimos años del periodo de observación los que registran el valor más elevado.

La gráfica de Presa Guadalupe no presenta un comportamiento muy claro a todo lo largo del periodo de observación. En 1956 se registra el valor más bajo y en 1964 el más alto, por lo que aquí se podría apreciar una tendencia a aumentar, aunque no de manera muy clara porque se presenta una serie de altas y bajas que no determinan el comportamiento de este elemento.

La estación Tacuba presenta el problema de que el trazo está cortado en un año por la falta de registro. El valor más elevado se presenta en 1964 y a partir de 1966 aparece la serie completa, donde se observa, de 1966 a 1970, un aumento de los valores y a partir de ese año se nota una disminución hasta el año 1976 que es cuando se produce el valor menor. Los años restantes son de aumento, pero no en la misma proporción que los años anteriores.

La gráfica 79 corresponde a la estación Tacubaya, que es la que presenta el periodo de observación más grande (1921-1978); en ella se puede notar que existen dos periodos de aumento en los valores de temperatura, el primero se produce de 1941 a 1952 y el segundo de 1960



a 1978, en ambos casos, los aumentos no son constantes sino que presentan una serie de altas y bajas; es el inicio del segundo periodo el que registra el valor más bajo y le corresponde al año de 1971 el más alto. El resto del periodo presenta una serie de altas y bajas muy marcadas.

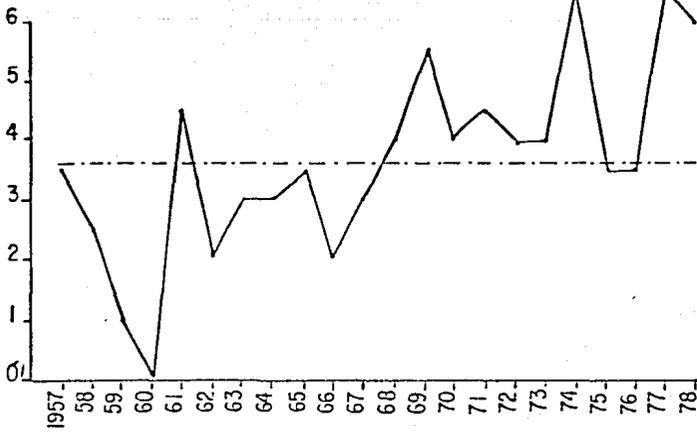
De lo anterior se desprende que sólo cuatro de las estaciones presentan cierta tendencia a aumentar: Azcapotzalco, Iztapalapa, Molino Blanco y Presa Guadalupe, el resto de las estaciones muestra una serie de altas y bajas y alternancia de ascensos y descensos; aunque en los casos de Colonia Agrícola Oriental y Desviación Alta al Pedregal, se podría considerar también una tendencia a aumentar porque las disminuciones que presentan comprenden pocos años.

Por otro lado se nota en los primeros cuatro casos junto con Tacubaya, que los valores en el segundo periodo se incrementan, aunque no de manera constante, porque algunos valores disminuyen en algunos años, lo cual se confirma al comparar el valor mínimo extremo para los dos periodos.

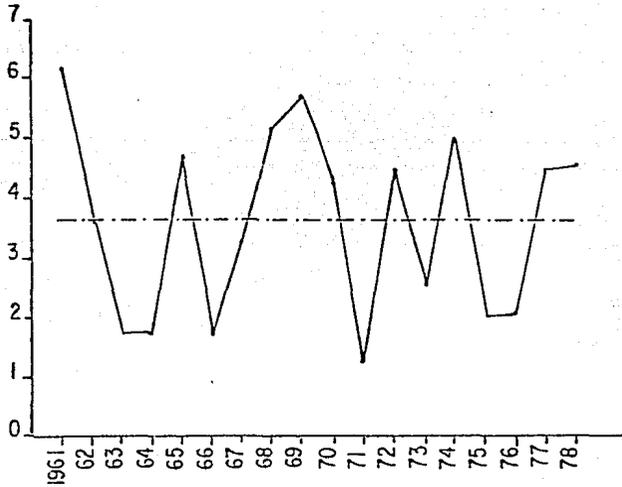
El grupo de gráficas 80, 81 y 82 corresponde a las estaciones localizadas en la Ciudad de Guadalajara: Guadalajara, Tlaquepaque y Zapopan.

En la primera de ellas todos los valores se encuentran sobre 0°C y al principio del periodo de observación se nota que los valores disminuyen hasta el año de 1960, que registra el valor más bajo; a partir de ese momento se nota una tendencia de los valores a aumentar, aunque no en forma constante porque los valores presentan una serie de altas y bajas, pero con el trazado que se obtuvo en la gráfica, se ve que la disminución de los valores no es muy fuerte. A los años que les corresponde el valor más alto son 1975 y 1977.

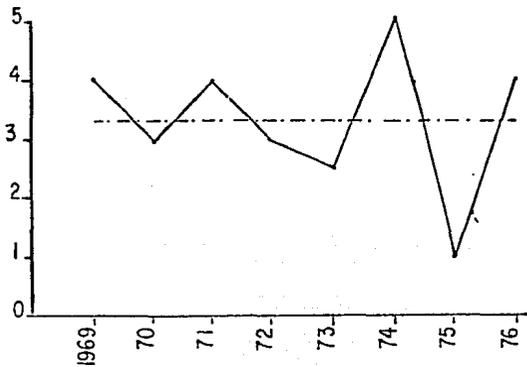
TEMPERATURA MINIMA EN °C



GRAFICA 80  
GUADALAJARA



GRAFICA 81  
TLAQUEPAQUE



GRAFICA 82  
ZAPOPAN

----- VALOR MEDIO

En la estación Tlaquepaque, no se nota una tendencia definida de los valores a aumentar o a disminuir, ya que todos se encuentran dentro de un cierto rango y presentan altas y bajas: es decir, que en general después de un valor alto se produce uno bajo. El valor máximo y el valor mínimo se registran en 1961 y 1971 respectivamente. En este caso, como en el anterior, todos los valores se encuentran sobre 0°C.

En la gráfica perteneciente a la estación Zapopan, se puede considerar que los valores disminuyen a todo lo largo del periodo de observación considerado. Esto no es muy notorio, debido a que en el año de 1974 se produce el valor más alto y en 1975 el valor más bajo, pero al siguiente año, que es cuando termina el periodo, el valor vuelve a aumentar aunque no en la misma forma que dos años antes.

Al observar las gráficas, se notan comportamientos distintos en las tres estaciones aunque es interesante destacar que la estación Guadalajara que se encuentra en la parte central de la ciudad, presenta una cierta tendencia a aumentar, aunque ésta no sea muy marcada ni se realice de manera paulatina. Por otra parte la estación Zapopan situada en la orilla de la ciudad, presenta una tendencia a disminuir en este parámetro, aunque de una manera muy marcada. La estación Tlaquepaque no muestra un comportamiento definido, ya que durante todo el periodo presenta altas y bajas.

En el caso de Guadalajara se confirma hasta cierto punto la tendencia de los valores de temperatura mínima a aumentar, ya que en el segundo periodo se nota un incremento de los valores que no se realiza de manera constante, pero que sí indica que las temperaturas mínimas son cada vez más elevadas y además, las disminuciones que sufre la curva, no son muy fuertes en este periodo. Por otra parte el valor de la temperatura mínima *minimorum* es mayor en el segundo periodo.

Las gráficas 83, 84, 85 y 86 corresponden a las estaciones Apodaca, Monterrey, Santa Catarina y Topo Chico que se encuentran ubicadas en la Ciudad de Monterrey.

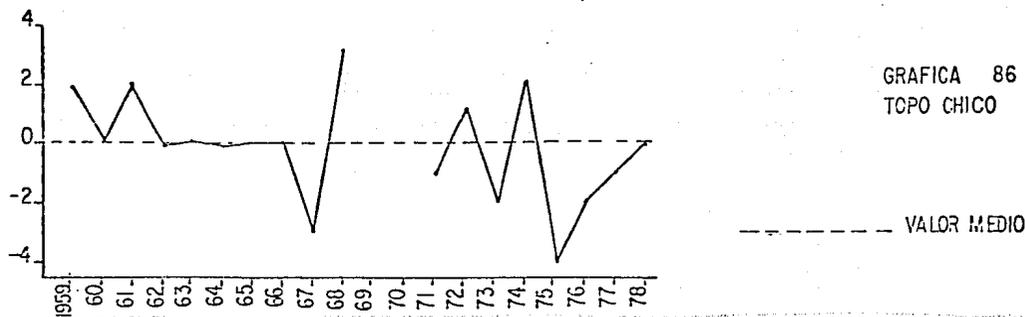
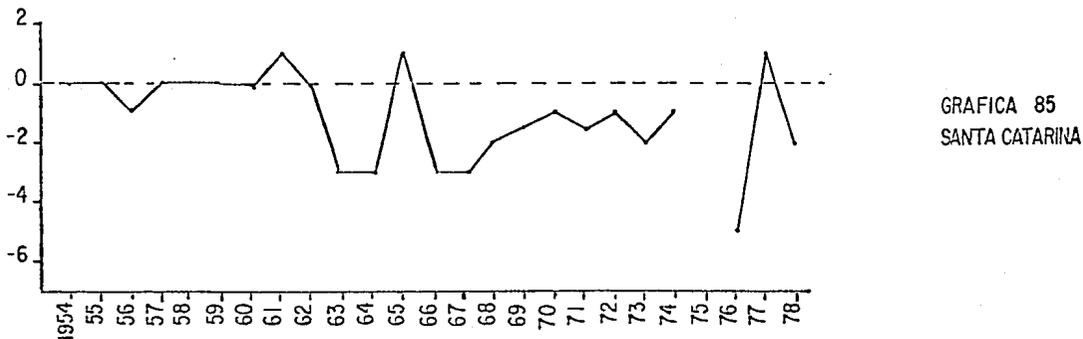
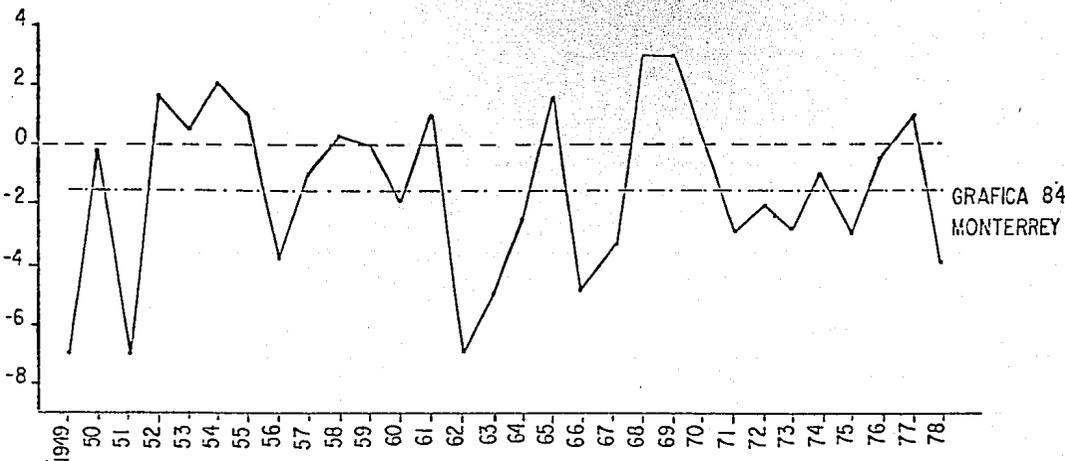
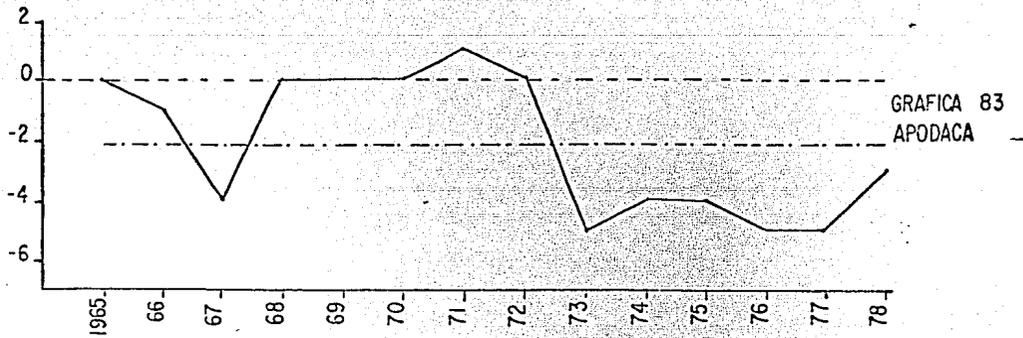
La primera de ellas, presenta dos descensos, con un intervalo donde se produce un aumento; el primer descenso se observa del inicio del registro hasta el año 1967; a partir de ahí se produce el aumento antes mencionado que finaliza en el año 1971, que es cuando se registra el valor más elevado. A partir de ese momento hasta concluir el periodo de observación considerado, se nota un descenso de los valores, registrándose en 1973, 1976 y 1977 el valor más bajo.

El caso de Monterrey es distinto, ya que se nota una serie de altas y bajas, pero de cualquier manera se pueden distinguir algunos periodos de aumento y otros de descenso; por ejemplo, hay un descenso bastante definido entre 1954 y 1961; este último año, junto con 1949 y 1951 registran el valor más bajo; a partir de 1961 hasta 1969, hay un aumento de los valores, este año junto con 1968, registran el valor más alto, a partir de ese momento aunque hay un descenso, se nota que los valores tienden a aumentar.

La estación Santa Catarina, presenta el problema de la falta de registro en uno de los años de observación, sin embargo se puede observar un aumento de los valores del inicio del periodo hasta el año de 1961 que registra el valor más alto, posteriormente hay un descenso de los valores hasta el año de 1964, a partir del cual hay un nuevo aumento que en realidad sólo es un pico y que registra otra vez el valor más alto, seguido de otra disminución que finaliza hasta 1967; desde ese momento hasta llegar al año en que el periodo se corta existe un aumento. El valor mayor se produce en 1976.

La estación Topo Chico presenta la misma situación que el caso anterior hay dos años que no presentan registro; en la primera

TEMPERATURA MINIMA EN °C



parte del periodo de observación hay un descenso de los valores hasta el año de 1967; al siguiente año se registra el valor más alto; a continuación se encuentran los dos años que no presentan datos. Posteriormente se nota de 1971 a 1974 un aumento en los valores y el resto del periodo presenta una disminución de los mismos, donde se incluye el registro menor representado por el año de 1975.

En el caso de la Ciudad de Monterrey es difícil determinar la tendencia o el comportamiento de la temperatura mínima, ya que las cuatro estaciones presentan durante todo el periodo de observación, combinaciones de aumentos y descensos. Esto es más notorio en la estación Monterrey, donde el comportamiento es completamente indefinido en ambos periodos. Aunque por los valores mínimos extremos, correspondientes a cada uno de los periodos, se tiene una disminución del primero al segundo en las estaciones que se encuentran más alejadas del centro de la ciudad.

## B. Vientos

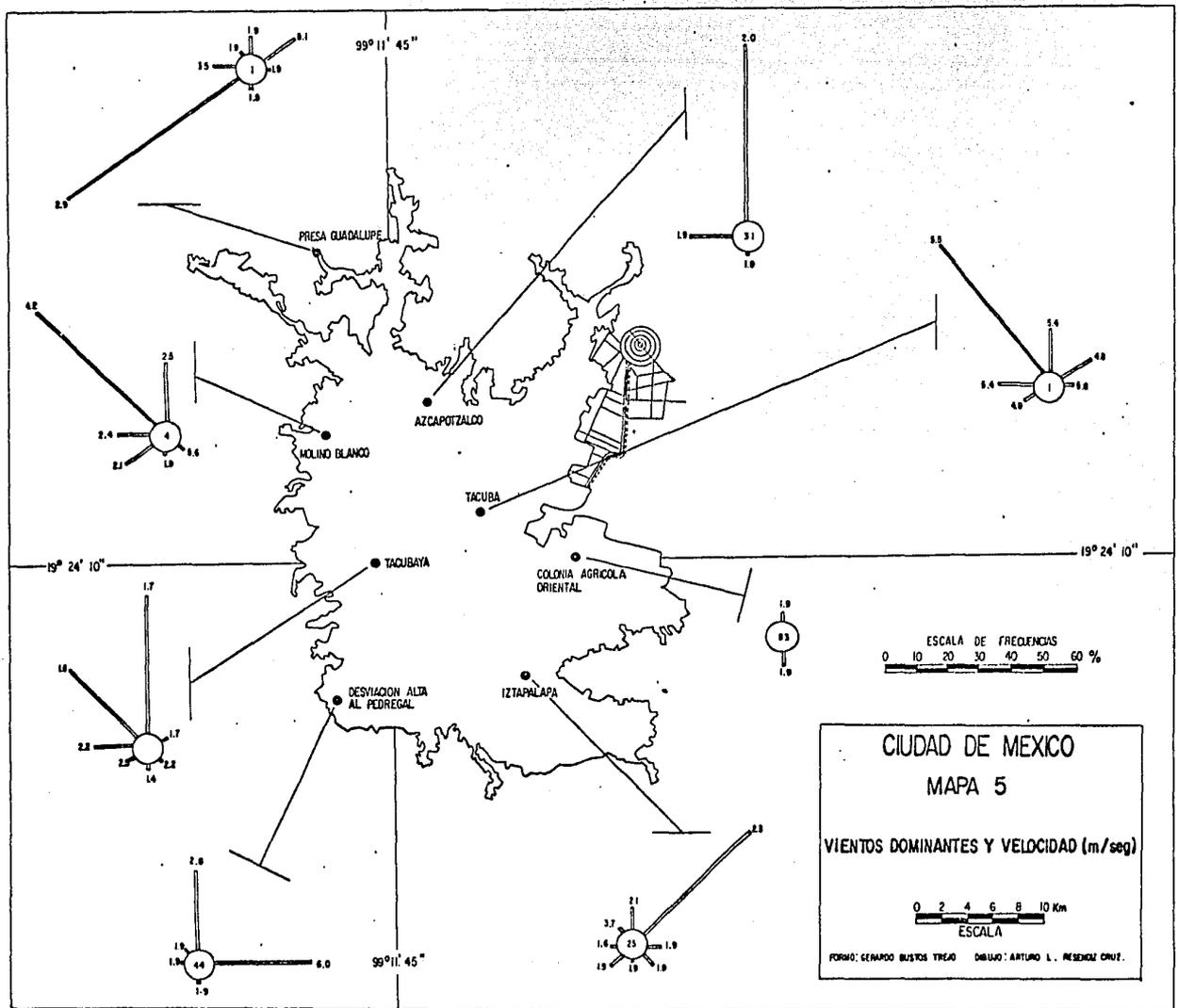
Los vientos son masas de aire en movimiento que presentan una dirección y velocidad determinadas paralelamente a la superficie de la tierra. Como ya se mencionó, los vientos, la temperatura y la presión están muy relacionados entre sí; como resultado de esta relación los vientos se mueven de zonas de alta presión a zonas de baja presión; estas zonas, determinadas por la temperatura, son muy importantes porque ayudan a la creación de ciclones y anticiclones.

Para este estudio se elaboraron rosas de vientos para cada una de las estaciones consideradas en él; éstas indican por una parte la dirección que presenta el viento, así como la frecuencia en que esta dirección se presenta durante el periodo de observación expresada en porcentaje; por otra parte, en el extremo final de la barra que

representa la frecuencia, se indica la velocidad con que sopla el viento expresada en metros por segundo. En la mayoría de los casos, hubo que hacer conversiones de una escala convencional subjetiva a metros por segundo, que es como generalmente se indica la velocidad del viento. Por otra parte, en el centro de la circunferencia se observa el número que corresponde a las calmas, es decir, cuando no hay viento.

Así, resultaron tres mapas en donde se presentan las rosas de vientos; en el primero de ellos (Mapa 5), que corresponde a la Ciudad de México, se puede decir que no existe ninguna dirección predominante igual en todas las estaciones y en algunas de ellas se observa que dos o más direcciones presentan la misma velocidad. En las estaciones de Tacubaya y Azcapotzalco, hay dominancia de los vientos del norte, en Molino Blanco y Tacuba dominan los vientos del noroeste, en Presa Guadalupe dominan los vientos del suroeste; los vientos del este dominan en la estación Desviación Alta al Pedregal, los del noreste en Iztapalapa y en Colonia Agrícola Oriental, aunque existe un cierto dominio de los vientos que soplan del sur son también de importancia los vientos del norte, ya que se presentan casi con la misma frecuencia. Sólo una estación no presenta calmas, Tacubaya; en cambio, la que presenta el mayor porcentaje de calmas es Colonia Agrícola Oriental, que casi tiene el 100 %.

Las velocidades mayores se registran en la estación Tacuba, en donde casi todas se encuentran sobre los 5 m/seg promedio; hay que hacer notar que la frecuencia no indica mayor velocidad, es decir que en muchas estaciones la dirección que presenta la mayor frecuencia no presenta la mayor velocidad; esto quiere decir que aunque el viento sopla de manera constante en una dirección, su velocidad se mantiene de esa forma.



CIUDAD DE MEXICO  
 MAPA 5  
 VIENTOS DOMINANTES Y VELOCIDAD (m/seg)

En la Ciudad de Guadalajara (Mapa 6), se nota que los vientos varían mucho de dirección ya que de las tres estaciones consideradas, dos de ellas presentan un porcentaje de calmas muy bajo, casi nulo, y la restante no las presenta; en los tres casos la presencia de los ocho cuadrantes de la dirección de los vientos da una idea de los cambios que sufren éstos en un periodo determinado. En las estaciones de Zapopan y Guadalajara los que presentan mayor dominancia son los vientos del oeste. En Tlaquepaque son los vientos del norte los que dominan y en este caso son los que presentan la mayor velocidad. En Guadalajara también son muy representativos los vientos del este, así como en Zapopan son los del noroeste y suroeste.

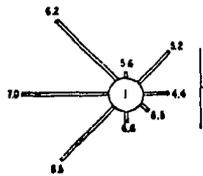
El siguiente mapa (Mapa 7), corresponde a la Ciudad de Monterrey; aquí se observa que en la estación Santa Catarina ubicada en la parte oeste de la ciudad, los vientos, además de presentar gran variación en cuanto a su dirección, son los que muestran las velocidades mayores y a pesar de que los vientos que dominan son los del sur, los del este son los que presentan mayor velocidad. Por otra parte, en la estación Apodaca hay dominio de los vientos del sureste, aunque la importancia de los vientos del noroeste es también muy marcada. En Topo Chico hay predominio de los vientos del noreste y también son importantes los del sur, y en este caso son los del este los que presentan la mayor intensidad.

Por lo que respecta al porcentaje de calmas, en uno de los casos no es elevado, en otros dos no existe y en uno de los casos es un poco más elevado, lo que da idea de la variación que experimentan en el tiempo.

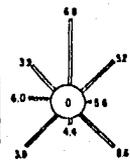
### 3. Evaporación

Se designa con el nombre de evaporación al conjunto de fenómenos que transforman el agua en vapor por un proceso específica-

103° 20'



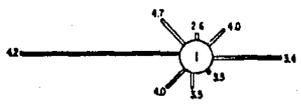
● ZAPOPAN



● GUADALAJARA

20° 40'

20° 40'



● TLAQUEPAQUE

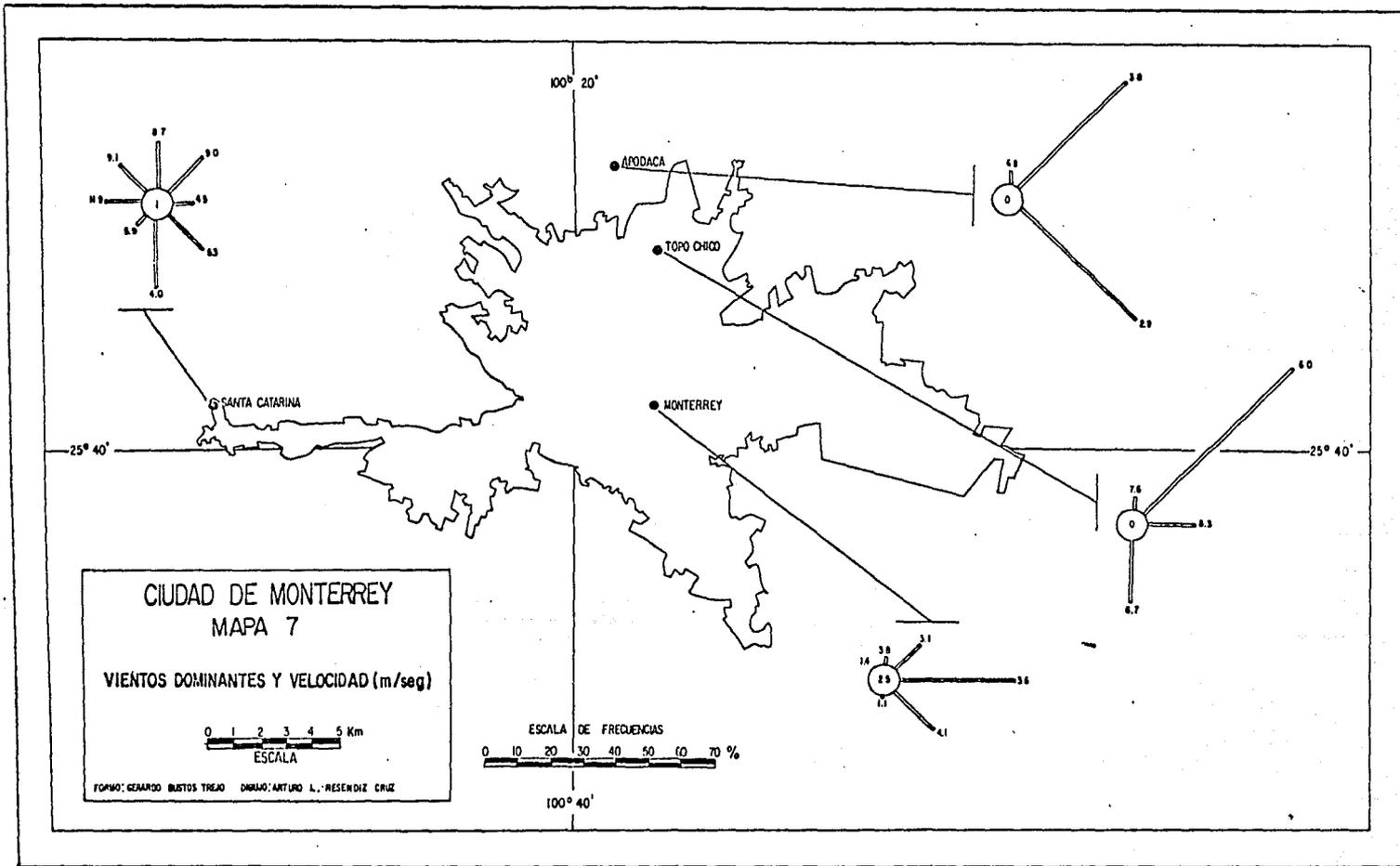
CUIDAD DE GUADALAJARA  
MAPA 6  
VIENTOS DOMINANTES  
Y VELOCIDAD (m/seg)

ESCALA

ESCALA DE FRECUENCIAS  
0 10 20 30 40 50 60 %

FONDO: GERARDO BUSTOS TIPLEO DIBUJO: ARTURO L. PINOCHÉ CRUZ

103° 20'



mente físico.

Grandes cantidades de agua son evaporadas por el proceso de la transpiración de las plantas, que con sus raíces extraen de la profundidad del suelo el agua necesaria para su desarrollo y su vida; esta evaporación biológica es llamada transpiración.

Se agrupa bajo el nombre de evapotranspiración el conjunto de los procesos de evaporación y transpiración. La altura de la lámina así evapotranspirada en una cuenca vertiente durante un periodo determinado, es su evaporación total en el curso de ese periodo."<sup>14</sup>

La evaporación y la evapotranspiración pueden ser potenciales y reales; la evaporación potencial definida por Thornthwaite "es la altura de agua que sería realmente evaporada si los recursos de agua movilizables en la cuenca fueran en cada instante por lo menos iguales a los que pueden ser transformados en vapor por el juego de los factores hidrometeorológicos y la vegetación."<sup>15</sup> Los valores de evaporación potencial se obtienen a través del evaporímetro.

En cambio, la evaporación real, que es la cantidad de agua que realmente se evapora, se puede obtener en forma directa (por medio del evapotranspirómetro) o a través de fórmulas.

En este estudio se utilizan datos de evaporación potencial dada la relativa facilidad que se tiene para obtenerlos; en este caso, como ya se mencionó anteriormente, no existe registro de datos de este elemento en todas las estaciones consideradas.

#### a) Evaporación media anual

Como su nombre lo indica, esta evaporación es el resultado

14. Remenieras, G., op. cit., pp. 205-206

15. Remenieras, G., op. cit., p. 207

de promediar los datos anuales de evaporación entre el número de años del periodo de observación considerado. Se tomó en cuenta este parámetro para que al realizar las gráficas de valores anuales se tuviera un valor de comparación para ver las variaciones que experimenta dicho elemento.

Las estaciones de las ciudades escogidas que registran este elemento presentan los siguientes valores medios anuales:

CUADRO XVIII  
EVAPORACION POTENCIAL MEDIA ANUAL EN mm.

ESTACIONES	PERIODO	MEDIA ANUAL
CIUDAD DE MEXICO		
Azcapotzalco	1950-1978	1705.1
Iztapalapa	1956-1978	1712.5
Km 6 + 250 Gran Canal	1964-1978	1521.0
Molino Blanco	1948-1978	1676.4
Presa Guadalupe	1950-1978	1538.7
CIUDAD DE GUADALAJARA		
Guadalajara	1957-1978	1950.9
CIUDAD DE MONTERREY		
Monterrey	1966-1978	2360.6
Santa Catarina	1960-1978	1923.1
Topo Chico	1971-1978	1623.4

En el cuadro se puede observar en primer lugar que en ninguno de los casos los periodos son iguales, por otra parte, se ve que en la ciudad de México los valores no son tan elevados como en las otras

dos ciudades.

En la estación Guadalajara, en la ciudad del mismo nombre el valor es elevado lo que como en las estaciones anteriores significa que se necesita una cantidad elevada de vapor de agua para que el aire se sature.

En la Ciudad de Monterrey, dos de los valores que se presentan son muy elevados y corresponden a las estaciones de Monterrey y Santa Catarina; Topo Chico, no presenta un valor tan elevado. Esto indica que la zona es muy seca, por lo que se necesita gran cantidad de vapor de agua para lograr que la atmósfera se sature y alcance el 100 %.

Para observar las variaciones que experimenta la evaporación potencial media anual de un periodo a otro, se construyó el siguiente cuadro:

CUADRO XIX

EVAPORACION POTENCIAL MEDIA ANUAL EN mm EN DOS PERIODOS

ESTACIONES	PERIODO I	MEDIA ANUAL	PERIODO II	MEDIA ANUAL
CIUDAD DE MEXICO				
Azcapotzalco	1950-1960	1744.5	1961-1978	1652.4
Iztapalapa	1956-1960	1672.1	1961-1978	1723.6
Molino Blanco	1948-1960	1633.4	1961-1978	1707.6
Prosa Guadalupe	1950-1960	1639.6	1961-1978	1477.2
CIUDAD DE GUADALAJARA				
Guadalajara	1957-1960	2155.8	1961-1978	1905.5
CIUDAD DE MONTERREY				
Santa Catarina	1960	2055.6	1961-1978	1906.4

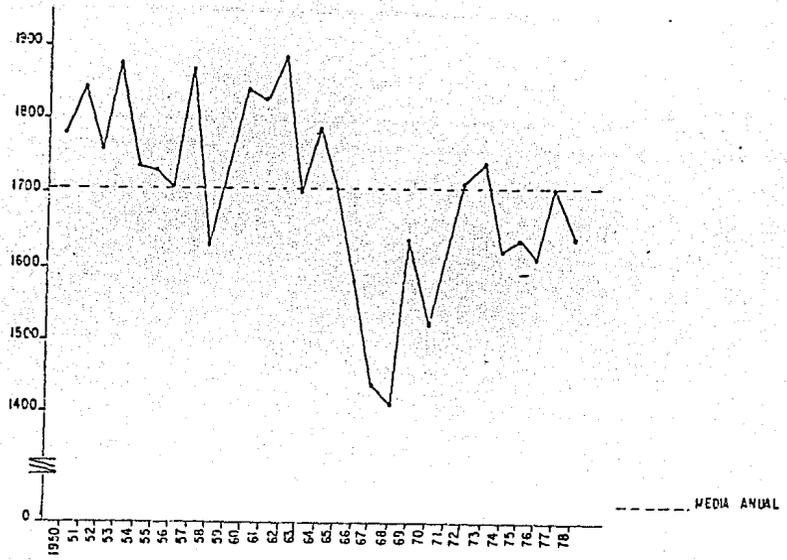
En el cuadro anterior se observa que en la mayoría de las estaciones existe una disminución en el valor medio en el segundo periodo, éste es más notorio en la estación Guadalajara con 250 mm, las otras tres estaciones, Azcapotzalco, Presa Guadalupe y Santa Catarina, presentan una disminución que varía entre los 120 mm y los 165 mm. Por otra parte, las estaciones Iztapalapa y Molino Blanco presentan un incremento en el segundo periodo, éste en ambos casos no es muy fuerte, aunque en la segunda estación es más elevado que en la primera.

Como en los casos anteriores, se elaboraron gráficas para observar el comportamiento de los valores de evaporación a través del periodo considerado. La primera de ellas (Gráfica 87), corresponde a la estación Azcapotzalco, en donde se nota lo siguiente: del inicio del periodo hasta el año 1957 se marca una serie de altas y bajas, posteriormente hay un aumento que termina en 1962, con el valor más elevado de evaporación; a partir de este momento se nota una disminución de los valores que finaliza en 1968, año en el cual se registra el valor más bajo; después y hasta finalizar el periodo, se nota un aumento de los valores que no es tan fuerte como el mencionado con anterioridad.

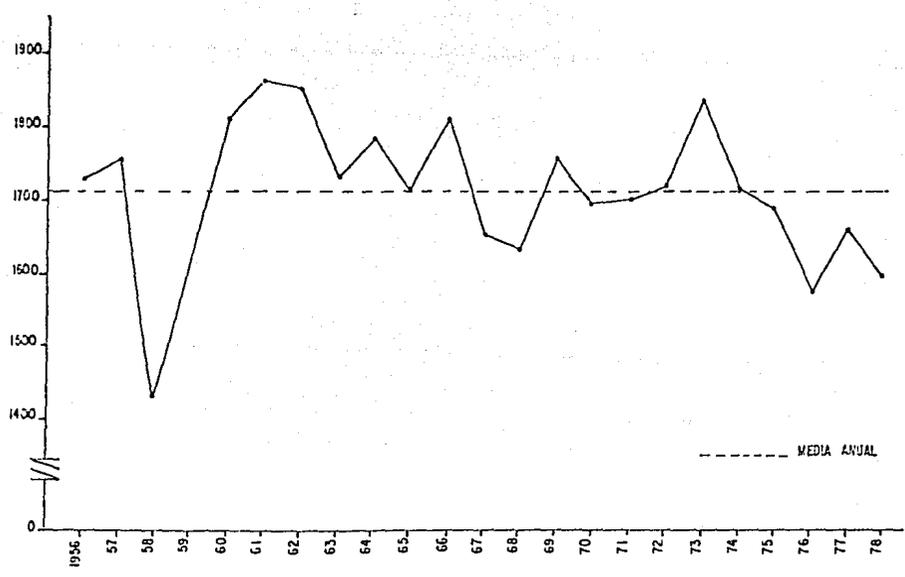
La estación Iztapalapa (Gráfica 88), no presenta aparentemente una tendencia definida en el comportamiento de los valores, aunque se pueden considerar dos periodos de disminución, el primero se produce del inicio de las observaciones hasta el año de 1958 que registra el valor más bajo; a partir de ahí hay un aumento y es el año de 1961 el que registra el valor más alto, posteriormente a ese año, se nota un periodo en el que los valores presentan altas y bajas pero con una cierta tendencia a disminuir hasta el año de 1970 en donde hay un nuevo aumento hasta 1973, a partir del cual se nota una franca disminución de los valores hasta finalizar el periodo de observación.

La siguiente gráfica (Gráfica 89), corresponde a la estación Km 6. + 250 Gran Canal, en donde se observa que los valores disminuyen

GRAFICA 87  
 AZCAPOTZALCO  
 EVAPORACION ANUAL EN mm



GRAFICA 88  
 IZTAPALAPA  
 EVAPORACION ANUAL EN mm



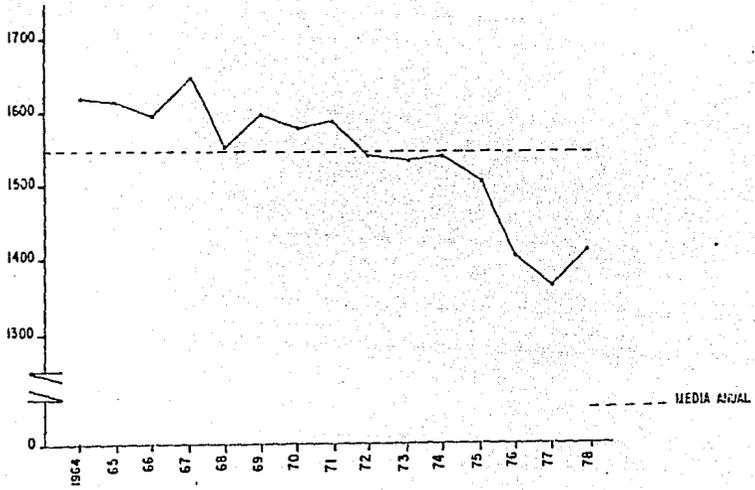
a lo largo de todo el periodo. Esta disminución no es en forma uniforme sino que se aprecia una serie de altas y bajas, como el aumento que se produce en 1967, que es cuando se registra el valor más elevado; a partir de ahí se vuelven a presentar las altas y bajas. De 1971 hasta 1977, el descenso de los valores es más notorio; éste último año registra el valor más bajo y en el año de 1978, hay un aumento pequeño.

En Molino Blanco (Gráfica 90), al principio del periodo no se nota una cierta tendencia en el comportamiento de los valores a aumentar o disminuir ya que hasta el año de 1960 se presenta una serie de altas y bajas; a partir de ahí se nota un aumento que termina en el año de 1963 que es cuando se registra el valor más alto de esta serie y el resto del periodo muestra una disminución de los valores que no se realiza en forma constante, sino que presenta altas y bajas. El valor menor se obtiene en el año de 1953.

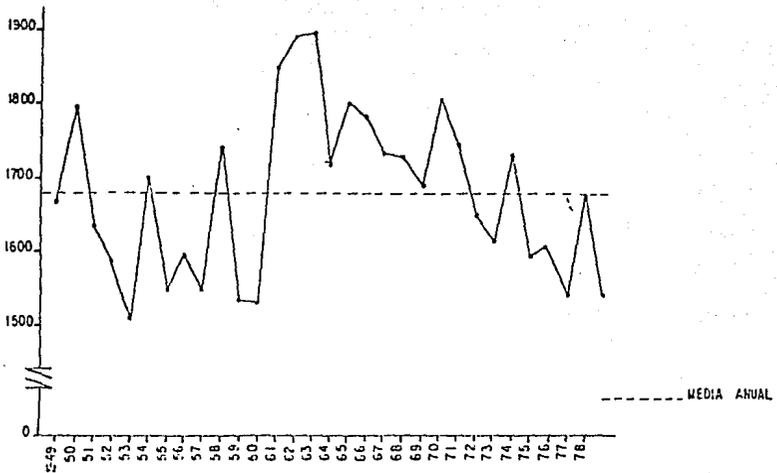
En la siguiente estación (Gráfica 91), Presa Guadalupe, se puede considerar también, que los valores disminuyen a todo lo largo del periodo de observación aunque esto a simple vista no es muy notorio por el hecho de que se presentan una serie de altas y bajas muy fuertes. Al inicio del periodo, es decir, en el año de 1950, se registra el valor más alto de la serie; posteriormente se producen las altas y bajas mencionadas y a partir de 1965 se presenta un aumento de los valores que se prolonga hasta el año de 1969, a partir del cual hay un descenso muy marcado hasta 1970 que registra el valor más bajo y posteriormente hay un aumento no muy fuerte seguido de una disminución, con lo que finaliza el periodo.

En las gráficas anteriores se observa que sólo en dos de los casos se puede hablar de alguna tendencia, éstos corresponden a Km 6 + 250 Gran Canal y Presa Guadalupe, en ambos casos la tendencia que presentan es a disminuir, aunque no está bien definida por la

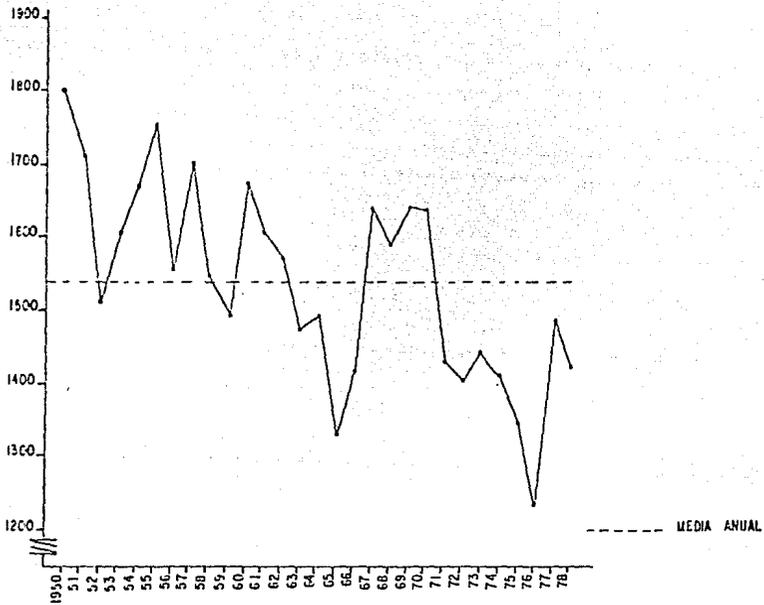
GRAFICA 89  
 Km. 6+250 GRAN CANAL  
 EVAPORACION ANUAL EN mm.



GRAFICA 90  
 MOLINO BLANCO  
 EVAPORACION ANUAL EN mm.



GRÁFICA 91  
PRESA GUADALUPE  
EVAPORACION ANUAL EN mm.

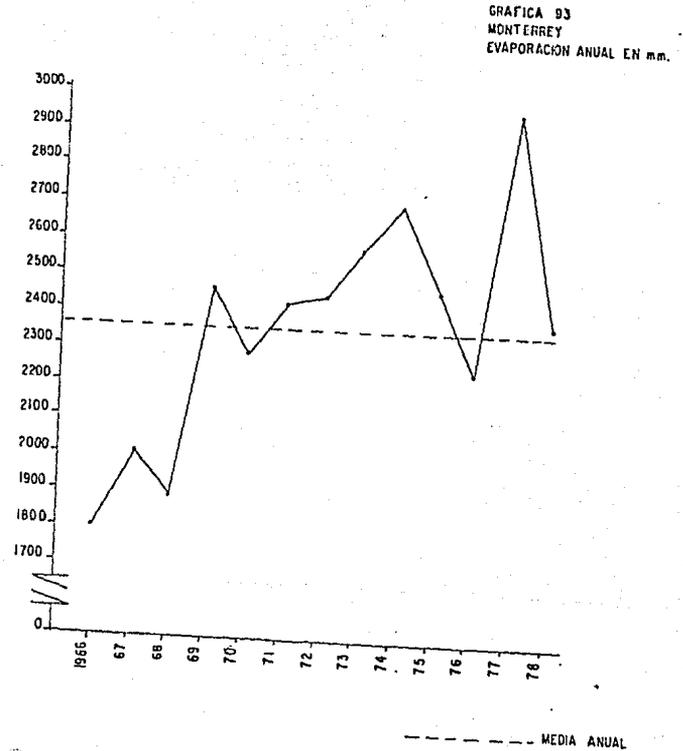
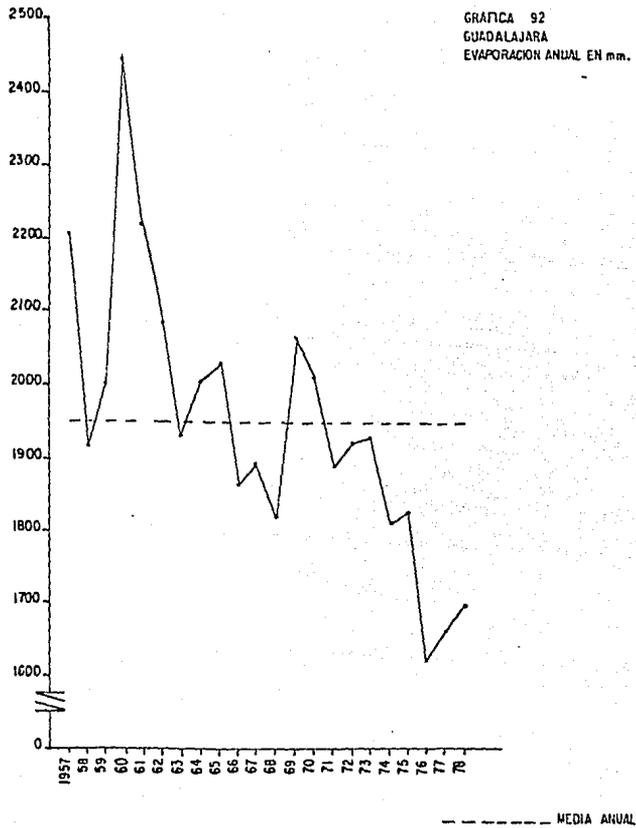


presencia de altas y bajas. En el resto de las estaciones no existe algo definitivo, aunque la estación Molino Blanco presenta al final del periodo una tendencia a disminuir:

De las cuatro estaciones donde se puede hacer la división por periodos, se nota que en el segundo los valores son más bajos con respecto al primero, con excepción de Molino Blanco, en donde a pesar de haber una cierta tendencia a disminuir, se nota que los valores son más altos con respecto al primero; esto puede ser un índice de que la humedad relativa se incrementa, por lo que la evaporación disminuye.

Guadalajara (Gráfica 92), es la única estación de las analizadas que registra evaporación en la ciudad del mismo nombre. En la gráfica se puede apreciar que los valores presentan una tendencia a disminuir, pero la disminución no es constante durante todo el periodo de observación, sino que los valores muestran una serie de disminuciones y aumentos de la siguiente forma: los dos primeros años de observación son de disminución, seguido de un aumento hasta el año de 1960, que registra el valor más elevado, posteriormente hay dos aumentos con una disminución intermedia. A partir de este segundo aumento, los valores empiezan a disminuir, aquí se nota que la disminución es más constante y alcanza el valor menor en el año de 1976.

La siguiente gráfica (Gráfica 93), corresponde a la estación Monterrey, en donde se observa que el comportamiento de los valores es con tendencia a aumentar; como en los casos anteriores, estos aumentos no son paulatinos, sino que presentan una serie de altas y bajas. El año de 1956, que es cuando se inicia el periodo, registra el valor más bajo, a partir de ahí se presenta el aumento con sus altas y bajas, hasta que el año de 1977 se obtiene el valor más alto. El último año del periodo considerado presenta una disminución, pero ésta no es muy fuerte, no rebasa el valor medio.

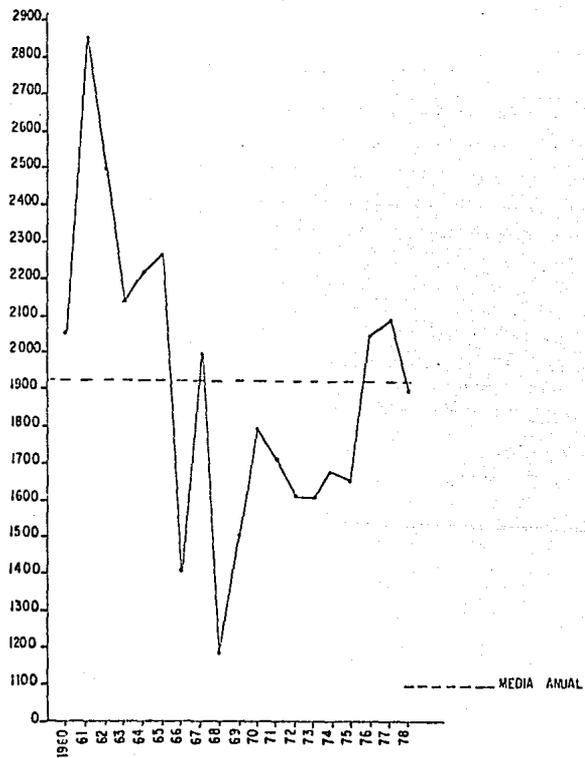


La estación Santa Catarina (Gráfica 94), presenta una cierta variabilidad en el comportamiento de los valores; en los dos primeros años de observación se nota un aumento y es en el segundo año, 1961, cuando se registra el valor más elevado, posteriormente se tiene una disminución no constante, porque presenta una serie de altas y bajas hasta el año de 1968 que registra el valor más bajo de la serie; a partir de él, se nota un nuevo aumento de los valores no muy fuerte pero sí notorio con una serie de altas y bajas hasta el año de 1977. El último año del periodo, 1978, presenta una pequeña disminución.

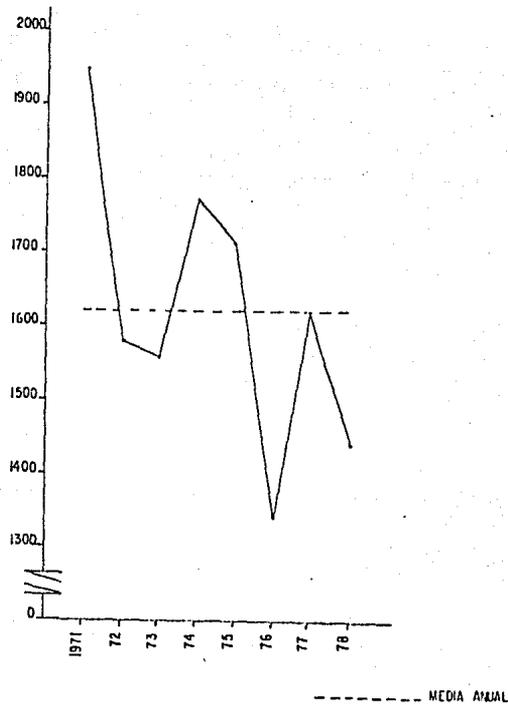
La gráfica (Gráfica 95), corresponde a la estación Topo Chico en la que la evaporación muestra un comportamiento tendiente a disminuir, pero tampoco es en forma uniforme sino que presenta una serie de altas y bajas; los aumentos no son muy fuertes en ninguno de los casos. Al inicio del periodo, 1971, se registra el valor más alto; a partir de ahí se registra la disminución hasta el año de 1976, en que se tiene el valor más bajo, los dos últimos años presentan un aumento y una disminución respectivamente.

Al analizar estas estaciones se observa que las tres se comportan de distinta manera. Monterrey y Topo Chico presentan una cierta tendencia, no muy clara, a aumentar en Monterrey y en Topo Chico a disminuir. La estación Santa Catarina presenta a todo lo largo del periodo alternancia de aumentos y disminuciones.

GRAFICA 94  
 SANTA CATARINA  
 EVAPORACION ANUAL EN mm



GRAFICA 95  
 TOPO CHICO  
 EVAPORACION ANUAL EN mm



### III CLIMA

Al inicio del trabajo se definió lo que es el clima y los elementos que lo constituyen; al experimentar una variación dichos elementos, el clima también tiende a cambiar. En este capítulo se pretenden analizar los tipos de climas obtenidos en las estaciones consideradas a través del sistema de clasificación climática de Köppen, por ser el sistema que conjuga, a través de fórmulas, los dos elementos que son de registro más común en las estaciones meteorológicas: precipitación y temperatura.

Como en la primera parte de este estudio, para hacer el análisis de manera más objetiva, se dividió al periodo de observación en las partes ya conocidas: la primera del inicio de las observaciones hasta el año de 1960 y la segunda de 1961 a 1978.

Los climas del periodo anterior a 1960 se tomaron de García<sup>16</sup> sólo se calcularon los climas del periodo posterior. A manera de cuadro se presentan los climas resultantes para poder hacer así una comparación.

CUADRO XX  
TIPOS DE CLIMA

ESTACIONES	ANTES DE 1960	DESPUES DE 1960
CIUDAD DE MEXICO		
Azcapotzalco	Cwb Temperatura media 15.7 Precipitación media 720.1	Cwbg Temperatura media 17.2 Precipitación media 789.2

16. García, E. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen, Instituto de Geografía, UNAM, 1973.

ESTACIONES	ANTES DE 1960	DESPUES DE 1960
Colonia Agrícola Oriental	-	BSkwg Temperatura media 17.2 Precipitación media 581.4
Desviación Alta al Pedregal	Cwbg Temperatura media 15.4 Precipitación media 940.4	Cwbg Temperatura media 15.0 Precipitación media 1005.2
Iztapalapa	Cwb Temperatura media 16.4 Precipitación media 640.0	Cwbg Temperatura media 17.1 Precipitación media 630.0
Km 6 + 250 Gran Canal	BSkwg Temperatura media 16.6 Precipitación media 540.5	BSkwg Temperatura media 16.7 Precipitación media 599.2
Molino Blanco	Cwb Temperatura media 15.4 Precipitación media 659.3	Cwbg Temperatura media 16.0 Precipitación media 808.9
Presa Guadalupe	Cwbg Temperatura media 15.8 Precipitación media 712.6	Cwbg Temperatura media 16.3 Precipitación media 726.8
Tacuba	-	Cwbg Temperatura media 17.7 Precipitación media 759.0
Tacubaya	Cwbg Temperatura media 15.1 Precipitación media 720.8	Cwbg Temperatura media 15.8 Precipitación media 858.0
CIUDAD DE GUADALAJARA		
Guadalajara	Cwag Temperatura media 19.1 Precipitación media 902.3	Cwag Temperatura media 20.0 Precipitación media 1020.6
Tlaquepaque	Cwag Temperatura media 19.1 Precipitación media 883.4	Cwag Temperatura media 21.9 Precipitación media 914.2
Zapopan	Awg Temperatura media 22.9 Precipitación media 885.6	Cwag Temperatura media 20.7 Precipitación media 876.6

ESTACIONES	ANTES DE 1960	DESPUES DE 1960
CIUDAD DE MONTERREY		
Apodaca	-	BShw'g' Temperatura media 21.8 Precipitación media 578.5
Monterrey	BShw Temperatura media 22.1 Precipitación media 634.1	BShw'g' Temperatura media 21.9 Precipitación media 668.3
Santa Catarina	BShw Temperatura media 19.2 Precipitación media 376.0	BShw'g' Temperatura media 21.1 Precipitación media 430.4
Topo Chico	BShw Temperatura media 20.0 Precipitación media 446.3	BShw'g' Temperatura media 22.6 Precipitación media 554.2

La Ciudad de México conserva el mismo clima para los dos periodos, aunque en el periodo posterior a 1960 se agregó el símbolo g que indica que el valor más elevado de temperatura media mensual se presenta antes del solsticio de verano, es decir, antes del mes de junio.

Existen dos estaciones donde no se puede establecer una comparación por no existir información al respecto en el periodo anterior a 1960, estas son: Colonia Agrícola Oriental y Tacuba; la primera de ellas presenta un clima seco estepario frío con régimen de lluvias de verano, la temperatura anual es de 17.2°C y la precipitación media anual es de 581.4 mm. Esta estación, que se encuentra en la parte suroriental de la ciudad tiene el mismo tipo de clima de otra estación que se encuentra en la parte nororiental de la misma, Km 6 + 250 Gran Canal y los valores medios anuales tanto de temperatura como de precipitación son algo parecidos, el primero es de 16.7°C y el segundo de 599.2 mm.

El resto de las estaciones consideradas presentan clima templado propiamente dicho, con lluvias en verano (Cwb). Lo que es noto-

rio es la diferencia existente entre los valores medios anuales de los dos periodos en cuestión ya que en la mayoría de los casos hay aumento en el segundo, es decir, después de 1960; hay que considerar que todas las estaciones se encuentran ubicadas en el área urbana, por lo que la influencia de las características propias de un urbanismo no planeado es muy marcada en cuanto al aumento de los valores medios anuales. Existen en este sentido una serie de excepciones, como el caso de Desviación Alta al Pedregal, donde hay una ligera disminución en cuanto al valor de temperatura. Otro caso es la estación Iztapalapa, que se ubica al sureste y que presenta una disminución muy pequeña en cuanto al valor de precipitación.

En la Ciudad de Guadalajara, de las tres estaciones consideradas, dos no presentan cambios, éstas son Guadalajara y Tlaquepaque que en ambos periodos presentan un clima templado subtropical con régimen de lluvia en verano y en donde el valor de temperatura media mensual más elevado se presenta antes del solsticio de verano (Cwag). En ambas estaciones los valores de temperatura y precipitación son más elevados para el periodo posterior a 1960, por las razones expresadas anteriormente. La tercera estación considerada en esta ciudad, Zapopan, presenta un cambio en el tipo de clima. En el periodo anterior a 1960 nota un clima tropical con régimen de lluvias de verano y la temperatura media mensual más elevada antes del solsticio de verano (Awg). El periodo posterior a 1960 presenta otro tipo de clima que es igual al de las dos estaciones anteriores, y en este caso se observa una disminución en los valores de temperatura y precipitación medias anuales.

En la Ciudad de Monterrey surgió el problema de que una de las estaciones consideradas en el estudio no presenta datos anteriores a 1960, por lo que no se puede establecer una comparación en cuanto a la variación del clima; esta estación es Apodaca que tiene clima se-

co estepario cálido, con régimen de lluvias en otoño con el valor máximo de temperatura media mensual después del solsticio de verano, es decir, posterior al mes de junio (BShw'g'), lo que resulta lógico si se considera que el lugar se encuentra en la zona extratropical, a diferencia de los otros dos que se ubican en la zona intertropical.

Las otras tres estaciones, Monterrey, Santa Catarina y Topo Chico presentan, para el periodo posterior a 1960, el mismo tipo de clima que el de la estación anteriormente mencionada, aunque con respecto al periodo anterior a 1960 experimentan una variación en cuanto al régimen de lluvias ya que antes de 1960 es de verano y en el periodo posterior es de otoño. Además se agregó el símbolo g', que indica que la temperatura más elevada se encuentra después del solsticio de verano.

Por lo que respecta a los valores medios anuales en el segundo periodo, en Monterrey la temperatura disminuye y la precipitación aumenta, en las estaciones Santa Catarina y Topo Chico aumentan ambos elementos.

#### IV. TENDENCIAS GENERALES

En el primer capítulo de este trabajo se realizó la descripción de una serie de gráficas donde se observa el comportamiento de los distintos elementos climáticos para un periodo de tiempo determinado. Esto, en muchos casos, no es un índice que pueda determinar o hacer nótoria la tendencia general que siguen dichos elementos.

Para representar de una manera objetiva y gráfica las tendencias de los elementos climáticos, se utilizó la línea de regresión. Para obtenerla se empleó el método de los mínimos cuadrados, que "permite calcular la recta de regresión dentro de una serie de puntos, determinados con los datos cuantitativos que proporciona la estadística correspondiente, obteniendo para todos ellos los valores en el sentido "y" de las ordenadas, cuya suma de cuadrados tiene un valor mínimo.

Obtenida la recta, es fácil la determinación de "a", ordenada en el origen - o valor tangencial - con lo que se establece la ecuación correspondiente:  $y = a + bx$ .<sup>17</sup>

El sistema de ecuaciones a partir del cual se obtiene la anterior, es el siguiente:

$$\sum y = an + \sum xb$$

$$\sum xy = ax + \sum x^2 b$$

El valor "x" representa el número de datos de la serie "que entran en juego y que por ser correlativos fluctúan entre 0 y n - primero y último valor"<sup>18</sup> Los valores de "y" representan las variables, es decir, los valores anuales de los distintos elementos.

17. Sáenz de la C., C., 1971, pp. 332-333

18. Ibid.

Después de obtener las distintas líneas de correlación de los elementos considerados para cada una de las estaciones, se elaboró una serie de mapas donde aparecen las gráficas resultantes. De cada uno de los elementos se obtuvieron tres mapas (uno por cada ciudad), y para seguir la secuencia anterior se analizarán en el orden del primer capítulo.

## PRECIPITACION

Antes de analizar los mapas referentes a la precipitación anual y precipitación máxima en 24 horas, hay que hacer una serie de consideraciones basadas en la información obtenida previamente.

Jáuregui<sup>19</sup>, considera que "una de las características meteorológicas locales inducidas por la presencia de la ciudad, es el aumento de lluvia que se registra en el área urbana en relación con las áreas rurales vecinas. Es el llamado efecto de la isla de lluvia". Esto indica que mientras más crezca la ciudad, la incidencia de precipitación será mayor cada vez por efecto de lo anterior, ya que se van absorbiendo áreas rurales. Por otra parte, "la circulación convergente que se origina por el contraste térmico ciudad/campo, es un factor que favorece o ayuda al desarrollo de tormentas sobre la ciudad."<sup>20</sup>

Otro factor importante en este sentido, es que "en la Ciudad de México, existe una correlación positiva entre la variación semanal de la temperatura máxima y la lluvia. En estas condiciones es evidente que el aumento de contaminantes del aire urbano a partir del lunes, no es el factor principal que favorece a los aguaceros urbanos. La explicación hay que buscarla en el mayor calentamiento de las superficies urbanas durante el fin de semana debido a un aire menos contaminado, los contrastes térmicos ciudad-campo se intensifican re-

19. Jáuregui, O. E., 1974, p. 138

20. Jáuregui, O. E., op. cit., p. 148

sultando en movimientos convectivos que favorecen el desarrollo de nubes de tormenta sobre la ciudad."<sup>21</sup> Esto significa que aunque la contaminación no es la causa principal del incremento de las precipitaciones, ejerce un papel importante en el aumento de la misma porque al disminuir, permite un mayor caldeoamiento con todas las consecuencias que esto tiene.

También se consideró que "los principales productores de contaminación del aire lo constituyen por una parte los vehículos de motor que circulan por la ciudad y arrojan por el escape gases y productos químicos, tales como el monóxido de carbono que forma más de la mitad de los contaminantes, el dióxido de azufre, hidrocarburos, varios óxidos de nitrógeno y pequeñas partículas de plomo."<sup>22</sup>

Por lo que respecta a las tendencias resultantes de precipitación, en la Ciudad de México (Mapa 8), se nota que la tendencia de los valores anuales de precipitación es a aumentar en todas las estaciones consideradas. Al tomar en cuenta la pendiente, representada por el valor de  $\lambda$ , se ve que la pendiente más fuerte es la de la estación Tacuba, que es la que se encuentra más al centro de la ciudad, esto resulta lógico si se toma en cuenta el fenómeno de "una convergencia de velocidad en la corriente localizada entre el centro del valle y las laderas del poniente. Esta convergencia se acentúa en el borde oriental de la ciudad por la reducción de la velocidad que sufre el aire en la capa de fricción como resultado de la mayor resistencia que ofrece la superficie urbana con sus construcciones. La convergencia del aire en el borde oriental de la ciudad se manifiesta en un desarrollo adicional de las formaciones de cúmulos potentes que, impulsados por la corriente de los alisios, llegan al perímetro orien-

21. Jáuregui, O. E., op. cit., pp. 149-150.

22. Jáuregui, O. E., 1971, p. 56.



te de la capital. Una vez que invaden los suburbios del oriente los cúmulos son reforzados todavía por la energía convectiva adicional originada por la "isla de calor" propia de la ciudad dando por resultado la formación de cúmulo nimbus que descargan su humedad sobre la zona centro-poniente del área urbana al caer la tarde... A medida que la línea de aguaceros avanza hacia el N o SW, las descargas eléctricas y la intensidad de la lluvia aumentan sobre el centro poniente o sur de la ciudad, alcanzando ahí su máxima intensidad."<sup>23</sup>

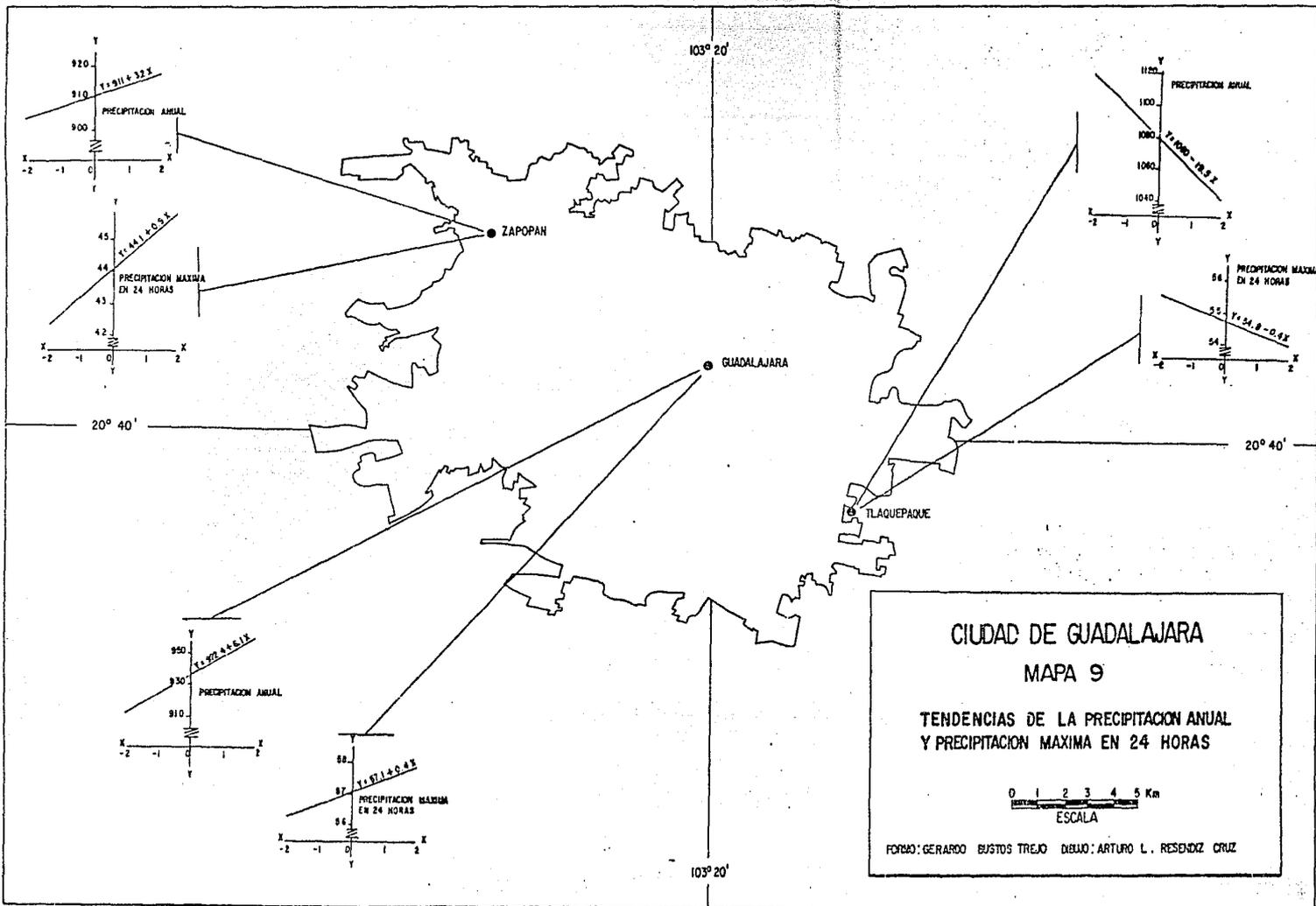
En general, el resto de las estaciones tiene también pendientes elevadas, excepto el caso de la estación Ixtapalapa en donde es inferior a la unidad, lo que confirma lo anterior.

En el caso de la precipitación máxima en 24 horas, en la mayoría de las estaciones la tendencia es a aumentar y sólo tres de los casos presentan una tendencia a disminuir. Estas disminuciones no son muy fuertes en las tres estaciones ya que las pendientes son menores a la unidad, lo que puede ser un indicio de que en observaciones de mayor número de años, los valores tiendan también a aumentar. De las estaciones que presentan tendencia a aumentar, la mayor pendiente corresponde en este caso a la estación Colonia Agrícola Oriental que se localiza, como su nombre lo indica, en la parte oriental de la ciudad y su aumento puede ser debido a condiciones muy locales, ya que las otras estaciones consideradas en la zona oriental tienden a disminuir, lo cual resulta lógico si se tiene en cuenta que debido al crecimiento urbano la descarga de humedad, como ya se vió en párrafos anteriores, se hace más notoria en la zona centro poniente.

En la Ciudad de Guadalajara (Mapa 9), de las estaciones consideradas dos presentan tendencia a aumentar en ambos parámetros; es-

---

23. Jáuregui, O. E., 1974, p. 141.



**CIUDAD DE GUADALAJARA**  
**MAPA 9**  
**TENDENCIAS DE LA PRECIPITACION ANUAL**  
**Y PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS**

**ESCALA**

FORMO: GERARDO BUSTOS TREJO DELLO: ARTURO L. RESENDOZ CRUZ

tas estaciones son Guadalajara y Zapopan. Es en la primera de ellas donde la pendiente de la precipitación anual es mayor, lo que reafirma lo expuesto anteriormente; en el caso de la precipitación máxima en 24 horas corresponde a Zapopan la mayor pendiente. La estación Tlaquepaque presenta, en ambos casos, tendencia a disminuir; hay que hacer notar que la disminución que se presenta en la precipitación anual es muy fuerte, ya que su pendiente es de casi veinte; en cambio, la pendiente negativa de la precipitación máxima en 24 horas es menor a la unidad. Esto podría indicar la importancia de los contrastes térmicos existentes entre la ciudad y el campo, pero también hay que tomar en cuenta la altitud y la escasez de información de esta estación.

Por lo que respecta a las tendencias de precipitación anual y precipitación máxima en 24 horas en la Ciudad de Monterrey (Mapa 10), se nota un cierto cambio en lo que se refiere a la disminución o aumento. Al no existir una estación en el extremo oriente de la ciudad, no se puede establecer una comparación como en los casos anteriores, pero se puede notar lo siguiente: para las cuatro estaciones consideradas, la precipitación anual tiende a aumentar y es en la estación Apodaca donde se registra la pendiente más fuerte y se encuentra fuera de la ciudad y aunque debe recibir influencia de la misma dada su cercanía, ésta no debe ser muy fuerte. Dentro del área construida de la ciudad, se encuentra la pendiente más fuerte en la estación Topo Chico que se localiza en la parte centro norte, seguida de la estación Monterrey que se encuentra en la parte central de la misma. Santa Catarina presenta la menor pendiente y se localiza en el extremo más occidental de la ciudad.

En cuanto a la precipitación máxima en 24 horas, dos de las estaciones presentan tendencia a aumentar, Apodaca y Monterrey; Santa Catarina y Topo Chico presentan tendencia a disminuir, lo que se



puede deber fundamentalmente a que se trabajó en estas dos estaciones con un número inferior de años por falta de datos intermedios.

## HUMEDAD RELATIVA

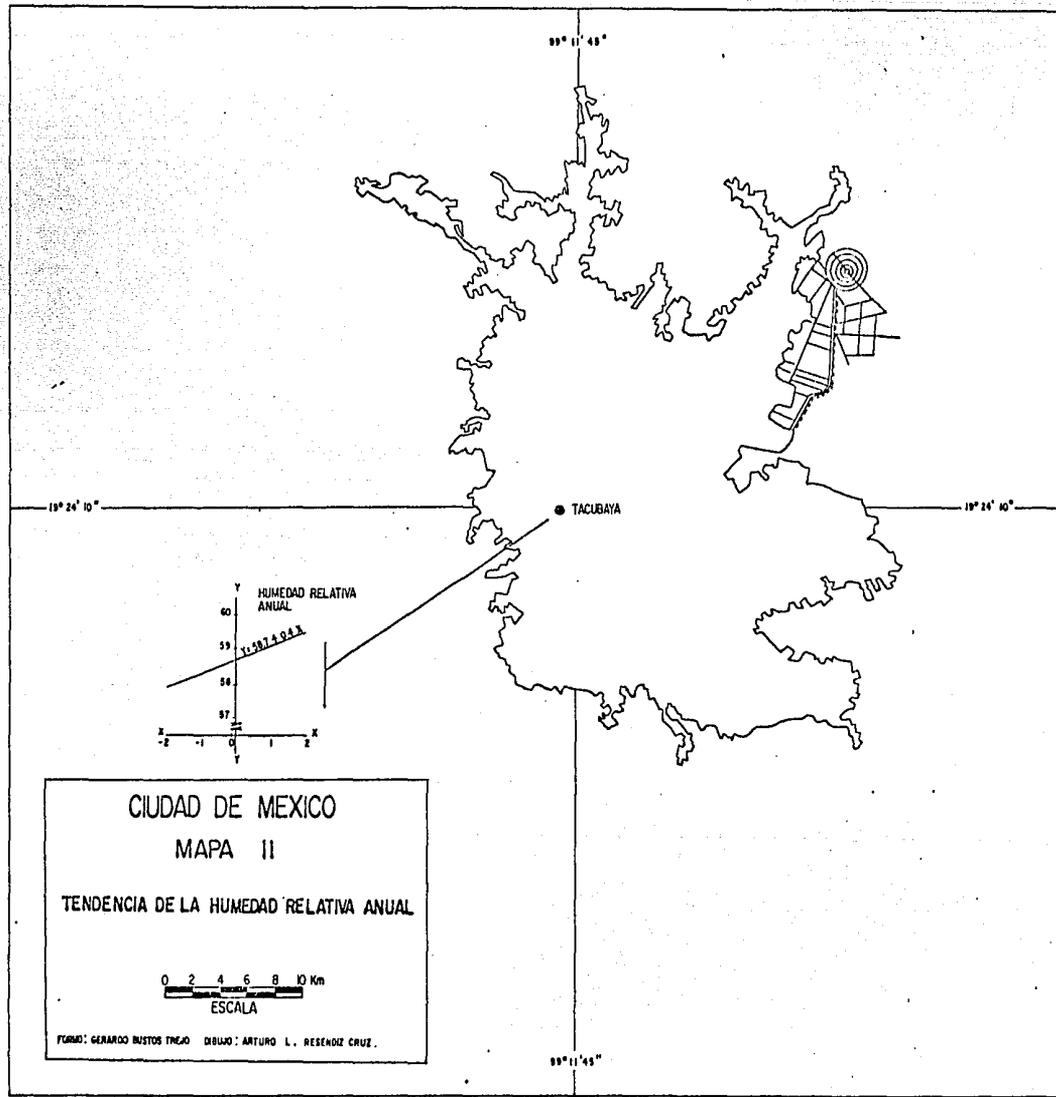
Para poder analizar la tendencia de la humedad relativa anual, hay que tomar en consideración que "las áreas urbanas son secas en relación con el campo, ya que existen pocas superficies de evaporación (excepto algunos parques y jardines) y además el agua de lluvia se desaloja rápidamente por el alcantarillado."<sup>24</sup> Esto indica que, a medida que se adentra en la ciudad, la humedad relativa disminuye.

En cuanto a la tendencia obtenida a través del tiempo, se nota que en la estación Tacubaya, ubicada en la Ciudad de México (Mapa 11), la humedad relativa sigue una línea ascendente pero con una pendiente suave, menor a la unidad, esto confirma el hecho de que al aumentar la precipitación, aumenta la humedad relativa y, como se vió en párrafos anteriores, la lluvia en la estación Tacubaya presenta una tendencia a aumentar, lo que está reflejado en la tendencia de la humedad relativa.

En Guadalajara (Mapa 12), la humedad relativa registrada en la estación del mismo nombre, presenta también tendencia a aumentar con una pendiente suave. Esta estación se encuentra en el centro de la ciudad y también muestra tendencia a un aumento en la precipitación por lo que, como consecuencia, se presenta la tendencia mencionada en humedad relativa.

En la estación Monterrey, ubicada en la Ciudad del mismo nombre (Mapa 13), la tendencia de la humedad relativa anual es a disminuir, esto se explica por el hecho de que se encuentra en una zona

24. Jáuregui, O. E., 1971, p. 54

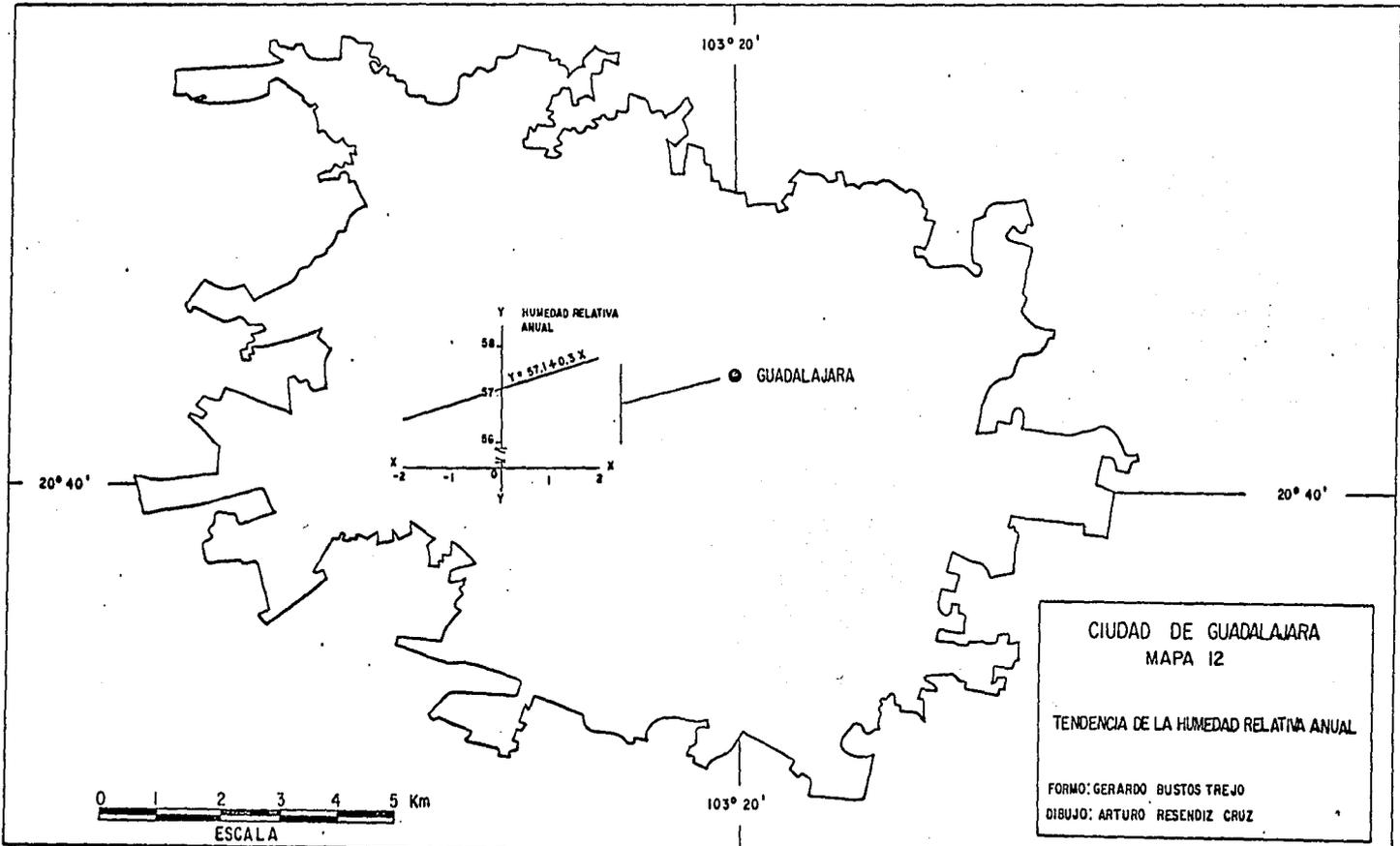


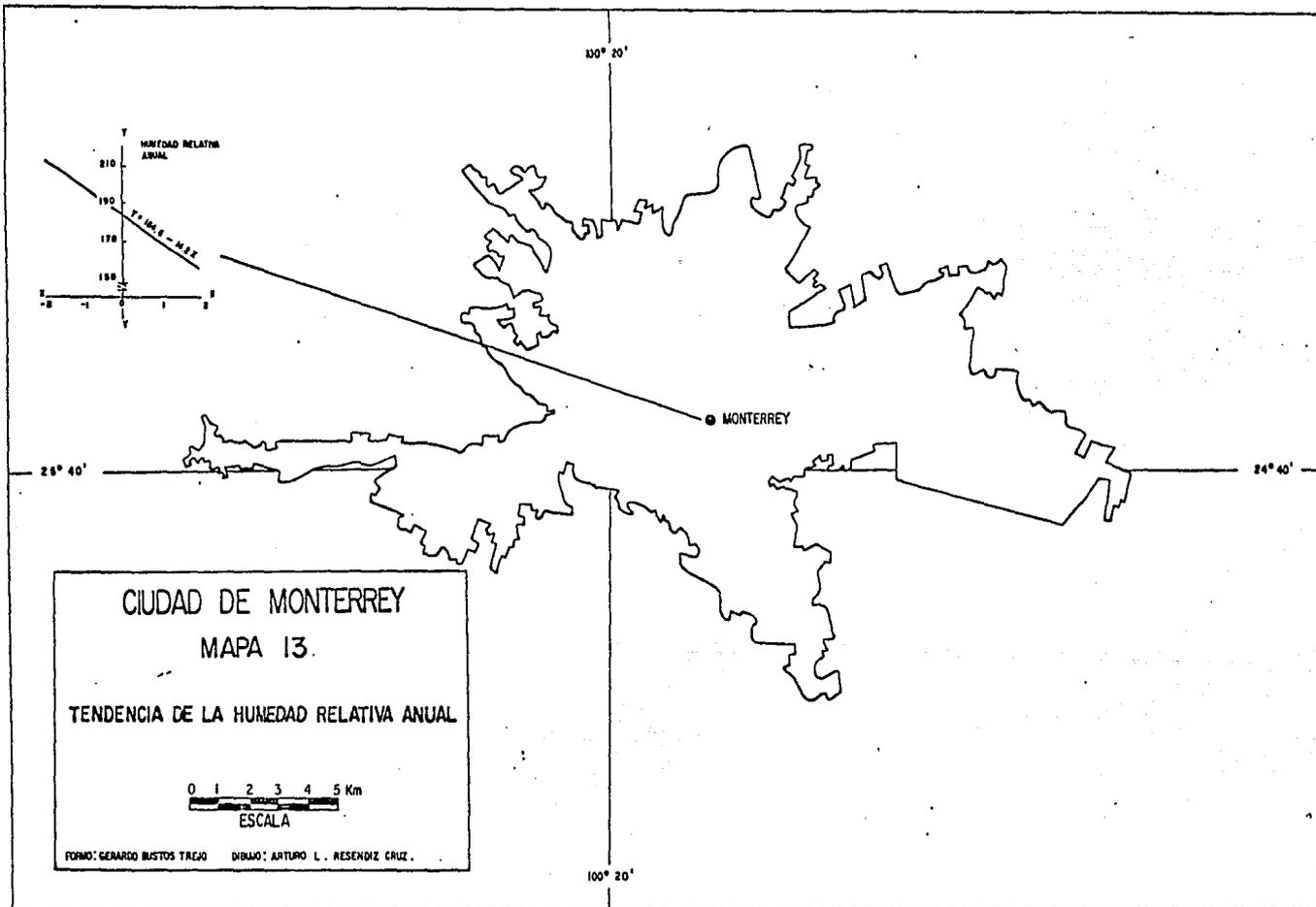
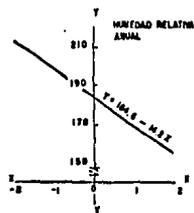
CIUDAD DE MEXICO  
MAPA II

TENDENCIA DE LA HUMEDAD RELATIVA ANUAL



FUENTE: GERARDO JUSTO TRUJILLO DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ.





seca en donde, a pesar de que las temperaturas media y mínima tienden a disminuir, la temperatura máxima tiende a aumentar, lo cual contribuye a acrecentar el poder evaporante de la atmósfera y a decrecer la importancia de la humedad que haya, aún a pesar de que la época cálida coincide con la de lluvias, pues éstas no son abundantes.

## TEMPERATURA

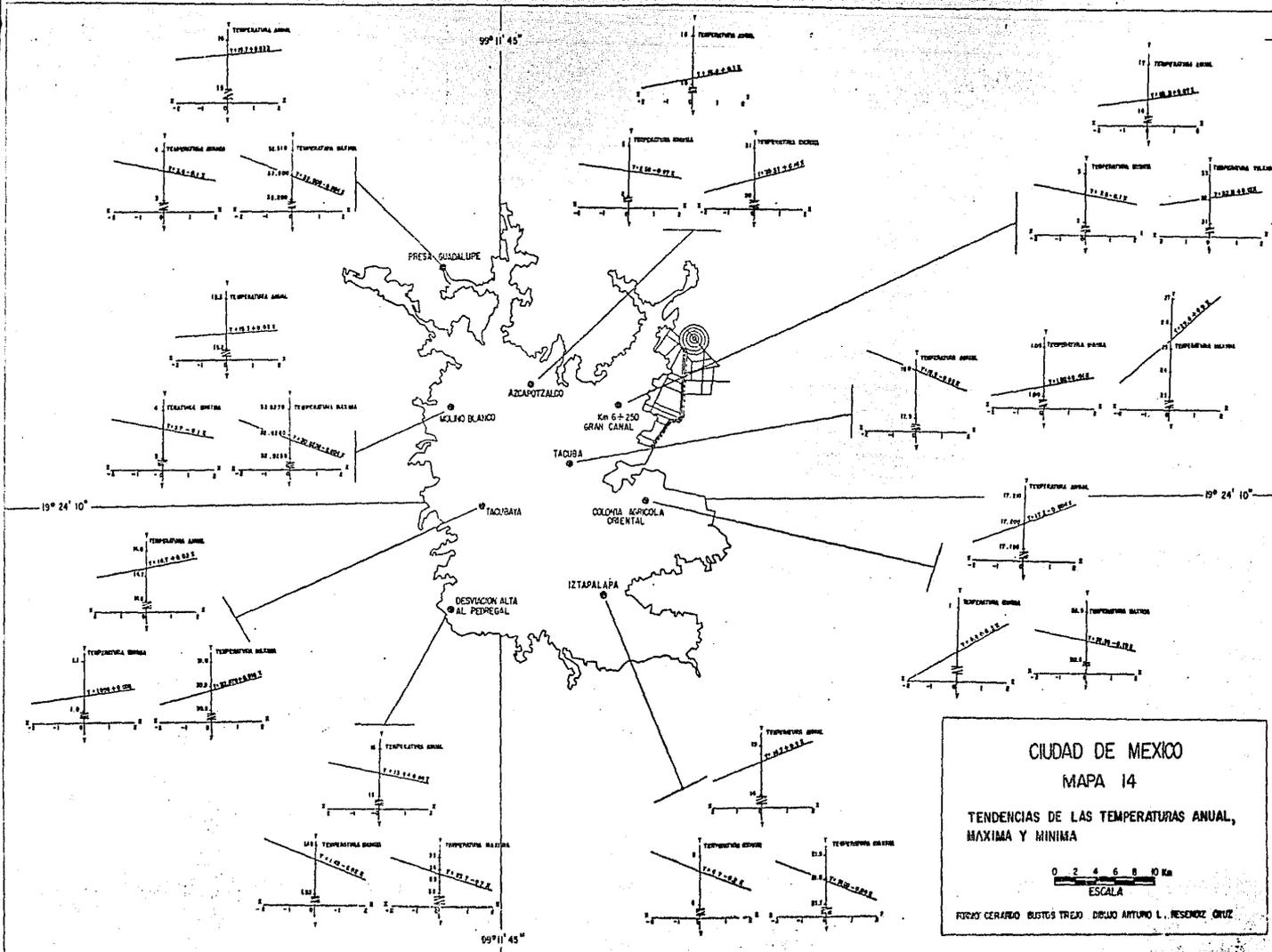
Para analizar la temperatura hay que considerar que "la razón básica de las diferencias térmicas en el clima urbano es la alteración de los balances de calor e hídrico. Esto se debe a la sustitución del suelo natural por superficies de pavimento, piedra, concreto, tabique o metal, por los cuales el agua de lluvia escurre rápidamente casi en su totalidad. Además, la ciudad tiene una cantidad creciente de calor debido a la industria, a los motores de combustión interna de vehículos y a la calefacción de edificios (en el caso de la Ciudad de México este último factor carece de importancia debido a lo benigno del clima invernal en la capital)".<sup>25</sup> Esto quiere decir que, a medida que crece la ciudad, la temperatura tenderá a presentar un cambio.

Por otra parte, "la modificación del equilibrio de radiación que origina la contaminación del aire urbano, es uno de los factores más importantes en la determinación del clima ciudadano."<sup>26</sup>

En la Ciudad de México (Mapa 14) se observa que casi todas las estaciones presentan una tendencia ascendente en cuanto a los valores de temperatura anual, sólo existen dos casos donde se presenta una tendencia descendente, Desviación Alta al Pedregal, que se encuentra en la parte suroccidental de la ciudad y Tacuba, que es la estación que se encuentra más al centro de la misma. En el caso de la pri-

25. Jáuregui, O. E., op. cit., p. 8

26. Ibid.



CIUDAD DE MEXICO  
MAPA 14

TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURAS ANUAL,  
MAXIMA Y MINIMA



FORJAY CERVARO BUSTOS TREJO DIBUJO ANTONIO L. RESENDIZ GONZ.

mera estación esto se debe al hecho de que se encuentra en una zona alta, donde las precipitaciones presentan una tendencia ascendente lo que hace que dicha zona sea más fría que el resto, al suceder esto la temperatura tenderá a descender.

El caso de Tacuba es distinto porque no se contó con una serie muy completa de datos, y probablemente éste sea el motivo de que la línea obtenida sea en forma descendente, aunque no hay que descartar la posibilidad de que esto se deba a que en esta estación se registró la pendiente más fuerte en cuanto a incremento de la precipitación y que influya en los valores de temperatura de la misma forma que en la estación anterior.

El resto de las estaciones presenta tendencias ascendentes en cuanto a este parámetro, pero en todos los casos con pendientes muy suaves que en ningún momento alcanzan la unidad. La pendiente más fuerte se encuentra en la estación Km 6 + 250 Gran Canal, localizada en la parte nororiental de la ciudad y es en esta zona (el oriente de la ciudad) donde se presentan fuertes contrastes térmicos y temperaturas elevadas.

Las temperaturas máximas extremas de las estaciones consideradas presentan, en la mayoría de los casos, una tendencia descendente aunque las pendientes no son muy fuertes; esto indica que los valores de temperatura máxima extrema han disminuido en el transcurso del tiempo, seguramente porque "una parte apreciable de la radiación solar es interceptada por la nube de impurezas"<sup>27</sup> que se produce sobre la ciudad.

En cambio, las estaciones Tacuba, Tacubaya, Km 6 + 250 Gran Canal y Azcapotzalco presentan líneas ascendentes con pendientes suaves. Se ha visto que en la zona periférica las temperaturas máximas

27. Jáuregui, O. E., op. cit., p. 30

son algo más elevadas que en el resto de la ciudad por haber menos smog que en el centro del área urbana.

En lo referente a las temperaturas mínimas, hay una variación en cuanto a las tendencias, ya que la mayoría de ellas son descendentes.

Estaciones como Colonia Agrícola Oriental, Tacuba y Tacubaya, presentan una línea ascendente, es decir, que la temperatura mínima aumenta con el paso del tiempo. La pendiente más fuerte la registra la estación Colonia Agrícola Oriental. El hecho de este incremento se debe fundamentalmente a que los materiales utilizados en construcción en algunos casos no son buenos conductores de calor y lo retienen.

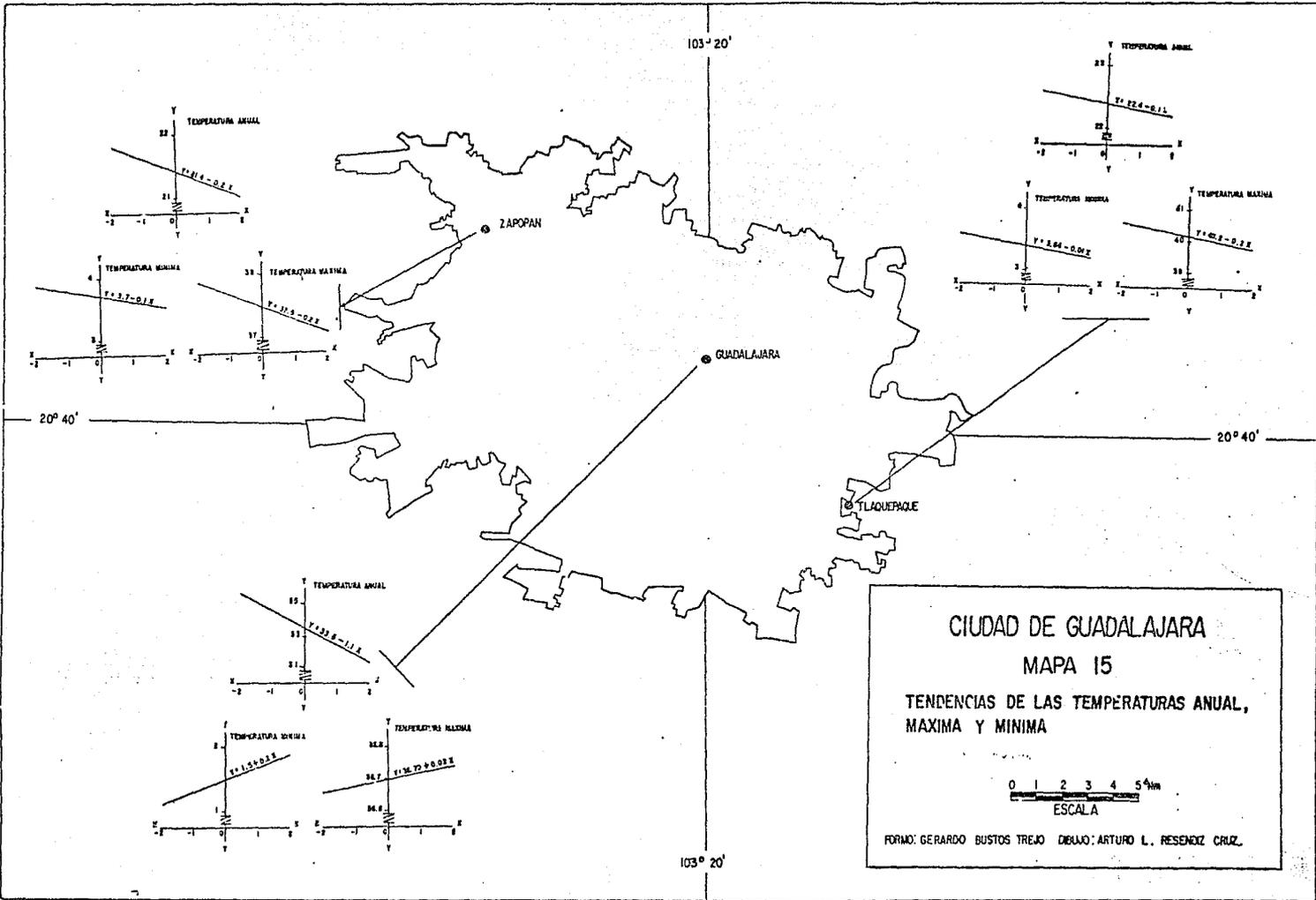
Por otra parte hay que considerar también que "las temperaturas mínimas dentro de la ciudad son comparativamente más elevadas que las de las áreas abiertas que la rodean"<sup>28</sup> y que "al aumentar la humedad durante la estación lluviosa, las pérdidas de calor por radiación nocturna se reducen, ya que el vapor de agua es opaco a la radiación de onda larga de la tierra."<sup>29</sup>

En la Ciudad de Guadalajara (Mapa 15), se nota que la temperatura anual en las tres estaciones consideradas tiende a disminuir; de manera muy marcada en la estación Guadalajara que presenta la pendiente más fuerte y se debe fundamentalmente a las razones expuestas al explicar este elemento anteriormente en la Ciudad de México.

Las estaciones Tlaquepaque y Zapopan presentan una tendencia descendente en cuanto a los valores de temperatura máxima, Guadalajara en cambio, presenta una línea ascendente, esto es indicati-

28. Jáuregui, O.E., op. cit., p. 16

29. Ibid.



CIUDAD DE GUADALAJARA  
 MAPA 15  
 TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURAS ANUAL,  
 MAXIMA Y MINIMA

0 1 2 3 4 5 km  
 ESCALA

FORMO: GERARDO BUSTOS TREJO DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ.

vo de que la influencia de las construcciones es un factor importante en lo que respecta al incremento de los valores de temperatura máxima. No así en el caso de las otras dos estaciones donde esta influencia no debe ser muy marcada, por encontrarse en las orillas de la ciudad.

En lo referente a la temperatura mínima, se observa que las estaciones Tlaquepaque y Zapopan presentan tendencias descendentes. En cambio, en la estación Guadalajara al centro de la ciudad, este parámetro presenta una tendencia ascendente, es decir, que sus valores aumentaron en el transcurso del tiempo. Hay que considerar que de las dos estaciones que presentan decremento, una se encuentra casi fuera de la ciudad, por lo que la influencia que ésta pueda tener no es muy fuerte.

En el mapa 16 que corresponde a la Ciudad de Monterrey, se observa que en dos de las estaciones la temperatura anual presenta tendencia a aumentar, estas son Topo Chico y Santa Catarina, la primera de ellas se ubica en la parte centro norte y la segunda en el extremo oeste. Las otras dos, Monterrey y Apodaca presentan líneas descendentes, la primera está ubicada en la parte central de la ciudad y la segunda queda fuera de ella, por lo que no recibe influencia directa o dominante de la misma.

La temperatura máxima presenta una línea ascendente en las estaciones de Monterrey y Santa Catarina y es esta última la que presenta la pendiente más fuerte; en ella el incremento probablemente se debe a que se encuentra prácticamente en la periferia de la ciudad y recibe poca influencia de la misma; en cambio, Monterrey recibe directamente esta influencia en el sentido de las construcciones y los elementos contaminantes.

En la estación Apodaca, en cambio, la línea resultante es



descendente, que comparativamente resulta lógico, si se toma en cuenta el trazado de la gráfica de los valores anuales.

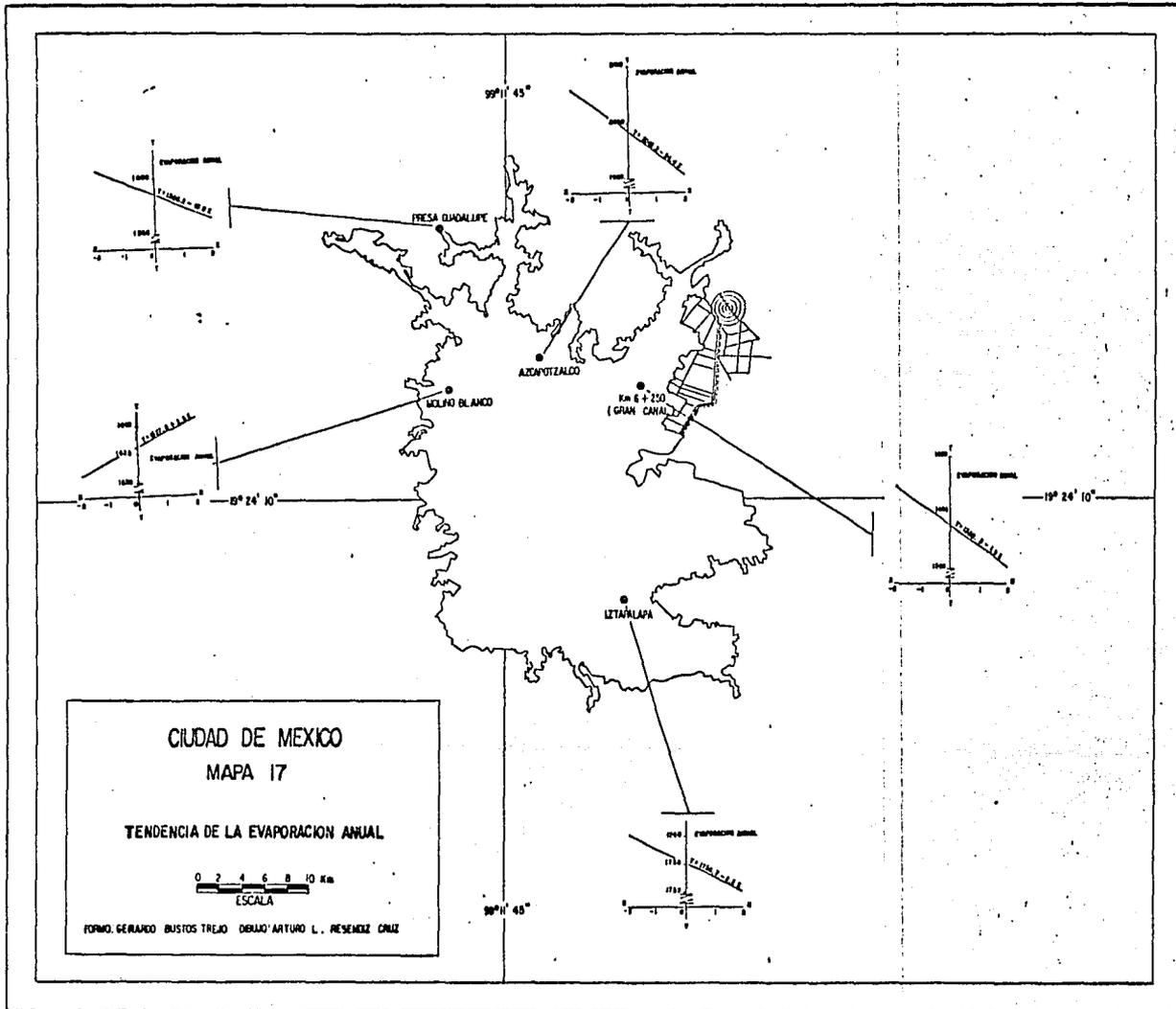
Por lo que se refiere a la temperatura mínima, dos de las estaciones, Apodaca y Santa Catarina presentan líneas ascendentes; en cambio Monterrey presenta una línea descendente. Hay que tomar en cuenta que esta es una zona de clima seco estepario, por lo que la oscilación térmica es muy fuerte y en el caso de Monterrey, esto está ayudado por la influencia que ejercen sobre ella las construcciones y en general la ciudad.

Cabe mencionar que en la estación Topo Chico no se calcularon las líneas de tendencia de temperatura máxima y mínima, por haber suspensión en parte de sus observaciones.

## EVAPORACION

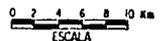
La evaporación, como ya se explicó, depende de la precipitación, por lo tanto de la humedad relativa y de la temperatura, ya que al haber mayor humedad y precipitación, la cantidad de vapor de agua que se necesita para que el aire se sature es menor, pero entre mayor sea la temperatura, mayor es el poder evaporante de la atmósfera.

En el caso de la Ciudad de México (Mapa 17), se nota que de las cinco estaciones que registran este elemento, cuatro de ellas presentan líneas de tendencia descendentes de ellas, la que presenta mayor pendiente es Azcapotzalco, que se localiza en la parte centro-norte de la ciudad, con un valor superior a veinte; en este sentido la estación que presenta la pendiente menos pronunciada es Km 6 + 250 Gran Canal, que se localiza en el noreste de la ciudad. En estas cuatro estaciones se pone de manifiesto la relación que existe entre la precipitación, la humedad relativa y la evaporación, ya que los dos



CIUDAD DE MEXICO  
MAPA 17

TENDENCIA DE LA EVAPORACION ANUAL



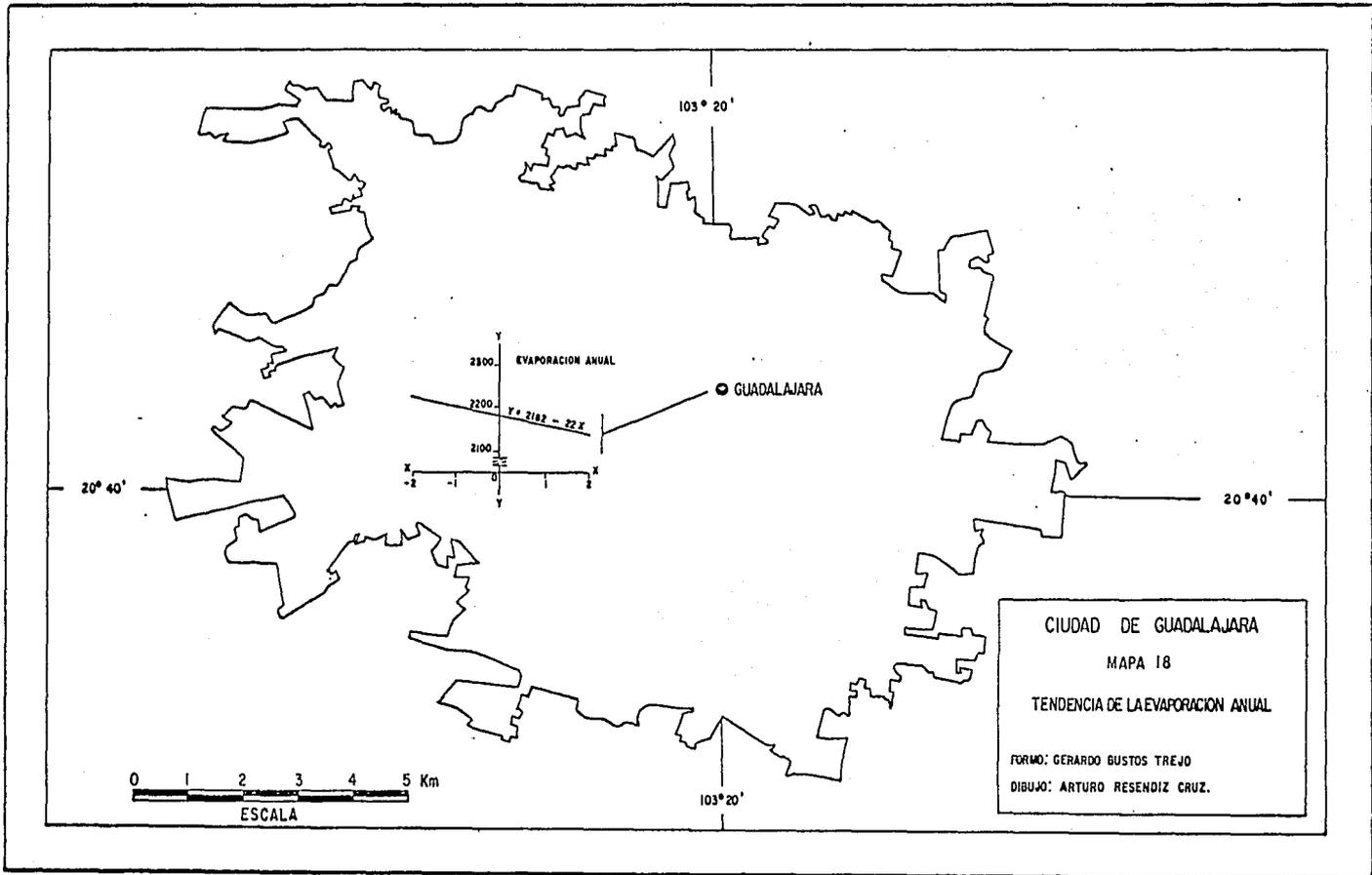
FORMO, GERARDO BUSTOS TREJO DELLO, ARTURO L. RESENDEZ CRUZ

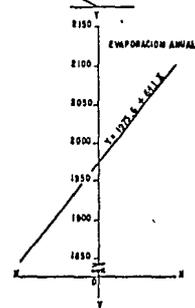
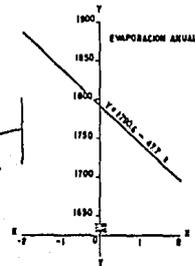
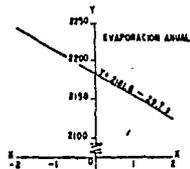
primeros registran una tendencia a aumentar, lo que significa que se necesitará menor cantidad de agua para que se sature el aire, por el hecho de existir mayor cantidad de humedad.

En este aspecto difiere la estación Molino Blanco, ya que presenta una línea de tendencia ascendente; esto no coincide con la precipitación que también aumenta, aunque resultaría lógico si se toma en cuenta que la temperatura anual presenta una tendencia ascendente, lo que permite gran vaporización y en consecuencia un aumento en la evaporación.

En la Ciudad de Guadalajara (Mapa 18) de las estaciones estudiadas sólo Guadalajara presenta datos de evaporación y su tendencia es descendente con una pendiente fuerte. En este caso también se nota que al incrementarse la precipitación, aumenta por ende la humedad relativa y la evaporación disminuye, por las razones expuestas anteriormente.

En la Ciudad de Monterrey (Mapa 19), se observa que de las estaciones que tienen registro de evaporación, dos presentan tendencias descendentes, Santa Catarina y Topo Chico, que se relacionan en forma inversa con la precipitación que sigue una línea ascendente; en la estación Monterrey, la tendencia de la evaporación es ascendente, como lo es también la línea de precipitación anual y se observó que la tendencia de la humedad relativa es a disminuir. Esto, como ya se explicó, se debe al hecho de que la cantidad de precipitación no es muy elevada, por lo que la humedad relativa no es muy fuerte. y por lo ya apuntado respecto a la temperatura, es necesario que haya mayor cantidad de vapor de agua para que el aire se sature.





CIUDAD DE MONTERREY  
 MAPA 19  
 TENDENCIA DE LA EVAPORACION ANUAL

0 1 2 3 4 5 Km  
 ESCALA

FOPMO: GERARDO BUSTOS TREJO DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ

100° 20'

TOPO CHICO

MONTERREY

SANTA CATARINA

25° 40'

25° 40'

100° 20'

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

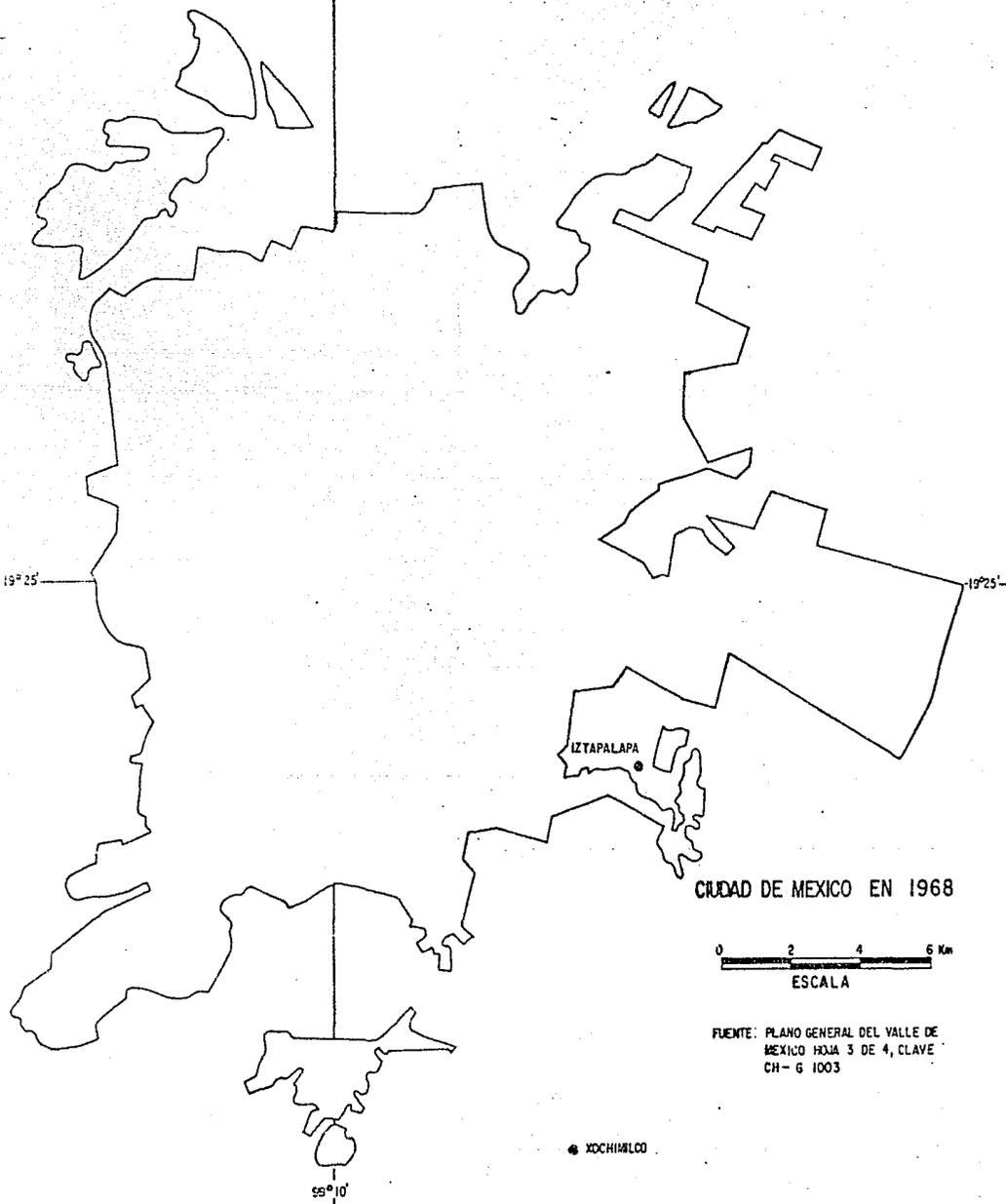
El hecho de que, por una parte las ciudades de México y Guadalajara, y por otra la ciudad de Monterrey se encuentren en zonas climáticas distintas, hace que las características climáticas sean más parecidas entre las dos primeras. Monterrey presenta características distintas por encontrarse en una zona seca, la precipitación es menor así como más extremosas las temperaturas, aunque por los resultados obtenidos, se puede afirmar que la influencia que ejercen las ciudades o, dicho de otra manera, las zonas urbanas en los elementos del clima y en éste mismo es inminente, puesto que en las tres ciudades estudiadas se notan en general cambios en los parámetros climáticos. Cabe aclarar que algunas estaciones no revelan estos cambios debido, con seguridad, a condiciones locales, a registros equivocados o a pocos años de observación.

Los aspectos más importantes del crecimiento de las zonas urbanas que afectan las condiciones ambientales a las que se hace referencia en este trabajo son, como ya se dijo, la extensión de la plancha de concreto y el incremento de vehículos y establecimientos industriales, mismos que se muestran en los mapas 20, 21 y 22 y en las gráficas 96 y 97. Si se relacionan los aspectos antes mencionados con las tendencias observadas en los parámetros analizados, se puede afirmar que de continuar un crecimiento de las ciudades sin la debida planeación, se tendrá como consecuencia un cambio más profundo de los elementos climáticos e inclusive del tipo de clima lo cual redundará, y de hecho ya sucede, en el malestar de los propios habitantes.

De lo que hasta aquí se percibe y concluye, es que es recomendable continuar este tipo de estudios para confirmar la influencia de que aquí se hace mención, así como frenar y planificar en la medi-

● PRESA GUADALUPE

99°10'



● IZTAPALAPA

CIUDAD DE MEXICO EN 1968

0 2 4 6 Km  
ESCALA

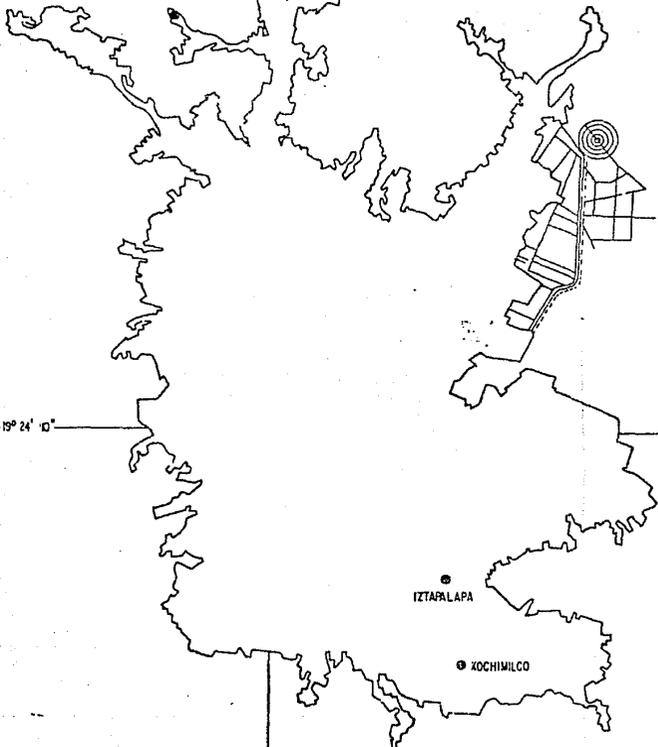
FUENTE: PLANO GENERAL DEL VALLE DE  
MEXICO HOJA 3 DE 4, CLAVE  
CH - G 1003

● XOCHIMILCO

99°10'

99° 11' 45"

PRESA GUADALUPE



19° 24' 10"

19° 24' 10"

IZTAPALAPA

XOCHIMILCO

CIUDAD DE MEXICO EN 1978

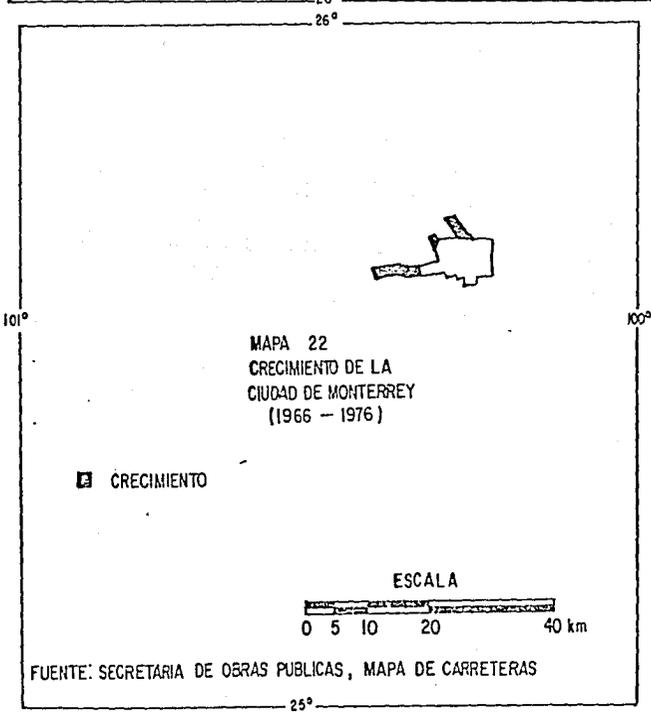
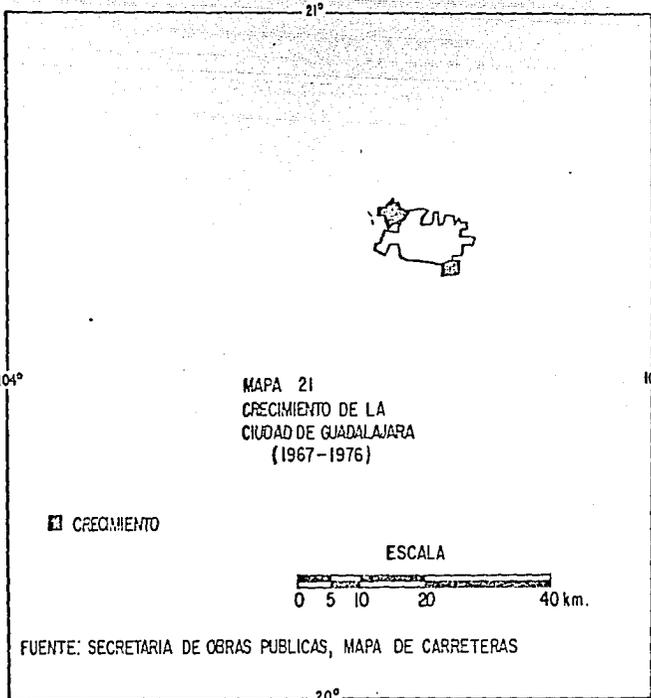


FUENTES : COMISION HIDROLOGICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO, SRA. MEMORIA DE LAS OBRAS DEL SISTEMA DE ORZAJE PROFUNDO DEL DISTRITO FEDERAL D.F.

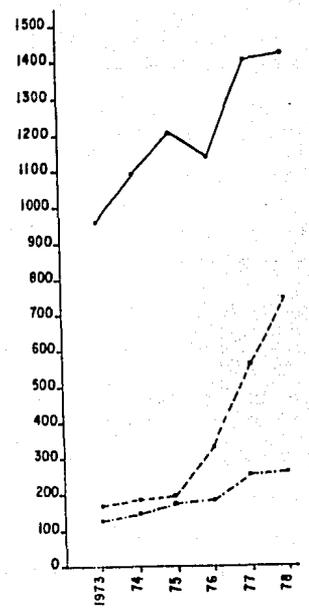
99° 11' 45"

CIUDAD DE MEXICO  
 MAPA 20  
 CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE MEXICO  
 (1968 a 1978)

FORMA: GERARDO BUSTOS TREJO  
 DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ.

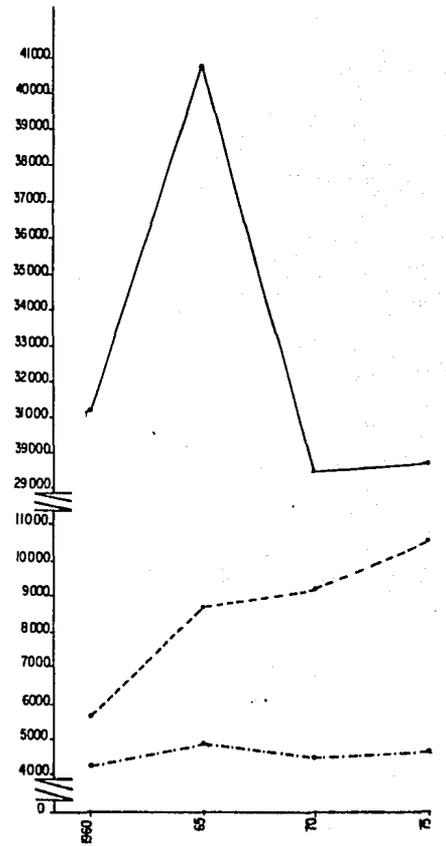


GRAFICA 96  
VEHICULOS DE MOTOR  
(MILES DE UNIDADES)



— DISTRITO FEDERAL  
- - - JALISCO  
- · - NUEVO LEON

GRAFICA 97  
ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES



— DISTRITO FEDERAL  
- - - JALISCO  
- · - NUEVO LEON

da que sea posible el crecimiento que presentan las ciudades para así evitar una serie de problemas ambientales y humanos.

## BIBLIOGRAFIA

1. García, E., Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Instituto de Geografía, UNAM, México, 1973.
2. Jáuregui, O. E., "La 'isla de lluvia' de la Ciudad de México" Revista de Recursos Hidráulicos, Vol. III, No. 2, México, 1974.
3. Jáuregui, O. E., Mesomicroclima de la Ciudad de México, Instituto de Geografía, UNAM, México, 1971.
4. Maderoy, R.L.E., Apuntes de Geografía de la atmósfera, México, 1979.
5. Olave, F. D., et al., "Tendencias climáticas en la Ciudad de México", Anuario de Geografía, UNAM, Año XVI, México, 1976.
6. Romoneras, G., Tratado de Hidrología Aplicada, Editores Técnicos Asociados, S. A., Barcelona, España, 1974.
7. Sáenz de la Calzada, C., "Método gráfico de elección en Geografía Médica con un ejemplo del Estado de Aguascalientes", Anuario de Geografía, UNAM, Año XI, 1971.
8. S.R.H., Atlas del agua de la República Mexicana, México, 1976.
9. Vivó, E. J., Geografía Física, Ed. Herrero, México, 1975.

## REFERENCIAS CARTOGRAFICAS

Comisión de Estudios del Territorio Nacional

Hojas: Guadalajara oeste F-13-D-05

Guadalajara este F-13-D-06

Hidalgo G-14-C-15

Apodaca G-14-C-16

Garza García G-14-C-25

Monterrey G-14-C-26

Escala 1: 50 000

Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México

Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal.

Departamento del Distrito Federal

Plano General del Valle de México. Hoja 3 de 4, Clave CH-G-1003

Secretaría de Obras Públicas. Mapa de Carreteras. Estados de Jalisco y Nuevo León. Escala 1: 800 000.

#### REFERENCIAS ESTADISTICAS

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. DGE. Departamento de Cálculo Hidrométrico y Climatológico. Estadísticas de Elementos Climáticos.

Secretaría de Industria y Comercio. Dirección General de Estadística. Anuarios Estadísticos de los Estados Unidos Mexicanos. 1973-1978. Estadísticas por Estados de los vehículos de motor.

Secretaría de Industria y Comercio. D.G.E. Censos Industriales 1960, 1965 y 1970. Estadísticas de Establecimientos Industriales.

Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General del Sistema Nacional de Información. Censo Industrial 1975. Estadísticas de Establecimientos Industriales.

Servicio Meteorológico Nacional. Departamento de Climatología. Estadística de Elementos Climáticos.