

# Capítulo 5. Las zonas climáticas de la Ciudad de México

*Por Ernesto Jáuregui Ostos<sup>1</sup>*

## Resumen

Se hace un intento para determinar los diversos climas dentro del área urbana de la capital. Las condiciones climáticas varían desde el semiárido y polvoso del sector NE de la ciudad al clima húmedo más benigno y menos extremo del sector sur.

## Summary

An attempt is made to determine the different climates within the capital of Mexico. Characteristics for five climatic areas are described. Climatic conditions range from semi-arid and smoggy in the Northeastern sector to humid in the South.

## 1. Introducción

El concepto tradicional de las clasificaciones de climas considera que existen áreas climáticas naturales en las que los elementos meteorológicos presentan características homogéneas propias del área, que tienen límites que pueden identificarse en términos de comunidades vegetales, grupos de suelos o comunidades geomórficas, y que pueden definirse por medio de datos climáticos numéricos.

Los diversos sistemas de clasificación tratan de organizar los datos climáticos por medio de un arreglo ordenado de categorías que van de lo muy general y vasto a unidades pequeñas que difieren entre sí solo en detalle.

En el ámbito del área cubierta por una ciudad, usualmente sólo se observan diferencias de grado entre las diversas áreas mesoclimáticas urbanas; aun cuando la ciudad tenga una extensión considerable, los rasgos generales del clima (macroclima) generalmente serán comunes a toda el área urbana.

Sólo en contadas excepciones podrá ocurrir que los contrastes termopluviométricos sean tan marcados que se puedan identificar dos provincias climáticas dentro del perímetro urbano. Tal es el caso de la Ciudad de México en la que se observan, además, varias unidades mesoclimáticas que se describirán en este trabajo.

## **2. El Macroclima**

Por la latitud a que se encuentra la ciudad de México (19°30'), su clima es esencialmente tropical, aunque el calor característico de los trópicos está atemperado por la elevada altura del Valle de México. El área en donde se localiza la Ciudad de México, al sur de la Altiplanicie Mexicana, se encuentra al oeste del anticiclón semipermanente del Atlántico Norte (Bermuda-Azores) cuyos desplazamientos estacionales determinan en gran medida el clima de la Ciudad de México y, en general, de casi todo el país.

Durante la época de seca, de mediados de mayo a mediados de octubre, sobre la región prevalece, en general, una circulación anticiclónica: en el invierno la corriente de chorro, del oeste, a 200 mb, se desplaza hacia el sur, pasando algo al norte de la Ciudad de México, por lo que en la troposfera alta, los vientos, sobre la capital, soplan del oeste o SW con fuerte intensidad. Es en esta época cuando descienden de Norteamérica las masas de aire polar que en ocasiones dan origen a fuertes descensos de temperatura en el Valle de México.

En plena época invernal el eje del área de alta presión localizada sobre los E.U. se desplaza hacia el sur (ver Hastenrath, 1967) lo que resulta en una intensificación del flujo del oeste sobre México. La subsidencia del aire, asociada a la circulación anticiclónica, origina en la Ciudad de México gran frecuencia de cielos despejados y de inversiones de temperatura, superficiales y en la altura. Las perturbaciones que en forma de vaguadas viajan en el seno de la corriente de vientos del oeste ocasionan variaciones en la presión, y el cambio correspondiente en la dirección del viento sobre el Valle de México. La intensificación del viento al paso de estas vaguadas origina la formación de tolvánicas, principalmente en la región vecina al antiguo Lago de Texcoco. En la segunda mitad de la estación seca el paso de estas mismas vaguadas en la corriente de vientos del

oeste produce las llamadas “tormentas secas” (Krumm, 1954) cuando la corriente retrocede un poco hacia el norte del país, al mismo tiempo que penetra en los niveles inferiores aire relativamente húmedo de la corriente de los alisios. El calentamiento convectivo originado por la fuerte insolación produce entonces, en la caldeada planicie del valle, aisladas nubes de desarrollo vertical que alcanzan su mayor altura por la tarde. Una vez que los cumulonimbos llegan a su etapa de madurez, las corrientes descendentes de aire frío, originadas por la caída de las gotas de lluvia, chocan contra el suelo seco de la planicie estableciéndose un microfrente frío (Elser, 1959). Como la base de estas nubes es relativamente alta (unos 3 000 m), debido a la escasa humedad gran parte de las gotas de lluvia se evaporan antes de llegar al suelo y la precipitación no alcanza a mojar el suelo de la planicie al este y al norte de la capital, pero el impacto de la corriente de aire frío contra el terreno levanta enormes cortinas de polvo que avanzan luego sobre la ciudad.

En plena época invernal, el paso de una vaguada elevada de la corriente de los vientos del oeste da lugar a las mayores fluctuaciones de temperatura que se observan en la Ciudad de México. La llegada de uno de estos frentes origina una discontinuidad bien marcada de la temperatura, debido a la advección de aire frío.

Según un estudio sobre el clima invernal de México, realizado por Hill (1969), que comprende 5 años de registro, el 75% de las ondas frías tuvo una duración de sólo 12 horas y durante este tiempo se registró el 96% de los descensos de temperatura asociados al frente frío. Esta disminución de la temperatura al paso de un frente frío fue, según este autor, de 3°C, por promedio, para la Ciudad de México.

De las invasiones de aire polar que en la estación fría tienen lugar en la planicie costera del Golfo, sólo una parte (un 20% según el estudio de Hill) son suficientemente profundas para afectar al Valle de México; este tipo de tiempo invernal, descrito por López (1921) y Domínguez (1940), está asociado, a veces, con una lluvia fina proveniente de nubes estratiformes, que puede persistir por varios días; pero lo más frecuente es que las masas de aire polar continental que penetran al Valle de México sean bastante secas, produciendo tiempo frío y ventoso en la capital, con escasas nubes. En la figura 1 se ilustra una situación típica de norte que produjo tolvaneras sobre la ciudad de México.

A partir del mes de abril la circulación de invierno comienza a cambiar. Como resultado del calentamiento del continente norteamericano se debilita el gradiente de presión meridional en los niveles medios de la troposfera, por lo que los vientos del oeste pierden intensidad sobre el Valle de México. Simultáneamente se observa, a fines de la época de seca, un desplazamiento, hacia el

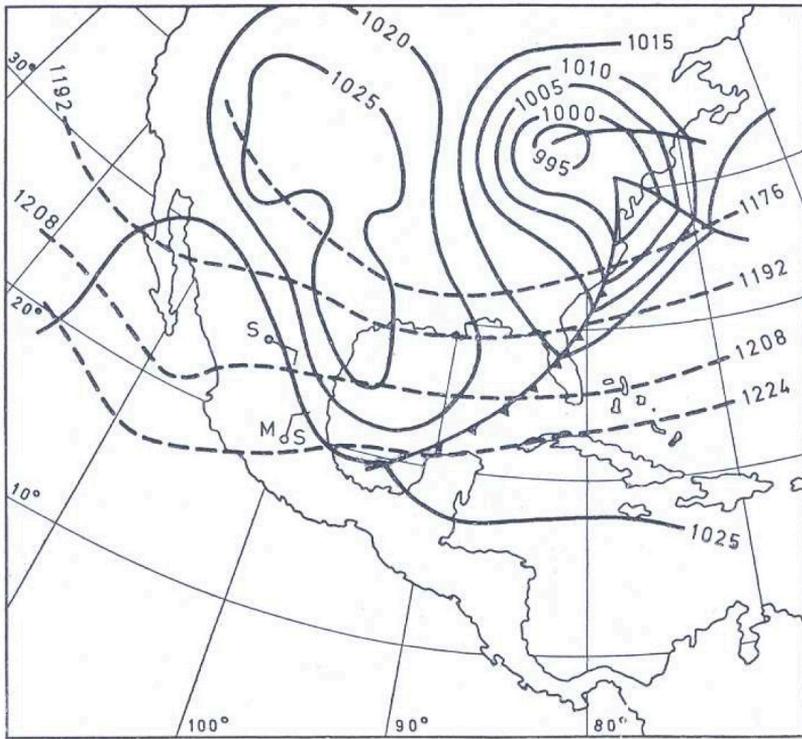


Figura 1. Situación típica de invasión de aire polar que ocasionó tolváneras en el Valle de México el 20 de marzo de 1971 a las 18:00 hrs.

norte, del anticiclón semipermanente del Atlántico Norte. En estas condiciones comienza a disminuir la influencia del flujo anticiclónico, y la corriente de los alisios a manifestarse.

Durante la estación de lluvia en la Ciudad de México prevalecen condiciones que contrastan con las de la época de seca. Al desplazarse hacia el norte y al oeste la celda anticiclónica Bermuda-Azores, los vientos invernales del oeste son remplazados por los vientos húmedos de los alisios, al mismo tiempo que disminuye el gradiente de presión meridional. La corriente de los alisios se profundiza en la región y llega hasta la alta troposfera; entonces prevalecen en México los movimientos ascendentes y convergentes hasta los 300 mb, compensados por flujo divergente en los niveles altos de la troposfera (Hastenrath, 1967). Es en este tiempo, cuando la zona intertropical de convergencia (ZIG) del Pacífico oriental, que se localiza al oeste de Centroamérica, se mueve hacia el norte en los meses

de mayo y junio, retrocede al Sur en julio y agosto, para volver hacia el norte en septiembre y parte de octubre. Esta marcha estacional de la zona intertropical de convergencia rige en cierta medida las variaciones que en la estación húmeda se observan en la precipitación registrada en la ciudad de México. Simultáneamente con el desplazamiento de la ZIC hacia el Sur, en los meses de julio y agosto, en la región se observa una tendencia del aire a subsidir, lo que resulta generalmente en una disminución de la lluvia en esos meses: es la llamada canícula, observada por Riehl (1954), Portig (1960), Hastenrath (1967) y Lauer (1970) en Centroamérica, o sequía intraestival (Mosiño y García, 1968) característica de una gran parte de México. En la Ciudad de México los años con un mínimo secundario de lluvia en agosto tuvieron, como se consigna en un trabajo anterior (Jáuregui, 1959), una frecuencia de una vez cada 4.5 años, pero la frecuencia relativa subió a una cada 1.9 años, al considerar todos los años con un mínimo intermedio en el periodo de lluvia.

### 3. El Mesoclima

#### *I. Zonificación por la precipitación*

Según el sistema de W. Köppen (1936) el clima de gran parte de la Ciudad de México es templado subhúmedo (Cw), sin embargo, debido al decrecimiento de las lluvias hacia el centro del valle, el clima en los suburbios del este de la capital (al norte de Ixtapalapa) tiene ya características semiáridas; es decir, entra en la categoría de clima seco BS, según la mencionada clasificación (Figura 2) que se basa tanto en la precipitación como en la temperatura. Esta área seca del oriente de la ciudad recibe un promedio menor de 600 mm anuales, que es el límite entre los climas Cw y BS cuando la temperatura media anual es de 16°C. En realidad, el límite entre los dos climas es, más bien, una franja de transición en la que en años lluviosos el borde este de la ciudad adquiere características de clima templado subhúmedo, Cw, mientras en años de lluvias escasas prevalecen los rasgos del clima seco BS, el menos seco de los BS según la clasificación de García (1970). Según esta primera clasificación climática, el área urbana de la capital participaría de tres climas en cuanto a la humedad ambiente, según se muestra en la Figura 3.

#### *a) Zona poniente-sur*

La zona de lomeríos del borde poniente y sur de la ciudad se caracteriza por precipitación abundante en la estación lluviosa: de 700 a 1 100 mm. En esta zona quedan comprendidas: Tlalnepantla, Azcapotzalco, Naucalpan, Satélite, Cha-

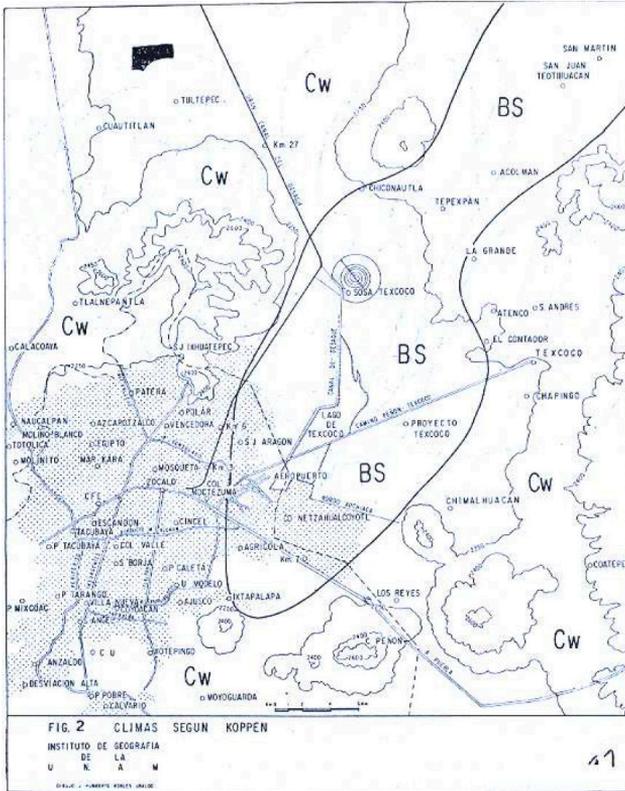


Figura 3. Zonificación según la precipitación anual.

pultepec, Tacubaya, Mixcoac, Villa Obregón, San Jerónimo, Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco.

**b) Zona norte-centro**

Es una zona de transición entre la seca del oriente y la húmeda del poniente y sur. Ahí la precipitación media anual varía de 600 a 700 mm. Comprende los sectores del Politécnico, Lindavista, Vallejo y el área central de la ciudad, entre Nonoalco y la avenida Río Churubusco.

**c) Zona nororiente**

Se caracteriza por precipitaciones menos abundantes que en las otras dos zonas. Aquí la lluvia anual fluctúa entre 400 y 600 mm; es decir, sólo menos de la mitad de la lluvia que recibe la zona del sur y poniente. Al mismo tiempo, las cantidades anuales de lluvia en esta zona tienen una variabilidad mayor debido a su menor cuantía.

Esto significa que en algunos años las precipitaciones en esta zona serán muy por arriba del valor medio, mientras que en otras se caracterizarán por cantidades muy por abajo de la normal. Dentro de esta zona quedan comprendidas la zona industrial de Santa Clara, Villa de Guadalupe, San Juan de Aragón, Peralvillo, el área entre el Zócalo y el borde norte de Ixtapalapa, así como Ciudad Netzahualcóyotl.

## *II. Zonificación por temperatura*

Dentro del área urbana se registran variaciones de temperatura inducidas por: a) la mayor capacidad térmica de los materiales de la ciudad (piedra, concreto, tabique, pavimento, etc.); b) la nube de impurezas que emite la capital (ver Jáuregui, 1971, 1973); c) las fuentes de calor del área urbana (vehículos y fábricas).

La mayor área de captación de la radiación solar de las construcciones urbanas respecto a las superficies rurales circundantes resulta en mayor temperatura del centro de la ciudad respecto a los suburbios. Al mismo tiempo, casi toda la energía solar absorbida por la superficie urbana se emplea en el alza de su temperatura, mientras que en las áreas rurales una parte considerable se utiliza en la evaporación que tiene lugar en la cubierta vegetal. La emisión de calor debida a los vehículos y a la actividad fabril incrementa los contrastes térmicos ciudad/campo. Finalmente, la capa de humo que se cierne sobre la ciudad intercepta y reirradia la radiación nocturna de la ciudad elevando las temperaturas mínimas y, en menor medida, durante el día reduce las temperaturas máximas al dispersar o absorber parte de la radiación solar incidente. En resumen, el efecto de la ciudad es, por una parte, una elevación térmica (el llamado efecto de isla de calor) y, por otra, una reducción de la amplitud térmica debido, principalmente, a una elevación de las temperaturas mínimas. La elevación de temperaturas mínimas ha sido tan marcada en el centro de la ciudad que en ella ya no se registran heladas, es decir, temperaturas inferiores a cero grados, en tanto que en la periferia rural tienen una frecuencia de 40 a 60 días al año.

## *III. Zonificación por contaminación del aire*

Las principales fuentes de contaminantes del aire urbano son en la Ciudad de México, como en cualquier ciudad grande, los vehículos de motor que en 1973 ascendían a cerca de un millón. Otras fuentes de humos y gases son las diversas áreas fabriles dispersas en la ciudad, pero principalmente localizadas en la mitad norte del área urbana (Tlalnepantla, Azcapotzalco, Naucalpan, Vallejo, Santa Clara, etc.). Desde luego, no todas las fábricas contaminan el aire, aunque en oca-

siones una sola instalación fabril basta para esparcir humos y gases en una amplia zona del área urbana, como es el caso de la refinería de Azcapotzalco, las fábricas de cemento y de papel en el poniente y sur de la ciudad, etc. Aun así, según investigaciones realizadas en algunas ciudades de Estados Unidos (Perloff, 1973), generalmente no son las industrias (excepto cuando se trate de una que prevalezca en toda la ciudad), sino los vehículos los que contribuyen en mayor medida a enturbiar el aire. Así, las áreas de aire más contaminado corresponden a aquellas con mayor tránsito de vehículos en la parte central de la ciudad. Los niveles más altos de  $SO_2$  se localizan en el centro y noroeste de la capital, en una línea que va del Zócalo a la refinería de Azcapotzalco (ver Jáuregui, 1971), según los resultados de las mediciones de la red de muestreo de la Secretaría de Salubridad.

La distribución del humo y polvo en suspensión en la capital es muy semejante a la observada para el  $SO_2$ .

En resumen, puede considerarse que el nivel de contaminación del aire en el centro del área urbana es 2 a 3 veces más alto que el observado en los suburbios.

Las tolvaneras. Otro factor importante en la contaminación, del aire en la ciudad de México son las tempestades de polvo que se abaten sobre el área urbana, principalmente en la época de seca, cuando la abundante insolación acelera la eva-

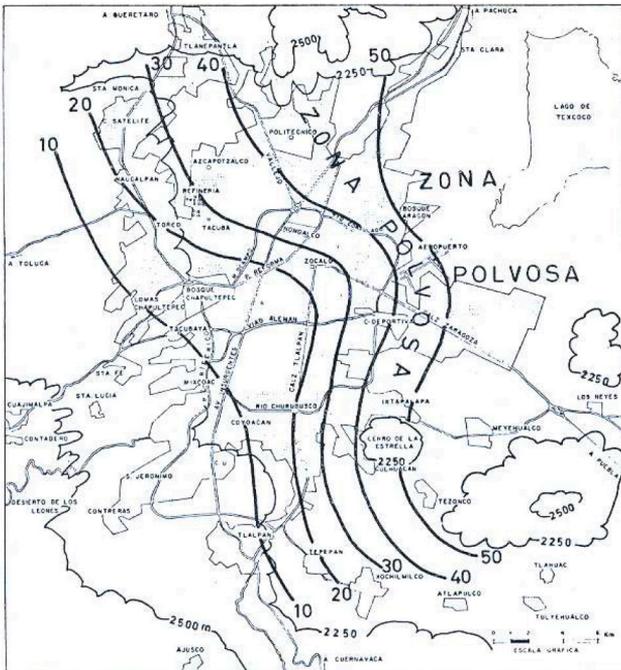


Figura 4. Distribución del polvo depositado por gravedad (ton/km<sup>2</sup>/mes) el mes de marzo. (construido con datos de Bravo y Báez, 1960.)

poración de la humedad de los suelos, sobre todo en la parte central de la planicie donde, como se vio, prevalece el clima seco BS (ver Jáuregui, 1960, 1971). Quedan, así, establecidas las condiciones propicias para que la acción erosiva de las vaguadas en la altura, y del viento de las tormentas secas levanten densas nubes de polvo que afectan principalmente al sector oriente y norte de la ciudad (Figura 4).

#### *IV. Zonificación por humedad del aire*

Las fuentes de humedad, como parques y jardines públicos, son escasas en la ciudad, en general, y las grandes áreas verdes como Chapultepec, San Juan de Aragón, Villa Olímpica, Magdalena Mixhuca, etc., se localizan fuera del centro del área urbana donde existe, asimismo, mayor densidad de casas con jardín y calles que, con frecuencia, también son más amplias que las del centro, con camellones y banquetas arbolados.

La densidad de áreas verdes de la Ciudad de México, dentro de las de su tamaño, es una de las más bajas del mundo.

Las principales áreas verdes en la capital y su periferia son las siguientes:

	Ha.
Chapultepec	438
San Juan de Aragón	309
Zoológico del Pedregal	137
Indios Verdes	132
	<hr/> 1 016
Áreas particulares	
Parques y jardines	1 241
Glorietas y camellones	
	<hr/> 2 257

(Fuente: C. Gómez y M. T. Calvillo).

Si se considera una población de 8 millones de habitantes para la ciudad de México, se obtiene una densidad de 2.8 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, cantidad muy inferior a las correspondientes a ciudades grandes como Nueva York, París, Londres, Moscú, en las que la densidad de áreas verdes es superior a 8 m<sup>2</sup>/habitante. La reforestación que el gobierno de la Ciudad de México lleva a cabo en algunas áreas perimetrales de la capital, tales como el cerro de La Estrella, el ex Lago de Texcoco, etc., contribuirá a elevar el número de metros cuadrados de área

verde por habitante en nuestra ciudad y, en consecuencia, a modificar favorablemente la humedad del aire urbano.

Tanto la relativa ausencia de fuentes de evaporación, como la existencia de la “isla de calor” en el núcleo central del área urbana, con temperaturas más elevadas, contribuyen a que en la región el aire sea más seco respecto al de los suburbios de la capital.

Durante la estación lluviosa los contrastes de humedad ciudad/campo son pequeños después que ha caído la lluvia por la tarde o durante la noche; pero el rápido escurrimiento del agua sobre azoteas y pavimentos reduce las horas de evaporación. En recorridos realizados por el autor, durante la estación de seca, se observaron aumentos de humedad relativa de 50% en el centro de la capital a 75% en los suburbios, en noches despejadas con aire casi en calma (Jáuregui, 1971).

### *V. Zonificación por ventilación*

La mayor densidad de construcciones elevadas y calles angostas en el centro de la ciudad son causa de una ventilación deficiente en esa zona respecto a los suburbios.

Al efecto de la reducción de la intensidad del viento en la capital, por su ubicación al abrigo de las montañas del valle, se agrega el debilitamiento adicional por la mayor rugosidad del tejido urbano en comparación con el campo abierto circundante. La tabla 1 muestra una reducción de la intensidad media del viento en el Observatorio de Tacubaya (que no se encuentra siquiera en el centro de la ciudad), en comparación con la intensidad observada en la estación Proyecto Texcoco situada a 12 km fuera del área urbana, al NE del aeropuerto internacional, en el centro de la planicie del valle más expuesta a los vientos.

Tabla 1. Intensidad media del viento (m/s) fuera (Proyecto Texcoco) y dentro (Tacubaya) del área urbana de la Ciudad de México (promedio de varios años).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P. Texcoco	2	2	4	3	3	2	2	2	2	2	1	2
Tacubaya	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3

La mayor temperatura en el centro de la ciudad actúa como un depósito de calor que induce un déficit de presión. Como resultado se produce un ligero flujo de aire de las áreas rurales hacia la ciudad, siempre que los gradientes regionales sean débiles. En esta forma se establece una circulación solenoidal semejante a

la brisa. Cuando los vientos regionales (a escala sinóptica) decrecen a menos de 3 m/s se establece este “viento rural” originado por la isla de calor, como ha sido observado por Emonds (1954) en Bonn. Berg (1943) señala que la brisa rural se establece cuando el gradiente barométrico ciudad/campo es de 0.07 mb. Por otra parte, Chandler (1965) también ha observado brisas rurales ligeras que varían hasta 2 m/s en noches con aire estable, en el otoño. Findlay y Hirt (1969) han encontrado que esta circulación urbana existe también al mediodía y que es suficientemente apreciable para ser registrada por la red de estaciones meteorológicas ordinarias.

La brisa rural en la Ciudad de México es más acentuada durante la estación seca, cuando la isla de calor es más marcada. En la capital el viento rural ha sido observado por el autor (Jáuregui, 1973), aun al mediodía, con velocidades de 2 a 3 m/2 registradas en anemómetros de tres estaciones periféricas: aeropuerto, Tacubaya y Ciudad Universitaria, cuando el gradiente barométrico regional era sumamente débil.

La ventilación del centro de la capital mejora notablemente cuando los vientos regionales se intensifican como resultado del paso de las vaguadas polares sobre el Valle de México.

Estas vaguadas tienen en los niveles altos de la troposfera (a 200 mb) una frecuencia que, sobre el Valle de México, en la estación seca, fluctúa de 20% a 33%, según puede apreciarse en la tabla 2 tomada del trabajo de Klaus (1972).

Tabla 2. Frecuencia mensual (en %) de la vaguada subtropical a 200 mb, cuyo eje se localiza al oeste de la Ciudad de México (tipo C, Klaus, 1972).

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
23	20	20	33	15	—	—	11	14	27	25	25

La intensificación del viento regional al paso de estas vaguadas por la ciudad, debilita o borra los contrastes térmicos (Jáuregui, 1973) y, consecuentemente, la brisa rural. La ventilación, entonces, llega a ser tan enérgica en el área central de la ciudad, que barre con todas las impurezas que flotan en el aire, al grado que la claridad y transparencia del aire capitalino mejoran notablemente mientras duran estos vientos moderados. Sin embargo, la rapidez de emisiones de contaminantes aéreos es tal, que bastan de 6 a 12 horas para que se enturbie nuevamente el aire al desaparecer el efecto de los vientos regionales de la vaguada polar.

#### 4. Las zonas climáticas

Hemos visto que dentro del área de unos 450 km<sup>2</sup> que ocupa la Ciudad de México, los diversos elementos del clima acusan variaciones a veces considerables respecto a las áreas rurales vecinas. Pero, al intentar delimitar dentro del área urbana regiones con características climáticas contrastantes se presenta la dificultad de localizar sus fronteras, ya que las variaciones de los elementos climáticos son usualmente graduales y, además, como lo señala Chandler (1965) al delimitar las regiones climáticas de Londres, las zonas de transición para los diversos elementos rara vez coinciden y la única frontera climática marcada es el límite de la ciudad.

La primera división que se ocurre hacer en la Ciudad de México es la del área urbana en dos regiones climáticas concéntricas: 1) región del centro de la ciudad, caracterizada por un clima de variaciones térmicas diurnas menos acentuadas, alto nivel de contaminación atmosférica, escasa ventilación de las calles y aire comparativamente seco; 2) zona de los suburbios, que rodea al centro de la

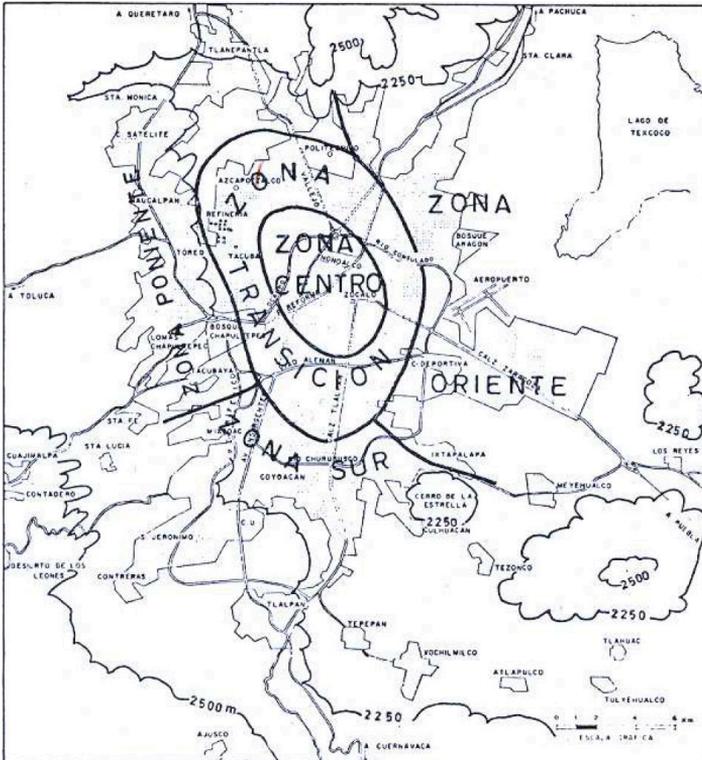


Figura 5. Las zonas climáticas de la Ciudad de México.

ciudad, con variaciones térmicas más acentuadas, aire menos contaminado y una humedad relativa mayor, además de mejor ventilación. Sin embargo, la situación topográfica y las condiciones del suelo dan origen a una subdivisión climática mayor. La ubicación del área urbana en la esquina SW del Valle de México da lugar, como ya se vio, a que los suburbios del sur y oeste que se encuentran al pie y en la zona de lomeríos reciban más lluvia (y menos insolación) y sean, por tanto, más húmedos que los sectores de la planicie en el norte y este que son menos húmedos y reciben mayor insolación. También hemos visto que estos mismos sectores del norte y este de la ciudad son los más afectados por las tempestades de polvo.

Finalmente, si entre los climas del centro y de los suburbios se considera un cinturón de transición, obtendremos un total de cinco zonas climáticas dentro del área urbana de la Ciudad de México, delimitadas según se muestra en la Figura 5.

En seguida se describen las zonas climáticas mencionadas:

*Zona del centro.* Corresponde a la región con los niveles más altos de contaminación atmosférica; las concentraciones de gases tales como el  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ , óxidos de nitrógeno y otras emanaciones, producidas principalmente por el intenso tránsito de vehículos, son las más altas de la ciudad. La elevada densidad de edificios altos hace que sea ésta la región menos ventilada del área urbana. La oscilación diurna de la temperatura ahí es comparativamente reducida, tanto por la elevación de las temperaturas mínimas como por la reducción de las temperaturas máximas. Debido al efecto de la isla de calor, también la humedad relativa es más baja y las temperaturas bajo cero grados (heladas) no ocurren en esta región que se caracteriza, asimismo, por estar expuesta a la acción moderada de las tempestades de polvo.

*Zona perimetral de transición.* Participa, en general, de las características de la región del centro, aunque menos acentuadas. Las concentraciones de contaminantes son moderadas: se observa mayor ventilación ya que la densidad de edificios altos disminuye; al mismo tiempo, los efectos de la isla de calor sobre la amplitud térmica y la humedad relativa son menos marcados. El sector oriente de esta región anular recibe una carga de polvo mayor (por encontrarse más cerca de las fuentes en la planicie) en la estación seca, que el sector occidental.

*Zona oriente.* Corresponde a la zona de suburbios del sector NE de la ciudad ubicado en gran parte sobre los suelos del antiguo Lago de Texcoco. Esta es una región de alta densidad en fábricas, sobre todo en la porción centro y norte. En

el extremo oriente y formando parte de esta región, entre la carretera a Puebla y el aeropuerto, se extiende un área urbana formada por habitaciones de construcción modesta, de alta densidad de población (cerca de un millón de habitantes) y con escasez de áreas verdes, denominada “Ciudad Netzahualcóyotl”. La falta parcial de servicios de drenaje y pavimentación en este sector de la ciudad, ocasiona que durante la estación de seca los vientos de la planicie levanten nubes de polvo de las calles sin pavimento; durante la estación de lluvia el deficiente drenaje origina frecuentes inundaciones. La vecindad del aeropuerto hace que esta región también tenga un alto nivel de ruido. Si bien los niveles de contaminación (medidos por el SO<sub>2</sub> y por el humo) ahí son más bajos, ésta es la región que recibe el impacto más violento de las tempestades de polvo que en la estación de seca llegan del centro de la planicie. Ahí la ventilación es considerable. Una parte de esta región tiene, como ya se vio, clima semiárido (BS). La escasez de las lluvias y la elevada insolación propias de este clima originan mayor amplitud de la oscilación térmica diaria. Las heladas son aquí más frecuentes y la radiación solar más abundante e intensa. En resumen, es ésta la región menos favorable desde el punto de vista del clima y del suelo. El alto nivel de las aguas freáticas, que en ocasiones afloran a la superficie, la poca resistencia de los suelos a la compresión y el elevado contenido de sales elevan los costos de construcción y de drenaje. Como resultado de estos factores y lo desfavorable del clima, los terrenos de Ciudad Netzahualcóyotl, y en general de toda esta región climática, son los de menos valor en la ciudad de México y están ocupados predominantemente por instalaciones fabriles y por casas habitación de los sectores económicamente más débiles de la población urbana.

*Zona del sur.* Comprende los suburbios del sur y SW de la ciudad, con baja densidad de fábricas. Hacia el poniente y sur predominan las construcciones con gran proporción de espacios abiertos y zonas verdes. En el centro de esta región se encuentran los edificios de la Ciudad Universitaria, con extensas zonas arboladas. Hacia el poniente de la Villa Olímpica se extiende también un amplio bosque de recreación, que incluye un parque zoológico, que ocupa 137 hectáreas. Ahí los niveles de contaminación son los más bajos de la ciudad. Es una región bien ventilada, más húmeda y con mayor frecuencia de nublados en la estación lluviosa. La precipitación es más abundante y las tempestades eléctricas intensas y frecuentes. Por estar bastante alejada de las fuentes principales de polvo del centro de la planicie, esta región resulta la menos afectada por las tolvaneras de la estación seca. La amplitud de la oscilación térmica diaria, aunque es considerable, está atemperada por mayor humedad del aire. En resumen,

las condiciones climáticas de esta región son las más favorables del área urbana de la ciudad de México.

*Zona del poniente.* La porción norte de esta región se encuentra en terreno plano en donde predominan las instalaciones fabriles, mientras que la porción sur se localiza en la zona de lomeríos del poniente ocupada principalmente por áreas de casas con amplios jardines, en la vecindad del bosque de Chapultepec. En el extremo norte de esta región, más allá de Naucalpan, el área urbana ha crecido rápidamente a ambos lados de la carretera a Querétaro; el tejido urbano está aquí formado principalmente por construcciones de buena calidad, ocupadas por la clase media. Si bien tanto la zona residencial de fraccionamientos del norte, como la porción sur de esta región tienen una generosa proporción de espacios abiertos y de áreas verdes, su cercanía con las zonas más contaminadas del norte y centro de la ciudad, y su ubicación viento abajo de éstas hace que los niveles de contaminación sean, aquí, comparativamente elevados. Tanto la mayor cantidad de lluvia como la alta frecuencia de nublados, así como la mayor proporción de áreas verdes dan por resultado un clima más húmedo y, por tanto, menos extremo. Las tormentas eléctricas son frecuentes y de fuerte intensidad. Por otra parte, por su situación al pie de las montañas, el perímetro urbano de esta zona se caracteriza por fuertes gradientes térmicos y de contaminación. Los suburbios más altos de esta región y de la del sur de la ciudad con frecuencia quedan, en la estación seca sobre todo, por encima de la inversión térmica superficial, durante las primeras horas de la mañana y, por tanto, libres de la nube de impurezas hasta que alrededor del mediodía la turbulencia difunde los contaminantes en una capa más profunda.

En la tabla 3 se describen las principales características de las cinco regiones climáticas de la ciudad de México.

Tabla III. Principales características de las zonas climáticas de la ciudad de México

	ZONA				
	CENTRO	TRANSICION	ORIENTE	SUR	PONIENTE
Nivel de contaminación	Alto	Moderado	Moderado	Bajo	Moderado
Grado de ventilación	Pobre	Moderada	Buena	Alta	Buena
Oscilación térmica diurna	Menor	Regular	Alta	Moderada	Moderada
Humedad ambiente	Baja	Menos seco	Seco	Alta	Moderada
Frecuencia de lluvias	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta
Frecuencia de tolvaneas	Moderada	Moderada	Alta	Baja	Baja
Frecuencia de heladas	Nula	Baja	Alta	Moderada	Moderada
Frecuencia de nublados	Moderada	Moderada	Baja	Alta	Alta
Frecuencia de tormentas eléctricas	Moderada	Moderada	Alta	Alta	Alta

## BIBLIOGRAFÍA

- Berg, H. (1943). "Der Einfluss einer Gorsstadt auf Bewölkung, Niederschlag und Wind", *Biokl. Beibl.* 10, 65-70.
- Chandler, T. J., (1965). The climate of London. Hutchinson, Londres.
- Domínguez, E. (1940). Elementos de previsión a corto plazo en la Rep. Mexicana. Esc. Náutica, Veracruz.
- Elser, H. (1959). "A desert Thunderstorm strikes El Paso, Tex", *Weather-Wise.* 12 (3), 115-116.
- Emonds, H. (1954). Das Bonner Stadtklima. Bonn (Arbeiten Z. Rhëin, Landeskunde. 7).
- Findlay, B. Hirt, M. S. (1969). "An urban induced mesoscale circulation". *Atm. Environment.* Vol. 3, 537-542.
- García, E. (1970). Carta de climas 14 Q-V. Esc 1:500,000. CETENAL. Inst. de Geografía. UNAM.
- Hastenrath, S. (1967). "Rainfall distribution and regime in Central America", *Arch. Meteor. Geophys. Biokl.* Vol. 15. p. 212.
- Hill, J. (1969). "Temperature variability and synoptic cold fronts in the winter climate of Mexico". McGill Univ. Montreal. *Climat.* Series No. 4.
- Jáuregui, E. (1959). "Notas sobre la precipitación en Tacubaya para el periodo 1900-58". *Ing. Hidr. en Méx.* Vol. 13 (4), 29-36.
- Jáuregui, O. E. (1960). "Las tolvaneras del Valle de México". *Ing. Hidr. en México.* Vol. 14 (4): 60-66.
- Jáuregui, O. E. (1971). Mesomicroclima de la ciudad de México. Imprenta Universitaria. Instituto de Geografía. UNAM.
- Jáuregui, O. E. (1971). "La erosión eólica en los suelos vecinos al lago de Texcoco". *Ing. Hidr. en México.* 25 (2): 103-117.
- Jáuregui, O. E. (1973). Untersuchungen zum Stadtklima von Mexiko-Stadt. Inaugural-Dissertation- Mathematisch-Natur-Wissenschaftlichen Fakultät, Universidad de Bonn.
- Jáuregui, O. E. (1974). "La isla de lluvia de la ciudad de México". *Ing. Hidr. en Méx.* (en prensa).
- Krumm, W. R. (1954). "On the causes of downdrafts from dry thunderstorms over the U. S. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* Vol. 35 (3); 122- 124.
- Koepfen, W. (1948). Climatología. Fondo de Cultura Económica. México, Buenos Aires.
- Lauer, W. (1970). "Naturgeschehen und Kulturlandschaft in der Tropen-Beispiel Zentralamerika in: Beiträge zur Geographic der Tropen". *Tübinger Geogr. Studicn.* Tübingen.

- López, E. (1922). Nueva nota sobre los nortes del Golfo. Talleres Gráficos de la Nación. México. S. A. F. 15 p.
- Mosiño, P., García, E. (1968). Evaluación de la sequía intraestival en México. Esc. Nal. de Agricultura. Chapingo, Serie 6.
- Perloff, H. (1973). La calidad del medio ambiente urbano. Ed. Oikos-Tau Barcelona, en págs. 66-67.
- Portig, W. H. (1960). Beiträge zur Meteorologie Mitteleuropas Deutsche Wetter Dienst, Seewetteramt, Einzelveröff. Nr. 28.