

EL CLIMA URBANO EN LA CIUDAD DE TOLUCA, MÉXICO

Lic. Alejandra González Becerril
Mtro en Geog. Carlos Constantino Morales Méndez
Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, México.

RESUMEN

El clima de la ciudad del Toluca y del mundo se ha modificado como consecuencia del crecimiento de su población y el aumento de las dimensiones de su distribución territorial. Las variaciones atmosféricas son más acusadas entre los espacios urbanos y rurales a medida que las ciudades son más grandes y su mancha urbana es más extensa, así como de la reducción de la vegetación, el aumento en la calefacción en casas y edificios y por la contaminación del aire.

La ciudad de Toluca ha experimentado un crecimiento vertiginoso de su población, sobre todo después de la década de los sesenta, cuando el país entró en un desarrollo económico importante con la participación de fuerte inversión en el sector industrial. De esta manera se establecieron corredores industriales en las áreas circunvecinas, destacando la zona de Toluca-Lerma y Toluca-Atlacomulco, con grandes flujos de emigración provenientes de los estados, municipios, ciudades y localidades de gran parte del país.

En el presente estudio tiene como objetivo identificar los espacios con calor más intenso por la infraestructura urbana. La metodología consiste en la determinación de los valores de temperatura que se registraron en dos días típicos de invierno y verano, durante el día y la noche, mostrando la distribución de la isla de calor en la zona de estudio, a partir de los datos de las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA), asimismo, se considera el comportamiento y variación de algunas variables atmosféricas, como humedad relativa, precipitación y viento, para mostrar su comportamiento relativamente anómalo en la zona urbana.

El trabajo pretende mostrar que las anomalías climáticas de la ciudad de Toluca son consecuencia primordial del cambio del uso del suelo, como son la expansión urbana, la deforestación, el abatimiento de los mantos de agua y la contaminación ambiental.

MÉTODO DE TRABAJO

Para identificar el clima urbano en la ciudad de Toluca se tomaron en cuenta los datos climatológicos de la temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos de varios años de registro para cumplir con las normas de los trabajos de climatología. Con la información se elaboraron mapas y gráficas para su representación espacial y temporal.

Para identificar la distribución espacial de la isla de calor, se tomaron en cuenta los datos de temperaturas registradas a lo largo de las 24 horas de los días seleccionados de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la ciudad de Toluca. También se obtuvieron datos de presión atmosférica, dirección y velocidad del viento y, humedad relativa en los días en que se tomaron los datos (2004 – 2005).

Para complementar el trabajo se consideraron datos de monóxido de carbono y ozono para reconocer su concentración y relacionarla con el efecto de invernadero.

Los datos se obtuvieron de siete estaciones que conforman la RAMA. Las estaciones están distribuidas en un terreno casi plano y la distancia que existe en relación con la del centro comprende entre tres y seis kilómetros.

Con los valores térmicos se trazaron isotermas cada medio grado centígrado con el objeto de disponer mayor número de ellas.

Para identificar la isla de calor se compararon los datos de todas las estaciones, a las mismas horas del día y de la noche. La información de presión atmosférica permitió inferir la convección provocada por el espacio urbano, las tolvaneras típicas y las lluvias torrenciales en el verano.

Las condiciones atmosféricas que prevalecieron durante los dos días que se tomaron en cuenta para identificar la isla de calor fueron despejados y soleados durante todo el día, los vientos no superaron los dos metros por segundo y no se registraron precipitaciones. Este detalle es importante porque sólo así se puede formar e identificar con mayor facilidad el calor en algunas áreas de la ciudad.

CONDICIONES AMBIENTALES DE LA CIUDAD DE TOLUCA

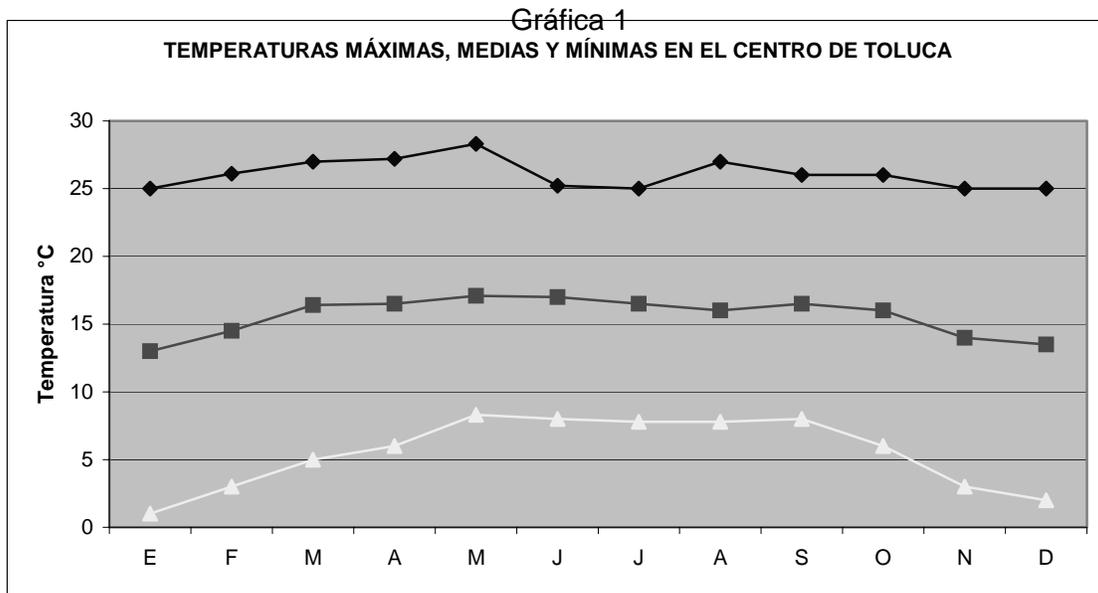
La ciudad de Toluca se encuentra a entre las latitudes de 19° 13' y 19° 17', entre las longitudes de 99° 35' y 99° 43', mientras las altitudes fluctúan entre 2655 y 2670 m.s.n.m. La ciudad se halla en una región donde convergen fenómenos atmosféricos provenientes de las zonas frías, templadas y tropicales, por lo que su atmósfera es muy dinámica a lo largo del año. La elevada altitud define un clima templado, según la clasificación climática de Köppen.

Las temperaturas más bajas se registran en los meses de diciembre, enero y febrero, con valores que oscilan entre -2.0° y 8.0° C. Las heladas son muy frecuentes en invierno, pero se pueden presentar en cualquier día del año. Las bajas temperaturas están asociadas con la fuerte irradiación nocturna, con la irrupción de vientos polares y masas de aire frío, lo que en muchas ocasiones origina inversiones térmicas que estabilizan los estratos atmosféricos cercanos a la superficie del valle de Toluca.

Las temperaturas más elevadas se presentan entre abril y mayo, con valores que fluctúan entre los 26.0° y los 28.0° C. Se presentan algunas ondas de calor que duran entre uno y tres días en promedio, aunque en algunos años, éstas suelen tener mayor número de días sobre todo en el periodo de la sequía intraestival. Las elevadas temperaturas generalmente son interrumpidas por los vientos de la tarde y la persistente trayectoria de los vientos dominantes. (Gráfica 1)

Las elevadas temperaturas de la primavera y el verano crean campos de baja presión atmosférica que atraen vientos locales, regionales y planetarios que llegan con velocidades de 1.0 a 4.0 metros por segundo. Las brisas de montaña suavizan

las temperaturas y transportan partículas a la ciudad, pero los vientos alisios, soplan más fuerte y crean domos de polvo en toda la ciudad.



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. 2006.

La ciudad de Toluca tiene una temperatura media anual de 12.9° C, pero en invierno suelen bajar hasta los -2.0° C, y en verano asciende hasta los 28.0° C, por lo que la amplitud térmica es de 30.0° C, situación que puede incrementarse como consecuencia del cambio de uso del suelo (Hernández, et. al 2005, p. 265).

Por otro lado, los vientos alisios, los huracanes, los frentes, y el efecto monzónico, son los sistemas meteorológicos que producen las lluvias en la región. La precipitación media anual en la ciudad es de 760 mm, abarcando las lluvias los meses de mayo a octubre. El mes más lluvioso es julio y el de menor precipitación es febrero a lo largo del año, presentándose ocasionalmente una sequía intraestival la cual dura entre una y dos semanas.

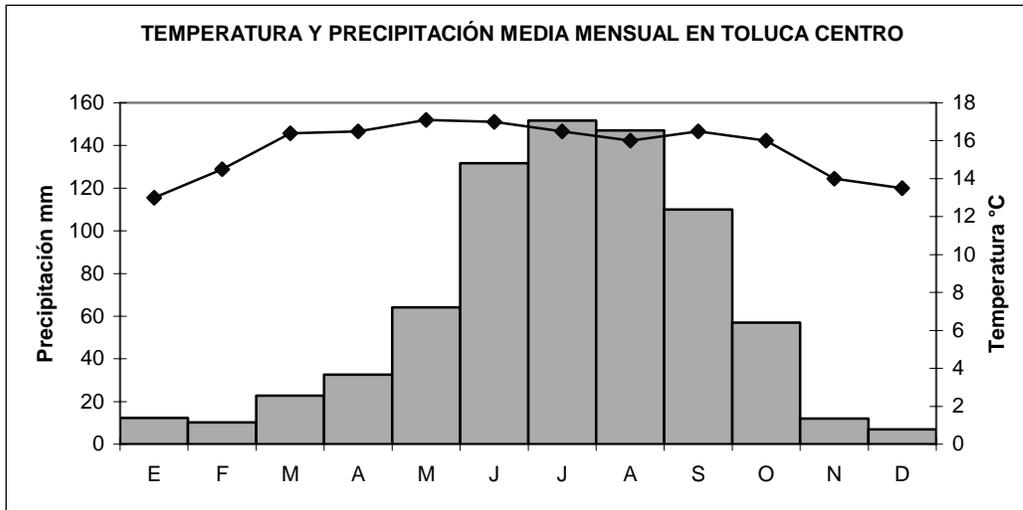
Cuando los huracanes se acercan a las costas mexicanas trasladan vientos húmedos al valle de Toluca, y como consecuencia se forman nubes de tipo cúmulos y cúmulonimbos que se concentran en lo alto de las montañas, pero en la

ciudad también se gestan en aquellos sitios donde la temperatura suele ser elevada, originándose áreas o islas de humedad o de lluvia. Así, la ocurrencia de huracanes es muy importante para la dinámica ambiental de la región, y al mismo tiempo limpian la atmósfera que ha estado contaminada durante el invierno y primavera.

El conocimiento de los sistemas atmosféricos permiten saber bajo qué condiciones los valores de temperatura ambiente se incrementan o disminuyen a lo largo del año, así como su relación con la frecuencia e intensidad del aumento térmico en las zonas urbanas.

El comportamiento de las temperaturas y las precipitaciones a lo largo del año en la ciudad y valle de Toluca es típico de las zonas tropicales, donde las temperaturas más elevadas se presentan antes del solsticio de verano y las más bajas alrededor del solsticio de invierno. Mientras las precipitaciones ocurren durante todo el año, concentrándose principalmente entre junio y septiembre, coincidiendo con el verano, las lluvias comienzan a elevarse de manera considerable en junio por un proceso monzónico y de esta manera, los meses más lluviosos son junio, julio y agosto.

Gráfica 2.



Como lo señala la gráfica 2, las estaciones de invierno y verano muestran los valores extremos tanto en temperatura como en precipitación, razón por la que se escogieron días especiales de esos dos períodos para identificar las islas de calor y así detectar diferencias y semejanzas térmicas en el espacio urbano.

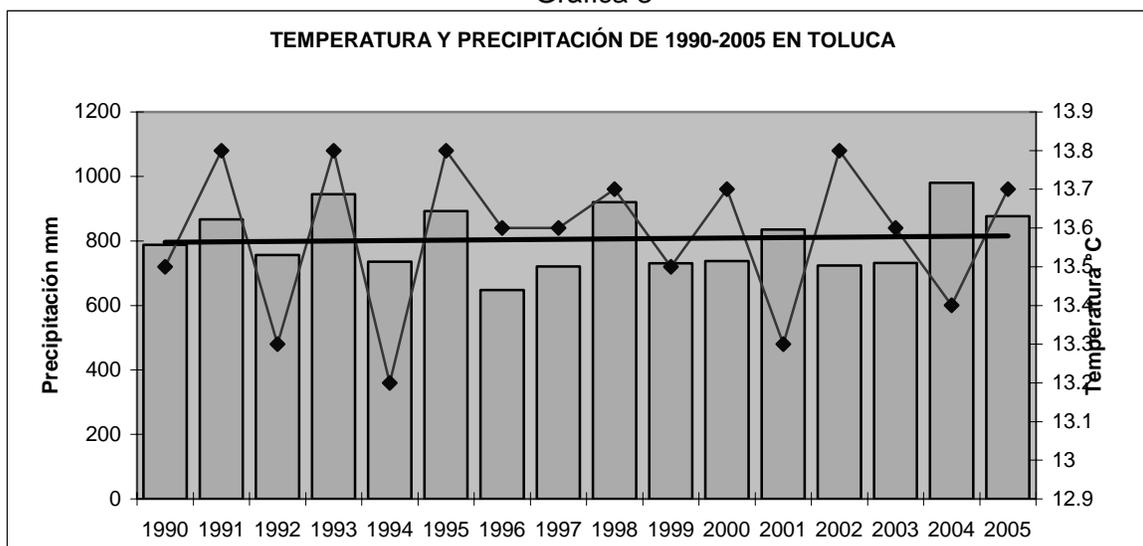
La precipitación media anual en la ciudad de Toluca es de 760 mm, considerando las últimas cinco décadas, pero los datos de los 16 años considerados para el estudio muestran un aumento de los años noventa en adelante, con 805 mm. El incremento puede deberse a la formación de la isla de calor en el área urbana, que a su vez engendra un espacio de humedad concentrado sobre todo durante la época lluviosa. La formación de nubes y neblinas pudieran estar asociadas a las partículas suspendidas en el aire y a los diversos contaminantes.

Las precipitaciones que se concentran en los espacios urbanos están precedidas por la presencia de una zona convectiva que no solamente atrapa calor, sino también crea un campo de baja presión atmosférica y ésta a su vez provoca flujos de la periferia al centro creando en días de primavera y otoño, domos de polvo que cubren a la ciudad. El polvo de color pardo es más evidente entre las 13 y las

16 horas del día, y los días que no llueve o no corre viento suficiente se prolonga por varios días o semanas. (Ver gráfica 3).

Las islas de calor generan un entorno propicio para alterar el tiempo atmosférico, regulando la intensidad de las tormentas, nevadas, regímenes de viento, calidad del aire, etc. Así, algunas ciudades pueden generar calefacciones que son los principales causantes de las anomalías térmicas (Changnon, S. 2003, p 42).

Gráfica 3



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. 2006

En relación con el aumento de los aguaceros que se han incrementado en grandes urbes como la ciudad de México, el meteorólogo Jáuregui (2000, p 32), menciona “el proceso acelerado de la urbanización que se ha observado en la ciudad capital ha inducido un aumento en la frecuencia de aguaceros intensos. Mientras estos fenómenos ocurrían a razón de cuatro eventos en la década de los años cuarenta (siglo XX), en los años ochenta se quintuplicaron”.

El aumento de las precipitaciones en la ciudad de México, así como en Toluca, pudiera estar relacionado con la formación de la isla de calor en sus espacios territoriales.

Otras manifestaciones del cambio climático por urbanización es que las ciudades son más reseca, pero en ellas los aguaceros y granizadas son más intensos. Lo primero (humedad) por la escasez de vegetación y cuerpos de agua, además del aumento de temperatura que disminuye la humedad relativa; y lo segundo (precipitación) por la gran concentración de nucleantes y la convección inducida por la isla de calor (Garduño, 1994, p 135).

Los problemas ambientales que están relacionados con las variaciones climáticas son: las deficiencias de la cubierta vegetal, el abatimiento de los mantos freáticos, el crecimiento de la población, la expansión de la mancha construida de la ciudad y la contaminación atmosférica.

La vegetación original que todavía existe en las montañas cercanas a la ciudad consiste en bosques de pinos, oyameles y encinos. Son comunidades que se encuentran en la Sierra de las Cruces, la Sierra de Tenango y el Volcán Nevado de Toluca, cuyas altitudes van de los 2500 a los 4600 m.s.n.m. Existen además comunidades de arbustos pastos, hierbas y líquenes que completan los diversos estratos florísticos. Sin embargo, en la actualidad solamente ocupan alrededor del 15% del valle, considerando esta distribución del parteaguas hacia las partes bajas. Los principales enemigos de estos bosques son: la tala, donde se destina la madera a la industria, así como para ocupar espacios para los cultivos agrícolas; asimismo, los incendios forestales (se incrementan en la primavera), la erosión, el sobre pastoreo y las plagas forestales.

Hay que resaltar que originalmente no todo el valle estuvo cubierto de bosque, sino de lagunas someras, donde todavía existe agua como las de Almoloya del Río, San Mateo Atenco y Lerma. Estos cuerpos de agua se han ido secando paulatinamente por la extracción de agua de pozos profundos que se distribuye como agua potable hacia la Ciudad de México y Toluca, así como por la ampliación de áreas agrícolas. Por otra parte, los arroyos que bajaban de las montañas cercanas abastecían a esas depresiones que contenían cuerpos de agua y donde en invierno arribaban patos canadienses y garzas.

En 1987 la Cia. Lesser y Asociados hizo un trabajo con el propósito de medir los niveles estáticos en los pozos piloto de los valles de Toluca e Ixtlahuaca, en la cual se reportan datos relacionados con el abatimiento de los mantos acuíferos. El estudio manifiesta abatimientos de 70 metros en la zona industrial aledaña a la ciudad de Toluca, que disminuyen radialmente hasta 10 y 20 metros en el resto del valle; en la región sur los mayores abatimientos son de 30 metros, hacia el oriente disminuye a 40 metros y hacia el poniente 20 metros, mientras hacia el norte el abatimiento es de 10 metros (Colín y Nuncio 2006, p 17).

Los mantos acuíferos y los cuerpos de agua mantenían un ambiente fresco que facilitaban la formación neblinas abundantes y contribuían a la capa de nieve del volcán Nevado de Toluca. La elevada humedad y la nieve todavía se forman cuando ocurren eventos atmosféricos como es la llegada de masas de aire húmedo de los dos océanos.

La vegetación y los humedales se han ido acabando como consecuencia del crecimiento demográfico, ya que la población tuvo un incremento paulatino de 1940 a 1970, pero de los setenta a 2006, el ascenso ha sido considerable.

A medida que la población crece, los límites físicos de la ciudad se ensanchan, debido a la construcción de casas, edificios y avenidas, entre otros; lo que ha propiciado como consecuencia un cambio del uso de suelo y la reducción de una de las regiones agrícolas más productivas del país, pues desde la época prehispánica se consideró uno de los graneros que abastecía de maíz al imperio azteca y posteriormente a la población colonial y contemporánea.

Los suelos originales son ricos en materia orgánica y nutrientes, por lo que en algunas parcelas del valle los rendimientos de maíz por hectárea son de hasta siete toneladas. No obstante, la infraestructura urbana amenaza con desaparecer los suelos que quedan.

Número de Automóviles en la ciudad de Toluca y Municipios

Municipio	1993	1996	1999	2002
Lerma	3,089	3,930	6,716	9,780
Metepec	13,072	21,322	34,901	12,120
San Mateo	2,391	2,835	4,703	8,425
Toluca	72,445	125,461	127,663	224,385
Zinacantepec	2,797	3,974	6,384	11,540
Total	93,794	157,522	180,367	266,250

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de México, INEGI 2003.

En el cuadro anterior se observa el crecimiento elevado del número de automóviles en la ciudad de Toluca y su zona periférica. Es el municipio de Toluca donde se concentra la mayor cantidad de automóviles y en segundo lugar está Metepec, donde también la expansión urbana se ha acrecentado en los últimos años. El flujo vehicular en Toluca se ve incrementado por el proveniente de los municipios y los estados que visitan la ciudad diariamente.

La circulación de los automóviles no solamente implica la contaminación del aire y la mayor probabilidad por accidentes, sino también desprenden mucho calor a través de los escapes y de toda la unidad, energía que contribuye a elevar la temperatura ambiente en la ciudad y su periferia.

RESULTADOS

El clima urbano de la ciudad está relacionado con la isla de calor, la que se forma cuando el aire caliente tiende a acumularse en el centro de la ciudad, debido a la concentración de edificios y calles pavimentadas. Este aire caliente arrastra consigo la carga de contaminación, luego se expande hacia los bordes de la

ciudad y vuelve a formarse un sistema circulatorio que se podría romper por el efecto de la presencia de un viento fuerte (Kenneth, 1992, citado por Hernández, 2002, p 48).

La distribución e intensidad de la temperatura en la ciudad de Toluca, para las fechas de estudio se comportó de la manera siguiente:

Durante el día 13 de enero de 2005, la distribución de la temperatura fue de manera irregular, presentándose los valores más bajos en la periferia de la ciudad, con 13.0° C, como son las áreas de las estribaciones del Nevado de Toluca con un rumbo este-oeste, ahí donde existen cultivos agrícolas y pastos. Asimismo, las bajas temperaturas se disponen hacia el norte de la ciudad con dirección hacia San Cristóbal, donde prácticamente termina la zona urbana y predominan sitios semirurales con cultivos de maíz y suelos con cantidad considerable de materia orgánica.

Los valores térmicos más elevados se presentan en el centro de la ciudad y en el aeropuerto con 15.0° C, respectivamente, es en estas áreas donde se forman las islas de calor más evidentes, pues coinciden con la mayor infraestructura urbana como son: casas y edificios, tránsito vehicular, sitios industriales cercanos, avenidas asfaltadas, pistas pavimentadas y la dinámica de los vuelos nacionales e internacionales. Así, del centro al aeropuerto se registran las temperaturas más elevadas. (Ver mapa 1).

Durante la noche, siguen siendo el centro de Toluca y el rumbo hacia el aeropuerto, donde existen indicios que se elevan las temperaturas, acentuándose sobre el espacio aéreo con 8.5° C, mientras que hacia las zonas adyacentes como Metepec y San Cristóbal se registraron las cantidades térmicas menos acusadas, con 7.5° C, por lo que la diferencia entre el centro y las orillas es de sólo 1.0° C. (Ver mapa 2)

Al comparar los valores entre el día y la noche, se observa que en términos generales obedecen al régimen térmico del invierno ya que las temperaturas son relativamente bajas, y como es obvio, decrecen aún más por la noche, pero en el caso nocturno continúa la formación térmica más elevada en casi las mismas

áreas urbanas, lo que indica que esos espacios poseen las condiciones ambientales necesarias para elevar la temperatura.

Hay que considerar también que la traza de la ciudad está ubicada entre los 2600 y 2650 m.s.n.m (sitios donde se encuentran las estaciones), lo que la hace que la pendiente sea más o menos plana, pero la temperatura varía significativamente en pocos metros. Sin embargo, las islas de calor se dibujan en lugares de mayor actividad humana.

Se observa que la diferencia térmica entre el centro de la ciudad y la periferia durante el día es de 3.0° C, mientras durante la noche esa diferencia es de sólo 1.5° C. Las diferencias observadas son escasas, porque en áreas urbanas más grandes como es el caso de la ciudad de México, las variaciones entre el centro y las orillas son de hasta 8.0° C (Jáuregui, 2003, p 35).

El comportamiento de la temperatura durante el día 15 de julio de 2004, también presenta los valores más elevados en el centro y noreste de la ciudad con una propagación hacia el aeropuerto donde los datos están entre 18.5° C y 19.0° C, mientras en las áreas aledañas a unos 5 y 7 kilómetros las temperaturas están entre 17.0° C y 18.0° C. Además del centro más cálido también está en la misma situación la zona industrial cercana coincidiendo con las avenidas más transitadas. Así la diferencia térmica entre el centro y la periferia es de sólo 2.0° C. (Ver mapa 3)

Por la noche del día 15 de julio, la isla de calor se dispone también entre el centro y noreste de la ciudad con valores de 12.0° C, en tanto que las temperaturas menos altas se distribuyen con direcciones norte y sur con cantidades de 9.5° C. Siendo los municipios de Almoloya de Juárez, San Mateo y San Cristóbal donde las temperaturas responden tal vez a un espacio menos urbanizado. Las diferencias térmicas por la noche de ese día fue de 2.5° C. Al comparar los comportamientos se observa que las variaciones de calor son muy similares entre los dos turnos. (Ver mapa 4).

Tomando en cuenta la contaminación atmosférica como un agente importante en las variaciones climáticas en varias regiones de la Tierra, se elaboraron dos

mapas de la región de estudio, para mostrar la concentración de los contaminantes, así como para comparar sus valores con las normas de calidad del aire en la ciudad de Toluca. La distribución de los contaminantes se concentra en los sitios cercanos a la zona industrial y en el centro urbano. Sin embargo, la escala de los datos están muy por debajo de los que marca la norma, lo que indica que la contaminación no tiene gran relevancia para la producción del efecto de invernadero y en ese sentido, parece no contribuir al aumento de calor en la ciudad, lo que requeriría de un estudio con mayor precisión. (ver mapas 5 y 6).

Existe un efecto invernadero muy importante... es el que producen las minúsculas gotitas de agua de las nubes. Éstas producen una fuerte difracción del infrarrojo emitido por el suelo, en todas las longitudes de onda posibles, y vuelven a enviar una gran parte en su dirección inicial. Por eso, durante la noche cuando el cielo está cubierto, hace muchísimo más calor que cuando el cielo está claro. La sensación de malestar que se siente bajo una nube de tormenta se debe también a este retorno al suelo cálido de la radiación que ésta emite (Labeyrie, 1987, p. 184).

El efecto de invernadero natural está relacionado, sobre todo, de la cantidad de vapor de agua que existe en la atmósfera en un momento determinado, entre más elevada es la humedad relativa mayor es la concentración de calor que retiene esta sustancia. De esta manera, el calor que generan los días soleados por las mañanas, es atrapado parcialmente por la formación nubosa de las siguientes horas del día, lo que conlleva a un aumento de la temperatura ambiental. Este acontecimiento es muy evidente comparando valores de temperatura entre áreas cercanas a los mantos de agua con las que se encuentran en desiertos, es decir, en los lugares áridos se presentan variaciones térmicas extremas. Este argumento es importante mencionarlo, porque el aumento de la temperatura en la ciudad de Toluca y de otras ciudades del mundo, se debe en gran medida a este fenómeno físico que ocurre con frecuencia a lo largo de todo el año.

CONCLUSIONES

El clima urbano en la ciudad de Toluca está asociado con el cambio de uso del suelo de la ciudad, observándose una modificación de la temperatura, la precipitación, la humedad relativa y el comportamiento de los vientos.

El clima urbano que se presenta en la ciudad de Toluca está relacionado con la isla de calor. La diferencia térmica entre la periferia y el centro de 3.0° C, durante el día y de 1.5° C por la noche en el invierno, mientras en el verano la oscilación es de 2.0°C, por lo que el comportamiento está relacionado con su extensión territorial, cuyas dimensiones son típicas de una ciudad media.

Las diferencias de temperatura entre el día y la noche son considerables, presentándose los valores más elevados en el día, por lo que se infiere que además de los tipos de materiales con que están construida Toluca, la insolación es un factor importante en las variaciones atmosféricas. Esta manifestación también se observa en el verano, con lo que se deduce que el calor fluctúa con base en la hora del día y dependiendo de la estación del año.

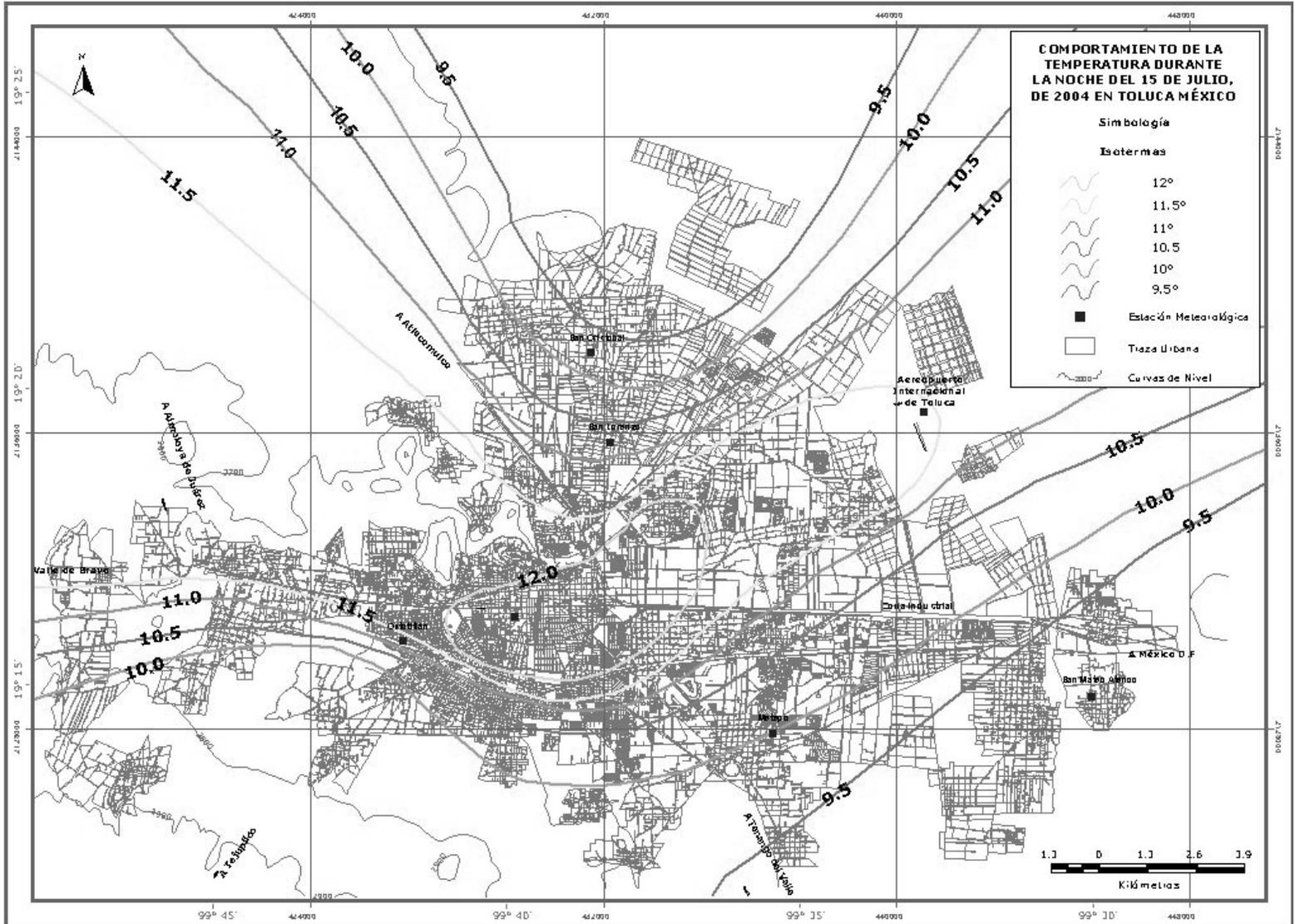
La ciudad de Toluca se ha venido construyendo de manera horizontal, debido a que, por un lado, los habitantes diseñan y construyen su propia casa y por el otro, a partir de 1985, las autoridades recomendaron que las construcciones sean de niveles más bajos, debido a la alta incidencia de sismos de magnitudes diversas. El espacio urbano, al expandirse con rapidez propicia el cambio del uso del suelo natural por la piedra, el cemento, el asfalto, la varilla, etc., con lo que los lugares se vuelven más cálidos y secos.

Además de la concentración de casas, edificios, comercios, avenidas, y áreas industriales, existen carreteras que comunican a Toluca con las ciudades de México, Querétaro, Morelia, Guadalajara, entre otras, así como con las comunidades de los municipios circunvecinas, lo que motiva el aumento del flujo vehicular por el centro y periferia de la ciudad. El tránsito es muy elevado hacia la ciudad de México, ya que se encuentran a una distancia de sólo 80 kilómetros.

Así, parte del calor y de la contaminación atmosférica que se concentra en Toluca proviene de otras regiones.

La ciudad se ubica en el valle de Toluca, el cual se extiende de norte a sur comprendiendo 700 kilómetros cuadrados, por lo que el espacio urbano se seguirá incrementando en las próximas décadas con población de varios estados de la República Mexicana, pero la migración más elevada es y será la del Distrito Federal, y las áreas térmicas abarcarán más espacio y su intensidad aumentará.

Los problemas ambientales más relevantes de la ciudad y el valle son la deforestación, la disminución de los cuerpos de agua, el abatimiento de los mantos freáticos, la contaminación atmosférica y la expansión de la mancha urbana, ya que éstos son considerados los agentes que más modifican el clima. Sin embargo, la constancia de los vientos, la elevada insolación a lo largo del año, la elevada altitud y la convergencia de fenómenos atmosféricos tropicales y fríos, permiten la ventilación y la dispersión de la energía calorífica y de los contaminantes con mayor rapidez que en otras regiones del mundo, donde las características atmosféricas suelen ser diferentes.



BIBLIOGRAFÍA

Atlas ecológico de la cuenca hidrográfica del río Lerma, tomo V, industrial. Climas .2000. Gobierno del Estado de México y Universidad Autónoma del Estado de México. 353 p.

AYLLÓN Torres, Teresa. 2003. Elementos de meteorología y climatología. Trillas. México, D. F. 211P.

COLÍN Salazar y NUNCIO Quiroz. 2006. El abatimiento del manto freático en el municipio de San Mateo Atenco en el período 1970-2000. Tesis. UAEM. Toluca, México. 114 p.

CHANGNON, S. 2003. Urban effects on freezin rain occurrences. Journal of Applied Meteorology. 870 p.

HERNÁNDEZ Romero, Julio. 2002. Contaminación atmosférica en la ciudad de Toluca. Tesis. UAEM. Toluca, México. 159 p.

HERNÁNDEZ Romero, Julio, et. Al. 2005. "El monóxido de carbono y el clima en Toluca, de 1995 a 2001". Ergo sum. Revista de la Universidad Autónoma del Estado de México. Vol. 11, número tres. Toluca, México. 263-274 pp.

GARDUÑO, René. 1994. El veleidoso clima. F.C.E. México, D.F. 169 P.

JÁUREGUI Ostos, Ernesto. 2000. El clima de la ciudad de México. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F. 131 P.

LABEYRIE Jacques. 1987. El hombre y el clima. Gedisa. Barcelona. 245 p.

LEGGETT Jeremy.1990. El calentamiento del planeta. F.C.E. México, D.F. 520 P.

MORALES Méndez, Carlos. 2001. Variaciones climáticas en la Tierra. Tesis de maestría. UNAM. México, D. F. 226 P.

Www..um.es/dp/geografía/papeles/n33/04. Capelli de Steffens A. Et al. 2001. La isla de calor estival en Tenuco, Chile.