

POSIBLE IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN CRECIENTE EN EL CAMBIO DE CLIMA TERMAL DE ALGUNAS CIUDADES DE MÉXICO

Ernesto JÁUREGUI OSTOS
Centro de Ciencias de la Atmósfera,
Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

La migración del campo a las ciudades ocurrió en México a partir de la segunda mitad del siglo XX. Ya en el año 2000 el país contaba con 69 ciudades con más de 100,000 habitantes de las cuales 9 sobrepasaban el millón. El impacto de la urbanización en el clima de los centros urbanos está ampliamente documentado y así a medida que las ciudades crecen en extensión, el contraste térmico ciudad/campo se incrementa, es la llamada isla de calor. El objetivo de esta presentación es ilustrar los cambios en la temperatura y su tendencia en los centros urbanos del país. Además, se examina el caso de la creciente frecuencia de las ondas de calor observadas en la ciudad de México. Utilizando series de temperatura mínima anual, el análisis revela una tendencia positiva que en promedio resulta de $0.37^{\circ}\text{C}/\text{década}$ para las ciudades medias ($< 10^6$ hab) y de $0.55^{\circ}\text{C}/\text{década}$ para las grandes metrópolis. Por otra parte, se encontró que para el caso de la Ciudad de México, las ondas de calor se incrementaron de 8 eventos/década a 16 eventos/década durante la segunda mitad del siglo XX. Estos resultados parecen confirmar la hipótesis de que los centros urbanos contribuyen en forma significativa al calentamiento global del clima debido al efecto invernadero.

Palabras clave: urbanización, isla de calor, onda de calor.

ABSTRACT

During the last decades of the XXth century the population of Mexico changed from a rural to a predominantly urban society. In 2000 there were 69 cities with more than 100,000 inhabitants of which 9 of them exceeded one million. Using time series of mean minimum temperatures trend, analysis is made to examine temperature changes occurring in the thermal climate of large cities during the last decades of the XXth century in Mexico. The warming of urban air has been documented to increase in intensity and area as cities grow (Oke, 1982). Using mean minimum annual temperature series of 14 urban centers a trend analysis reveals that air temperatures in medium and large metropolis are on the rise. This increase is within the range of $0.37^{\circ}\text{C}/\text{decade}$ (for medium size cities) to $0.55^{\circ}\text{C}/\text{decade}$ for the millionaire conurbations. It is hypothesized that as a result of the warming of the urban air, heat waves have increased their frequency in the case of Mexico City during the second half of the XXth century from 6 to 16 events/decade. These results seem to confirm the hypothesis that urban cities are significantly contributing to the global warming.

Key words: urbanization, heat island, heat wave.

1. INTRODUCCIÓN

La segunda mitad del siglo XX se caracteriza por una gran migración de los centros rurales hacia ciudades medias y grandes de México. En décadas recientes el gobierno inició el programa llamado de las cien ciudades, iniciado con el objetivo de descentralizar actividades en el área de la industria, la manufactura y la administración federal. Estas políticas dieron como resultado una disminución en el crecimiento de ciudades grandes (>2 millones de habitantes) como la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara mientras que otras ciudades intermedias o de tamaño medio (con población entre 100,000 a 10^6 tuvieron un crecimiento más acelerado (Figura 1). En el año 2000 el país contaba con 69 ciudades con más de 100,000 habitantes de las cuales 9 (mayores a un millón) poseen características de metrópolis, conteniendo una población de 53.4 millones de habitantes (CONAPO, 2000) (ver Figura 2 para su localización). El impacto de la urbanización en el clima de las ciudades está ampliamente estudiado y documentado en la literatura. A medida que las ciudades crecen en extensión, el contraste térmico ciudad/campo se incrementa (OKE, 1973). Este calentamiento característico de las ciudades es la llamada “isla de calor” (ver CHANDLER, 1976; LANDSBERG, 1981; OKE, 1982). El fenómeno presenta su máxima intensidad usualmente al amanecer en nuestro país. El objetivo de esta presentación es ilustrar los cambios en la temperatura y su tendencia que han ocurrido en coincidencia con el observado incremento en la urbanización. Además se examina el caso de la creciente frecuencia de las ondas de calor observadas en la Cd. de México.

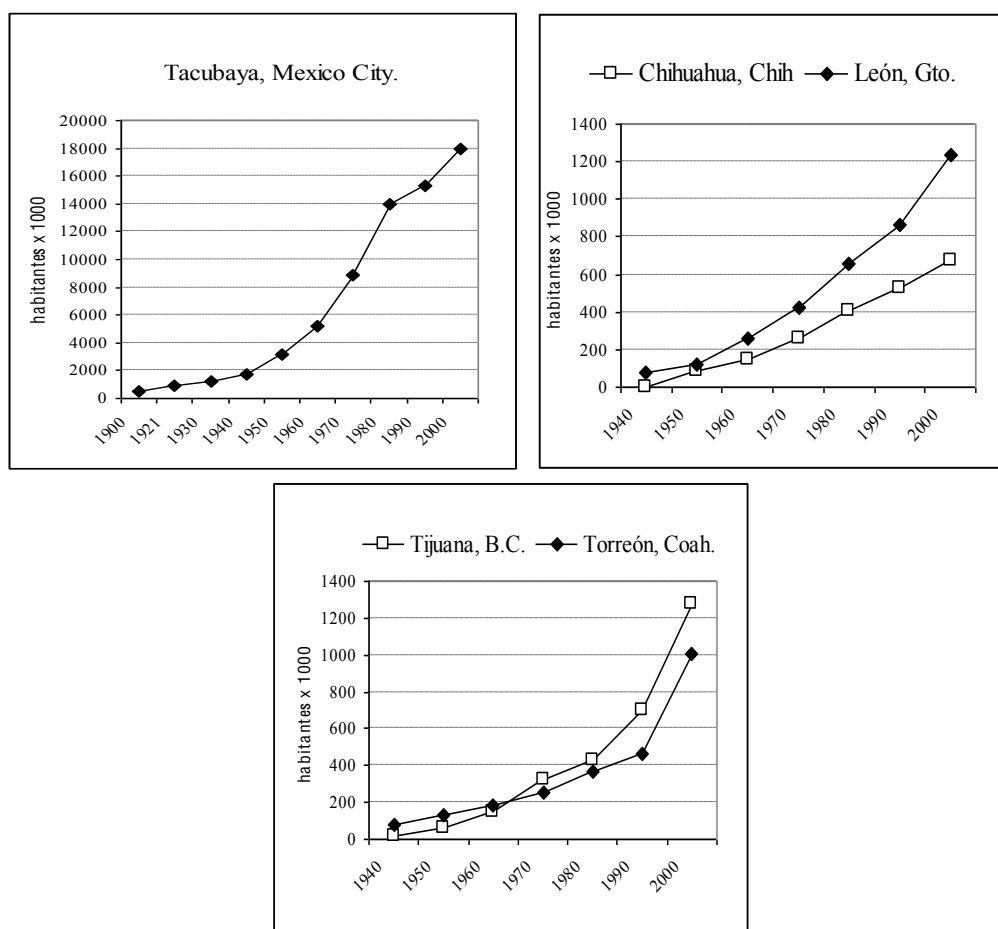


Figura 1. Crecimiento poblacional de cinco ciudades medias y grandes.

POSIBLE IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN CRECIENTE EN EL CAMBIO DE CLIMA TERMAL DE ALGUNAS CIUDADES DE MÉXICO

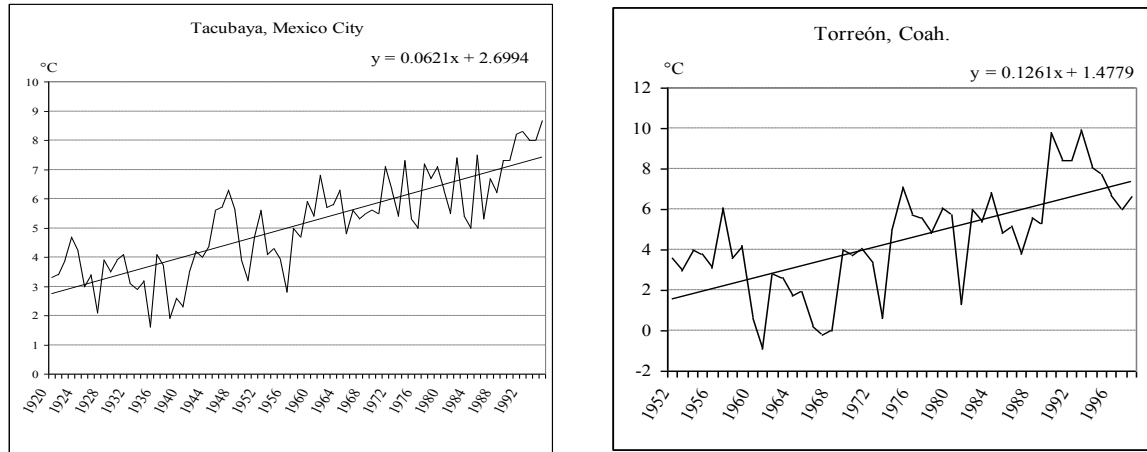


Figura 2. Tendencia de la temperatura mínima anual para algunas ciudades de México.



Fig. 3. Ubicación de estaciones y tendencia (°C/década).

Una vez definido el umbral de las ondas de calor se graficó la frecuencia decadal de dichos fenómenos. La onda de calor se definió como el evento en el cual durante 3 o más días consecutivos la temperatura observada fue de 30°C o más. Para la estimación de los índices bioclimáticos se consideraron las condiciones que se ilustran en las Tablas 1a y 1b.

3. RESULTADOS.

3.1 Tendencia de la temperatura.

Para mejor comprensión, la magnitud de la tendencia de la temperatura se expresó en °C/década. La Tabla 2 muestra la población, tendencia de temperatura y nivel de significancia de ciudades agrupadas de acuerdo al tamaño de la población: a) ciudades grandes (>1 millón) y b) ciudades medias.

Estatura	1.65 m
Sexo	Hombre
Peso	65 kg.
Edad	35 años
actividad	120 W (sedente)

Temperatura (°C)	clo
< 15	1.0
15 – 20	0.8
20 – 23	0.7
23 – 27	0.6
27 – 35	0.5
> 35	0.5

> 10 ⁶	Tendencia °C/década	Periodo	Población año 2000 X 1000	Nivel de significancia %
Tacubaya (D.F.)	0.62	1920-1995	17.942	99.95
Guadalajara	0.74	1920-1997	3.677	99.95
Monterrey	0.27	1960-1986	3.243	<75
Puebla	0.09	1881-2000	2.220	99.95
Tijuana	0.59	1949-1984	1.274	99.5
León	0.59	1959-1998	1.235	99
Torreón	1.2	1952-1998	1.000	99.9
Promedio	0.55			
< 10 ⁶				
Cuernavaca	0.18	1956-1994	705	75
Mexicali	0.40	1951-1980	696*	75
Chihuahua	0.37	1950-1997	677	95
Tampico	0.34	1961-1997	664	90
Zacatecas	0.30	1961-1997	232	90
Guanajuato	0.19	1969-1997	128*	<75
Cd. Obregón	0.85	1961-1998		99.9
Promedio	0.37			

Tabla 2. ESTADÍSTICA DE LA TENDENCIA (°C/DÉCADA), NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y POBLACIÓN DE CIUDADES GRANDES Y MEDIAS DE MÉXICO.

El promedio de la tendencia de la temperatura fue de 0.66 °C/década para las grandes metrópolis (> 1 millón) y un poco menor (0.37 °C/década) para las ciudades medias siendo estos valores claramente más grandes que los 0.07 °C/década atribuido al efecto invernadero en los trópicos.

3.2 Las ondas de calor en la cd. de México.

Para el caso de la Ciudad de México se encontró que las ondas de calor se duplicaron en el periodo 1950-2000 (de 8 eventos a 16 eventos por década) (Figura 4), los meses en que se presentan dichos fenómenos son marzo, abril y mayo. Los datos climatológicos de un periodo corto de 10 años de la estación automática ubicada en el centro antiguo de la capital donde usualmente se ubica el núcleo de la isla de calor permitieron evaluar las condiciones bioclimáticas que prevalecen durante las ondas de calor utilizando los índices de balance

POSIBLE IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN CRECIENTE EN EL CAMBIO DE CLIMA TERMAL DE ALGUNAS CIUDADES DE MÉXICO

energético humano (HOEPPE, 1999; FANGER, 1970) encontrándose que la carga de calor asociada a dichos eventos origina un estrés de moderado a fuerte con posible golpe de calor (Tabla 3), aun cuando se presentan con aire muy seco. De continuar aumentando la frecuencia e intensidad de la isla de calor por la creciente urbanización es posible que el fenómeno de calentamiento del aire urbano en ciudades grandes de México tenderá a intensificarse.

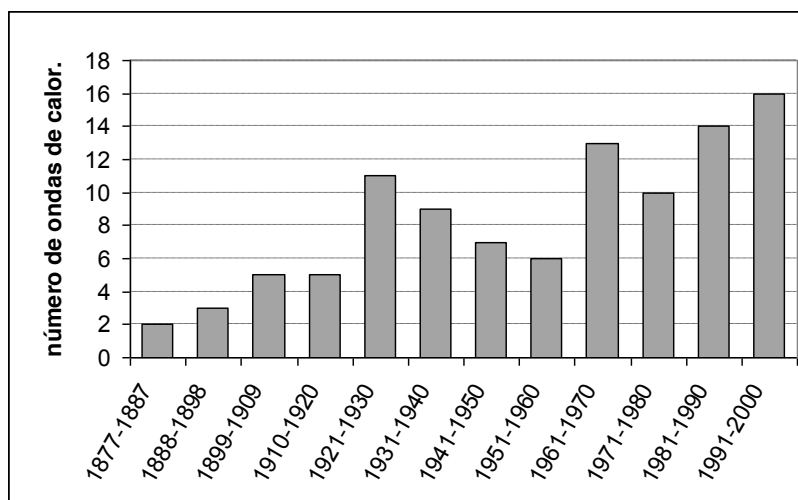


Fig. 4. Número de ondas de calor (30°C tres o más días consecutivos) por década en Tacubaya. Periodo 1877-2000.

Fecha 1998	Hr.	T °C	H.R. %	Viento (m/s)	PMV	PET °C	Sensación térmica	Grado de estrés fisiológico
4/05	16	30.7	13	2.0	2.7	35.6	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
5/05	17	31.4	13	2.5	2.3	31.8	cálido	Posible fatiga en exp. prol.
6/05	17	32.4	12	2.0	2.6	33.8	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
7/05	17	32.6	15	1.1	2.8	35.6	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
8/05	16	32.8	18	3.0	3.3	38.1	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
9/05	17	33.7	13	2.5	3.0	35.7	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
10/05	15	32.4	18	1.7	3.7	41.5	Muy caluroso	Golpe de calor
11/05	14	31.4	18	1.7	3.5	40.4	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
12/05	14	30.7	21	1.7	3.4	39.6	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
13/05	16	31.7	14	3.0	2.9	36.0	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
14/05	15	31	18	3.0	3.0	37.0	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
15/05	17	31.3	12	2.1	2.3	32.2	cálido	Posible fatiga en exp. prol.
16/05	16	30.1	14	1.6	2.7	35.8	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento

Fecha 2003	Hr.	T °C	H.R. %	Viento (m/s)	PMV	PET °C	Sensación térmica	Grado de estrés fisiológico
2/05	17	30.3	11	2.4	1.9	29.8	cálido	Posible fatiga en exp. prol.
3/05	16	30.5	12	2.2	2.6	34.7	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
4/05	17	30.5	11	2.1	2.0	30.5	cálido	Posible fatiga en exp. prol.
5/05	17	32.2	9	1.8	2.5	33.1	cálido	Posible fatiga en exp. prol.
6/05	16	31.0	13	2.3	2.8	35.5	caluroso	Posible golpe de calor, agotamiento
7/05	17	31.5	11	2.1	2.3	32.2	cálido	Posible fatiga en exp. prol.
8/05	16	30.3	16	2.3	2.6	34.8	caluroso	Posible golpe de calor
9/05	15	30.7	15	2.4	3.0	37.1	caluroso	Posible golpe de calor

Tabla 3. CONDICIONES BIOCLIMÁTICAS EN DOS CASOS RECIENTES DE ONDA DE CALOR OBSERVADAS EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

Finalmente, los resultados sugieren que la acelerada urbanización en décadas recientes ha contribuido sustancialmente al calentamiento del aire urbano observado en ciudades grandes de México afectando el confort y salud de la población.

4. COMENTARIOS FINALES.

En el presente trabajo se ha intentado ilustrar el cambio termal del aire observado en ciudades grandes de México en la segunda mitad del siglo XX siendo dicho cambio positivo y generalmente de un nivel de significancia elevado. Se especula que el calentamiento del aire urbano podría estar ligado tanto a la urbanización creciente registrada en dicho periodo como al incremento de la temperatura atribuido al efecto invernadero de escala global.

Como un resultado de la creciente influencia del fenómeno de la isla de calor se ilustra para la cd. de México el incremento en la frecuencia de las ondas de calor observado en décadas recientes así como su impacto estimado con la aplicación de dos índices bioclimáticos de balance energético (PMV y PET).

5. AGRADECIMIENTOS.

El autor agradece a Elda Luyando por la aplicación de las pruebas estadísticas y la aplicación de los índices, a Mario Casasola por el trabajo computacional y a Alfonso Estrada por la elaboración de los mapas.

6. REFERENCIAS

- CHANDLER, T.J. (1976). *Urban Climatology and its relevance to urban design*. WMO Tech. Note No. 149, WMO Geneva.
- CONAPO, 2001. *Consejo Nacional de Población*. Secretaría de Gobernación. México.
- LANDSBERG, H.E. (1981). *The urban Climate*. Academic Press, N. York.
- OKE, T.R. (1982). "The energetic basis of the urbn heat island". *Quart. J. Royal Meteorol. Soc.* 108, 1-21.
- OKE, T.R. (1973). "City size and urban heat island". *Atmos. Environ.* 7, 769-779.
- OKE, T.R. (1993). Global change and urbn climates. Proceed 13th Int. Congress Biometeorology. Sept. 12-18, Calgary, Canadá. 123-134.