

LA ISLA DE CALOR EN TOLUCA, MEX.

Por *Ernesto Jáuregui O.**

RESUMEN

Por medio de una campaña de observaciones se determinan los contrastes térmicos ciudad/campo, en una ciudad de tamaño medio. La intensidad de la isla de calor en Toluca resultó ser de 5°C. Estos resultados concuerdan con la extensión urbana de la ciudad. Se examinan las variaciones estacionales de la isla de calor, así como la variación espacial de la humedad. La creciente contaminación atmosférica que ya se observa en la ciudad, favorece la intensificación de la isla de calor.

SUMMARY

By means of several automobile traverses the heat island of a midsized city in a tropical highland has been determined. The observed 5° temperature contrasts are in agreement with size of urban area. Seasonal variation of the heat island is examined using minimum temperatures. The increasing levels of air pollution are leading to higher frequency of poor visibilities and to an intensification of the heat island.

1. INTRODUCCIÓN

Es sabido que las ciudades tienen, en general, temperatura mayor que sus alrededores. La mayor capacidad calórica de los materiales rocosos de que está hecha la ciudad, tales como muros de piedra, tabique, cemento, los pavimentos de calles y banquetas, etc., hacen que ésta almacene calor más rápidamente que las áreas rurales circundantes. El calor así almacenado en el día lo despiden el área urbana, lentamente, durante la noche. Además, la ciudad es fuente de energía calórica por la multitud de combustiones que se generan por fábricas y vehículos. La generación de calor para fines de calefacción en el invierno es mínima en nuestro

medio, excepto en la región del norte del país donde las temperaturas abajo de 15° son frecuentes en la estación fría. En Toluca, donde por su mayor altitud las temperaturas invernales son ligeramente más frías que en la ciudad de México, se utiliza poco la calefacción de las habitaciones.

Las diferencias térmicas ciudad/campo se acentúan en las noches invernales. Entonces el manto de impurezas que cubre la ciudad absorbe la radiación de onda larga del área urbana y la re-irradia hacia el suelo. Mientras mayor es la ciudad más acentuado será el efecto del contraste térmico ciudad/campo.

Hace algunos años el autor realizó un estudio del clima de la ciudad de México (Jáuregui, 1971) que constituye la más extensa área urbana del país, con más de 400 km². En el pre-

* Investigador del Instituto de Geografía de la UNAM.

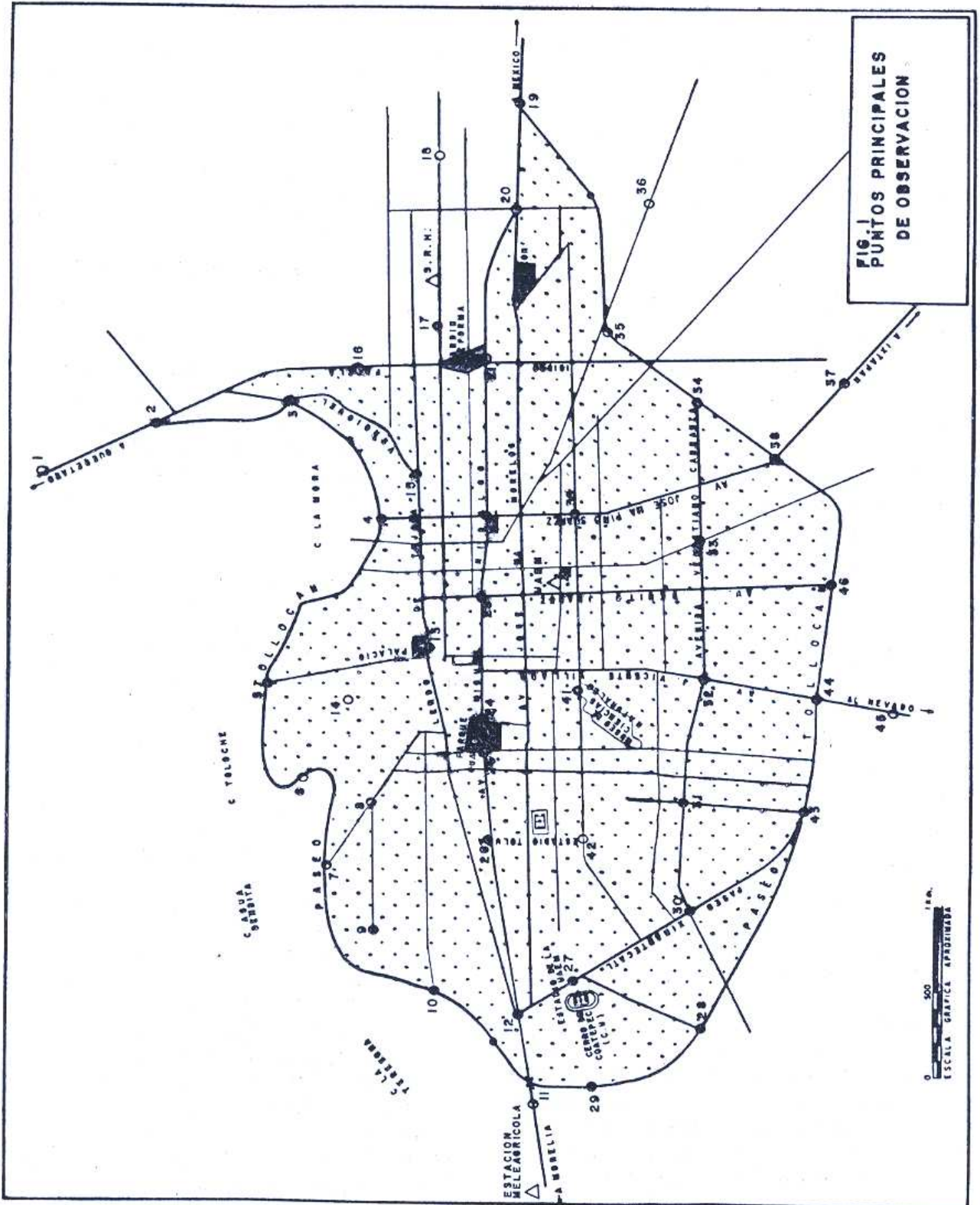


TABLA 1. TEMPERATURA DEL BULBO SECO; HUMEDO; HUMEDAD RELATIVA Y VIENTOS OBSERVADOS EN UN RECORRIDO EN TOLUCA, EL DIA 2 DE FEBRERO DE 1977; de las 10.25 a las 12.42 P. M.

L U G A R	Ts	Th	HR	VIENTO
1. MONUMENTO A ISIDRO FABELA	7.0	5.0	77	
2. PREPARATORIA CUAUHTEMOC	7.1	4.3	69	
3. GLORIETA TOLLOCAN Y R. VERDIGEL	6.9	4.3	71	
4. FUENTE TOLLOCAN Y P. SUAREZ	7.8	4.4	64	
5. BRAVO Y P. TOLLOCAN	7.2	4.0	65	
6. PANTEON TOLLOCAN	6.7	3.9	68	
7. P. TOLLOCAN Y 18 DE MARZO	6.9	3.7	64	C
8. EL ORO Y 18 DE MARZO	7.0	4.1	68	
9. PREPARATORIA IGNACIO RAMIREZ	6.4	4.2	75	C
10. P. TOLLOCAN Y TEXCOCO	6.5	3.9	70	NE-1
11. CARRETERA A MORELIA	5.5	3.1	72	
12. MONUMENTO A LOS "NIÑOS HEROES"	4.9	2.7	73	
13. PALACIO DE GOBIERNO	7.7	4.3	64	C
14. ESCUELA PRIMARIA FORD 42	7.5	4.5	68	
15. LERDO Y RIO VERDIGEL	8.4	5.0	65	
16. NORMAL DEL ESTADO	8.2	5.0	67	
17. ESTACION DEL FFCC	7.9	7.5	95	
18. CFE E INDEPENDENCIA	7.6	6.5	87	
19. MOTEL DEL REY	6.8	5.8	89	C
20. MONUMENTO A LA BANDERA	7.3	5.3	78	
21. JARDIN REFORMA	8.1	5.3	70	
22. HIDALGO Y HUMBOLDT	8.5	5.1	63	
23. M. HIDALGO Y BENITO JUAREZ	8.8	5.2	69	
24. ALAMEDA OTE	8.2	5.2	69	
25. ALAMEDA PTE.	7.8	5.2	71	
26. AV. M. HIDALGO Y AURELIO VENEGAS	7.9	4.9	68	
27. ESTADIO DE LA UAEM	5.1	3.9	85	
28. P. TOLLOCAN Y FRAC. SN. BUENAVENTURA	3.4	3.2	96	
29. GLORIETA TOLLOCAN FRENTE A C. U.	3.6	2.4	82	
30. AV. V. CARRANZA Y P. XINANTECATL	3.5	2.3	84	
31. F. VILLANUEVA Y AV. V. CARRANZA	4.5	2.5	76	
32. P. CALON Y CARRANZA	5.3	2.9	70	
33. MONUMENTO AL MAESTRO	6.4	4.8	84	
34. TERMINAL CENTRAL Y V. CARRANZA	7.5	4.5	68	
35. CLINICA DEL SEGURO SOCIAL	8.1	4.9	65	
36. PREPARATORIA NETZAHUALCOYOTL	7.2	5.0	74	
37. HIPICO, CARRETERA A IXTAPAN	4.3	3.9	95	
38. GASOLINERA YET	4.0	3.5	95	
39. AV. PINO SUAREZ Y GOMEZ FARIAS	7.8	4.6	65	
40. EDIFICIO CENTRAL DE LA UAEM	7.9	4.9	68	
41. PLAZA DE LOS JAGUARES	7.7	5.1	72	
42. ADOLFO CORDERO Y GOMEZ FARIAS	6.8	4.8	77	
43. F. VILLANUEVA Y P. TOLLOCAN	4.2	3.6	94	
44. ESC. DE MEDICINA DE LA UAEM	4.1	3.3	90	
45. CARRETERA AL NEVADO Y P. COLON	2.7	2.5	97	
46. P. TOLLOCAN Y BENITO JUAREZ	5.0	3.6	84	
47. MONUMENTO A ISIDRO FABELA	7.0	4.8	75	

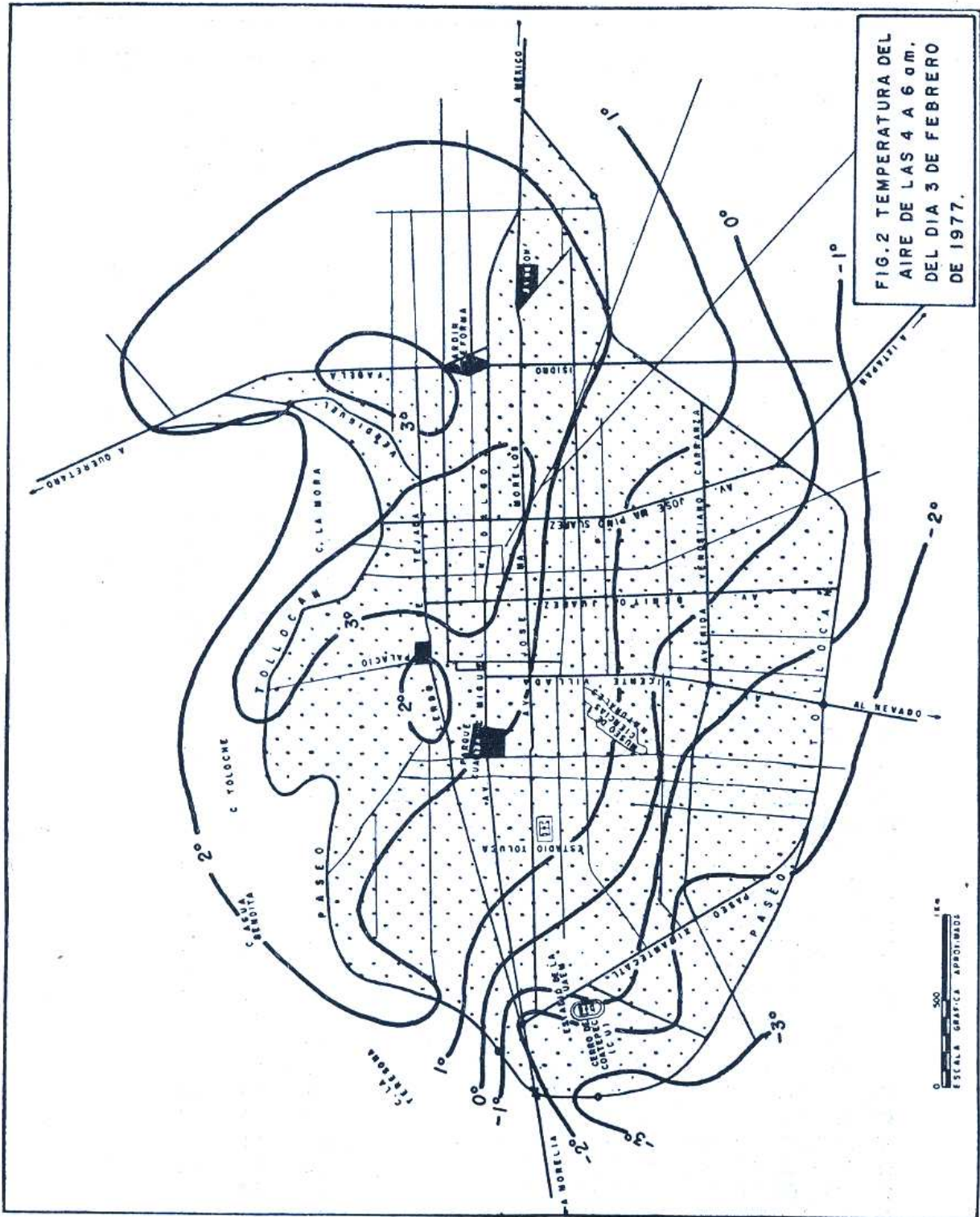


FIG. 2 TEMPERATURA DEL AIRE DE LAS 4 A 6 cm. DEL DIA 3 DE FEBRERO DE 1977.

sente trabajo se intenta medir el grado de alteración que en el campo térmico produce una ciudad de tamaño medio (unos 9 km²) como es la ciudad de Toluca.

2. MÉTODO.

Con objeto de determinar el patrón de distribución horizontal de la temperatura se hicieron recorridos (2) en un automóvil de motor trasero, provisto de un psicrómetro adosado al parabrisas por su lado exterior y a una altura aproximada de 1.20 m sobre el pavimento. Las lecturas del termómetro seco y húmedo se hicieron a cada km de recorrido, deteniendo el vehículo en cada uno de los puntos principales de observación, que fueron 47 (fig. 1). En estos puntos se midió también la intensidad y dirección del viento por medio de un anemómetro de mano y una brújula. El viento fue, en general, muy débil o estuvo en calma (ver tabla 1). En el curso del recorrido se regresó a puntos de control para volver a hacer una segunda lectura. Al final de los recorridos que duraron aproximadamente dos horas, se volvió al punto inicial con objeto de determinar la diferencia de temperaturas entre el inicio y el final de la observación. Esta diferencia (que no fue mayor de 2.4°) se repartió entre el total de los puntos de observación.

Se escogieron los periodos en que la variación en 2 horas, de la temperatura del aire, fuera pequeña, por una parte, y por otra aquellas horas en que el tránsito es reducido y permite mayor rapidez en el recorrido. El número total de puntos de observación, como ya se dijo, fue de 47.

La situación meteorológica que prevaleció en ambos recorridos fue de cielos despejados y aire casi en calma o viento débil.

Esta situación se buscó con objeto de medir la isla de calor en condiciones óptimas de intensidad, ya que con cielos nublados la pérdida de calor por radiación nocturna es menos acentuada (debido a la absorción de radiación de onda larga del suelo por la presencia del vapor de agua). Por otra parte, una circulación vigorosa de los vientos en la capa de aire urbano transporta rápidamente el calor que emite la ciudad, hacia fuera de ésta. Más adelante se examinará este efecto de la humedad del aire en la intensidad de los contrastes térmicos ciudad/campo en Toluca.

3. RESULTADOS.

a) *La isla de calor por la mañana.*

En la figura 2 se muestra la distribución de la temperatura del aire en Toluca, el 3 de febrero de 1977, entre 4 y 6 h.

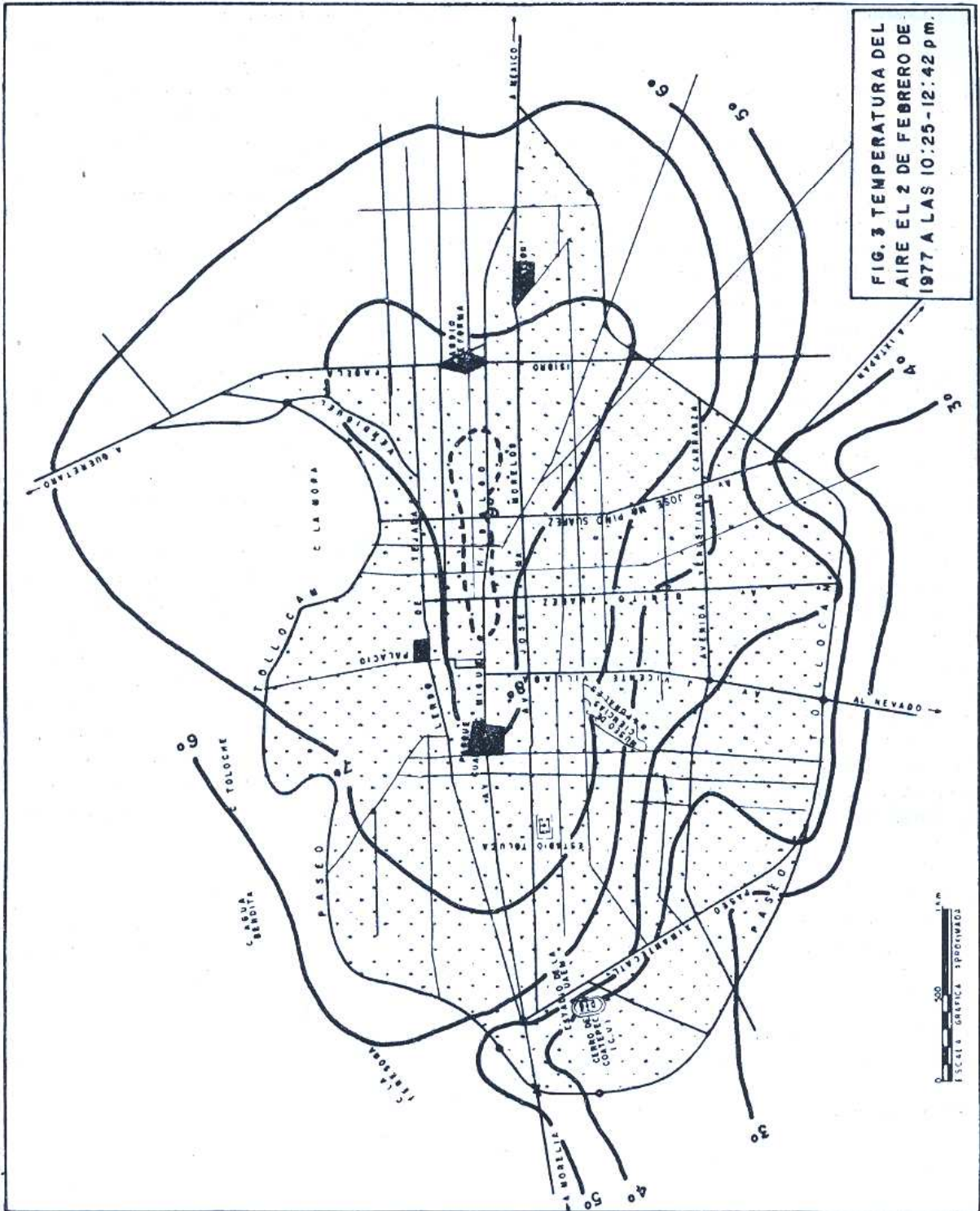
Las áreas urbanas más tibias se localizan en la mañana en el centro cívico y comercial de Toluca que se encuentra al norte del centro geométrico de la ciudad. Este desplazamiento hacia el norte, del centro de la isla de calor, se debe quizá, por una parte, a la protección que contra los vientos del cuadrante norte ofrecen los cerros de Agua Bendita, Toloche y Mora que bordean por ese flanco a la ciudad y, por otra, a que cerca de ahí está la mayor densidad de edificios. La temperatura del aire varió de 3° por el Paseo Tollocan, al pie de los cerros mencionados, a -2° y -3° en el borde sur y poniente que resultaron ser las zonas más frías de la ciudad.

b) *La isla de calor por la noche.*

En la fig. 3 se muestra la distribución de las temperaturas durante la noche despejada del 2 de febrero de 1977, entre las 10.30 y las

Tabla 2. RELACIÓN ENTRE LA ISLA DE CALOR Y EL TAMAÑO DEL ÁREA URBANA.

CIUDAD	HAB. (aprox.)	Extensión aprox. km ²	Intensidad de la isla de calor	Fuente
México	12 000 000	400	12	Jáuregui (1974)
Puebla	401 000	30	6	Gäb, (1976)
Toluca	239 270	12	5	—
San José, Calif.	240 000	25	5	Duckworth y Sandberg(1954)



12:30 aproximadamente. Aquí el eje de la isla de calor se encuentra algo desplazado hacia el sur respecto a la posición que ocupó en la observación de la mañana. La máxima temperatura se observó a lo largo de la Av. Hidalgo, siendo de 8.5°. Nuevamente las temperaturas más bajas (de 3°) se observaron en los suburbios del sur de la ciudad, donde el terreno es llano. También aquí el centro de la isla de calor se encuentra algo al norte del centro geométrico de la ciudad, entre los parques Cuauhtémoc y Reforma. Este eje corresponde también al del área más densamente construida de Toluca. Este resultado coincide con los obtenidos por el autor, para la ciudad de México (Jáuregui, 1971), y por otros autores (Duckworth y Sandberg, 1954; Gäb, 1976); es decir, que el valor máximo de la isla de calor se localiza casi siempre en aquella área de la ciudad donde se encuentra la mayor densidad de edificios elevados.

c) *Intensidad de la isla de calor.*

Como ya se dijo, la magnitud de los contrastes ciudad/campo está relacionada con su tamaño; mientras más extensa la ciudad, mayor cantidad de fuentes (fijas y móviles) de calor tendrá; consecuentemente aumentarán proporcionalmente a su tamaño los niveles de contaminación y, por tanto, la isla de calor será más acentuada. Esto puede apreciarse en la tabla 2. El aumento de la intensidad de los contrastes

térmicos ciudad/campo no guarda relación lineal con el tamaño del área urbana ya que existen otros factores como el clima y la topografía que hacen más compleja dicha relación. En todo caso, se puede esperar que a medida que la ciudad de Toluca crezca en extensión y en densidad de sus construcciones, la isla del calor irá gradualmente acentuándose. Si la contaminación atmosférica aumenta en forma drástica su influencia se reflejará en la intensificación de la isla de calor

d) *Variación estacional de la isla de calor.*

En la tabla 3 aparecen los contrastes térmicos promedio ciudad/campo obtenidos entre el observatorio meteorológico ubicado en la Universidad del Estado, en el centro de la ciudad, y las estaciones climatológicas de la Sría de Recursos Hidráulicos (S.R.H.) y la Estación Meleagrícola (E.M.) que se encuentran, respectivamente, al este y oeste de la ciudad.

Las diferencias térmicas del observatorio con la estación S.R.H. son pequeñas (hasta 1.1° C) comparativamente con las correspondientes a las del observatorio y la E.M., ya que esta última se encuentra francamente fuera del área urbana de Toluca, mientras que la estación de la S.R.H. está todavía en los suburbios. En todo caso, ambas diferencias acusan una variación estacional. Los contrastes térmicos ciudad/campo alcanzan un máximo en la estación invernal (fig. 4) y son de 4° a 5° C, por pro-

Tabla 3
Temp. mínimas e intensidad de la isla de calor en Toluca

Mes	Obs.			Mes	Obs.		
	U.A.E.M.	S.R.H.	Dif.		U.A.E.M.	E. M.	Dif.
E	2.8	1.8	1.0	E	2.8	-2.0	4.8
F	3.2	2.1	1.1	F	3.2	-2.2	5.4
M	6.6	5.9	0.7	M	6.6	0.9	5.7
A	8.1	7.4	0.7	A	8.1	4.2	3.9
M	9.6	8.7	0.9	M	9.6	5.6	4.0
J	10.2	9.9	0.3	J	10.2	7.0	3.2
J	9.9	10.0	-0.1	J	9.9	8.8	1.1
A	9.1	8.9	0.2	A	9.1	7.1	2.0
S	9.8	9.4	0.4	S	9.8	7.5	2.3
O	9.1	9.0	0.0	O	9.1	6.0	3.1
N	6.3	6.3	0.0	N	6.3	3.2	4.1
D	6.0	5.5	0.5	D	6.0	1.7	4.3

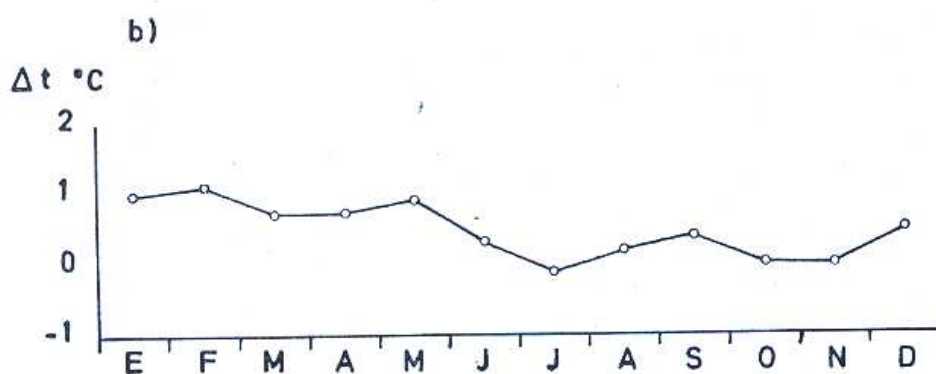
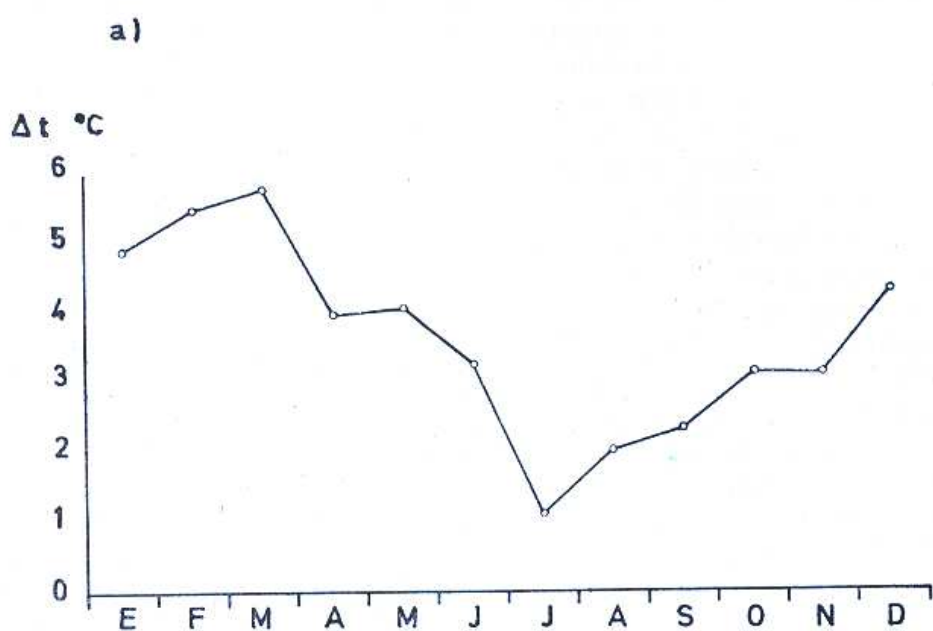
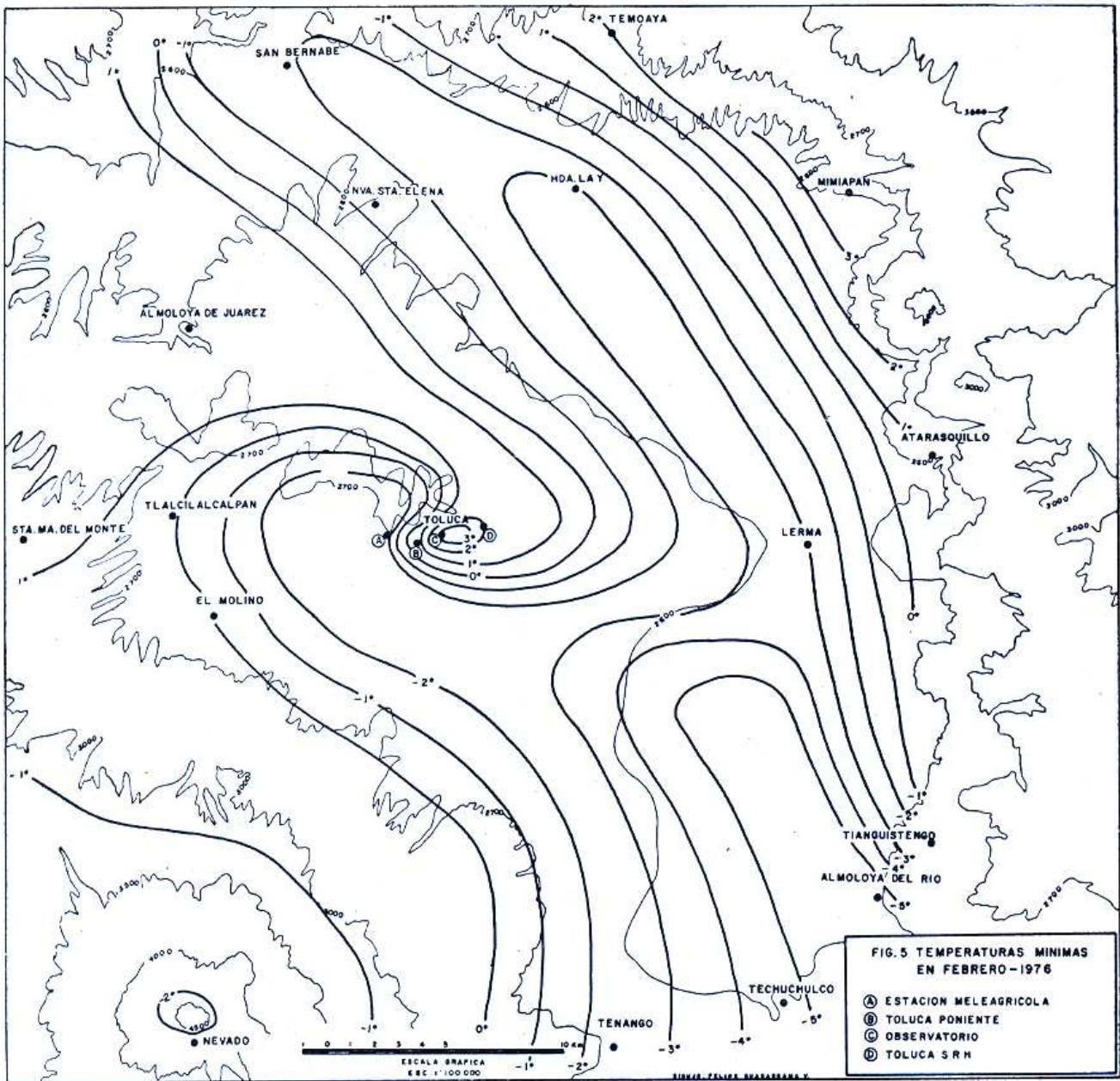


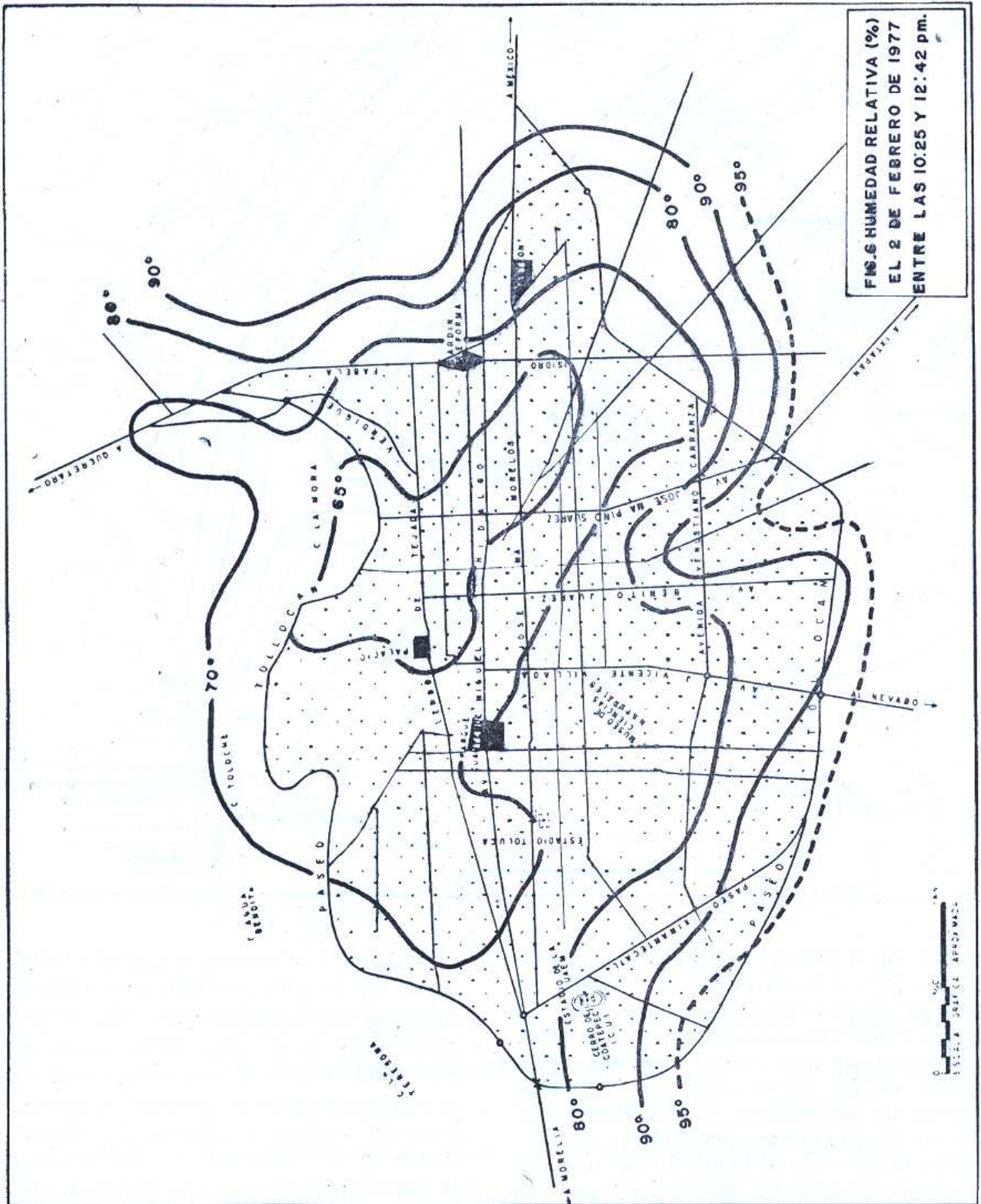
FIG.4 DIFERENCIAS MEDIAS DE TEMPERATURAS MINIMAS MENSUALES ENTRE EL OBSERVATORIO DE LA UAEM Y 2 ESTACIONES PERIMETRALES: MELEAGRICOLA SAG a) Y OFICINA SRH b) DE LA CIUDAD DE TOLUCA EN EL AÑO DE 1976



medio, en el periodo de diciembre a marzo. Este es el periodo en que el enfriamiento del aire por radiación nocturna en el valle da origen a una frecuencia elevada de inversiones. Las impurezas que flotan en el aire de la ciudad quedan concentradas en el limitado espesor de la inversión, contribuyendo a aumentar el contraste térmico ciudad/campo.

Con el aumento de humedad que traen las lluvias y los nublados, las temperaturas nocturnas son menos bajas y, consecuentemente, los contrastes con las áreas rurales disminuyen, por promedio, a 2° o 3° C en Toluca.

En la fig. 5 se muestra la extensión relativa de la isla de calor de Toluca en el ámbito del valle. Aquí aparece como una pequeña perturbación en el campo de la temperatura, pues hasta la fecha el área urbana de Toluca es comparativamente pequeña con respecto a la extensión total de la planicie. No ocurre lo mismo en el vecino valle de México, donde la extensión de la capital ha llegado a ocupar un área considerable del área de la planicie, produciendo una perturbación térmica, consecuentemente, mayor.



**FIG. 6 HUMEDAD RELATIVA (%)
EL 2 DE FEBRERO DE 1977
ENTRE LAS 10:25 Y 12:42 PM.**

e) *Distribución de la humedad relativa.*

En la fig. 6 aparecen los resultados de la medición de la humedad relativa en Toluca la noche del 2 de febrero de 1977. Como era de esperarse, la mínima humedad relativa (65%) se registró en el área de máxima temperatura de la isla de calor; es decir, en el centro cívico y comercial donde se genera la mayor cantidad de calor. La humedad aumenta rápidamente hacia la periferia, pero especialmente hacia el sur, alcanzándose ahí hasta un 95% de humedad.

4. RESUMEN

Con objeto de determinar los contrastes térmicos ciudad/campo en una población de tamaño medio se realizó una campaña de mediciones psicrométricas en la ciudad de Toluca, por medio de recorridos en un automóvil instrumentado. Los resultados revelan que los contrastes térmicos observados (de 5°) están de acuerdo con la extensión urbana de la ciudad, siendo menores que los reportados por el autor, para la ciudad de México, y por Gäb para la ciudad de Puebla, ciudades de extensión mucho mayor

La isla de calor muestra una variación estacional en Toluca, que es más acentuada en la época de secas cuando prevalece el llamado clima de radiación con cielos despejados. Con la llegada de la estación lluviosa aumenta la humedad ambiente y se reducen los contrastes térmicos entre la ciudad y las áreas rurales circundantes.

La humedad relativa es mínima en el corazón de la isla de calor, aumentando gradualmente hacia el perímetro de Toluca. La creciente contaminación atmosférica, que ya se aprecia a simple vista en la estación de secas, favorece también la intensificación de los contrastes térmicos ciudad/campo en Toluca.

5. RECONOCIMIENTO

El autor agradece la participación de los ayudantes de investigador Francisco Cruz y Juan Vidal, que colaboraron en la realización de los recorridos en automóvil. El señor Juan Vidal se encargó, además, del procesamiento de datos climáticos de Toluca y elaboración de las figuras. La Sra. A. Casas hizo el trabajo estenográfico.

BIBLIOGRAFÍA

- Duckworth, F. y J. Sandberg (1954). "The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients". *Bull. Amer. Meteor. Soc.* Vol. 35, 5; 198-208.
- Gäb, G. (1976). *Untersuchungen zum Stadtklima von Puebla*, disertación doctoral. Instituto Geográfico de Bonn, Bonn Alemania Federal.

- Jáuregui, O. E. (1971). *Mesomicroclima de la ciudad de México*. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Jáuregui, O. E. (1974). "Las investigaciones sobre clima urbano y contaminación del aire en Alemania Federal". *Boletín 5*, Instituto de Geografía, UNAM. México.