



ISLA DE CALOR URBANA. EL CASO DEL ÁREA METROPOLITANA DE LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA: CARACTERIZACION Y REPRESENTACION

Correa E. N.¹, De Rosa C.², Lesino G.³

^(1,2) Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. LAHV-INCIHUSA-CRICYT-CONICET
Av. Ruiz Leal s/n. Parque Gral. San Martín. 5500 Mendoza. Tel 0261 4287370.

Fax: 0261 4287370 E-mail: ecorrea@lab.cricyt.edu.ar

⁽³⁾ INENCO - Instituto de Investigaciones en Energías No Convencionales – U.N.Sa.– CONICET.
Universidad Nacional de Salta. Avda. Bolivia 5150 – CP 4400 – Salta Capital – Argentina. Tel. 0387-4255424 – Fax 0387-4255489 E-mail: lesino@unsa.edu.ar

RESUMEN

La formación de la isla de calor urbana está estrechamente vinculada al proceso de explosión demográfica que se produjo durante las últimas décadas y que trajo aparejada la expansión urbana a expensas del campo o de áreas ocupadas por vegetación natural. Desde la década de los setenta se realizan en Europa y América del Norte proyectos sobre clima urbano y metropolitano de muchas ciudades y aglomeraciones que han conducido a nuevos puntos de vista en la ecología urbana. Sin embargo en los países en vías de desarrollo son escasas las series de datos y la información. En este trabajo se muestran los resultados de un estudio cuyo objetivo es caracterizar la intensidad de isla de calor urbana en el Área Metropolitana de la provincia de Mendoza, Argentina. Esta investigación se basa en mediciones móviles y estacionarias, durante un año, de la temperatura del aire, la dirección y velocidad del viento y la humedad, a lo largo de 9 transectas que cubren las direcciones principales de desarrollo de la ciudad. Los resultados muestran que el desarrollo de la isla de calor es más frecuente y de mayor intensidad durante la noche, alcanzando valores máximos de 6 °C.

ABSTRACT

The heat island intensity is proportional to the degree of urbanization. Rapid urbanization has replaced natural land with artificial surfaces in most cities around the world with undesirable thermal impacts. The modifying effects which a city's surface may have on its climate have been widely documented in Europe and North America's countries since 70's decade; on the contrary, in developing countries of Latin America the studies are still reduced to data series and descriptive information. This paper presents the results of a study aimed at characterizing the urban heat island's intensity in the Metropolitan Area of the city of Mendoza, Argentina. The research is based in stationary and mobile measurements, during one year, of: air temperature, wind direction and velocity and humidity, along 9 transects, in close coincidence with the city's development. The results indicate that the development of the heat island effect is more frequent and intense during the night time hours, reaching maximum values of 6°C.

1. INTRODUCCIÓN

La caracterización de la isla de calor urbana es información fundamental para evaluar el incremento de los consumos energéticos y la contaminación ambiental vinculados al fenómeno de la urbanización, a

¹ Becaria Doctoral CONICET.

² Investigador CONICET.

³ Investigadora CONICET.

partir de su análisis y diagnóstico es posible desarrollar una planificación estratégica del crecimiento de la ciudad, que permita en el corto y mediano plazo mitigar los efectos de la ciudad sobre el clima de la región y sus consecuencias sobre el medioambiente y la calidad de vida de los pobladores urbanos.

Estudios llevados a cabo en la última década que correlacionan el consumo de energía con el efecto de isla de calor han observado que para ciudades con más de 100 000 habitantes los consumos de energía en las horas pico se incrementan 1.5 a 2% por cada grado que se incrementa la temperatura (AKBARI et al, 1992). Además propicia el aumento de la contaminación ambiental en dos formas: de un modo directo dado que mayores temperaturas urbanas funcionan como catalizador de las reacciones de los gases de combustión presentes en la atmósfera generando mayor cantidad de smog; la producción de smog aumenta un 5% por cada 0.5 grado °C que se incrementa la temperatura máxima diaria por encima de los 20 °C; y de un modo indirecto pues el aumento de consumo de energía hace que las plantas generadoras de energía eléctrica liberen mayores cantidades de gases de combustión (CO₂, CO, NO_x, SO_x, vapor de agua y metano); gases responsables del calentamiento global o efecto invernadero y la lluvia ácida entre los efectos ambientales más conocidos.

La contaminación atmosférica compromete la salud de la población debido a que el nivel creciente de ozono o smog a nivel del suelo causado por las altas temperaturas ambientales junto con la contaminación atmosférica, irrita los ojos, agrava el asma, y puede causar daño permanente al pulmón. Por lo tanto bajar la temperatura ambiente dentro de la ciudad a partir de medidas urbanas para reducir la isla de calor, disminuye la cantidad de smog acumulado y protege la salud humana. La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. estima que 5 a 20 por ciento de la población son especialmente susceptibles a los efectos dañosos de la contaminación atmosférica del ozono.

La formación de la isla de calor urbana está estrechamente vinculada al proceso de explosión demográfica que se produjo durante las últimas décadas y que trajo aparejada la expansión urbana a expensas del campo o de áreas ocupadas por vegetación natural.

Desde la década de los setenta se realizan en Europa y América del Norte proyectos sobre clima urbano y metropolitano de muchas ciudades y aglomeraciones que han conducido a nuevos puntos de vista en la ecología urbana (OKE, 1982; JÁUREGUI, 1986).

En el área metropolitana del Gran Mendoza, la quinta aglomeración en importancia dentro de la República Argentina, la población urbana ha crecido un 14% durante la última década; este incremento ha obligado a una expansión prácticamente incontrolada tanto horizontal como vertical del paisaje urbano, los problemas que eso produce a sus habitantes, han quedado sin ser investigados y documentados con rigurosidad.

La ciudad cuenta además con un clima local especial, debido a la acción del hombre, que ha originado un oasis artificial al pie de la Cordillera de los Andes, con una importante forestación del área urbana, pero cómo y dónde se manifiestan las ventajas y desventajas del clima urbano aún no se ha analizado con profundidad en la provincia (ENDLICHER, 1999).

Los resultados que se presentan en este trabajo forman parte de un proyecto de investigación financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación, el mismo tiene por objeto no solo relevar y caracterizar el efecto para el área metropolitana de la provincia sino también evaluar y cuantificar la influencia de los factores climáticos, topográficos, espaciales y edilicios, a fin de diagnosticar la situación actual y proponer estrategias de desarrollo ambientalmente conscientes.

2. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La provincia de Mendoza se encuentra situada al oeste de la Argentina, limitando con Chile, entre los 32° y 37° de latitud sur, es una provincia mediterránea, que dista 1000 km del océano Atlántico y solo 170 km del Pacífico. Del primero la separa una extensa planicie salpicada de macizos antiguos con alturas medias a bajas y del segundo la Cordillera de los Andes. El área de estudio comprende el área metropolitana de la provincia conocida como “El Gran Mendoza”, con más de 900 000 habitantes (aproximadamente el 65% de la población total de la provincia vive y trabaja en esta zona) es la quinta aglomeración de la república Argentina y está compuesta por los departamentos de Capital, Godoy

Cruz, Las Heras, Maipú, Luján y Guaymallén. Situada al norte de la provincia de Mendoza con una extensión de 148 827 km², el aglomerado se extiende en un piedemonte conformado por un extenso glacis y su playa que se desarrolla al oriente de un macizo antiguo que se denomina Precordillera, el perfil oeste-este del área metropolitana desciende desde los 950 m de altura hasta 680 m al este, y el perfil norte-sur crece desde 704 m hasta 900 m de altura en el sur, en la figura 1 se muestra las isolíneas de altitud cada 50 m para la provincia de Mendoza y dentro de ellas donde se encuentra emplazada la ciudad y los puntos donde fueron recolectados los datos para el estudio.

Se trata de un espacio inconfortable cuya característica principal es la sequedad, la elevada heliofanía y la escasa frecuencia e intensidad de los vientos, exceptuando el zonda (Föhn mendocino). Las condiciones climáticas regionales están dadas por escasas precipitaciones distribuidas irregularmente, exclusivamente en verano que se producen por la acción conjunta del Anticiclón semipermanente del Atlántico Sur y de la depresión del NW. Los inviernos son fríos y secos con predominio de tiempo estable y sin viento. Estas características más una anomalía térmica positiva en altura y las frecuentes inversiones de temperatura son condiciones óptimas para la contaminación atmosférica.

Todas estas condiciones han contribuido a la formación de la isla de calor que en ciertos sectores de la ciudad es más acentuada que en otros dependiendo de su posición respecto al sentido de las brisas locales, la densidad de edificación, etc.

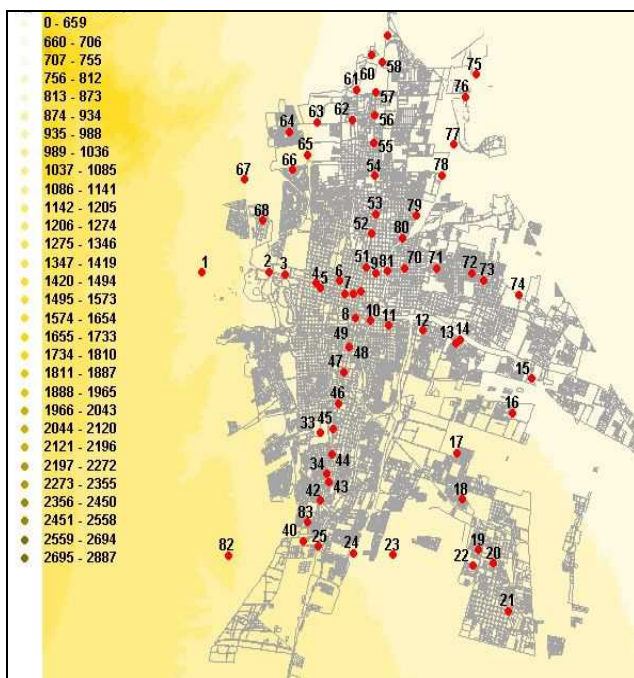


Figura 1. Estaciones de medición y cotas AMM

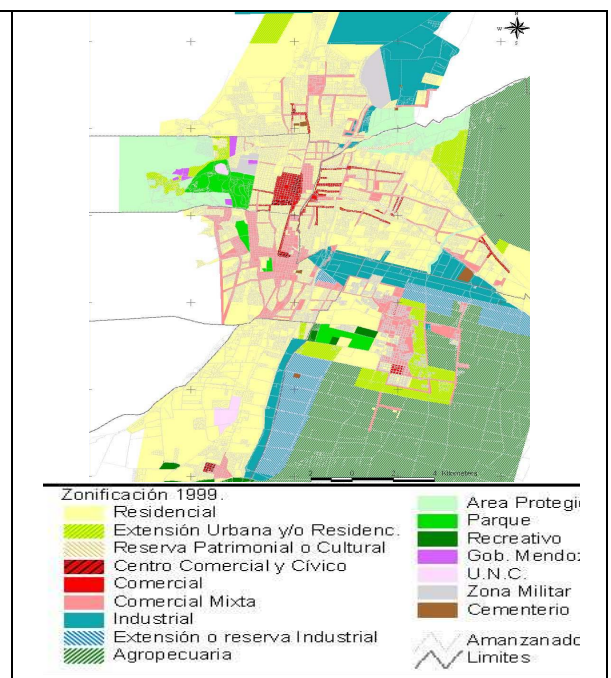


Figura 2. Zonificación AMM

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Las diferencias más importantes entre el clima urbano y rural que tienen efecto sobre el confort humano son la temperatura del aire y la velocidad del viento cerca de la superficie del suelo. Estas diferencias son causadas por las modificaciones en el balance radiativo del espacio urbano, el intercambio convectivo entre el suelo y los edificios, el caudal de aire que fluye sobre ellos y la generación de calor antropogénico dentro de las ciudades (GIVONI, 1998). Una distinción muy importante debe hacerse entre el cañón de aire urbano y la capa límite sobre el espacio de la ciudad (o domo de aire urbano). Oke (1976) enfatiza que el cañón urbano es un concepto de micro-escala, es decir las condiciones climáticas específicas en cualquier punto dado del cañón están determinadas por la naturaleza de los alrededores inmediatos. En particular, los materiales, geometría y propiedades superficiales de las estructuras alrededor de un determinado lugar modifican las condiciones del clima ambiente local.

El confort urbano y el consumo de energía de los edificios dependen de las condiciones climáticas locales dentro del cañón urbano, es por ello que esta investigación se ha basado en mediciones

móviles dentro del área metropolitana de Mendoza (AMM), las variables medidas son: temperatura del aire, dirección y velocidad del viento y humedad. El método de mediciones móviles a lo largo de transectas es seguramente el método más empleado para la observación de la intensidad de la isla de calor y se encuentra validado a nivel internacional desde hace más de una década (YAMASHITA et al.1994; UNGER et al, 2001).

El periodo observado comprende desde mediados del mes de marzo del año 2004 hasta marzo 2005; con una periodicidad semanal, y tres recorridos diarios, el primero inicia a las 6:00 AM , meridiano -3, el segundo aproximadamente a las 13:00 PM y por último a las 20:00 PM. Las medidas móviles son comparadas con una red de medidas fijas que está compuesta por tres estaciones meteorológicas que operan en la ciudad y que dependen del Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina, dos de las cuales se encuentran en los alrededores de la ciudad ubicadas al N y S respectivamente, y la tercera se encuentra emplazada en la zona central dentro del Parque General San Martín (el área forestada más importante y cercana al centro de la ciudad).

Las mediciones móviles se realizan a lo largo de 9 transectas que cubren las direcciones principales de desarrollo de la ciudad, con un recorrido total de aproximadamente 160 Km, cada recorrido está compuesto por 69 puntos de medición identificados a lo largo de las transectas seleccionadas. La Fig. 1 muestra la disposición de las estaciones móviles dentro del área metropolitana. Las medidas de temperatura se toman mediante dos sensores de tipo termistor TMC6-HB, precisión +- 0.4 a 20 °C y resolución 0.2 a 20 °C y se almacenan en data logger del tipo HOBO H8 con 4 canales externos, los sensores se hallan colocados sobre una parrilla en el techo del vehículo a una altura aproximada de 1,5 m y protegidos dentro de un tubo de PVC blanco con el fin de evitar que sean irradiados durante las horas de sol. Para la asignación de la temperatura final que corresponde a un punto de medición se toma como decisión optar siempre por la menor, dado que se ha contrastado el comportamiento de ambos sensores a lo largo de varios días y se observa que en horas de la noche sus medidas coinciden exactamente, lo que hace suponer que durante las horas de sol el incremento de uno respecto al otro es por irradiación. La humedad se mide mediante un termohigrómetro de película polimérica y la velocidad del viento promediada en un minuto, a una alturas de 1.5 m mediante un anemómetro de hilo caliente.

Los datos de temperatura, humedad, velocidad y dirección de viento para cada uno de los días medidos y en los tres horarios se han representado cartográficamente mediante el software para sistemas de información geográfica ArcView3.2. Los datos correspondientes a la diferencia entre cada estación dentro de la trama urbana y el punto de referencia tomado en las afueras de la ciudad (intensidad de la isla de calor) se han interpolado con los de las transectas cercanas, de modo que el defasaje horario que los separa no supere la hora y media, las interpolaciones se han llevado a cabo mediante el método IDW (inverso de la distancia), que versus el método Krigging Universal y el Spline, ha demostrado ser el más adecuado ya que es el método que minimiza el error cuadrático medio. En el método de interpolación gravitacional o inversa de la distancia (IDW), Eq.01, cada punto muestral ejerce una influencia sobre el punto a determinar que disminuye en función de la distancia. Así cada punto vecino contará con un “peso” en la determinación de la temperatura del punto a interpolar, que será mayor cuanto más cerca se encuentre, siguiendo el principio de correlación espacial, Eq.02

$$Z(p_0) = \sum_{i=1}^n w_i * Z(p_i) \quad [\text{Eq.01}]$$

$$\text{siendo los pesos, } w_i = \frac{1/d_i^p}{\sum_{i=1}^n 1/d_i^p} \text{ y la suma igual a 1, } \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad [\text{Eq.02}]$$

Según Declercq (1996) el valor del exponente (p) igual a 2 es el que genera mejores resultados empíricos y requiere menores requerimientos computacionales. En general, el valor más adecuado será aquel que minimice el EMC (error medio cuadrático). Para favorecer los cálculos, el número y la distancia a los puntos vecinos a tener en cuenta, tiene que obviar aquellos demasiado alejados, y restringirlos a un número determinado. Consideramos un radio variable, con un límite máximo de 2000 m y un número de 12 puntos para el análisis.

Los mapas se han trazado para distintos sectores de la ciudad, el sector NO, el Sector NE y el sector sur, dado la diferencia horaria entre los puntos medidos en estos cuadrantes que hace imposible el mapeo global del área metropolitana completa que represente la realidad.

En un principio se pensaba ajustar todas las mediciones correspondientes a un periodo (mañana, tarde y noche) a una misma hora usando como criterio sumar o restar del valor medido a un determinado horario el incremento correspondiente a la curva horaria de temperatura de las estaciones fijas tomadas como referencia, usando como parámetro la altura a nivel del mar a la que se encuentra el punto evaluado con respecto a la altura de la estación de referencia. Cuando se compararon los comportamientos de las curvas de los distintos puntos o estaciones este criterio fue descartado debido a que las formas de las curvas horarias de temperatura de las estaciones de referencia es muy diferente a las de los puntos dentro de la ciudad, esto sin duda se debe a varios factores entre los más importantes se observa el efecto de inercia de la ciudad.

4. RESULTADOS OBTENIDOS. INTERPRETACIÓN

La Tabla 1 muestra para cada uno de los días de monitoreo las condiciones meteorológicas promedio para ese día, de nubosidad y velocidad del viento, los datos registrados corresponden a dos estaciones meteorológicas fijas en la ciudad, Estación Aeropuerto (A) y Estación Observatorio (O). En ella puede verse además el número ordinal asignado al día de la medición a fin de poder relacionar las figuras que se suceden.

Tabla 1. Días de observación y condiciones meteorológicas promediadas para cada día de monitoreo.

	Nº	Fecha	Nubosidad (A)	Nubosidad (O)	Veloc. Viento (A)	Veloc. Viento (O)		Nº	Fecha	Nubosidad (A)	Nubosidad (O)	Veloc. Viento (A)	Veloc. Viento (O)
O	1	29/03	4	5	5,1	3,4	P r i m a v e r a	23	20/09	1	1	1,9	1,0
	2	05/04	3	3	1,1	0,5		24	22/10	3	3	2,5	1,9
	3	12/04	3	3	1,3	0,4		25	01/11	1	1	1,9	1,2
	4	19/04	5	5	2,1	0,9		26	08/11	5	5	1,8	0,7
	5	26/04	0	1	0,6	0,5		27	15/11	3	4	2,6	1,3
	6	03/05	8	8	5,1	3,6		28	29/11	4	3	3,6	2,3
	7	10/05	2	3	1,7	0,9		29	06/12	5	5	2,8	1,5
	8	31/05	5	5	0,6	0,3		30	13/12	3	2	1,7	1,0
	9	07/06	1	0	0,9	0,4		31	20/12	1	1	2,4	0,9
	10	14/06	4	3	1,4	0,8		32	27/12	4	3	1,3	0,4
I n v e r n o	11	22/06	2	3	1,0	0,7	V e r a n o	33	30/12	3	3	2,0	1,4
	12	28/06	0	0	1,5	0,1		34	10/01	4	3	1,4	0,8
	13	05/07	0	0	0,9	0,4		35	17/01	3	3	2,0	1,7
	14	12/07	3	2	1,4	0,8		36	24/01	3	2	3,2	1,6
	15	19/07	3	4	1,3	0,7		37	03/02	0	0	1,5	0,5
	16	26/07	7	7	1,6	0,4		38	07/02	4	4	2,6	1,6
	17	02/08	3	2	1,8	0,2		39	21/02	6	6	2,1	0,9
	18	16/08	8	8	3,1	1,8		40	28/02	6	6	5,3	2,2
	19	23/08	0	0	1,7	0,7		41	07/03	4	4	3	2,9
	20	30/08	0	0	0,9	1,1		42	14/03	0	0	1,4	0,9
O	21	06/09	3	4	6,1	4,4	43	21/03	7	7	2,6	1,6	
	22	13/09	1	0	1,3	0,8							

Los datos relevados durante la campaña de mediciones han sido procesados de distintas maneras con el objeto de representar claramente el comportamiento de los perfiles horizontales de temperatura dentro del área urbana. En las Figuras 3, 4, 5 y 6 puede verse para cuatro (N; S; E y O) de las 9 transectas evaluadas, cual ha sido la magnitud de la isla de calor urbana para los tres periodos del día considerados, (mañana, tarde y noche). El valor de esta magnitud se ha obtenido restando del valor de temperatura registrado en el centro de la ciudad el valor de la temperatura registrada en el punto extremo que corresponde a la transecta evaluada, es decir el punto tomado como referencia en las afueras de la ciudad (testigo) para cada dirección evaluada. Por ejemplo para transecta norte el valor de p50 menos p59. Del análisis de las figuras se observa que el fenómeno de la isla de calor urbana para el área metropolitana de Mendoza se produce con mayor frecuencia durante las horas de la mañana y de la noche, presentándose el efecto durante la tarde de manera menos frecuente. En la transecta centro-norte se registran los valores más altos durante el lapso de fines de mayo a principios de setiembre, es decir la estación fría y seca, alcanzando intensidades próximas a los 6 °C, es

distintivo respecto de otros estudios la presencia del fenómeno durante la mañana, se observa un desarrollo positivo y de la misma intensidad que el fenómeno nocturno; en el sentido norte, oeste y sur de la ciudad, esto responde al hecho de que para estas transectas los puntos testigo en las afueras de la ciudad se encuentran o bien en lugares densamente vegetados, como es el caso de la transecta oeste cuyo testigo se encuentra en las afueras del parque General San Martín; (ver figura 2) el parque más importante de la ciudad; o el caso de la transecta norte, caracterizada por enormes espacios abiertos cubierto de pastizales y en un bajo, que siempre destaca por su alto contenido de humedad; en el caso de la transecta sur el testigo se encuentra en el pedemonte, sobre la zona de influencia de un corredor de transporte, de grandes superficies de concreto expuestas, pero hay que hacer dos salvedades, la diferencia de altura , aproximadamente 150 m , y las características del sector residencial pues como puede verse en la figura 2 la zona sur es una zona residencial, pero la relación espacio vegetado-a la cantidad de espacio construido es muy alta.. Todo lo contrario ocurre en el caso de la transecta Centro Este cuyo testigo se halla en un parque industrial, sobre la lateral de un acceso, con gran cantidad de vacíos urbanos compuestos por suelo ripioso y gran cantidad de superficie pavimentada expuesta, que además se encuentra en un bajo y posee gran cantidad de tránsito vehicular.

Es propio de los climas áridos como el nuestro que la curva de temperaturas alcance su mínimo un momento antes de la salida del sol, por lo que para el tipo de clima característico de nuestra provincia, los alrededores se encuentran más frescos a primeras horas de la mañana a diferencia de los climas húmedo-tropical, cuyo mínimo de la curva de temperatura sucede en la medianoche y por tanto la mayor magnitud de isla de calor se registra un par de horas después de la puesta de sol (JÁUREGUI, 1997).

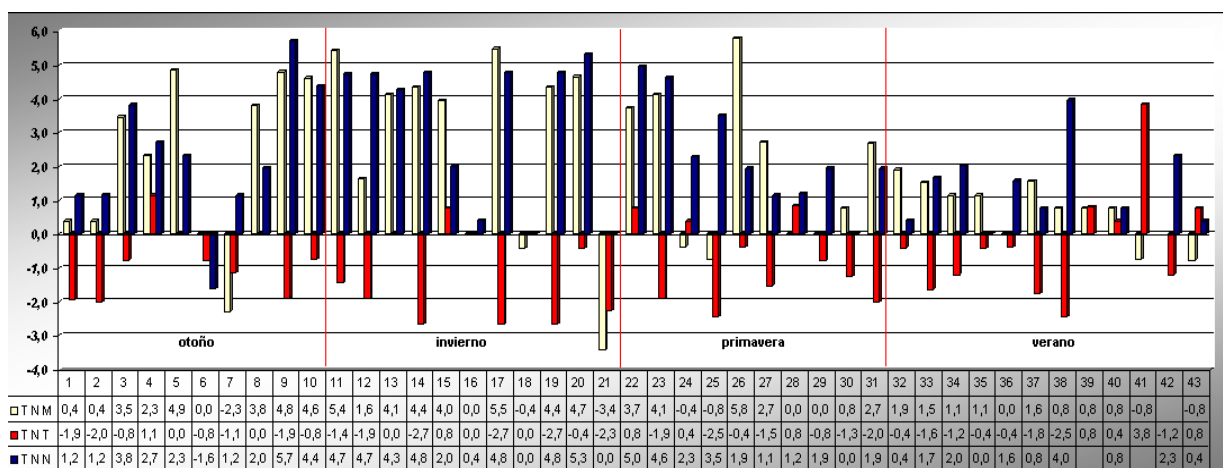


Figura 3. Intensidad de la isla de calor registrada periodo 03/04 a 03/05 transecta Centro-Norte. Centro-Norte: Comprende las estaciones 49 a 59, ver Figura 1 (**)

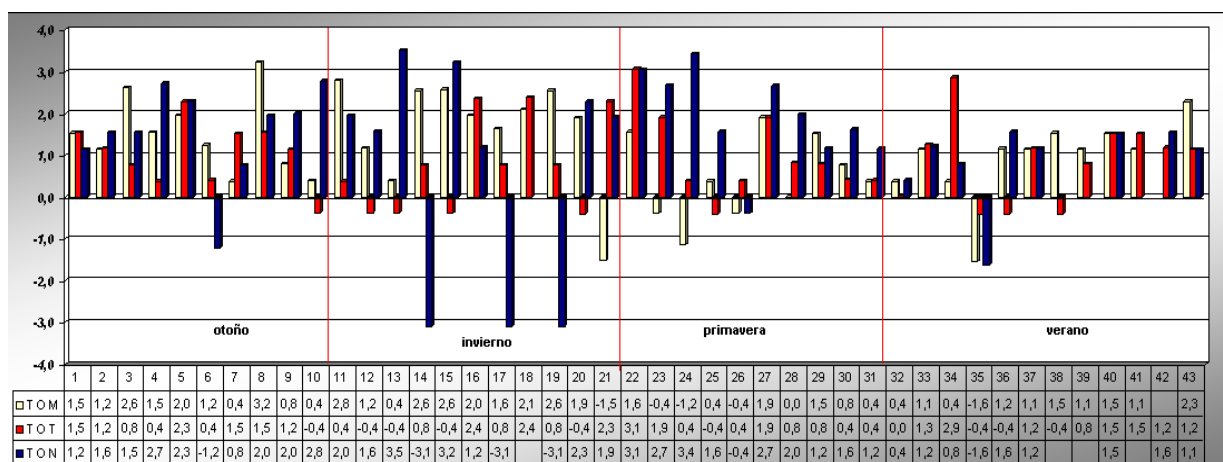


Figura 4. Intensidad de la isla de calor registrada periodo 03/04 a 03/05 transecta Oeste-Centro. Oeste-Centro: Comprende las estaciones 1 a 9, ver Figura 1. (**)

(**) TNM: transecta norte mañana; TNT: transecta norte tarde; TNN: transecta norte noche, consecuentemente para las siglas presentes en los cuadros de las figuras 4 a 6; O: oeste; E: este; y S: sur.

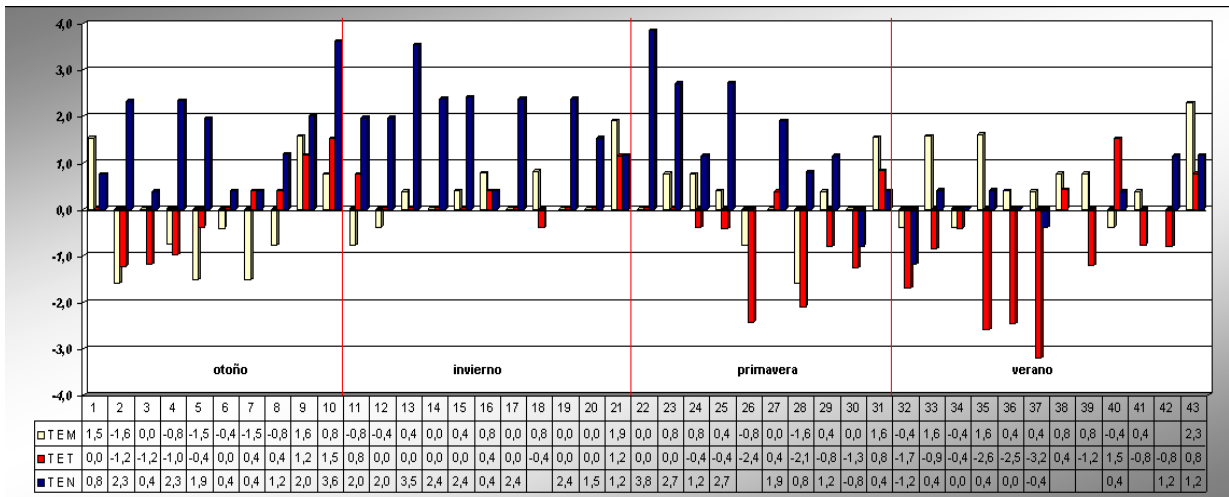


Figura 5. Intensidad de la isla de calor registrada periodo 03/04 a 03/05 transecta Este-Centro. Este-Centro: Comprende las estaciones 10 a 15, ver Figura 1 (**)

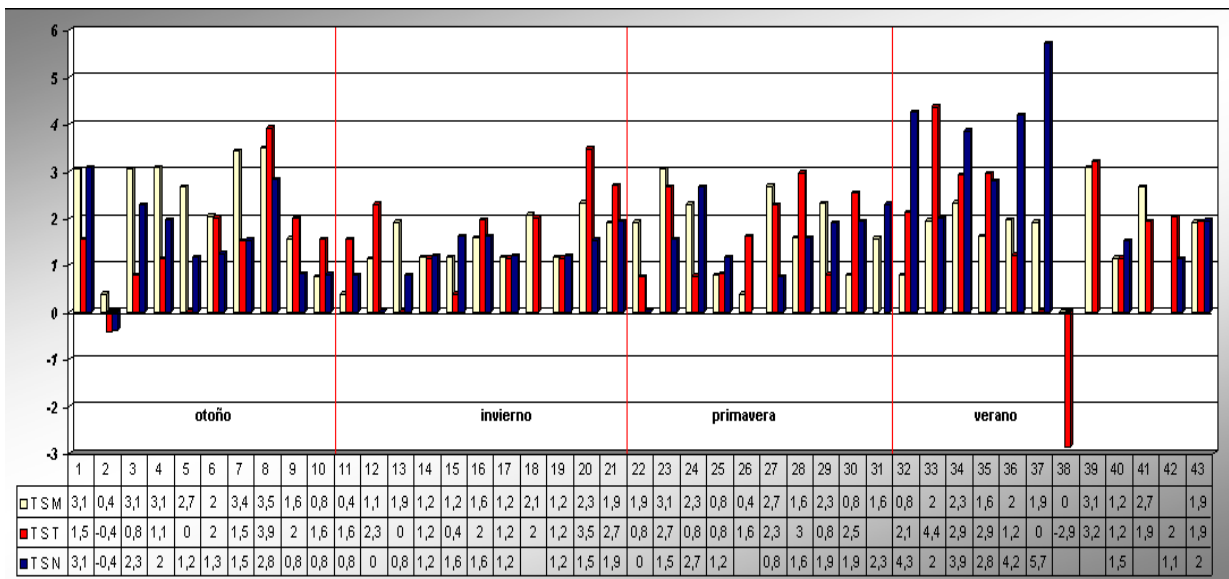


Figura 6. Intensidad de la isla de calor registrada periodo 03/04 a 03/05 transecta Centro-Sur. Centro-Sur: Comprende las estaciones 82 a 59, ver Figura 1 (**)

Otro efecto a tener en cuenta al analizar las causas de la isla de calor diurna, es la densa arboleda urbana, que en la transectas norte, oeste y sur alcanza su mayor expresión dado que más del 40% de los puntos de medición se encuentran bajo un túnel denso de Plátano (*platanus acerifolia*), esta disminución abrupta del SVF o factor de visión de cielo, frecuente en nuestra ciudad dado la presencia importante de bosque urbano compuesto principalmente por especies de primera magnitud, que impide el enfriamiento radiativo de la ciudad.

Ambos efectos la isla de calor nocturna y diurna alcanzan su mayor intensidad para los meses de otoño-invierno, salvo el caso de la transecta sur donde la intensidad del fenómeno se incrementa en el verano (los valores oscilan entre 6 y 2 °C).

En las tardes se observa desarrollo del fenómeno para la transecta sur y oeste, cuya magnitud no supera los 3,5 °C. Para los otros dos casos (norte y este) se produce una situación de oscilación donde se sucede con más frecuencia el efecto de refrescamiento urbano, cuya magnitud no supera los 3°C. Como en otros casos del análisis de las figuras 3 a 6 el fenómeno ocurre con mayor intensidad durante noches calmas y claras, y por el contrario durante días nublados o nublados y ventosos, el fenómeno es mínimo o no tiene lugar. Para poner de manifiesto esta relación en las figuras 7 a 10 se muestra la relación entre la intensidad de la isla de calor nocturna, la nubosidad y velocidad del viento, como se concluye de su observación existe una marcada relación entre las condiciones de viento calmo y cielo

claro y la magnitud del fenómeno, pero este hecho no es suficiente para justificar por sí solo la existencia o no del fenómeno, dado que en las graficas puede observarse también casos con magnitudes de isla de calor semejantes y condiciones de nubosidad y velocidad de viento dispares tal es el caso de los días 6 de setiembre y 30 de agosto.

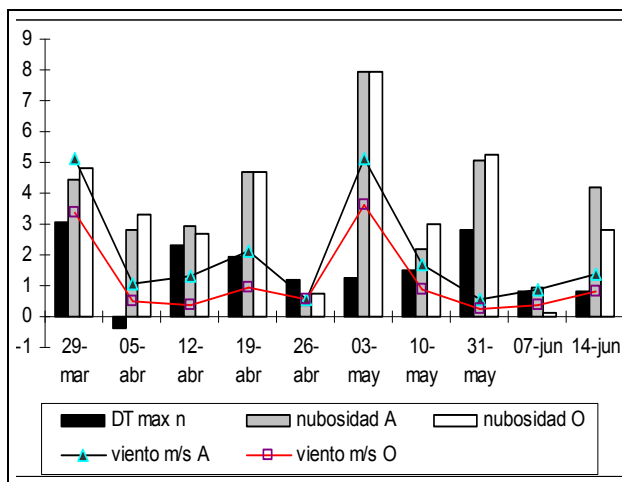


Figura 7. Intensidad UHI vs. Nubosidad y velocidad de viento (otoño). Transecta C-Sur.

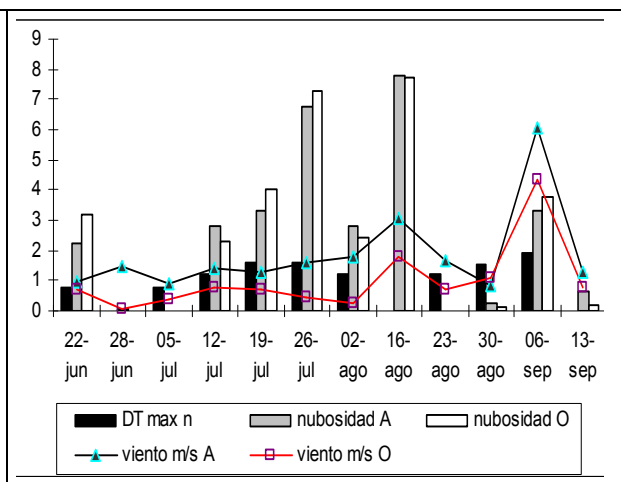


Figura 8. Intensidad UHI vs. Nubosidad y velocidad de viento (invierno). Transecta C-Sur.

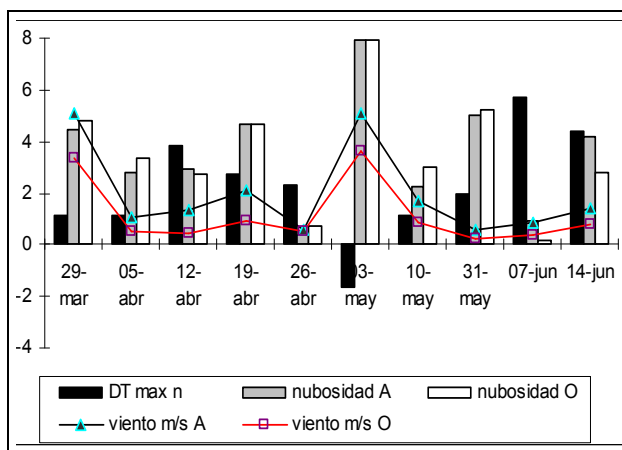


Figura 9. Intensidad UHI vs. Nubosidad y Velocidad de Viento (otoño). Transecta C-Norte.

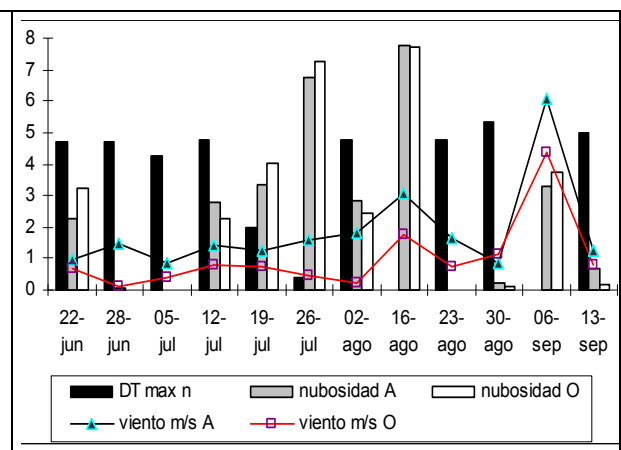


Figura 10. Intensidad UHI vs. Nubosidad y Velocidad de Viento (invierno). Transecta C-Norte.

Nota: En las figuras 7 a 9; DT max n = diferencia de temperatura máxima noche; A= estación aeropuerto y O = estación observatorio.

Finalmente en las figuras 13 a 14 se hallan representadas cartográficamente sobre la superficie del área metropolitana de Mendoza los perfiles de la isla de calor registrados durante la noche para distintas estaciones del año y en condiciones de días claros y calmos dentro del año evaluado. Las figuras 15 a 18 representan lo mismo para el periodo de la mañana.

Del análisis de los mapas se puede observar que durante la noche (figuras 13 a 14) se observa una rotación estacional del desarrollo de la isla de calor, durante el otoño y el verano respecto del desarrollo de la isla para la estación de invierno y primavera, lo cual se explica perfectamente por el concepto de inercia térmica y el calor específico propio de los materiales rocosos que componen el pedemonte, durante los meses de mayor radiación estos se calientan más y como acumulan calor se enfrían más lentamente y como consecuencia de la inercia térmica esta situación se traslada hasta el otoño, en invierno al haber menor cantidad de radiación y menores temperaturas se enfrían más rápidamente y la inercia térmica los hace comportarse de modo semejante durante la primavera.

En el caso del análisis durante el día, se observa que las diferencias entre las temperaturas dentro de la ciudad y sus alrededores se van homogeneizando hasta llegar el verano (figura 19) donde no se observan grandes diferencias en los diferenciales de temperatura. Otra cosa importante de destacar es

que: la situación que refleja el mecanismo de representación está en consonancia con el comportamiento de los datos observados, los que se han graficado en las figuras 3 a 7, lo que refleja el buen funcionamiento del método de interpolación.

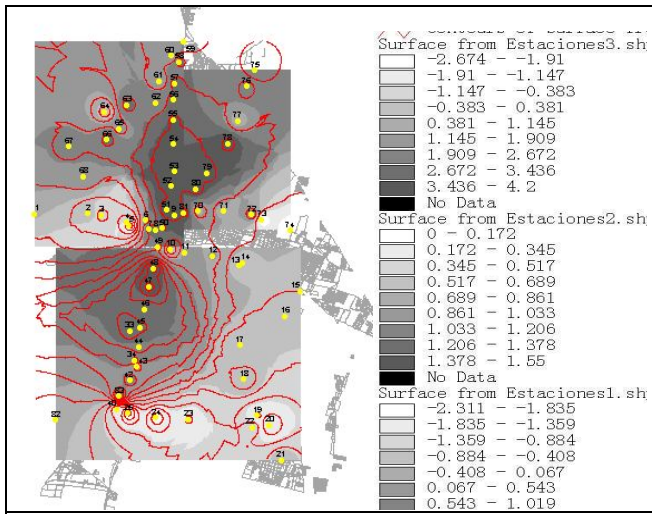


Figura 11. Mapa intensidad UHI noche 26-04 (otoño)

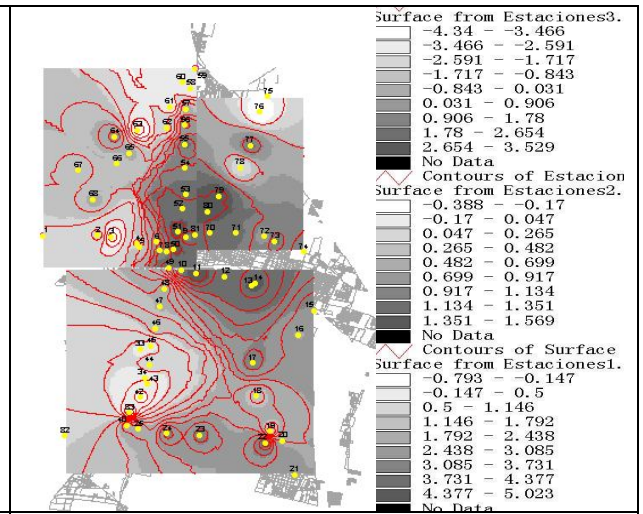


Figura 12. Mapa intensidad UHI noche 05-07 (inv)

Nota: Las referencias presentes en las figuras 11 a 18 expresan la magnitud de intensidad de la isla de calor urbana interpolada para cada sector de la ciudad; Estación 1: Sector centro-norte-oeste, (puntos 50-59-1-9); Estación 2: Sector centro-noreste-este (p 50-72-75-10-15); Estación 3: Sector centro-sur sureste (p 50-15-21-82-50). Los valores negativos indican puntos más fríos que los tomados como referencias en las afueras de la ciudad. (1,59, 75, 74, 15, 21, 82).Ver figura 1

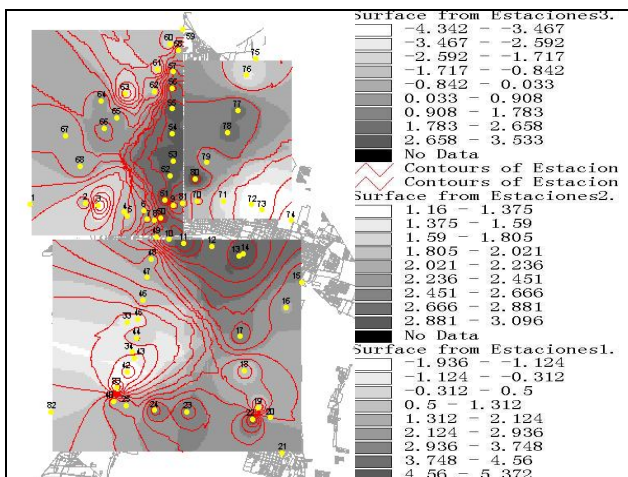


Figura 13. Mapa intens. UHI noche 2009 (primav.)

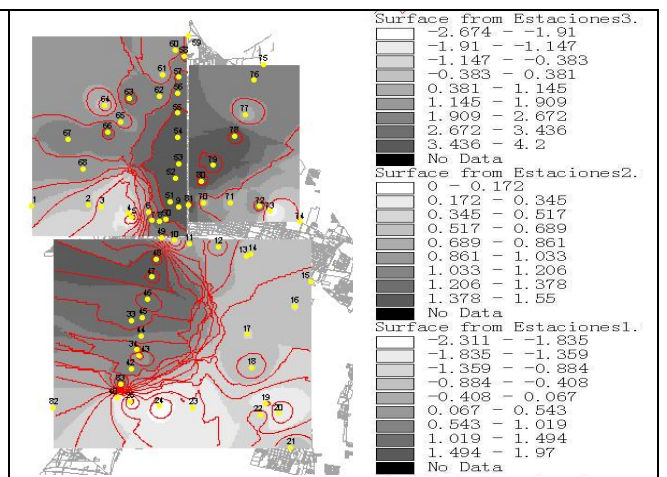


Figura 14. Mapa intensidad UHI noche 2401 (verano)

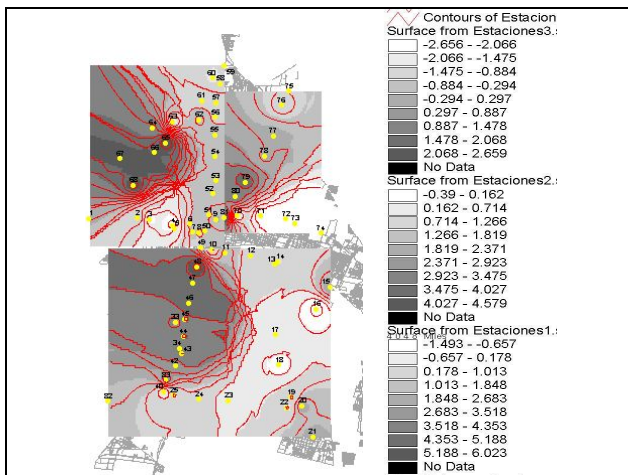


Figura 15. Mapa intens. UHI mañana 2604 (otoño)

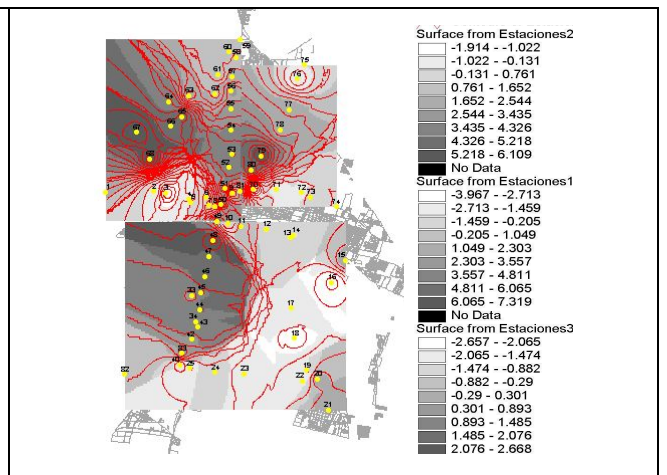


Figura 16. Mapa intens. UHI mañana 0507 (inviern.)

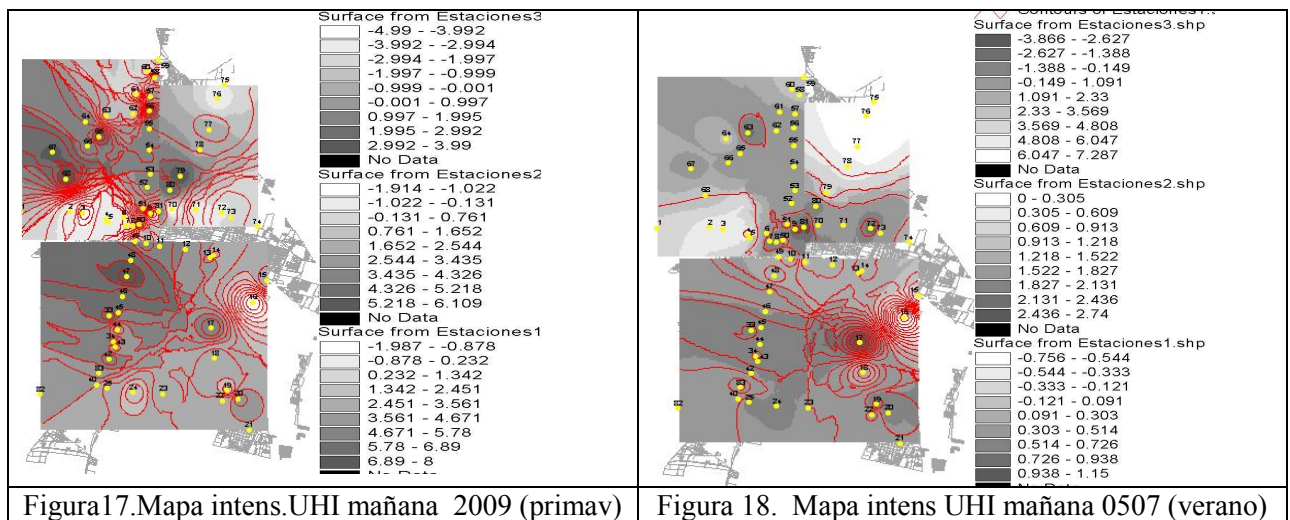


Figura17. Mapa intens. UHI mañana 2009 (primav)

Figura 18. Mapa intens UHI mañana 0507 (verano)

5. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que con diferente frecuencia e intensidad el fenómeno de la isla de calor se verifica en todas las estaciones del año, a diferentes horas del día (mañana, tarde y noche) y en todas las direcciones de desarrollo de la ciudad. En las graficas se observa que el fenómeno de la isla de calor se manifiesta con mayor frecuencia e intensidad durante la noche, alcanzando diferencias máximas de 6,5 °C y también en horas de la mañana en algunos sectores de la ciudad especialmente en el sector centro-norte, en esta dirección la frecuencia e intensidad con que se manifiesta el fenómeno a la mañana y a la noche son de la misma magnitud. De los resultados que relacionan nubosidad y velocidad de viento con la magnitud de las diferencias de temperaturas, se observa que las mayores diferencias de temperaturas nocturnas se registran días relativamente claros (< de 4/8 de nubosidad) y vientos calmos e inversamente. En los mapas donde se ha representado el desarrollo de la isla para la noche en distintas estaciones se observa la concentración durante la noche de altas temperaturas en el área central de la ciudad, resultando más fresca la zona sur, de mayor altura, menor densidad edilicia y mayor cantidad de espacios verdes y más cálida el área N-O de la ciudad donde se encuentra concentrada la mayor densidad edilicia.

6. REFERENCIAS

- AKBARI H., DAVIS S., DORSANO S. HUANG J. AND WINERT S.(1992). Cooling our Communities- US Environmental Protection Agency, Office of Policy Analysis, Climate Change Division.
- DECLERCQ, F.A.N. Interpolation methods for scattered sample data: accuracy, spatial patterns, processing time. Cartography and Geographic Information Systems, 23 (3): 128-144, 1996.
- ENDLICHER, W (1999). Concepción y Metodología del proyecto Mendoclima. R. Meridiano ISSN 0328-543X
- GIVONI, B (1998). Climate considerations in building and urban design. John Wiley & Sons, Inc. NewYork, p-241.
- JAUREGUI, E (1997). Heat island Development in Mexico City. Atmospheric Environment. Vol 31 N°22 pp 3821-3831
- JAUREGUI, E (1986). The urban climate in Mexico City. Proceedings of WMO Technical Conference on Urban Climatology. N°652 pp 63-86
- OKE, T.R (1976). The distinction between Canopy and Boundary –Layer urban Heat Island. Atmosphere. 14 (4) 268-277.
- OKE, T.R (1982). The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal Royal Meteorological Society 108 (45) 1-24.
- UNGER J, SUMEGHY Z, ZOBOKI J (2001) Temperature cross-section features in an urban area. Atmospheric Research. 58(2001)117-127
- YAMASHITA S, (1994). Detailed Structure of heat island phenomena from moving observations from electric tram-cars in metropolitan Tokyo.