

BOLETÍN
de la
Real Sociedad Geográfica



Tomo CXXXVII - CXXXVIII
2001-2002

EL CLIMA URBANO DE MADRID Y SU INFLUENCIA SOBRE EL CONFORT TÉRMICO

Por
Felipe Fernández García
Universidad Autónoma de Madrid

Vivimos o creemos hacerlo en una sociedad de bienestar. Confort, confortabilidad, bienestar son sustantivos usuales, signos de identidad de nuestro tiempo, pero poco estaremos avanzando si cada adelanto técnico se traduce, a largo o medio plazo, en un empeoramiento de las condiciones ambientales (López Gómez, A., prólogo de la obra de Arroyo, F. y Fernández, F., 1991).

INTRODUCCIÓN: CLIMA URBANO Y CALIDAD AMBIENTAL.

De las modificaciones que el hombre introduce en la ciudad, las dos que de manera más directamente le afectan son la contaminación del aire y las nuevas condiciones térmicas que caracterizan el clima urbano.

Numerosos estudios epidemiológicos ponen de manifiesto la incidencia de ambos factores sobre la salud. La mayor parte de ellos consideran la contaminación atmosférica como el principal factor de mortalidad o morbilidad (Aguinaga, I. et als. 1999; Sunyer, J. y cols., 1996; Díaz y cols. 1999), sin embargo en los últimos años los factores climáticos han adquirido mayor protagonismo. Este cambio se ha debido, por un lado, al descenso de la contaminación en las ciudades de los países industrializados por un mayor control de las emisiones; por otro, a los informes del IPCC, que destacan como bastante previsible un incremento de las temperaturas y, sobre todo, de los episodios cálidos lo que afectaría a la salud de las personas. De hecho, algunos autores han puesto en evidencia que los extremos térmicos causan trastornos fisiológicos y contribuyen a un incremento significativo de los ingresos hospitalarios y de la morbilidad, que puede aumentar hasta en un 50% respecto a los niveles normales (Jendritzky, G. y cols., 2000;

Kalkstein y cols., 1999). Entre las áreas más afectadas están las aglomeraciones urbanas, en las que la conocida "Isla de calor" puede agravar estos efectos.

La temperatura es la variable climática que de manera más acusada influye sobre la salud y el bienestar, pero la temperatura del aire no necesariamente es representativa de la sensación térmica que el organismo experimenta. En efecto, esta sensación depende, además, de la humedad y de la velocidad del viento; la acción combinada de estas variables condiciona el intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente que le rodea. Existen unos umbrales dentro de los cuales se produce un equilibrio, pero fuera de ellos aparecen diferentes sensaciones de calor o frío y el organismo necesita realizar un esfuerzo de adaptación. La intensidad del esfuerzo requerido en este proceso es, en realidad, el mejor indicativo del grado de bienestar térmico y de la incidencia que sobre la salud pueden tener los cambios experimentados por el organismo.

El estudio del confort trata de evaluar el grado de tensión a que está sometido el organismo bajo las diferentes situaciones climáticas y ver de qué modo pueden lograrse las mejores condiciones de bienestar térmico.

En espacios interiores esta tarea es relativamente fácil, aunque la mayoría de las veces se hace a costa de un elevado consumo energético, que influye negativamente sobre otros aspectos como la contaminación o la intensificación de la isla de calor urbana. En espacios abiertos y salvo en el caso en que las condiciones climáticas

naturales sean las adecuadas, difícilmente se logrará el confort óptimo; sin embargo, sí pueden atenuarse las situaciones extremas y mejorarse las condiciones naturales como se ha demostrado en diversas actuaciones realizadas con tal fin (Álvarez, S. y cols., 1992; Pickup and Dear, 2000).

Es en este contexto en el que encuadra el presente trabajo. En él intentamos evaluar, por un lado, las características del confort en la aglomeración urbana y sus diferencias respecto a las propias del clima regional y, por otro, de qué modo actúan, matizan o modifican las condiciones de confortabilidad las diferentes estructuras urbanas urbana, especialmente los parques y las plazas.

DATOS Y FUENTES.

El principal obstáculo con el que nos encontramos al abordar estudios sobre el clima urbano es que los datos disponibles no siempre son representativos, puesto que los observatorios situados dentro de la ciudad se localizan en zonas de parque. Por ello en nuestro trabajo hemos utilizado los datos climáticos procedentes de diversas estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica pertenecientes al Ayuntamiento de Madrid. Del conjunto de 27 estaciones que en la actualidad componen esta red, 8 tienen series continuas de varios años y se localizan en espacios urbanos diferentes (fig. 1): las estaciones de Cuatro caminos (10), Fernández Ladreda (14) y Plaza de Castilla (15) son representativas de áreas típicamente urbanas con alta densidad de edificaciones y asfalto y con escasa superficie arbolada; la de Atocha (2), Plaza de España (4), Marqués de Vadillo (18) y la de Isaac Peral (21) se sitúan en plazas o zonas de urbanización menos densa y con árboles; por último, la 24 se halla en el centro de la Casa de Campo, una extensa zona verde al oeste de Madrid, con importantes instalaciones de ocio y recreo como el Zoo, el Parque de atracciones y rodeada por numerosas urbanizaciones próximas a la capital. La incorporación de estos datos a los procedentes de los observatorios de la Red Meteorológica Nacional, nos ha permitido caracterizar los diferentes ambientes térmicos que contribuyen al confort térmico de Madrid.

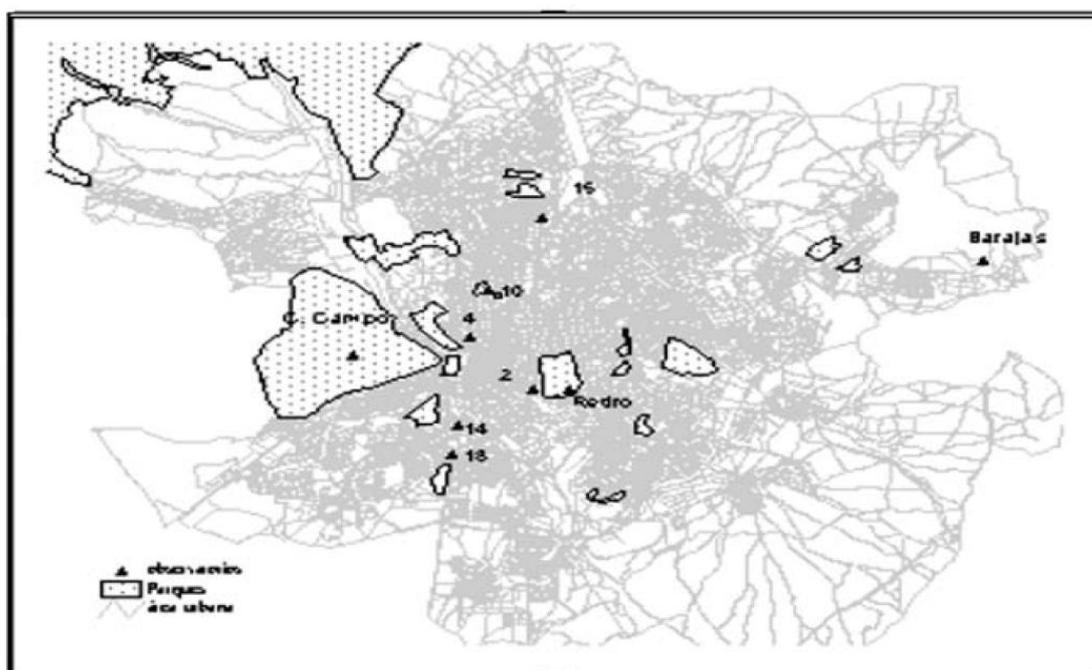


Figura1.- Localización de las estaciones metereológicas.

Los datos utilizados en este trabajo han sido:

1º.- Máximas y mínimas diarias de temperatura y humedad del periodo 1992-1998, registrados en el aeropuerto de Barajas y en el Retiro. Ambos observatorios son de primer orden y pertenecen a la Red Nacional de Meteorología; el de Barajas se localiza al NE de Madrid y a una distancia de 12 km; el otro en el parque del Retiro, situado en el interior de la ciudad.

2º.- Datos diarios y horarios de temperatura y humedad relativa de las estaciones pertenecientes a la Red de Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica del Ayuntamiento de Madrid, durante el mismo periodo 1992-1998. Estas series han sido sometidas a un proceso de depuración y control, tomando como referencia los datos del mismo periodo registrado en el observatorio de Retiro y Barajas.

METODOLOGÍA.

Existe una amplia gama de índices que tratan de evaluar las sensaciones térmicas en diferentes ambientes climáticos. Los más simples utilizan una sola variable, como el denominado "poder de enfriamiento del viento" (Win Chill) de Siple y Passel; otros combinan la temperatura y humedad, como el "índice termohigrométrico" de Thom, y otros como el de Hill, combinan la temperatura el viento y la humedad (Fernández García, F., 1996; Domínguez Bascón, P., 1999; Canet y Pérez Cueva, 1998). En los últimos años se han desarrollado métodos más complejos, basados en el modelo de intercambio energético entre el organismo y el ambiente exterior, en los que intervienen además de las variables clásicas, la radiación, la temperatura de la piel y de la ropa, la temperatura radiante, la presión parcial del vapor etc. (Auliems and Dear, 1997; Jendritzky and Grätz, 1998; Kalstein and Valimont, 1986).

En este trabajo hemos aplicado la temperatura efectiva o índice termohigrométrico (THI, termohygrometric index) desarrollado por Thom en 1959 que utiliza la temperatura del aire y la humedad relativa como variables para definir el confort. La ecuación que relaciona ambos parámetros responde a la siguiente expresión:

$$THI = t - (0.55 - 0.0055H) \cdot (t - 14.5)$$

en la que t la temperatura del aire en grados centígrados y H la humedad relativa en %. Las diferentes sensaciones aparecen delimitadas por los siguientes umbrales:

Sensación	THI
Muy frío	Entre -9.9 y -1.8
Frío	Entre -1.7 y +12.9
Fresco	Entre 13 y 14.9
Suave	Entre 15 y 19.9
Cálido	Entre 20 y 26.4
Muy cálido	Entre 26.5 y 29.9
Bochornoso	Superior a 30

A pesar de su aparente simplicidad, estudios realizados en otras ciudades utilizando este índice y con datos similares a los nuestros (Jáuregui y cols. 1997; Unger, 1999; Batista y Morales, 2001), han mostrado que los resultados obtenidos son bastante representativos de las diferencias entre la ciudad y su entorno inmediato, así como de los matices que dentro de la ella se producen como consecuencia de las diferentes tipologías y usos del suelo.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Confort térmico urbano frente a confort térmico regional. El confort térmico de Madrid depende, en primer lugar, de las características del clima regional y, en segundo lugar, de las modificaciones que sobre aquel introduce la ciudad. El primero está representado por el observatorio del aeropuerto de Barajas, con ninguna o muy escasa influencia urbana; el segundo por las estaciones 10, 14 y 15 de la Red de Vigilancia de la Contaminación del Ayuntamiento de Madrid, localizadas en zonas con alta densidad de edificaciones y asfalto, tráfico muy intenso y escasa masa vegetal. La comparación de estos dos espacios nos permitirá, por un lado, determinar los principales rasgos del confort térmico relacionados con los factores naturales propios del clima de nuestra región y, por otro, las transformaciones que éste experimenta como consecuencia de la ubicación en esta zona de la ciudad de Madrid. Para ello hemos calculado la frecuencia de días pertenecientes a las distintas categorías de confort definidas según el índice THI, durante el periodo 1992-1997, cuyos resultados aparecen en los cuadros 2, 3 y 4.

Frecuencias totales.

La comparación entre las frecuencias totales, tal y como se muestra en el cuadro 1 nos permite destacar las principales características del confort en los dos espacios considerados:

-El confort térmico regional, representado por los datos del aeropuerto, se caracteriza por un claro predominio de las situaciones extremas, frías o cálidas, sobre las confortables. En el periodo de mínimas, más del 80% de los días corresponden a sensaciones frías o muy frías y sólo el 7% a confortables. En las horas del máximo térmico, las sensaciones confortables y frías presentan valores muy similares, el 30% y el 31%; aumenta el porcentaje de días cálidos hasta el 28% y el 11% restante corresponde a sensaciones frescas.

	Temperaturas mínimas					Temperaturas máximas					
	MF	F	fr	S	C	F	fr	S	c	mc	b
Madrid- ciudad		54	11	23	12	14	12	28	40	4	2
Madrid-aeropuerto	5	77	11	7		30	11	31	27	1	

Cuadro 1. Porcentaje de días clasificados según la sensación térmica, en la ciudad de Madrid y en el aeropuerto (1992-1997).

La ciudad introduce importantes modificaciones que se traducen en:

-En las mínimas, una notable reducción de las sensaciones frías, 54% en la ciudad, frente al 77% fuera de ella, y la ausencia de situaciones muy frías. Así mismo, se produce un aumento considerable de las clasificadas como suaves (23% frente al 7%) y, como rasgo específico de la ciudad, la aparición de un 12% de noches cálidas.

-En las máximas, un fuerte incremento de las sensaciones cálidas que alcanza el 40%, casi el doble que en Barajas, y la presencia de días muy cálidos y bochornosos, prácticamente inexistentes fuera de la ciudad.

Mes	Temperaturas mínimas					Temperaturas máximas					
	MF	F	fr	S	C	F	fr	S	c	Mc	b
Enero	30	70				91	8	1			
Febrero	17	83				72	17	11			
Marzo	4	96				27	17	55	1		
Abril		100				23	22	43	12		
Mayo		95	4	1		4	10	58	27	1	
Junio		67	25	8			2	40	55	3	
Julio		31	36	32	1			10	81	5	4
Agosto		34	30	36				13	80	5	2
Septiembre		80	18	2			2	48	49	1	
Octubre		91	9			13	14	55	18		
Noviembre	1	98	1			40	33	24	3		
Diciembre	10	90				84	12	4			

Cuadro 2. Frecuencia mensual en % de los días según sensaciones térmicas en Barajas (1992-1997).

Mes	Temperaturas mínimas					Temperaturas máximas					
	F	fr	S	C		F	fr	S	c	Mc	b
Enero	100					49	33	18			
Febrero	99	1				23	35	42			
Marzo	91	9				6	12	54	28		
Abril	74	20	6			2	8	79	41		
Mayo	33	31	35	1		1		32	65	2	
Junio	6	20	63	11				10	67	22	1
Julio		4	45	52					31	63	6
Agosto	1	3	44	52				1	36	59	4
Septiembre	15	23	58	4				18	68	14	
Octubre	43	32	25			1	9	45	45		
Noviembre	92	7	1			16	18	61	5		
Diciembre	99	1				49	34	17			

(MF, muy frío; F, frío; fr, fresco; S, suave o confortable; C, cálido; Mc, muy cálido y B, bochornoso.)

Cuadro 3. Frecuencia mensual en % de los días según sensaciones térmicas en áreas urbanas (1992-1997).

Frecuencias mensuales de las sensaciones de confort.

A lo largo del año las diferencias entre los espacios rurales y urbanos se mantienen y matizan (Cuadros 2 y 3):

Las mínimas de Barajas presentan un largo periodo de ocho meses, desde noviembre hasta mayo, en el que más del 95% de los días son clasificadas como fríos y en los tres meses invernales, un porcentaje relativamente alto corresponde a sensaciones muy frías. Sensaciones de confort pueden aparecer desde mayo a septiembre, pero únicamente en julio y agosto tales sensaciones adquieren una relativa importancia (el 32% y el 36%, respectivamente), en los otros meses su frecuencia es bastante menor. En la ciudad se acortan considerablemente los periodos fríos, aumentan las noches confortables y aparecen noches cálidas. El frío nocturno se reduce a cinco meses, desde noviembre a marzo y en ningún mes se registran sensaciones muy frías. Desde mayo a octubre, es decir durante seis meses, las situaciones confortables representan valores superiores al 30%, con un máximo cercano al 60%, en junio y septiembre.

Pero el rasgo más característico y el que mejor define el ambiente térmico urbano es, como señalamos anteriormente, la aparición de noches cálidas dentro de la ciudad; durante cuatro meses, desde mayo a septiembre, pueden aparecer estas situaciones, pero son especialmente importantes en los dos meses centrales del verano en los que alcanzan el 50%.

En las máximas, los contrastes ciudad-campo son menores, las sensaciones cálidas se extienden en ambas zonas durante el mismo periodo, desde marzo a noviembre, pero en la ciudad el porcentaje de días es mayor y aparecen sensaciones muy cálidas y bochornosas desde mayo a septiembre. Durante los dos meses de julio y agosto, desaparecen las sensaciones confortables en la ciudad y se reducen considerablemente en Barajas. Estos dos meses son, por tanto, los más negativos desde la óptica de la confortabilidad y la ciudad agudiza esta sensación puesto que al menos el 52% de los días, porcentaje que corresponde a las mínimas cálidas, no disminuyen tales sensaciones en ningún momento del día.

Valoración del confort urbano.

El concepto de "isla de calor" utilizado como distintivo de los climas urbanos, adquiere aquí todo su significado y el calentamiento provocado por la ciudad tiene repercusiones muy interesantes desde la óptica del confort de sus habitantes: por un lado, atenúa el frío y aumenta la frecuencia y duración de las sensaciones confortables, lo que podría inducirnos a valorar como positiva la influencia de la ciudad sobre el confort de sus habitantes, tal y como lo han hecho otros autores (Unger, 1999); sin embargo, también se produce un aumento de las sensaciones cálidas y éste incide muy negativamente sobre la calidad ambiental de las áreas urbanas. Esto es así, porque, salvo en situaciones extremas, la ropa o la vivienda constituyen una adecuada defensa contra el frío. Contra el calor los mecanismos de defensa son más limitados, el organismo sufre de manera más acusada sus efectos negativos y se ha demostrado que el esfuerzo de adaptación frente al calor influye sobre la salud de manera más acusada que el frío (Jendritzky, G. y cols., 2000; Kalkstein y cols., 1999; Raso, 1999).

El confort térmico en el interior de Madrid.

La ciudad no es climáticamente homogénea, existen diferencias significativas relacionadas con la densidad y tipo de urbanización y, especialmente, con la presencia de espacios verdes; todo ello complica y diversifica las sensaciones térmicas en las diferentes áreas de la ciudad. diversos estudios sobre los parques de Madrid se analiza la importancia de estos espacios como creadores de áreas climáticamente diferenciadas (Almendros Coca, M. A. 1992 y 1996). Tanto unos como otros

constituyen auténticas islas de frescor dentro de la ciudad y, como ya señalamos en otra ocasión (Arroyo Ilera, F. y Fernández García, F, 1991), atenúan el calor estival mejorando considerablemente la confortabilidad.

Los nuevos datos que hemos utilizado en este trabajo y las nuevas zonas incorporadas al análisis confirman los resultados anteriores, tal y como se observa en los cuadros 4 y 5. Lo más significativo es el aumento de los días confortables en las plazas arboladas, un 5% más que en los espacios propiamente urbanos; la disminución de las situaciones cálidas en las horas de mínimas y la atenuación de las sensaciones muy cálidas (cuadro 5). En el parque del Retiro, como era de esperar, no se registran sensaciones ni muy cálidas ni bochornosas en ningún momento del año y no aparecen sensaciones cálidas durante las mínimas.

En estudios anteriores (López Gómez y cols.1993) se ponía de manifiesto la influencia que sobre la isla de calor tienen la presencia de árboles en calles y plazas; también en

Cuadro 4. Porcentaje de días confortables en diferentes espacios urbanos de Madrid (1992-1997)

Zonas	Temperaturas mínimas	Temperaturas máximas
Espacios urbanos	23	28
Plazas arboladas	23	33
Parque del Retiro	15	30

Cuadro 5. Porcentaje de días clasificados según las sensaciones de confort en diferentes espacios urbanos de Madrid.

	Temperaturas mínimas			Temperaturas máximas				
	F	fr	C	F	fr	C	Mc	B
Urbano	54	13	10	14	12	33	12	1
Plazas	60	13	5	12	11	36	8	
Parques	76	9		36	12	21		

El régimen horario medio mensual del confort en Madrid.

El análisis que hasta ahora hemos realizado nos ha permitido destacar los rasgos más sobresalientes del confort térmico en nuestra ciudad en los dos momentos más representativos del ciclo térmico diario, como son las máximas y mínimas. En este apartado presentamos la evolución que a lo largo de las 24 horas del día se produce en los doce meses del año, utilizando para ello los datos horarios del índice.

En el cuadro 6 aparecen resumidas las diferentes sensaciones que a lo largo del día se producen en cada uno de los meses del año en las áreas típicamente urbanas, es decir de urbanización densa y escasa influencia vegetal, y en zonas de menor densidad de edificaciones y con influencia de superficies arboladas o de césped, que han sido agrupadas bajo la denominación de plazas. Como podemos observar, las sensaciones de confort que se suceden a lo largo del día, son similares en diferentes meses, que podemos resumir en cuatro tipos con características similares (gráfico 2):

El primero corresponde a la situación típica del invierno en Madrid. Se caracteriza porque en ningún momento del día se superan las sensaciones frías o frescas ni en la ciudad, ni en plazas. Esta situación es la predominante, con muy pocas diferencias, durante los meses de diciembre, enero y febrero.

El segundo aparece en los meses de marzo, abril y noviembre y se caracteriza por sensaciones frías durante la noche, frescas a primeras horas de la mañana y al comenzar la noche y un periodo importante de horas confortables. Estas últimas se extienden a lo largo de entre 9 y 12 horas, según meses.

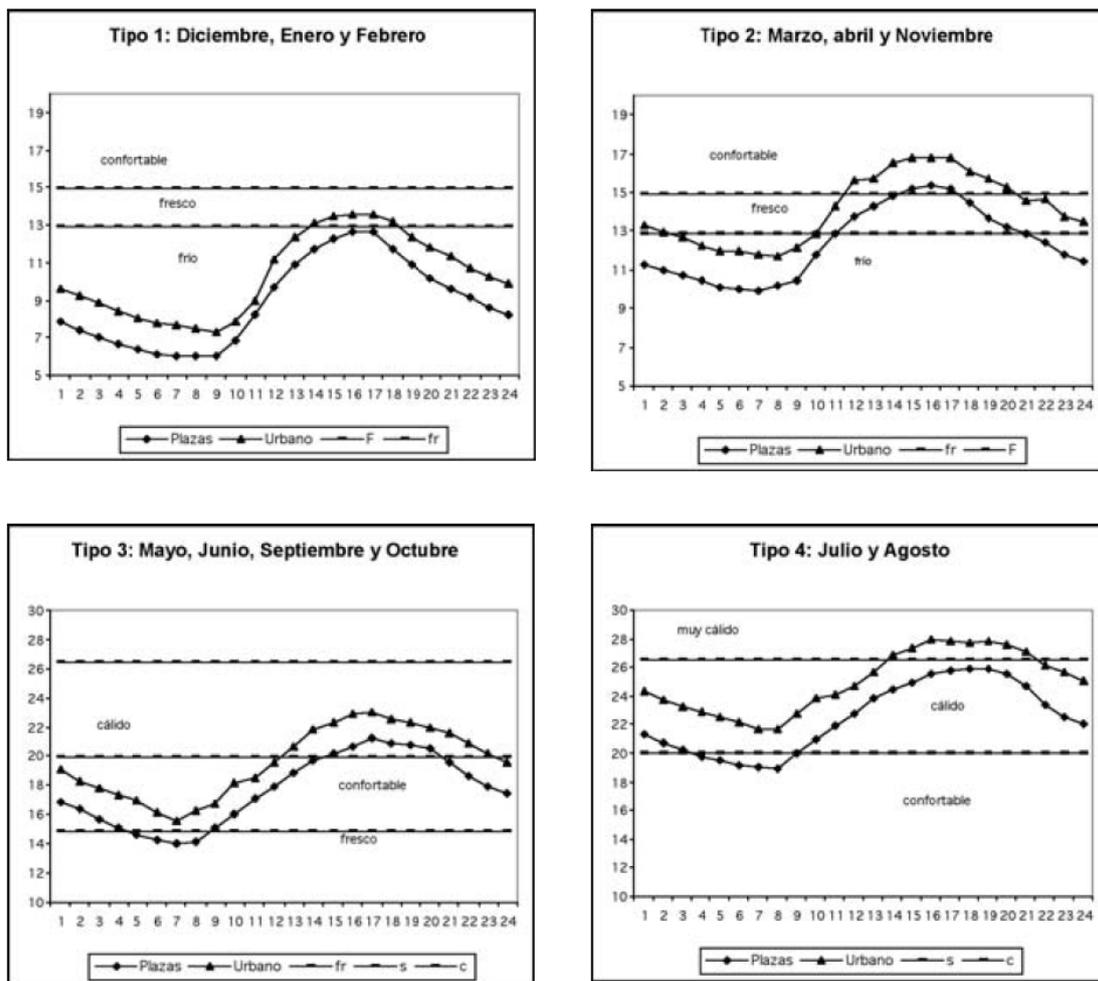
El tercero es el más duradero, ya que aparece durante los meses de mayo, junio, septiembre y octubre. El rasgo más representativo es que en las zonas típicamente urbanas, todas las horas son o confortables o cálidas; en las plazas y áreas de urbanización menos compacta, a primeras horas del día se registran sensaciones frescas.

El cuarto, por último, representa el rigor estival en nuestra ciudad. Aparece en los dos meses centrales del verano, julio y agosto, y el rasgo más característico es que las sensaciones cálidas o muy cálidas se mantienen a lo largo de las 24 horas del día en los espacios típicamente urbanos; en las plazas, sin embargo, se alcanzan sensaciones confortables, al menos durante cinco horas.

Cuadro 6: Sensaciones de confort correspondientes al régimen medio mensual horario en Madrid.

mes	ciudad	plazas
enero	frío y fresco	frío
febrero	frío y fresco	frío y fresco
marzo	frío-fresco-confortable	frío-fresco-confortable
abril	frío-fresco-confortable	frío-fresco-confortable
mayo	confortable-cálido	fresco-confortable-cálido
junio	confortable y cálido	confortable y cálido
julio	cálido y muy cálido	confortable y cálido
agosto	cálido y muy cálido	confortable y cálido
septiembre	confortable y cálido	fresco-confortable- cálido
octubre	confortable y cálido	fresco y confortable
noviembre	frío-fresco-confortable	frío-fresco-confortable
diciembre	frío y fresco	frío

Figura 2: Regimenes medios horarios de confort en Madrid.



CONSIDERACIONES FINALES.

Dos han sido los objetivos principales de este trabajo: por un lado, analizar las modificaciones que una aglomeración como Madrid introduce sobre el clima regional, expresadas en términos de confortabilidad, y, por otro evaluar la incidencia de los parques y plazas sobre le confort térmico dentro de la ciudad.

Además de los datos de Barajas y Retiro, ambos del INM, hemos utilizado los datos diarios y horarios de 8 estaciones pertenecientes a la Red de Vigilancia de la Contaminación, del Ayuntamiento de Madrid. El periodo utilizado ha sido el comprendido entre 1992 y 1997. El emplazamiento de los diferentes observatorios nos ha permitido diferenciar una zona sin influencia urbana, como es la correspondiente al aeropuerto de Barajas, y una zona influida por la ciudad.

Dentro de esta hemos diferenciado, además, las áreas típicamente urbana, correspondiente a zonas de alta densidad de edificaciones y asfalto y muy escaso arbolado y otras zonas, como plazas y parque, con un tipo de urbanización menos denso y con influencia de arbolado.

Los resultados más significativos han sido:

1º.- la influencia de la ciudad determina un aumento de las sensaciones confortables, pero también un aumento de las sensaciones cálidas. Estas últimas se mantienen tanto durante el día como durante la noche en los meses estivales lo que determina un aumento de las sensaciones de disconfort para los habitantes de la ciudad.

2º.- Las plazas, los espacios de urbanización abierta y los parques suavizan los rigores estivales y mejoran considerablemente la sensación de confort dentro de la ciudad. En términos absolutos las diferencias no son muy marcadas, salvo en los grandes parques, pero no es arriesgado pensar que el efecto beneficioso de estos espacios es mayor de lo que las cifras representan y esto por dos razones: una de tipo psicológico asociada al efecto de la vegetación; la otra más fisiológica, porque se produce esencialmente durante el verano lo que permite recuperar al organismo la sensación de relativa confortabilidad, al menos en las horas nocturnas.

3º.- El régimen de confort medio mensual, obtenido a partir de los datos horarios, nos ha permitido diferenciar cuatro tipos, cuyas características y duración son: en diciembre, enero y febrero en ningún momento del día se superan las sensaciones frías o frescas; en los meses de marzo, abril y noviembre se registran sensaciones frías durante la noche, frescas a primeras horas de la mañana y al comenzar la noche y un periodo confortable durante el día; en mayo, junio, septiembre y octubre, las horas son o confortables o cálidas y únicamente en un periodo corto, a final de la noche, se registran sensaciones frescas en las plazas; por último, en julio y agosto las sensaciones cálidas o muy cálidas se mantienen a lo largo de las 24 horas del día; únicamente en las plazas y parques durante la noche se alcanzan sensaciones confortables.

Señalemos, por último, que este trabajo forma parte de un proyecto más amplio en el que pretendemos, junto con otros grupos de investigación, evaluar la incidencia del clima sobre la calidad ambiental en diferentes ciudades españolas y su influencia sobre la mortalidad y morbilidad de sus habitantes.

BIBLIOGRAFÍA.

AGUINAGA, I., et al. (1999): "Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad: resultados del proyecto EMECAM en Pamplona". Revista Española de Salud Pública 73 (2), pp 253-258.

ÁLVAREZ, S. y cols. (1992): Control climático en espacios abiertos. Proyecto Expo 92. Sevilla. Universidad de Sevilla, Junta de Andalucía y Ciemat. 195 pp.

ALMENDROS COCA, M. A. (1992): "Aspectos climáticos del parque del Retiro (Madrid)". Revista Estudios Geográficos, , nº 207, pp. 217-240.

ALMENDROS COCA, M. A. (1996): "Aspectos climáticos sobre la Casa de Campo de Madrid". Revista Estudios Geográficos, V. CXXIX, pp. 27-46.

ARROYO ILERA, F., y FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1991): Aproximación al confort térmico urbano de Madrid. Madrid, Ed. Universidad Autónoma, 110 pp.

AULICIEMS, A and DEAR, R. (1997): "Thermal adaptation an variable indoor climate control" en Bioclimatology (Auliciems ed). Berlín, Springer, pp. 61-86.

BATISTA, L. M y MORALES, V (2001): "Algunos índices de confort climático en los jardines del rey. Cuba" en El tiempo del clima (P. Cueva, L. Baeza y Tamayo Carmona eds). Valencia, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología

(AEC), Serie A, nº 2, pp. 511-518. CANET, J. E, y PÉREZ CUEVA, A. (1998): "Confort climático en Valencia" en Clima y calidad ambiental en ciudades ibéricas e iberoamericanas (FERNÁNDEZ GARCÍA, GALÁN y CAÑADA eds). Madrid, Parteluz, pp. 343-356.

DÍAZ, J et al. (1999): "Modeling of air pollution and its relationship with mortality and morbidity in Madrid, Spain". Int. Arch. Occup. Environ Health, 72, pp. 543-549.

DOMÍNGUEZ BASCÓN, P. (1999): Clima, Medio Ambiente y urbanismo en Córdoba. Contribución a la planificación ambiental en ciudades del ámbito mediterráneo. Córdoba, Diputación, 345 pp.

EL CLIMA URBANO DE MADRID Y SU INFLUENCIA EN... 183 FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1996): Manual de Climatología Aplicada. Clima Medio Ambiente y Planificación. Madrid, Síntesis. 285 pp.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2000): "Clima y calidad ambiental en las ciudades: propuesta metodológica y su aplicación al área de Madrid" en Proyectos y métodos actuales en Climatología (Raso y M. Vide Eds). Barcelona, Publicación de la Asociación Española de Climatología, Serie B, nº 1, pp. 41-66.

JÁUREGUI, E. CERVANTES, J y TEJEDA, A. (1997): "Bioclimatic conditions in Mexico city- an assessment". Int. J. Biometeorology, nº40, pp. 166-177.

JENDRITZKY, G and GRÄTZ, A. (1998): "Mapping human bioclimates in various scales with parti cular reference to urban environment". American Meteorological Society. Second Urban Environment Symposium. Pp. 168-171.

JENDRITZKY, G. GRÄTZ, A. y FRIEDRICH, M. (2000): "The assesment of human hermal climates in cities" en Proceedings of the 15th international Congress of Biometeorology & International Conference on Urban Climatology. Sydney, Australia (publicación en CD).

KALKSTEIN, L and VALIMONT, K. (1986): "An evaluation of summer discomfort in the United States using a relative climatological indez". Bull. American Meterological Society, V. 67, nº 7, pp. 842-848.

KALSTEIN, L.S. and GREEN, J.S. (1997): "An evaluation of climate/mortalityrelationship in large U.S. cities and the possible impacts of Climate Change". Environmental Health Pespectives. 105, pp. 84-93.

LÓPEZ GÓMEZ, A. y cols. (1993). El clima de las ciudades españolas. Madrid, Ed. Cátedra, 268 pp.

PICKUP J, and DEAR, R (2000): "An outdoor thermal environment index. Applications" en Proceedings of the 15th international Congress of Biometeorology & International Conference on Urban Climatology. Sydney, Australia (publicación en CD).

RASO, J.M. (1999). " Temperaturas extremas y mortalidad en Barcelona" en La climatología española en los albores del siglo XX (Raso y M. Vide (coords). Barcelona, Publicación de la Asociación Española de Climatología. Serie A, nº 1, pp. 459-468.

SUNYER, J., et al. (1996): "Air pollution and mortality in Barcelona". Journal of Epidemiology and Community Health 50 (Suppl. 1), pp 1-5.

UNGER, J. (1999): "Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central European city". Int. J. Biometeorology, nº 43, pp. 139-144.

RESUMEN:

En este artículo se analiza la influencia de la ciudad de Madrid sobre las condiciones bioclimáticas, aplicando el índice termohigrométrico de Thom, que combina la temperatura y la humedad relativa del aire. Con los datos diarios y horarios correspondientes al periodo 1991-1997, se comparan las diferencias de confortabilidad entre la ciudad y las áreas próximas y entre las diferentes zonas urbanas. Por efecto de la isla de calor, en la ciudad, disminuyen de las sensaciones frías y aumentan las confortables durante la noche; en las horas diurnas aumentan las sensaciones cálidas y muy cálidas.

Este incremento es especialmente significativo durante julio y agosto en los que las sensaciones cálidas y muy cálidas se mantienen durante las 24 horas del día, en las áreas más densamente urbanizadas. Las plazas y parques suavizan los rigores estivales y mejoran la sensación de confort dentro de la ciudad.

PALABRAS CLAVE: Clima urbano, Bioclimatología, índice termohigrométrico, Madrid (España).

ABSTRACT:

This paper examines the influence of the "Urban Heat Island" on the bioclimatology of the city of Madrid, using the Thom's Thermohygro-metric Index (THI, defined by air temperature and relative humidity). Differences of human "sensations" between urban and rural environment and different urban areas are evaluated at daily and hourly time scales over the 1991-1997 period.

The reduction of the frequency of nighttime cold sensations and the increase of diurnal warm sensations are the main findings, specially during July and August, when the warmest sensations may last 24 hours in the more densely urbanized areas. Squares and gardens relieve the rigours of the summer and improve the comfortable sensations within the city.

KEY WORDS: Urban Climate; Bioclimatology, Thom s index, Madrid (Spain).

RÉSUMÉ:

Dans cet article on examine l'influence de la ville de Madrid sur les conditions bioclimatiques en utilisant la formule de Thom, qui combine la température et l'humidité. Avec les données journalières et horaires de la période 1991-1997, on a évalué les différences entre la ville et ses alentours et les différentes zones urbaines. A cause de "l'îlot de chaleur", il se produit dans la ville une diminution des sensations froides et les sensations confortables augmentent la nuit; pendant les heures diurnes les sensations chaudes et tres chaudes augmentent. Cet accroissement est spécialement significatif pendant les mois de juillet et aout ou les sensations chaudes et tres chaudes se maintiennent pendant les 24 heures de la journée, dans les zones plus dense ment urbanisés. Les places et les jardins adoucissent les rigueurs de l'été et améliorent les sensations de confort dans la ville.

MOTS-CLES: Climat urbain, Bioclimatologie, Indice thermo-hygro-metrique, Madrid (Espagne).