

ASPECTOS CLIMÁTICOS DEL PARQUE DEL RETIRO (MADRID)

POR

MIGUEL ÁNGEL ALMENDROS COCA

En el estudio climático de los espacios urbanos todos los autores coinciden en estimar los peculiares rasgos de las zonas verdes y su entorno inmediato. Así, debían figurar entre los trabajos que se están llevando a cabo en Madrid unas referencias concretas al Retiro, investigando si un parque de este tamaño en el corazón de la ciudad es suficiente para generar una célula local de frescor, cuantificándola en su caso; también para comprobar si las condiciones internas del parque (vegetación, agua, asfalto, etc.), generan unas diferencias termo-higrométricas significativas.¹

El parque del Retiro está situado al este del viejo Madrid, y con sus casi 120 Ha.,² es la zona verde más amplia que existe en el interior del casco urbano. Está enclavado en la ladera oeste de una suave loma que separa la vaguada Castellana-Prado por el oeste y la del Abroñigal (ahora M-30) por el este, desde el interfluvio de ambas hacia el Prado, por lo que los puntos culminantes se encuentran en el noreste del parque (672 m.), y desciende suavemente hacia el sur y el oeste (643 m.).

¹ El presente artículo es básicamente un resumen del capítulo II, de la tesis doctoral «Aspectos climáticos de los parques y jardines de Madrid», dirigida por el profesor López Gómez a quien agradezco sus orientaciones.

² 119'27 Ha. según los datos de «Superficie y densidad» del Ayuntamiento de Madrid, p. 5, 116'835 Ha. en la Exposición «Madrid Verde» (14 al 31 de mayo de 1987).

Este parque fue creado en siglo siglo XVII, como un espacio anejo al Palacio y utilizado para esparcimiento, paseo y descanso, por lo que un aspecto fundamental en su configuración debería haber sido el confort climático.

Así le dotaron de jardines, fuentes, estanques y se realizó la plantación de grandes arboledas. Todo ello favorecería el frescor, pero quizás no fue éste el fin último; también hemos de pensar que es la época del Barroco y se buscaba un escenario apropiado para completar las dependencias del palacio. Los jardines se habrían creado atendiendo a la estética de la época, más que para soportar los rigores del verano, ya que para ello marchaban a otros palacios y jardines situados en la sierra madrileña.

Este planteamiento continuó en el siglo XVIII, pero cambia la estética con la llegada de los Borbones, y se impone el jardín francés. Así es como Robert de Cotte plantea el Parterre «sin tener para nada en cuenta el clima madrileño»,³ destruye paseos arbolados y coloca en su lugar grandes superficies geométricas abiertas al sol; aunque ciertamente eran espacios apropiados para el paseo en las mañanas soleadas de los equinoccios.

Es probable que existiera un mayor interés por el confort climático en el último tercio del siglo XIX, ya como parque público (se abrió sin distinción de clases el 6 de noviembre de 1868), repoblando grandes arboledas, pero en 1874, atendiendo a los deseos del Duque de Fernán Núñez y con la oposición de la opinión pública, se abrió el Paseo de Coches, con el «sano» fin de que la aristocracia y la burguesía madrileña pudieran exhibirse en sus coches imitando lo que ocurría en otras capitales europeas. En la actualidad cuenta con una gran densidad y, sobre todo, variedad de especies. El total de árboles es de casi 21.000 (1 cada 56 m²). La variedad más abundante es el castaño de indias (cerca de 7.000 ejemplares), le siguen socóporas, álamos, pinos, etc. En general predominan las frondosas que favorecen el frescor y la sombra en verano; la mayoría, salvo excepciones, como el conocido «Ciprés Calvo», con más de 400 años, fueron repuestos a mediados del siglo XIX, así como las amplias praderas y grandes paseos (algunos hoy asfaltados), por intercesión de Argüelles y Heros, según indica Fernández de los Ríos.⁴

³ GUERRA DE LA VEGA: *Jardines de Madrid. I El Retiro*, p. 27.

⁴ FERNÁNDEZ DE LOS RÍOS, A.: *Guía de Madrid*, pp. 364-365.

Tienen también importancia las masas acuáticas artificiales; destaca por su extensión el Estanque Grande (40.000 m²); se comenzó a construir en 1632⁵ y sirvió de lugar de recreo, de escenario teatral⁶ y, sobre todo, de «almacén» de agua para riego; otras masas acuáticas son el Lago del Palacio de Cristal (3.300 m²) creado a fines del siglo XIX, el Estanque de las Campanillas, el Lago de la Casita del Pescador y la Ría de patinaje; mientras que el Estanque Lobulado, en cuyo centro se encontraba la Ermita de San Antonio de los Portugueses, fue sustituido en tiempos de Carlos III por la Real Fábrica de porcelana de la China, también desaparecida, y su lugar es hoy ocupado por el amplio espacio asfaltado de la plaza del Ángel Caído. El agua se obtenía de pozos con norias, una de ellas, en el extremo NE, fue cubierta por orden de Fernando VII,⁷ formando la montaña hoy llamada de los Gatos.

El uso actual es fundamentalmente el recreativo; por esto cobra una gran importancia un estudio climático más a fondo de las distintas áreas, ya que de ello podemos deducir qué zonas son las más confortables, según la época del año y el uso que de ella queramos hacer.

Existe en este parque un observatorio de primer orden de la Red Meteorológica Nacional, que dispone de una larga y completa serie de datos, cuya información no ha sido tratada en este artículo debido a que están trabajando en ello los profesores López Gómez y Fernández García, por lo que en un futuro se podrán contrastar ambos estudios; aunque ya se puede adelantar que la intensidad y frecuencia de los contrastes térmicos es menor en Retiro que en observatorios urbanos.⁸

Metodología

En trabajos ya clásicos como los de Chandler y Landsberg, se destaca la importancia de los espacios verdes amplios en el clima urbano; y en otros más recientes, como el de la señora Lombardo,⁹ se apunta que las zonas

⁵ GUERRA DE LA VEGA: *Jardines de Madrid. I El Retiro*, p. 14.

⁶ Idem. pp. 342-348.

⁷ CARRASCO-MUÑOZ DE VERA, C.: *Guía de los jardines del Retiro*, p. 8.

⁸ LÓPEZ GÓMEZ, A. y FERNÁNDEZ GARCÍA, F.: *Intensidad y frecuencia de la Isla de calor en Madrid*. Homenaje al profesor Albertosa (en prensa).

⁹ LOMBARDO, M. A. (1985): «Ilha de calor nas metrópoles. O exemplo de Sao Paulo». *Hucitec. São Paulo*. pp. 213-214.

verdes situadas en la periferia urbana, con volumen de edificación alrededor muy bajo como el Parque do Estado en São Paulo, son espacios claramente más fríos que la ciudad; pero en sus trayectos de superficie no atraviesa ningún parque importante, y no cuenta con puntos fijos en ellos; por tanto, se basa en las imágenes de satélite por infrarrojo y la temperatura medida es la de la capa superior de la cubierta arbórea, que al ser un espacio con más vapor de agua del normal, distorsiona ligeramente los resultados; con todo, no dejan de ser válidos. Recientemente se han publicado ¹⁰ unos mapas de radiación térmica desde satélite del área urbana de Madrid, a las nueve de la mañana, en los que se aprecia cómo el Retiro es un espacio frío. En cambio, en un vuelo nocturno a 3.500 m.¹¹ con imágenes en infrarrojo térmico, este parque aparece como una mancha casi uniforme, templada; mientras que el Estanque Grande está algo más cálido.

Para más detalle es preciso un análisis de la temperatura del aire bajo la cubierta arbórea que revela también las diferencias internas. En un trabajo de Micola y Raynaud,¹² se estudiaron dos espacios verdes en Montpellier, desde sus márgenes al interior, pero con muy pocos recorridos y cuatro puntos de análisis.

Aquí se intenta analizar en todas sus posibilidades el interior, así como sus relaciones con la periferia, y se muestra cómo las variaciones termohigrométricas son relativamente importantes, tanto en el espacio verde en sí mismo, como en relación con la ciudad.

La metodología básica es la misma que se emplea para estudiar el clima urbano de Madrid.¹³ Se siguen unos itinerarios a pie y en coche, con puntos fijos que en el interior del Retiro están en forma de red. Se utiliza un termohigrómetro digital a 1'5 metros del suelo y a la sombra. Estos recorridos, según los casos, pueden durar desde unos 15 minutos hasta

¹⁰ LÓPEZ GÓMEZ, A.; MORENO JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F. y PALAU, F. (1990): «La temperatura diurna en la aglomeración de Madrid mediante imágenes remotas». *Estudios Geográficos*, n. 201, oct-dic. 1990, pp. 705-732.

¹¹ LÓPEZ GÓMEZ, A. y COLS.: «Imágenes térmicas de un vuelo nocturno en Madrid». MOPU (en prensa).

¹² MICOLA, L. y RAYNAUD, J. (1971): «Etude géographique et écologique des espaces verts de Montpellier». *Bull. Soc. Languedocienne de Géographie*. Oct-nov. 1971.

¹³ LÓPEZ GÓMEZ, A.; LÓPEZ GÓMEZ, J.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; ARROYO ILERA, F., y otros (1988): *El clima urbano de Madrid: La isla de calor*. Inst. de Economía y Geografía Aplicadas, CSIC.

más de dos horas y media, en los realizados por el interior del parque. «En este lapso de tiempo la temperatura, siguiendo la curva diaria, varía hasta 1 °C o incluso más según la época del año y la situación atmosférica; para eliminar esta alteración se verifican recorridos dobles, de ida desde un extremo y vuelta al mismo, y se toma el valor medio en cada punto». ¹⁴ Éstos se han elegido cuidadosamente, para cubrir las distintas variables de tipos de superficie del suelo, densidad de cubierta vegetal, altitud, masas acuáticas, etc. (ver figura 1).

El total de recorridos realizados para estudiar el parque han sido 57, desde 1985 a 1992, cubriendo distintas situaciones meteorológicas y horarias. Se elaboran, para cada uno, mapas de isotermas e isohigras, así como diagramas de dispersión, perfiles, etc. (de los que sólo pueden aparecer en este artículo una escasa muestra).

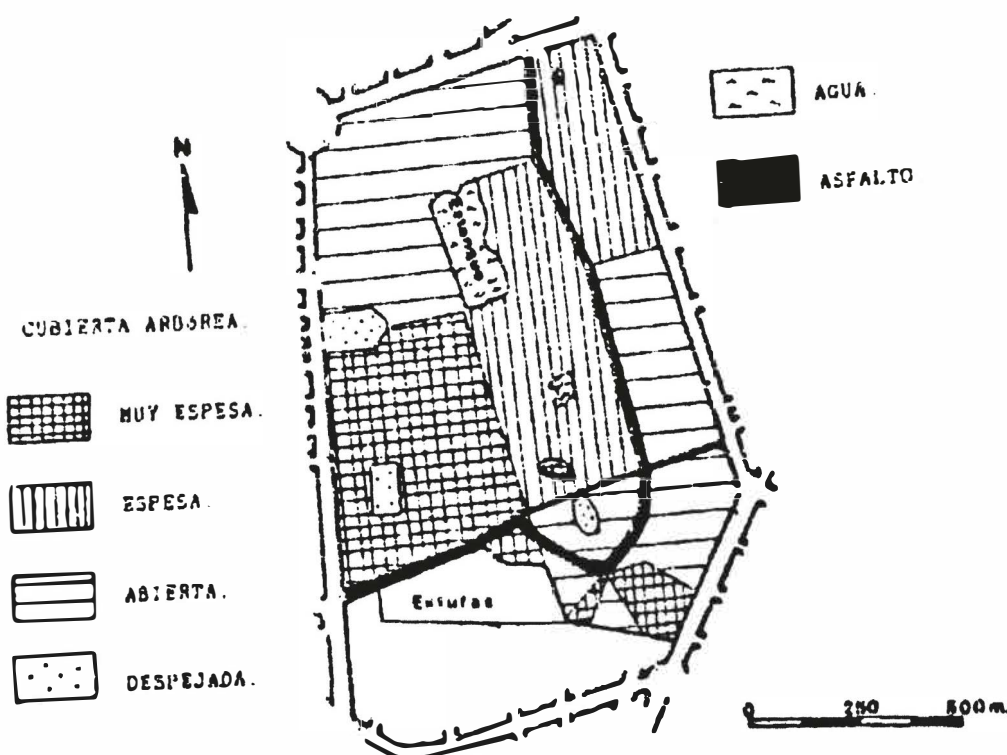


FIGURA 1.—Principales espacios del Retiro

¹⁴ LÓPEZ GÓMEZ, A. y OTROS: Op. cit., p. 31.

Interior del Retiro

Se estudia en detalle el interior del parque a partir de un itinerario principal realizado a pie, con 23 lugares de medición sobre una distancia de 4.925 metros, y una duración de 2 horas 30 minutos. Los resultados se indican a continuación:

El contraste térmico.—Generalmente es débil o muy débil, oscilando entre 1 y 2'5 °C. Las mayores diferencias se dan en recorridos con temperaturas por encima de 20°, cuando la influencia de los espacios arbolados o despejados frente a la radiación solar incidente ha sido más importante. Aunque en alguna ocasión con 16° apenas llegó a 1'5°; los contrastes térmicos son generalmente pequeños con temperaturas bajas; así, la menor diferencia registrada, en torno a 1°, se obtuvo precisamente, durante un recorrido con temperaturas bajo cero. La estabilidad o inestabilidad no parece influir en este aspecto.

Aunque las diferencias térmicas son pequeñas, es posible distinguir una o varias células de frescor y unos espacios menos fríos que rodean éstas.

Márgenes del parque.—En cuanto a las entradas y márgenes del Retiro, son puntos más cálidos en todas las circunstancias; esto se debe al calor urbano incidente sobre el parque, en ello se insistirá más adelante.

Paseo de Coches.—Corresponde a un amplio espacio asfaltado que con un pequeño albedo, y unos factores de absorción y emisión altos, calientan la masa de aire que se encuentra sobre él; el resultado es un comportamiento térmico semejante al viario urbano, siendo ésta la zona más cálida del interior del parque, ya sea la situación de estabilidad o inestabilidad. En días fríos, cuando la recepción de radiaciones solares ha sido escasa, el Paseo de Coches está más frío que la zona arbolada.

Parterre.—Es un espacio con muy poca vegetación arbórea y amplios paseos de arena cuyo bajo calor específico y alta emisividad acentúa los contrastes; sólo es zona cálida durante el día.

Estanque Grande.—La gran masa acuática del Estanque Grande no determina por sí temperaturas más bajas ni más cálidas en ninguna ocasión, si bien es cierto que la información disponible, sin datos del centro, consiste en las cuatro esquinas, y cada una de ellas se comporta de acuerdo con la morfología adyacente, frescor en los puntos junto a la zona arbolada

y más calor en la esquina NW en zona despejada de vegetación tanto aérea como en superficie. En conjunto, en la imagen nocturna en infrarrojo térmico, aparece ligeramente más cálido que el parque.

Zonas arboladas.—En general, suavizan las temperaturas. Ahora bien, por los resultados obtenidos podemos diferenciar tres espacios.

1) Una gran área fría (figuras 2-3-4-5) centrada al SSW del Estanque Grande, que corresponde a la zona de cobertura vegetal más densa, con árboles de gran porte; incluye frecuentemente y de forma atenuada las zonas adyacentes acuáticas como el Estanque del Palacio de Cristal, el de las Campanillas y la Ría.

Esta amplia célula de frescor aparece en todas las circunstancias de tiempo estable o perturbado; días calurosos, templados o frescos. El gran porte y densidad de la vegetación durante el día dificulta en gran medida la llegada al suelo de la radiación. A todo ello hay que sumar el tamaño, relativamente importante de esta zona, que dificultaba el trasvase de calor sensible desde zonas adyacentes más cálidas. Con temperaturas por deba-

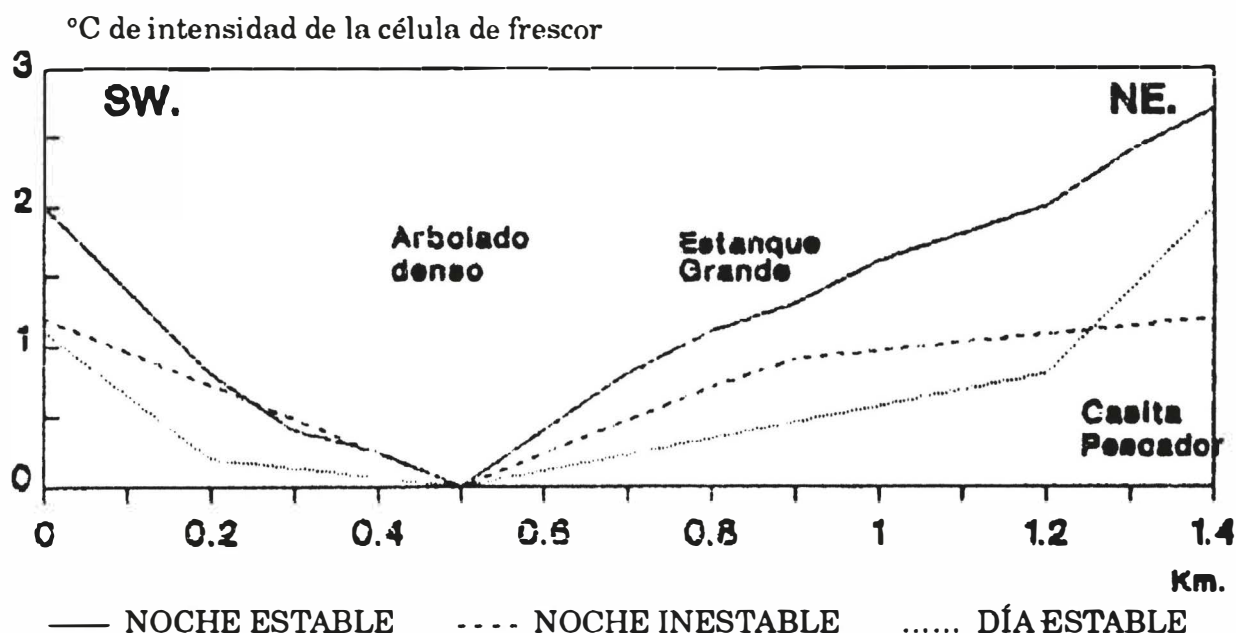


FIGURA 2.—Perfiles comparados que muestran la célula de frescor al SW del Estanque Grande del Retiro

jo de 0 °C. (ver figura 5 derecha), la vegetación mantiene este espacio menos frío que las zonas despejadas.

Esta célula de frescor es compacta, pero no lo es morfológicamente la zona arbolada, ya que presenta pequeños claros; por lo tanto, aunque es importante el lugar concreto de medición, no ha de olvidarse que unos pocos árboles, aunque cubran fuertemente un punto, pueden no ser suficientes para modificar sustancialmente la temperatura en todas circunstancias; en cambio, lugares concretos, como puede ser un cruce de paseos, no presenta una cubierta densa y, sin embargo, forman parte de un amplio conjunto arbolado, que llega a modificar la temperatura del aire en general.

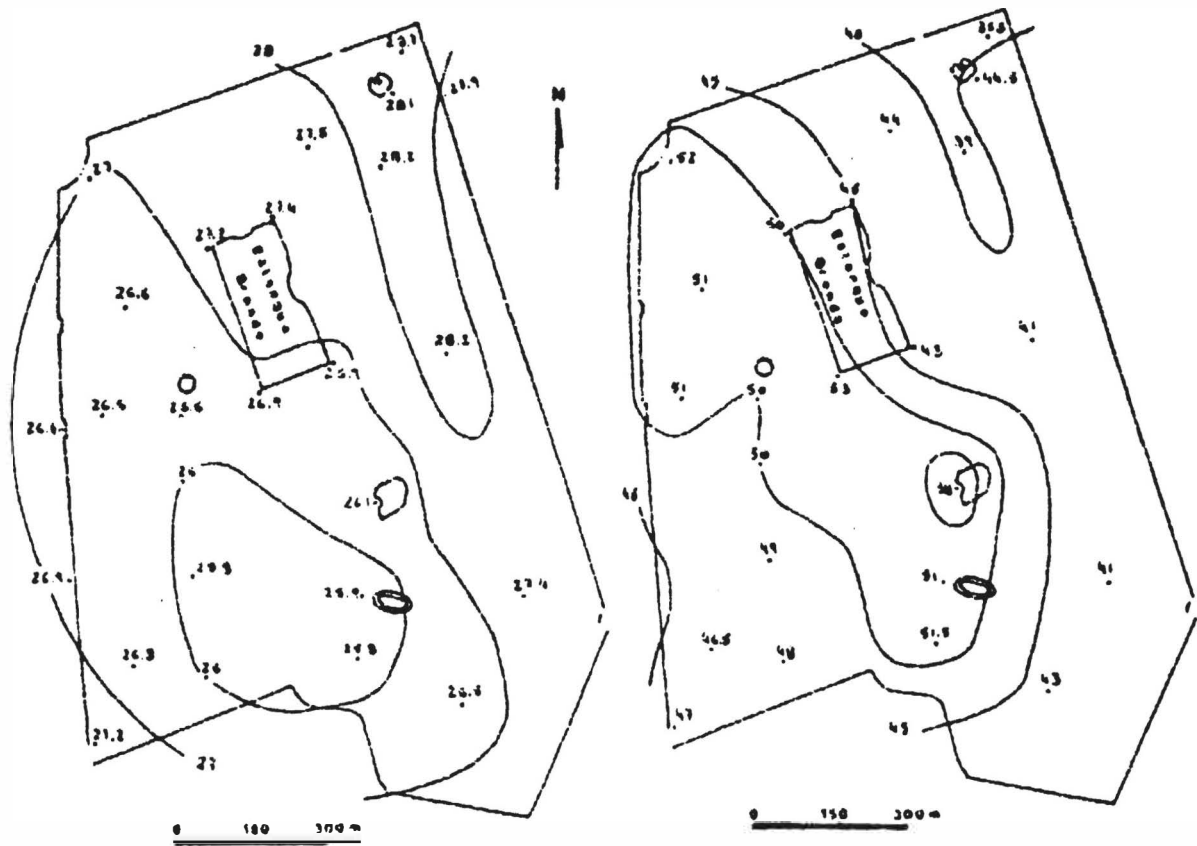


FIGURA 3.—Temperaturas (izq.) y humedad relativa (dcha.) en noche estable (22-7-88).
 Obsérvese la correlación inversa entre ambos mapas, tanto en la célula de frescor y mayor humedad al S del Estanque Grande, como en la lengua de calor y menor humedad sobre el Paseo de Coches

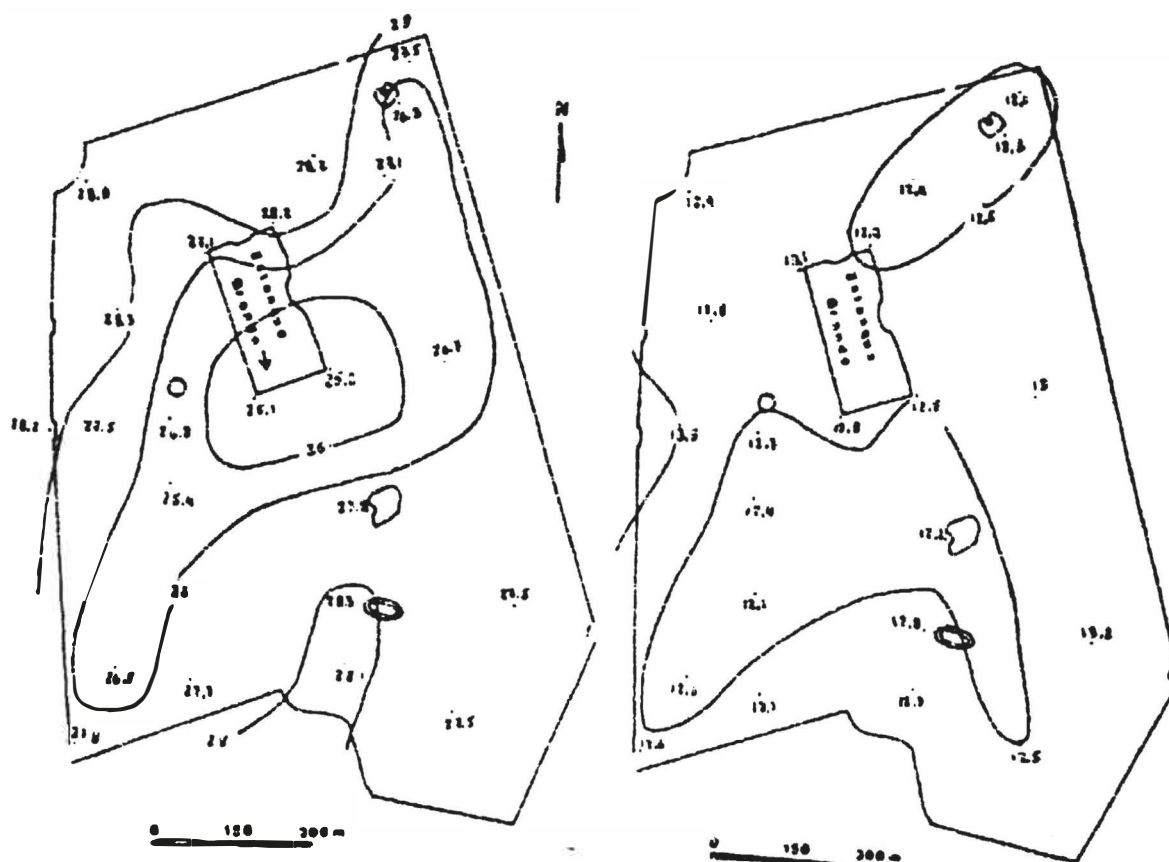


FIGURA 4.—Temperatura en días estables, izq. 12-6-86 y dcha. 23-1-88, con la típica célula de frescor al S del Estanque Grande y otra menor en el extremo NE en la Casita del Pescador

2) El extremo NE, junto a la Casita del Pescador con una cubierta espesa, se comporta también como una pequeña célula de frescor (ver figura 4). Tiende a ser un espacio frío, sólo durante el día, con tiempo estable, cuando su densa arboleda de gran porte reduce las radiaciones solares recibidas, pero durante la noche esta pequeña extensión arbórea no mantiene la célula de frescor.

3) La amplia zona N y NW, con vegetación más abierta y de menor desarrollo, permite un mayor acceso de la radiación solar al suelo que las otras zonas arbóreas; por ello, ésta no suele aparecer entre los lugares más fríos, y sólo tiende a ser fresca en días calurosos y despejados, con estabilidad, cuando la radiación difusa es menos significativa en el calentamiento del aire y la escasa sombra producida por esta arboleda es suficiente para reducir en gran medida la radiación de onda corta.

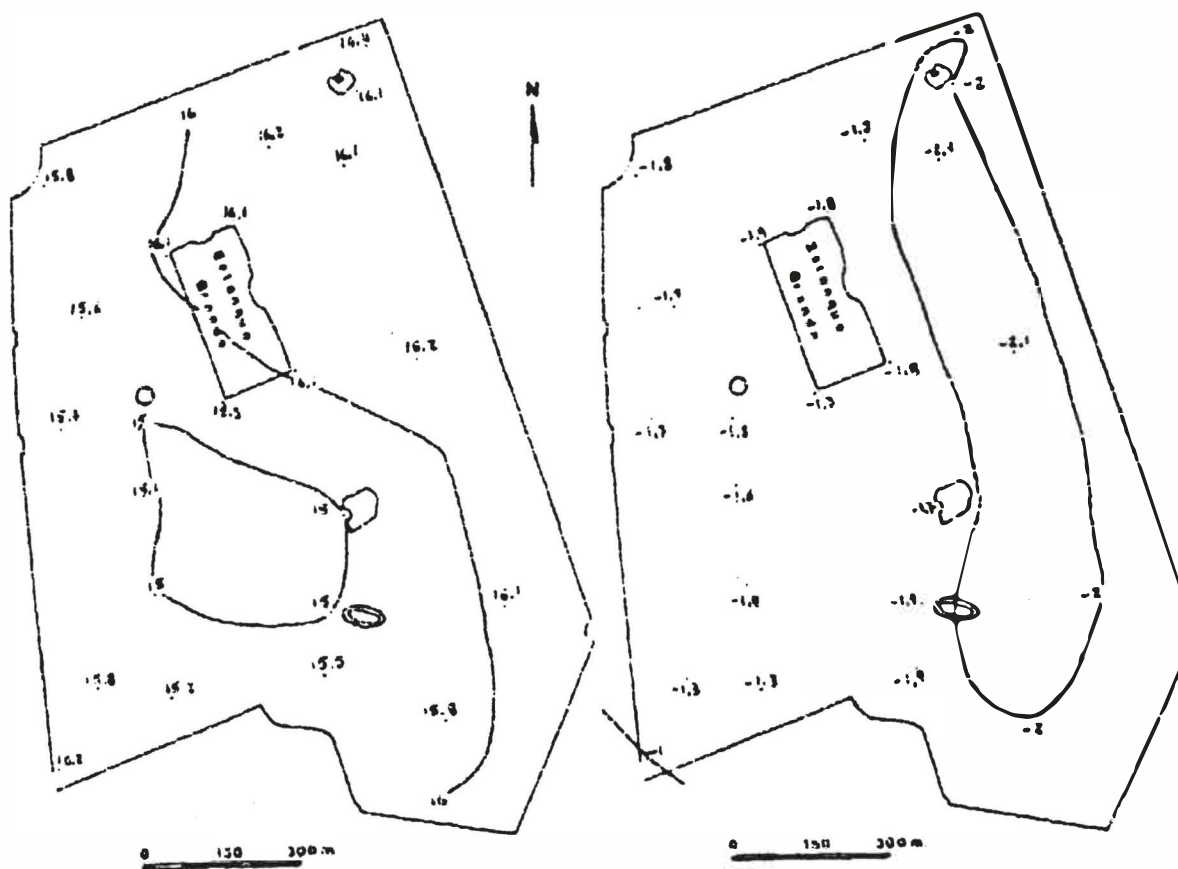


FIGURA 5.—Temperatura en noches inestables, izq. 18-9-86 y dcha. 14-1-87. La célula de frescor de la zona arbórea más densa y extensa, sólo desaparece con temperaturas muy bajas

Periferia del Retiro

Se realizan unos recorridos de circunvalación en torno al Retiro, con la ventaja de hacerlos en automóvil, ganando mucho tiempo, por lo que las mediciones apenas llevan 15 minutos. Por motivos operativos fue imposible realizarlos a la vez que los del itinerario principal, como habría sido lo ideal, ya que dentro del Retiro no se puede utilizar el automóvil. Después de 12 recorridos complementarios alrededor del Retiro, aparecen las siguientes conclusiones:

Célula de frescor.—1) El Retiro es una célula de frescor respecto a la zona urbana circundante.

2) No aparece con una intensidad semejante en todos sus lados, pues en 9 ocasiones, la zona occidental correspondiente a la calle Alfonso XII es más fresca que las otras, por lo que la célula está descentrada hacia el oeste del Retiro (ver figura 6). Las causas de este fenómeno, contando con toda la información obtenida, no sólo la de estos recorridos, son: a) La zona oeste del Retiro tiene cerca el Jardín Botánico y el ajardinado Paseo del Prado, los cuales favorecen que la zona urbana intermedia, al ser pequeña y aislada, no sea capaz de aportar un aumento térmico al borde del Retiro. b) La zona este, por el contrario, tiene cerca una masa edificada amplia y densa; y dentro del Retiro, pero marginal, el Paseo de Coches, una zona desforestada y asfaltada, que favorece el aumento térmico, además de la orientación respecto a la insolación.

3) Hay tres ocasiones en las que la isla de frescor no está centrada hacia el oeste, y éstas son: a) Los recorridos del 26-10-86 y 14-9-87, en días muy calurosos y cuyos datos han sido recogidos por la tarde, descentrándose la isla de calor hacia el norte, donde recibe la influencia del barrio de Salamanca. b) El recorrido del 23-6-87 es totalmente contrario al resto, pues el frescor aparece desviado hacia el este, por lo que la avda. Menéndez Pelayo es la más fresca. El motivo podría estar en la hora de medición, en el momento en que el sol comienza a calentar este lado del Retiro, aumentando la evapotranspiración (pérdida de calor latente) y esto podría estar provocando una pequeña caída térmica, aspecto que no ocurre en este momento en el oeste, donde todavía la sombra de los árboles es importante.

4) Las zonas cálidas son: a) Paseo Infanta Isabel en el único tramo de circunvalación, en el que los edificios se interponen entre el Retiro y el lugar de medición; por tanto, es el espacio más plenamente urbano de este recorrido y el más cálido en todas las circunstancias. b) Zona E y NE, sobre todo en el cruce Alcalá-Príncipe de Vergara, al pie de la torre de Valencia y con mucho tráfico.

1) *Contraste térmico.*—1) Las diferencias térmicas mayores se han registrado siempre durante las mediciones diurnas, con valores no muy importantes, pero por encima de 2'8°, destacando sólo dos recorridos con 3'5 y 3'7°, que coincide con las dos ocasiones en que la célula de frescor se desvió hacia el norte, en tardes muy cálidas.

2) Las menores coinciden con todos los recorridos nocturnos, destacando dos de ellos de 1 y 1'1°, e incluso el 13-7-89 registró sólo 0'5° de

diferencia entre el punto más cálido y el más fresco. Este resultado no tiene por qué sorprendernos demasiado, pues no está directamente en contradicción con la idea generalizada de que por la noche se dan los mayores contrastes térmicos entre la ciudad y el campo, también aplicable a Madrid;¹⁵ aquí sólo estamos registrando puntos urbanos y de contacto ciudad-parque, y en esta zona de borde del Retiro al comenzar al noche no se da una diferencia térmica apreciable, incluso como veremos más adelante tiende a aumentar la temperatura plasmando unos datos muy semejantes a los plenamente urbanos.

4) Por el poco tiempo transcurrido entre la primera y la segunda medición, unos 15 minutos, las modificaciones térmicas son despreciables; pero en algunas ocasiones encontramos resultados significativos, y son coincidentes con los obtenidos en el interior del Retiro. a) Durante los recorridos diurnos las modificaciones son, por supuesto, tendentes a aumentar la temperatura, siendo más significativas en el norte del parque, junto al barrio de Salamanca, y en las mediciones ya plenamente urbanas en el Paseo Infanta Isabel; mientras que tienden a ser más estables los puntos de la calle Alfonso XII, que corresponden a la zona más arbolada y fresca. b) Durante la noche, se repite aquí el fenómeno de un aumento térmico reiterado, que afecta a varios puntos en cada recorrido. En líneas generales el aumento es casi despreciable, unos 0'5°, pero en algunas ocasiones se superó 1° y ha de recordarse que, además de ser nocturnos, se producen en apenas 15 minutos. Los aumentos más importantes se han registrado en la parte norte del Retiro. Todo esto parece indicar que la ciudad desde el barrio más densamente urbano que rodea el Retiro, el de Salamanca, está transfiriendo calor al parque. Sería interesante conocer qué ocurre en altura.

Retiro-ciudad

Contraste térmico.—Como primera aproximación, además de los 23 puntos de medida en el interior del Retiro, se toma uno más en la zona urbana adyacente de la Glorieta de Carlos V, más conocida como Atocha, en concreto en un espacio muy urbanizado junto al Paseo de las Delicias, con el siguiente resultado:

¹⁵ LÓPEZ GÓMEZ, A. y OTROS: Op. cit., p. 173.

ASPECTOS CLIMÁTICOS DEL PARQUE...

1) Siempre aparece más cálida que los valores medios del conjunto de puntos del Retiro. Las diferencias, eso sí, no son muy intensas y suelen estar en torno a los 2°; aumentan por las noches, sobre todo si son estables y despejadas, llegando en estos casos a 3 y 3'2 °C.

2) Si comparamos con el punto más frío del Retiro en cada recorrido (ver cuadro I), la situación no varía sustancialmente, tan sólo que las diferencias aumentan en torno a 1° más, y las noches siguen marcando las mayores diferencias; sobre todo con situaciones de estabilidad, llega a un máximo de 4'4° en un recorrido nocturno de verano y muy caluroso, registrando Atocha 30'2° y la zona arbolada del SSW 25'8°.

CUADRO I

<i>Fecha</i>	<i>Temp. Atocha</i>	<i>Temp. Min.</i>	<i>Dif. Term.</i>	<i>Caracteres Recorrido</i>
22-7-88	30'2	25'8	4'4	noche estable
12-6-86	28'9	25'1	3'8	día estable
13-9-85	9'1	5'9	3'2	noche estable
18-9-86	17'9	15	2'9	noche inestable
12-4-86	4'1	1'2	2'9	día inestable
21-10-85	19'3	16'5	2'8	día estable
10-9-85	23'1	20'3	2'8	día inestable
1-8-88	32'4	29'8	2'6	día estable
10-4-86	12'6	10'2	2'4	noche inestable
16-5-87	17'1	15'2	2	día inestable
28-7-87	25'7	23'8	1'9	día estable.
14-1-87	0'4	2'2	1'8	noche inestable.
23-1-88	13'8	12'1	1'8	día estable

3) En los recorridos diurnos y estables, las zonas más cálidas del Retiro (Paseo de Coches, Parterre, puertas de entrada) suelen presentar una temperatura muy semejante a la urbana de Atocha.

Para completar la relación Retiro-ciudad, se realizan recorridos complementarios en coche. 1) Circulares cubriendo dos anillos en torno al parque (figura 6). 2) Dos ejes longitudinales S-N, por el W y el E del Retiro (ver figura 7).

1) El primer anillo, en la periferia del Retiro, ofrece los resultados típicos de célula de frescor descentrada hacia el oeste.

El segundo anillo completa y amplía esta información, pues en primer lugar se comprueba que el Paseo Infanta Isabel y la Torre de Valencia, aún siendo puntos cálidos, no lo son tanto como otros más alejados del Retiro y encerrados en la edificación urbana. Lo más interesante, como podemos ver en el mapa de isotermas correspondiente al 12-7-88 (figura 6), es que aparecen 2 células de frescor y 2 de calor urbano.

a) La primera de frescor está en el Retiro, que ofrece sus temperaturas mínimas sobre el borde W (25'9°). La segunda es una célula más

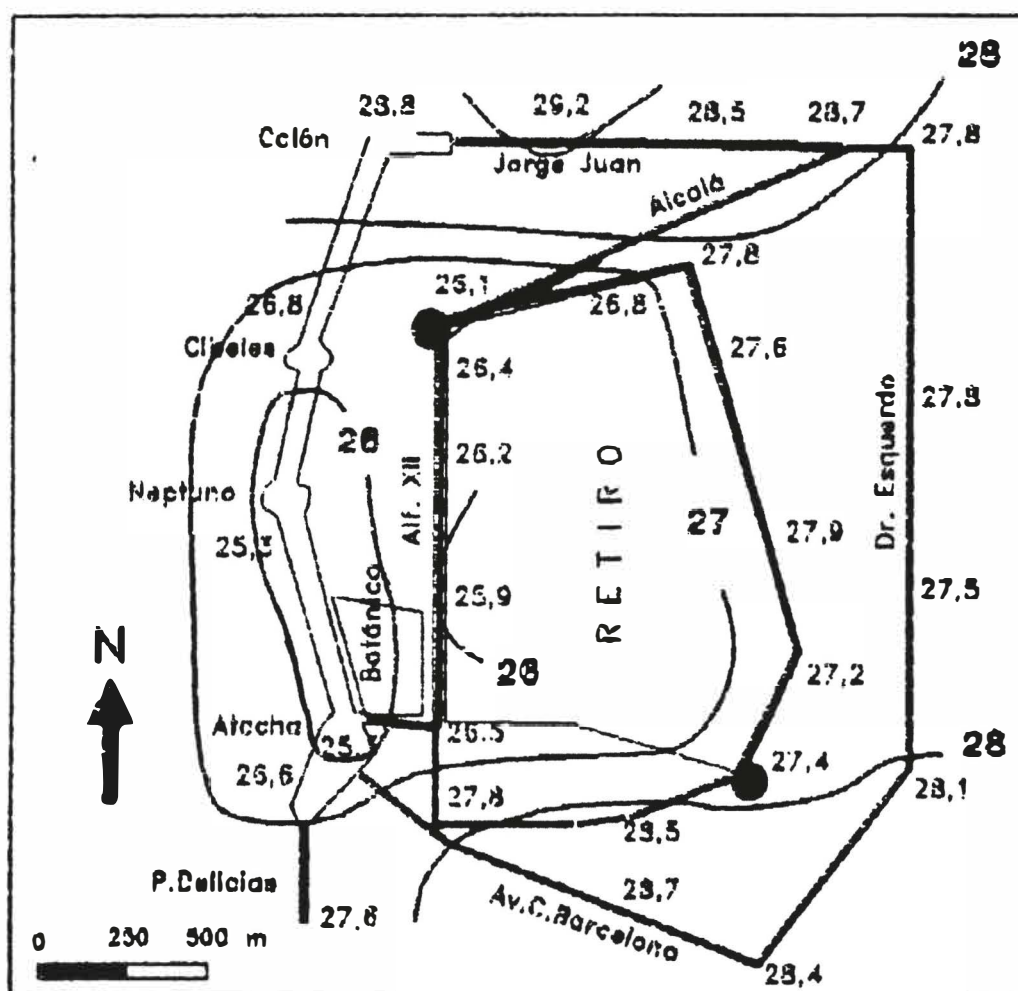


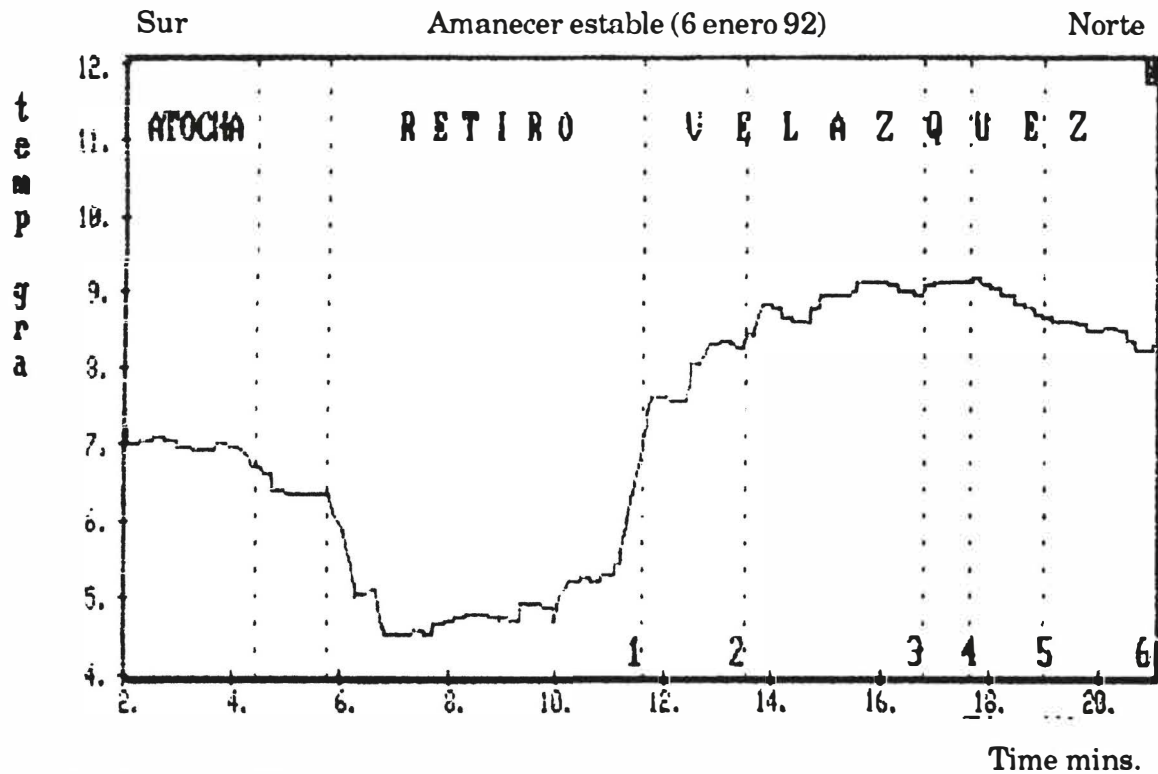
FIGURA 6.—Temperatura en noche estable (12-7-88), con células de frescor sobre el Retiro y el Botánico-Prado; y otras de calor en zonas urbanas al N y S del Retiro

pequeña, a lo largo del eje Botánico-Museo del Prado, aún siendo menor en extensión, ofrece una temperatura más baja (25'3°), pero hay que tener en cuenta que desconocemos la temperatura mínima del Retiro y del Botánico en sus zonas centrales, por lo que sólo estamos afirmando que el borde de la célula de frescor del Botánico es más intensa que su equivalente en el Retiro. Estos resultados coinciden con los obtenidos por el profesor López Gómez y cols. en el recorrido N-S, en el estudio del clima urbano de Madrid. La explicación de este fenómeno tiene que encontrarse en el hecho de que el Botánico-Prado está más bajo, ocupando el fondo de la vaguada del Prado, y esto favorece que el aire más frío y pesado del Retiro pueda descender a esta zona deprimida, y quizás sea compensada por una advección al Retiro de aire más cálido del barrio de Salamanca. b) La primera célula de calor es el barrio de Salamanca, al norte del Retiro, donde las temperaturas superan los 28'5°, llegando en el cruce de las calles Velázquez y Jorge Juan a 29'2°, por lo que en esta zona de alta densidad de urbanización la diferencia térmica se sitúa en unos 3° en apenas 350 metros entre el borde del Retiro y las vías sin influencia del parque. La segunda se encuentra en Pacífico, al sur del Retiro, con temperaturas por encima de 28'5 °C. Estas dos células de calor no están directamente conectadas en el área estudiada, pues las zonas urbanas intermedias, de menor densidad de edificación y con una amplia vía N-S, como es la calle Dr. Esquerdo, ofrecen unas temperaturas muy semejantes a las del borde del Retiro.

El resultado ha sido semejante en otros recorridos nocturnos realizados.

2) Los itinerarios longitudinales sur-norte se realizan en coche, con un termohigrómetro Silimet, que recoge constantemente la información, no midiéndose, pues, por puntos. Unos perfiles se obtienen por el W: Atocha-Alfonso XII (Retiro)-Velázquez, que es el margen más fresco, presentando las mayores diferencias con la zona urbana, sobre todo en el amanecer, como podemos ver en la figura 7; mientras que por el E: Menéndez Pelayo (Retiro)-Príncipe de Vergara, las diferencias son menores, e incluso desaparecen desde la tarde hasta primeras horas de la noche.

Evolución del contraste térmico.—Para conocer la diferente rapidez de ganancia o pérdida del calor sensible por una zona urbana y otra arbolada, comparamos la temperatura medida a la ida y a la vuelta de cada recorrido, en Atocha y en el punto n. 3 del Retiro en un lugar elevado, muy arbolado, perteneciente a la célula de frescor y suficientemente cerca de



Confluencia c/ Velázquez con:

- | | | |
|-----------|--------------------|------------------|
| 1. Alcalá | 3. Ortega y Gasset | 5. Diego de León |
| 2. Goya | 4. Juan Bravo | 6. M. Molina |

FIGURA 7.—Vaguada térmica del Retiro ($4'5''$), respecto a la zona urbana circundante, Atocha al sur y el barrio de Salamanca al norte

Atocha para que las mediciones se puedan considerar realizadas casi en el mismo momento (ver cuadro II) y los recorridos longitudinales, 24 en total, realizados en coche, con los siguientes resultados:

1) *Durante el día.*—En el amanecer, la diferencia es importante, $4-4'5''$ cuando los cielos han estado despejados, y se reduce con cielos cubiertos. Por la mañana, aunque se ha reducido, la ciudad sigue estando más caliente que el parque. Hacia el mediodía el aumento térmico es más rápido, sobre todo con estabilidad; si por el contrario el día es inestable, el aumento en ambas zonas es menor; pero en cualquier caso, desde que la acción de la energía solar incidente es importante, la zona arbolada está ganando más calor sensible y la zona urbana se está calentando más lentamente. Pasado el mediodía, el incremento continúa en ambas zonas, pero es ya más lento y la zona urbana de Atocha continúa calentándose a

ASPECTOS CLIMÁTICOS DEL PARQUE...

un ritmo inferior al Retiro. Por la tarde, en zona urbana deja de aumentar la temperatura, mientras que el Retiro continúa calentándose, aunque ya muy lentamente, por lo que en estos momentos la temperatura en la periferia del Retiro y en las zonas urbanas adyacentes (Atocha y B^o Salamanca), es muy semejante, especialmente en el margen E.

CUADRO II

<i>Punto n. 1 (Atocha)</i>			<i>Punto n. 3 (Retiro)</i>		
<i>Ida</i>	<i>Vuelta</i>	<i>Difer.</i>	<i>Ida</i>	<i>Vuelta</i>	<i>Difer.</i>
30'8	29'5	(-) 1'3	26'8	26'9	(+) 0'1.
29'5	28'2 (V)	(-) 1'3	25'5	27'5	(+) 2
10'6	7'5	(-) 3'1	7'9	5'7	(-) 2'2
19'6	16'2	(-) 3'4	15'6	16'1	(+) 0'5
5'5	2'7 (V)	(-) 2'8	0'3	2 (V)	(+) 1'7
19	19'5	(+) 0'5	16 (V)	17'8	(+) 1'8
23'1	23'1	=	19'8	20'9	(+) 1'1
29'3	35'5	(+) 6'2	28'5	32'8	(+) 4'3
14	11'1	(-) 2'9	12'2	11'8	(-) 0'4
16'5 (V)	17'7	(+) 1'2	14'7	16'3	(+) 1'6
13'2	14'5 (V)	(+) 1'3	11'2	13'4	(+) 2'2
23'6	27'8	(+) 4'2	22'3	26'2	(+) 3'9
0'2	-1	(-) 1'2	-0'9	-1'7	(-) 0'8

* Orden = Cuadro I.

(v).—Medición realizada con viento.

(+).—Aumento de la temperatura desde la primera medición.

(-).—Descenso de la temperatura desde la primera medición.

2) *Durante la noche.*—Al comenzar ésta, la ciudad continúa estando ligeramente más cálida que el parque, y de ahí hacia la medianoche Atocha pierde calor más lentamente de lo que lo ganaba en la mañana, este descenso se hace rápido en las noches inestables, cuando la energía absorbida durante el día fue menor y menos, por tanto, la energía a emitir por la noche; en cambio, en noches estables, el descenso se produce muy lentamente, pues la energía absorbida durante el día fue mayor y la emitida en forma de onda larga por la noche se pierde muy lentamente por el efecto de cañón del viario.

Pero este comportamiento que sería el clásico ciudad-campo, y que iría acentuando las diferencias térmicas al avanzar la noche, se ve distorsionado por las características topográficas y de orientación de estas dos zonas. Así por el estudio del clima urbano madrileño conocemos que Atocha durante el día es una zona cálida (centralidad, orientación, etc.), en cambio por la noche presenta una vaguada térmica respecto a su entorno urbano; si a ello unimos que la masa verde del Retiro no pierde calor sensible e incluso llegan a producirse pequeños aumentos térmicos, hacia la media noche, el resultado es que Atocha y el SW del Retiro (la zona más cercana a Atocha) se igualan térmicamente en esas horas nocturnas; así, al finalizar el recorrido del 10-4-86 Atocha tenía 11'1° y el punto n.º 3 del Retiro 11'8°. A su vez, el margen E, el más cálido del Retiro desde la caída de la tarde hasta las primeras horas de la noche, la proximidad de áreas urbanas densas determina una temperatura muy semejante en ambos espacios. Cerca del amanecer, la ciudad de nuevo está más caliente que el Retiro, por lo que la caída térmica es más lenta en la zona urbana.

Para completar este estudio se realizaron 8 recorridos en detalle, analizando el interior del Retiro en la isla de frescor; su borde, en contacto con la zona urbana, junto a la cuesta de Claudio Moyano; la Glorieta de Atocha, junto al Ministerio de Agricultura, y, por tanto, en el fondo de la vaguada del Prado, en una zona abierta de edificación; y un punto más plenamente urbano en Atocha junto al Paseo de las Delicias, en el punto n.º 1 del itinerario principal, que confirma el resultado anteriormente indicado. En los recorridos realizados en el amanecer las diferencias son máximas 3-4'5°, sobre todo cuando el Retiro ronda los 0°; al llegar la mañana y el mediodía, las diferencias se reducen a unos 2°; por la tarde, el Retiro no es la parte más fría, aunque Delicias sigue siendo la más cálida; y en el ocaso y primeras horas de la noche, las diferencias son claras, la parte más fría es Atocha, en el fondo de la vaguada del Prado, mientras que el Retiro se iguala térmicamente con el área urbana de Delicias, por lo que uniendo todos los resultados en las márgenes del Retiro podría estar ocurriendo que por la noche el frescor del W del parque descienda por el SW hacia Atocha, cuyo frescor se ve reforzado por el jardín Botánico y a la vez se estén produciendo advecciones de aire más cálido de la ciudad hacia el borde del Retiro, desde los barrios de Salamanca (N) e Ibiza (E).

Rasgos generales de la humedad relativa

Presenta unos resultados muy semejantes a los de la temperatura, pero a la inversa; coinciden las mayores humedades relativas con el frescor y las altas temperaturas con la sequedad (comparar en figura 3 izquierda y derecha).

Dentro del Retiro, de forma global, la mitad norte es la más húmeda, mientras el sur y la periferia registran los valores más bajos en cada recorrido. Pero en detalle son las áreas despejadas de vegetación arbórea, con suelo artificial, como el Paseo de Coches y el eje de la avenida de México que enlaza la puerta de la plaza de la Independencia con el Estanque Grande, los lugares más secos del interior. En cambio el Estanque Grande no provoca la existencia de puntos con más humedad de la normal en el Retiro (ver figura 3).

La zona urbana analizada presenta, en todas las ocasiones observadas, una humedad relativa menor que los espacios arbolados, aunque no hay que olvidar que la ciudad es más cálida y esto favorece una mayor sequedad relativa. Al analizar el contraste higrométrico entre el Retiro y la zona urbana de Atocha, encontramos que los valores medios del parque son siempre menores que la zona urbana (de 6 a 7 puntos porcentuales), acentuándose las diferencias durante los recorridos nocturnos, y disminuyendo en los diurnos con tiempo estable.

En cambio, en cada recorrido, al comparar Atocha con el punto más seco del Retiro, el resultado es más variable, pues en algunas ocasiones Atocha registraba más humedad (4-5' 5 puntos porcentuales), en recorridos nocturnos veraniegos; otras eran semejantes, o sólo ligeramente más seco Atocha.

Factores condicionantes de la distribución termohigrométrica

Una vez comprobado que la distribución de la temperatura y humedad relativa parecen estar relacionadas con el tipo de superficie, la porción de cubierta despejada y la distancia del punto a la periferia del parque, quedaba sólo intentar cuantificar la importancia de cada una de estas variables en la configuración microclimática de la zona estudiada; para ello hemos correlacionado los diferentes elementos climáticos, como variables

independientes, con los distintos factores susceptibles de modificarla. Los resultados globales obtenidos son los siguientes:

Temperaturas.—Como primera aproximación utilizamos la regresión simple, aceptando un nivel de significación de 0'1 (ver cuadro III).

CUADRO III

	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA			
	DÍA	NOCHE	DÍA		NOCHE	
			EST	IN	EST	IN
S	0'54	—	0'46	—	—	0'52
C	0'54	—	0'31	0'48	—	0'31
D	-0'54	-0'54	—	-0'49	—	0'46

* Coeficiente de correlación medio de los recorridos, con una significación a nivel 0'1.

S.—Tipo de superficie de suelo.

C.—Porción de cubierta despejada.

D.—Distancia del punto a la periferia.

EST.—Estabilidad atmosférica.

IN.—Inestabilidad o tiempo perturbado.

En los recorridos diurnos, cuando la recepción de energía es fundamentalmente solar, ya sea directa o difusa por contaminación, vegetación arbórea, etc., la distribución de temperaturas suele estar en función tanto de la proporción de cubierta despejada, como del tipo de superficie, en el punto de medición, y su distancia a la zona urbana, con un coeficiente de correlación semejantes en los tres factores, independientemente de la estabilidad o inestabilidad atmosférica; de ahí que en el cuadro III se unifiquen los resultados de estas dos posibilidades; el nivel es significativo en todos los recorridos excepto durante una nevada, que unificó tanto las temperaturas, como para no ser fiable el coeficiente de correlación. Así podemos afirmar que los suelos de césped favorecen las bajas temperaturas, y van aumentando, con otros tipos de superficie, llegando a su máximo con suelos de asfaltos; y a la vez cuanto mayor sea la porción descubierta, más altas son también éstas.

Pero en los recorridos nocturnos, puesto que la zona urbana ha almacenado más calor durante el día que el Retiro y la emisión neta también es mayor, la distribución de temperaturas en el interior del Retiro no está relacionada ni con el tipo de suelo, ni con la porción de cubierta despejada, sino con la distancia del punto a la periferia, en una correlación negativa; así, en estas horas es la radiación emitida por el mundo urbano periférico la más importante y cuanto más lejos se encuentre el punto de la isla de calor urbana, menor es su temperatura.

Si analizamos conjuntamente las tres variables por el método Stepwise, el resultado es muy semejante en cuanto a la mayor o menor importancia de una u otra variable, aunque con una tendencia por el día a dar más importancia a la porción de cielo despejado que al tipo de suelo, cuyo coeficiente de correlación, aún siendo semejante, queda mejor explicado sólo con el primero y su coeficiente de determinación explica, según recorridos entre un 23% y 44% de los resultados de la temperatura, mientras que por la noche es sólo el factor distancia el que explica los resultados. Finalmente, obtenidos los valores que mejor se ajustarían a un modelo de distribución de la temperatura, mediante una correlación múltiple, cada uno de los puntos nunca se aleja más de 1'5 °C. del resultado real y salvo unos pocos lugares, y en contadas ocasiones, las mediciones llevadas a cabo generalmente no se apartan más de 0'9 °C, del resultado esperado.

Humedad relativa.—Siguiendo el mismo proceso, ésta presenta unos coeficientes de correlación menos íntimos con estas variables que la temperatura y, sobre todo, un 50% de recorridos no llega al nivel de significación 0'1, por lo que la correlación simple apenas aclara nada. Por el contrario, al utilizar el Stepwise, es el suelo la variable que mejor explica los resultados de la humedad relativa, siendo los suelos naturales los que favorecen una mayor humedad relativa, sobre todo el césped, y los artificiales mayor sequedad, sobre todo asfalto.

BIBLIOGRAFÍA

- ARROYO ILERA, F. y FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1991): *Aproximación al conocimiento del confort térmico urbano de Madrid*, Colección de Estudios, U.A.M., 109 pp.
- BESSEMOULIN, P. (1980): «Urbanisation et meteorologie», *La Meteorologie*, n. 23, pp. 51-67.
- CALVO PALACIOS, J. L. : *Aportación metodológica al estudio geográfico del microclima urbano*, Boletín de la Real Sociedad Geográfica, pp. 95-109.
- CHANDLER, T. J. (1965): *The climate of London*, Hutchinson.
- (1970): «Urban climates», *World meteorological organization*, Ginebra.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1990): «La influencia de la ciudad sobre las precipitaciones: el caso de Madrid», *Estudios Geográficos*, n. 199-200, pp. 397-411.
- FERNANDO, R. (1977): «Confort térmico en una situación urbana», *Manuales críticos de diseño del alojamiento español*, n. 3.
- LANDSBERG, H. E. (1972): «The assessment of human bioclimate», *World meteorological organization*, n. 331, pp. 36.
- (1981): *The urban climate*, New York, Academic Press.
- (1981): *City climate*, World survey of climatology, vol. 3, General climatology, pp. 299-331.
- LOMBARDO, M. A. (1985): *Ilha de calor nas metrópoles, O exemplo de Sao Paulo*, Hucitec. São Paulo.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. y FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1984): «La isla de calor en Madrid: Avance de un estudio de clima urbano», *Estudios Geográficos*, n. 174, pp. 5-34.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1985): «El clima de las ciudades», *Arbor*, n. 474, pp. 13-32.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. y cols. (1988): *El clima urbano de Madrid: La isla de calor*, Instituto de Economía y Geografía Aplicadas, C.S.I.C.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; MORENO JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F. y PALU, F. (1990): «La temperatura diurna en la aglomeración de Madrid mediante imágenes remotas», *Estudios Geográficos*, n. 201, pp. 705-732.
- MATSON, M. y LEGECKIS, R. V. (1980): «Urban heat islands detected by satellite», *Bull. American Meteorological Society*, n. 3.
- MICOLA, L. y RAYNAUD, J. (1971): «Etude géographique et ecologique des espaces verts de Montpellier», *Bull. Soc. Languedocienne de Géographie*, oct-nov. 1971.
- MONTEIRO, C. A. DE F. (1976): *Teoría e clima urbano*. IGEOG, USP, Serie de tesis y monografías, n. 25, São Paulo.
- OKE (1978): *Boundary layer climates*, Methuen, Londres, 393 pp.
- TERJUNG, W. H. y ROURKE, P. A. (1981): «Relative influence of Vegetation on Urban Energy Budgets and Surface Temperatures», *Bound. Layer Meteorol.*, n. 21, pp. 255-263.
- VALENZUELA RUBIO, M. (1977): «Aportaciones a una Geografía del Esparcimiento en Madrid: Los espacios verdes», Madrid, UAM, Departamento de Geografía (Temas de Madrid, 3), 11 pp.
- WILMERS (1981): «Temperature measurements in the city as a contribution to the bioclimate of Hanover», *Verhan&lugen-Gesellschaft fur Okologie*, pp. 343-347.
- WORWINE, J. R. (1973): «Heat island properties of an enclosed multi-level suburban shopping-center», *Bull. American Meteorol. Society* n. 7, pp. 637-642.

ASPECTOS CLIMÁTICOS DEL PARQUE...

RESUMEN.—*Aspectos climáticos del Retiro.* Se analiza el comportamiento de un espacio verde en las zonas centrales de la isla de calor de Madrid y su relación con ésta, mediante datos obtenidos en recorridos de varios tipos, cubriendo las distintas variables de vegetación, topografía, agua, etc. Con los siguientes resultados básicos: La ciudad es más cálida y seca que el Retiro. Las diferencias se acentúan con estabilidad. Las zonas deprimidas recogen y canalizan el aire frío. La vegetación suaviza la temperatura, mientras que las zonas acuáticas apenas influyen en los resultados globales.

PALABRAS CLAVE.—Clima urbano. Zona verde. Célula de frescor. Retiro.

ABSTRACT.—*Climatic aspect in Retiro Park.* It is analysed the behaviour of a green space in the central area of a heat island in Madrid and its relation with this one, by means of information achieved through several type courses, studying the different variable of vegetation, topography, water, etc. Getting the following basic results: This city is warmer and drier than Retiro Park. All sorts of differences become more noticeable in a very steady way. Its lower areas take up and canalize cold air. Vegetation makes temperature more gentle, meanwhile aquatic areas can hardly have an influence on overall results.

KEY WORDS.—Urban climate. Green area. «Cell» of coolness. Retiro Park.

RÉSUMÉ.—*Aspect climatiques du Retiro.* On analyse le comportement d'un espace vert dans les zones centrales de «l'île chaude» de Madrid et sa relation avec celles-ci, grâce à des données obtenues sur des études de types différents, reconurant les différents variantes de la végétation, de la topographie, de l'eau, etc. Avec les résultats principaux suivants: la ville est plus chaude et plus sèche que le Retiro. Les différences s'accroissent d'une façon assez stable. Les zones déprimées recueillent et canalisent l'air froid. La végétation adoucit la température tandis que les zones aquatiques ont peu d'influence sur les résultats globaux.

MOTS CLÉ.—Climat urbain. Zone verte. Cellule de fraîcheur. Retiro.