

LA ISLA DE CALOR EN MADRID Y LAS SITUACIONES SINÓPTICAS

POR

MIGUEL ÁNGEL ALMENDROS

Y

ANTONIO LÓPEZ GÓMEZ

En este análisis¹ se pretende comparar los resultados de la isla de calor urbana en Madrid, estudiada en anterior trabajo,² con las situaciones sinópticas de los boletines diarios del Instituto Nacional de Meteorología correspondientes a los días de medición, ya que entonces sólo indicábamos, de forma muy general, tiempo estable o inestable (lluvias, nubosidad, viento).

Otros datos puntuales de los que carecen estos boletines y que a buen seguro son interesantes, como dirección del viento, fuerza, altitud de las nubes, etc., se analizan con otro sistema.

Por otro lado, aquí tampoco podemos poner en relación los resultados de la isla de calor con los tipos de tiempo, como los apuntados por el propio Felipe Fernández García,³ puesto que, aun contando con casi un centenar

¹ Se ha realizado en el Instituto de Geografía, CSIC, dentro de un Programa de Ayuda a la Investigación sobre «El clima urbano» (CICYT, Ministerio de Educación y Ciencia).

² LÓPEZ GÓMEZ, A.; LÓPEZ GÓMEZ, J.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F. y ARROYO ILERA, F.: *El clima urbano de Madrid: La isla de calor*, Instituto de Economía y Geografía, CSIC, Madrid, 1991, 166 pp.

³ FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1986): «El clima de la Meseta Meridional: Los tipos de tiempo», Madrid, Universidad Autónoma, Departamento de Geografía General, 215 pp.

MIGUEL ÁNGEL ALMENDROS y ANTONIO LÓPEZ

de recorridos, el número que podríamos asignar a cada tipo sería escaso para realizar afirmaciones sólidas.

Por todo ello, el análisis se reduce de momento a estudiar las situaciones sinópticas en cada recorrido, sistema que en otras ciudades como São Paulo ha dado resultados concretos.⁴

Presión atmosférica

Se distingue, en primer lugar, situaciones de alta y baja presión normalizada sobre Madrid, lo que da una primera aproximación sobre las tendencias generales de la intensidad de la isla de calor urbano en Madrid (ver figura 1, sólo recorridos nocturnos):

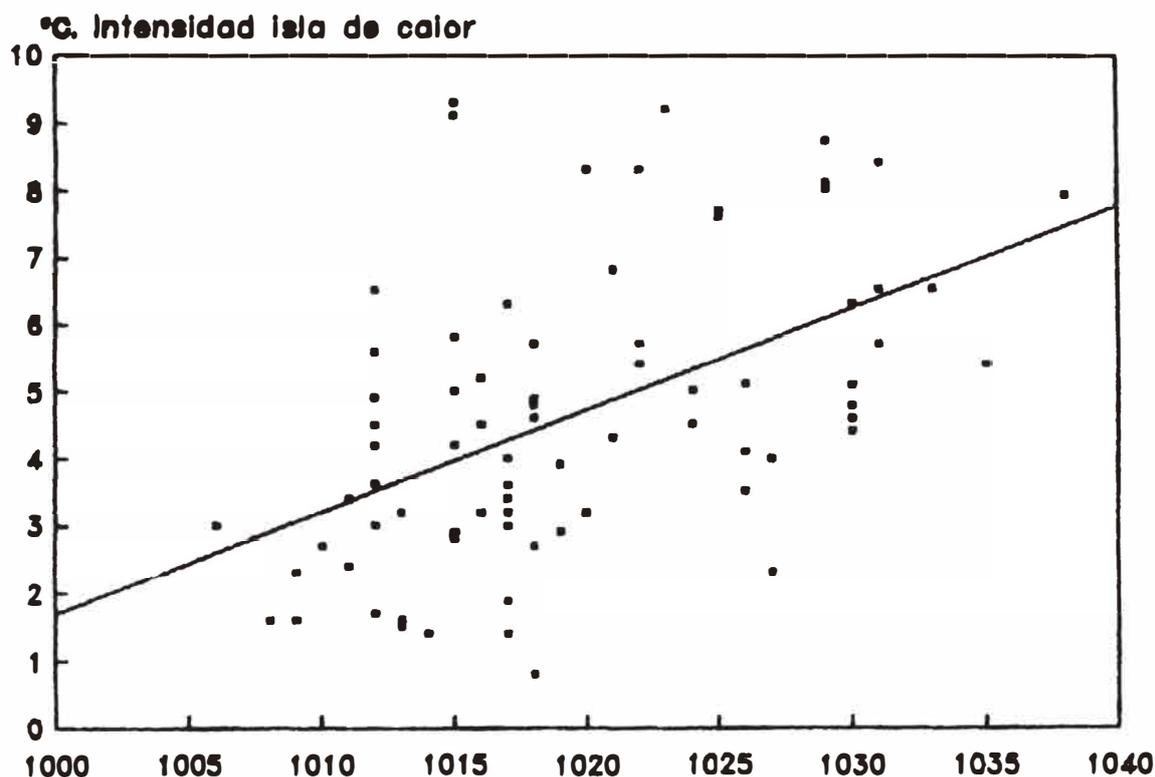


FIGURA 1.—Tendencia de la isla de calor en relación con la presión atmosférica. Datos ^{mb.} synop. Observaciones de medianoche y madrugada.

⁴ LOMBARDO, M. A. (1985): «Ilha de calor nas metrópoles. O exemplo de São Paulo», pp. 148-149.

LA ISLA DE CALOR EN MADRID...

1) Con alta presión a partir de unos 1.020 mb. y en recorridos sólo nocturnos o de madrugada aparecen islas de calor urbano más bien intensas. En el único recorrido entre 22 que no cumple esto, se comprueba que la situación concreta presentaba 0'0 horas de sol en Barajas.

2) Con bajas presiones, por el contrario, la tendencia es a islas de calor poco intensas, aunque hay un número significativo de recorridos que presentan islas por encima de los 4°C (6 de 23).

Configuración isobárica

Se analiza después la distribución de anticiclones, ciclones y pantanos barométricos, respecto a la Península en general y sobre Madrid en concreto:

Situaciones anticiclónicas.—Siguiendo los resultados diarios obtenidos se han podido diferenciar:

a) Anticiclón centrado sobre la Península (figura 2). Situación registrada en 9 recorridos, en la que todos, excepto los dos diurnos, y uno vinculado a un frente, la isla de calor es desde moderadamente intensa (unos 4°C) hasta muy acusada (9'2°C).

b) Fuera de la Península. Las situaciones presentan una gran variedad, pero en líneas generales las altas se hallan al oeste (figura 3). Entre éstas hay un grupo muy claro que por su posición está favoreciendo la entrada de aire frío (e incluso frentes fríos) del norte en todos estos casos (9); aún acompañados de una cierta nubosidad o viento, la isla de calor es intensa o moderada (8'7-4'3°C). En todos los demás (11 casos), en principio, hay una gran disparidad en la intensidad de la isla de calor (1'4-8'3°C); luego intervienen otras variables. Pormenorizando casos podemos obtener los siguientes resultados:

Los recorridos diurnos son pocos, pero al igual que en las situaciones con anticiclón sobre la Península, todos presentan islas de calor muy reducidas, independientemente de la situación sinóptica.

Entre los nocturnos, aquéllos que registraron alguna perturbación, como nubosidad o viento, presentan islas también reducidas. Mientras que todos los demás presentan islas de calor amplias.

Finalmente se han diferenciado dos situaciones sinópticas más, pertenecientes a 8 recorridos; por un lado, un anticiclón al norte de la Península

LA ISLA DE CALOR EN MADRID...

la, de disposición N-S (figura 4), y un anticiclón frío escandinavo (ver figura 5), ambos casos provocaron advección de aire frío y la isla de calor fue moderada en el primero de los casos (3'2-4'5°C), pero intensa, por encima de los 5'7°C en los 5 recorridos realizados con la otra posición.

Situaciones ciclónicas.—Se distinguen dinámicas y térmicas.

a) Entre las depresiones dinámicas se han diferenciado aquellas que van acompañadas de frentes y las que no. Las primeras (figura 6) aclaran poco, pues registran una gran variedad de intensidades en la isla de calor (0'8-5'6°C), aunque con cierta tendencia (70 %) a registrar islas de calor débiles. Pero de las segundas podemos afirmar que en general coinciden con islas poco intensas, de 10 recorridos sólo uno pasa de 3'4°C, esta única excepción coincide con un transecto de madrugada (4:10 a.m.), con mínimo nocturno en Barajas de -5°C.

b) En las situaciones de baja térmica (figura 7) por recalentamiento superficial los resultados presentan una gran variedad de la que no se pueden obtener resultados.

Pantanos barométricos.—Presentan más o menos influencia externa que les hace de difícil clasificación; si descartamos los diurnos, ofrecen unos resultados con islas de calor de moderadas a intensas (4'6-9'3°C), ya que de los 10 recorridos nocturnos realizados con esta situación sinóptica todos lo cumplieron excepto uno, que coincide con un día de lluvias.

Todo ello parece indicar que las situaciones isobáricas, aun favoreciendo tendencias, no son suficientes para explicar todos los casos, luego existen otras variables que distorsionan los resultados.

Evolución sinóptica

También han sido analizados los recorridos en días sucesivos, comparando la evolución de los mapas de tiempo con la intensidad de la isla de calor urbano, para ello contamos con 10 series de recorridos sucesivos realizados en menos de 24 horas unos a otros. Esto es insuficiente para obtener conclusiones, pero debido a su interés intrínseco y a qué estudios sucesivos están continuando en esta línea, se apuntan someramente los resultados obtenidos:

18 febrero 84. Madrugada estable. N-S. 7'6°C de intensidad de la isla

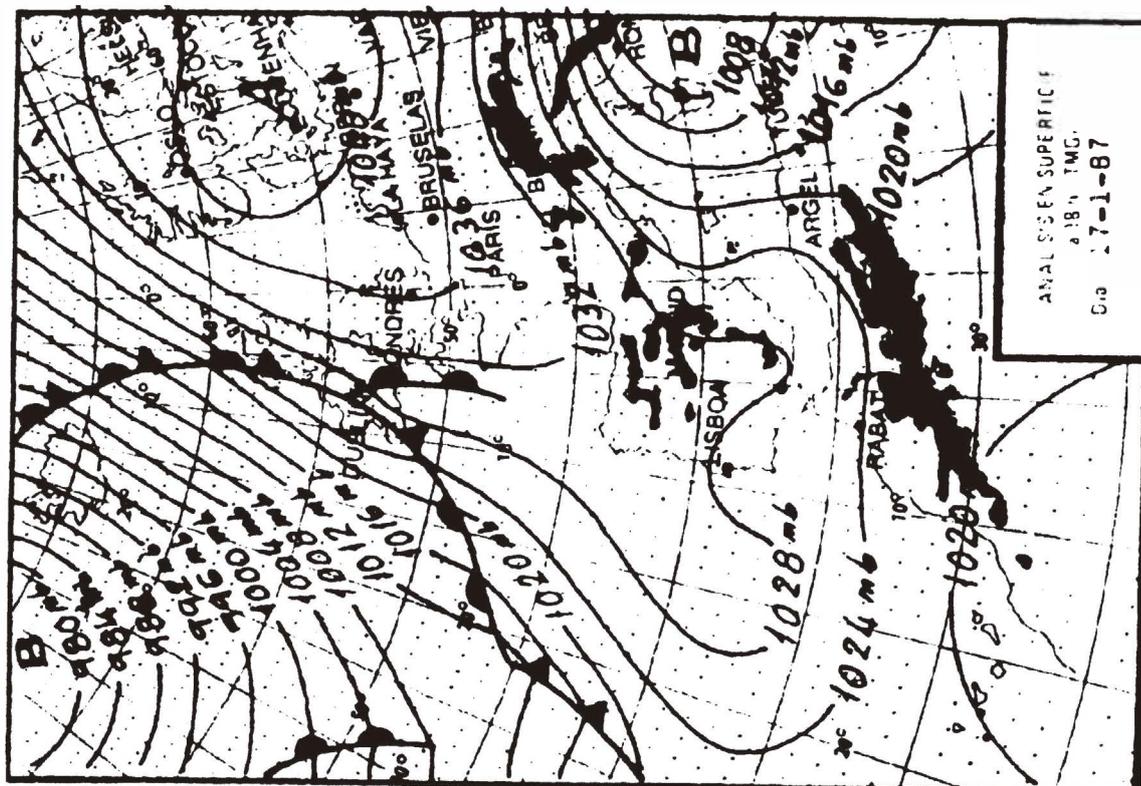


FIGURA 5.—Anticiclón en Escandinavia: Isla de calor de 5'7 °C

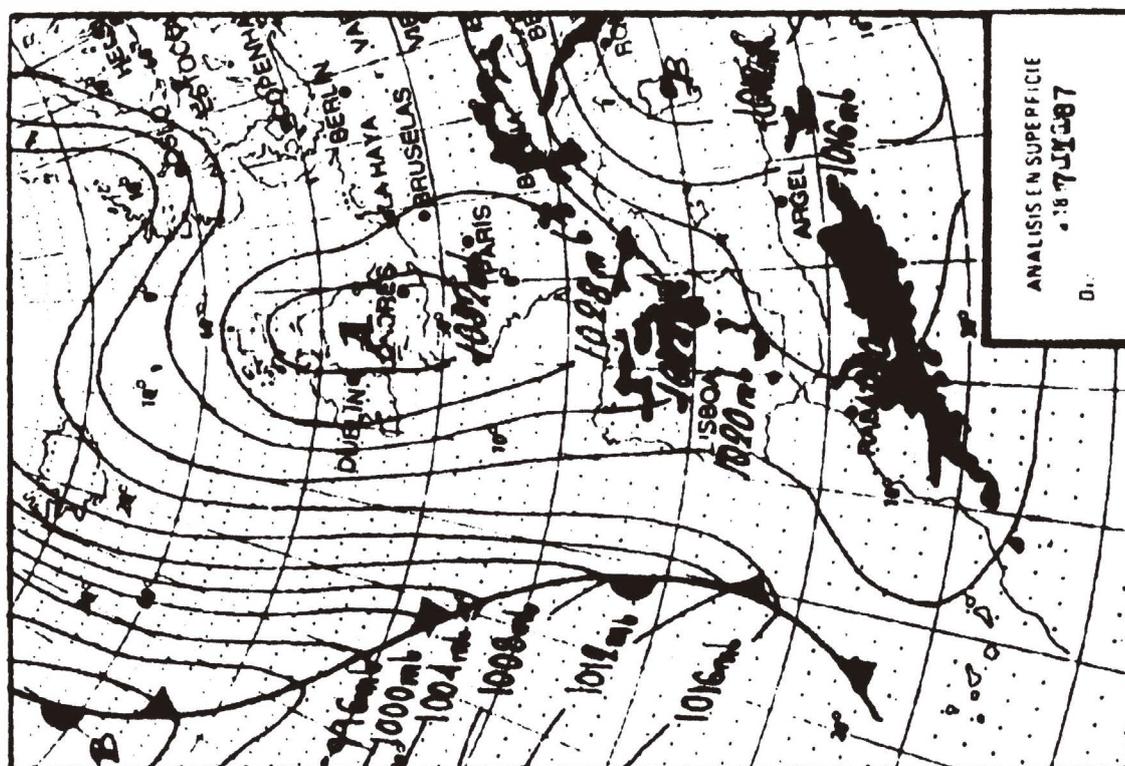


FIGURA 4.—Anticiclón en Islas Británicas. Isla de calor moderada: 4 °C

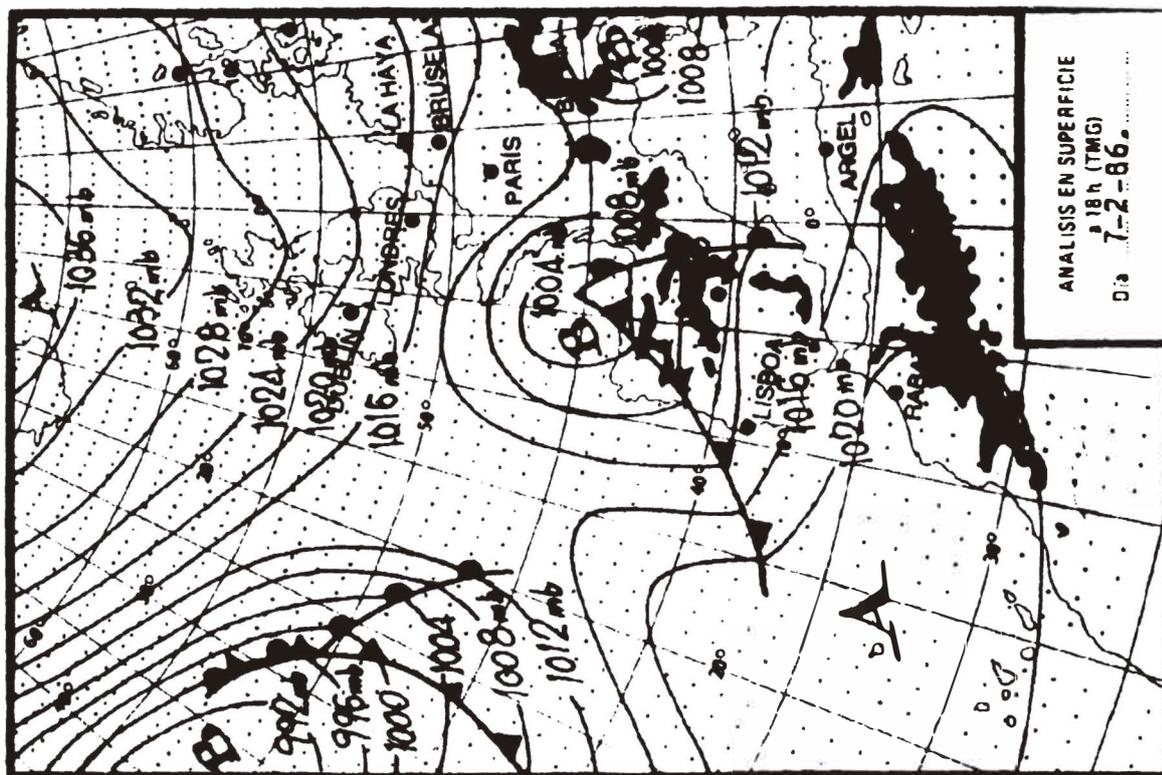


FIGURA 7.—Baja térmica. Isla débil: 2'7 °C

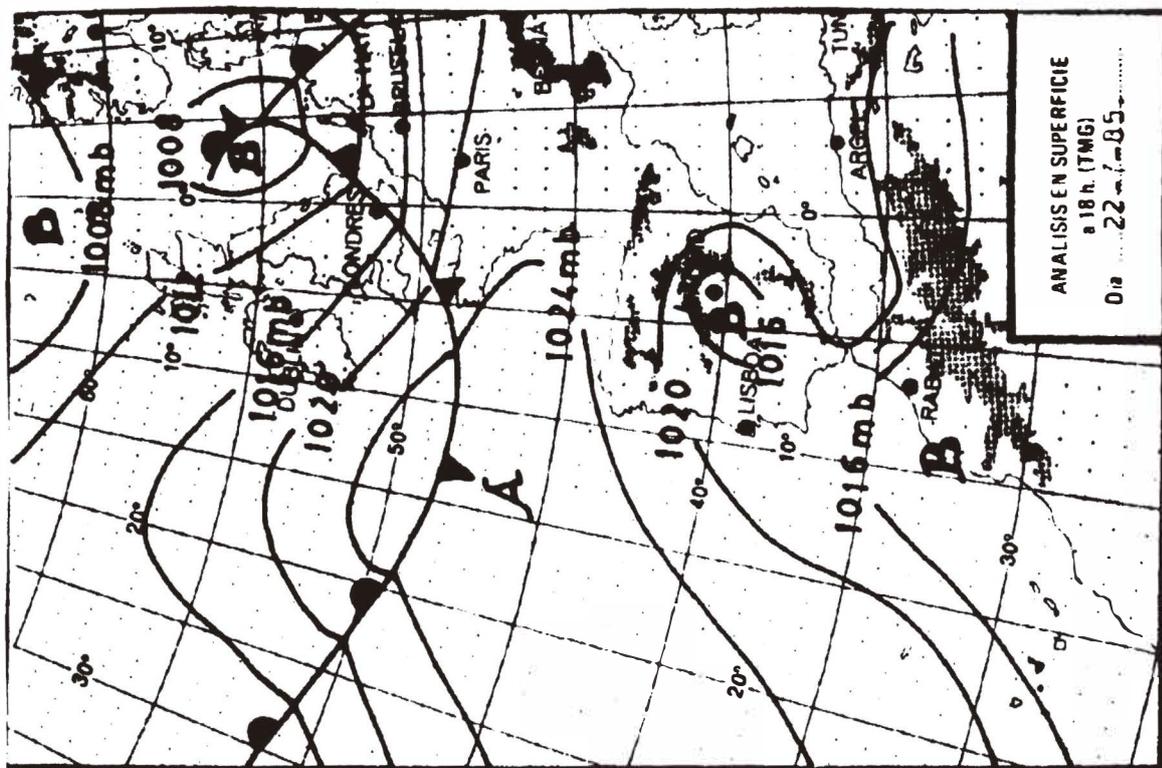


FIGURA 6.—Depresión frontal. Isla débil

MIGUEL ÁNGEL ALMENDROS y ANTONIO LÓPEZ

de calor. NE-SW. 7'7°C — 19 febrero 84. Madrugada inestable. NE-SW. 0'8°C. Estos primeros 2 recorridos comparados son muy espectaculares en sus resultados pues, en apenas 24 horas, en una misma dirección (NE-SW) y a una hora semejante (6 horas), la isla de calor pasa de ser intensa (7'7°) a muy débil (0'8°). Este cambio tan violento se corresponde fielmente a una variación en la situación sinóptica.

En la madrugada del 18 la Península estaba afectada por una dorsal fría muy potente centrada en el NE de Europa y un frente al W. En Madrid (1.024 mb.) los cielos estuvieron despejados y las temperaturas mínimas descendieron a -3°C en Barajas y Ciudad Universitaria. El 19 se retrae el alta y esa misma madrugada un frente está pasando sobre Madrid con nubosidad, precipitaciones nocturnas y temperatura mínima de 5°.

31 octubre 85. Noche. 1.^a mitad nuboso. 2.^a despejado. NE-SW. 1'7°C. N-S. 3'0°C. — 1 noviembre 85. Tarde-estable. NE-SW. 1'6°C. N-S. 2'2°C. Hay una situación de bloqueo debido a un alta de aire relativamente cálido a casi 60° de latitud que obliga al chorro a una circulación meridiana (N-S ó S-N), por lo que en la Península la situación es de baja dinámica y ya al día siguiente el bloqueo pasa a ser difluente, quedando un pantano barométrico pero entre dos bajas; ambos días presentaron nubosidad general y precipitaciones repartidas.

Por tanto, aunque la situación concreta sobre Madrid en la tarde del día 1 presente un alta relativa, y hubo más horas de sol que el día anterior, en cambio, la inestabilidad en altura provocó precipitaciones esa noche y la situación sinóptica general, sobre todo en altura, es semejante y el resultado en las islas de calor de los distintos recorridos también es análogo en ambos días.

19-20 noviembre 85. Noches estables. Día 19: 3'6°C; día 20: 4'8°C. La situación atmosférica es de inestabilidad general con una profunda vaguada en altura que envía aire muy frío del N, mientras en superficies bajas dinámicas asociadas a frentes, aunque no muy activos, atraviesan en estos días la Península; entre el primer y el segundo recorrido la situación es exactamente la misma, pues en realidad corresponden a la noche del 19, el primero, y a la inmediata madrugada de esa misma noche el segundo, así se aprecia cómo al avanzar la noche hacia la madrugada el campo se enfría más y el contraste con la ciudad se va acentuando.

LA ISLA DE CALOR EN MADRID...

5 y 7 febrero 86. Noche con tiempo perturbado. NE-SW. Día 5: 3'2°C; día 7: 2'7°C. Los resultados en la isla de calor son muy semejantes y la situación sinóptica también, con bajas presiones dinámicas marcadas especialmente en altura, nubosidad y precipitaciones, elementos todos ellos que favorecen el debilitamiento en la intensidad de la isla de calor.

16-17-19-20 diciembre 86. Día 16 (5'4°). Situación anticiclónica, aunque un frente frío acaba de barrer la Península provocando a su paso precipitaciones, esto favorece la reducción de la isla de calor, quizás por ello aún siendo una noche anticiclónica, con temperaturas mínimas muy bajas, la isla de calor no llega a ser muy acusada. Tras ello, al llegar la noche del 16, la situación anticiclónica ya es clara, con enfriamiento del suelo (temperaturas nocturnas bajo cero); en la noche siguiente se refuerza y se centra sobre la Península la situación anticiclónica y la isla de calor se acentúa (7'9°). Dos noches más tarde la situación continúa semejante (anticiclón y temperaturas mínimas de helada) pero un frente avanza desde el norte y el cielo estuvo cubierto gran parte del día, el resultado es que la isla de calor continúa siendo amplia, pero menos que en la noche anterior (4'8°). En la noche del 29, aunque la situación continúa siendo anticiclónica, el frente frío logra entrar por el N de la Península, las horas de sol en Barajas son de 0'0 y las temperaturas mínimas ya quedan claramente sobre cero; todo ello coincide con una isla de calor de 2'3°C.

4-5 febrero 87. Noche. En ambas noches la situación es anticiclónica, aunque una vaguada en altura provoca nubosidad y escasas precipitaciones; el resultado de la isla de calor es semejante en ambas noches y sobre el mismo recorrido (5'0 y 5'1°C).

18 febrero 87. Madrugada nevada. — 19 febrero 87. Madrugada. En estos dos días se están produciendo nevadas generalizadas en la Península. En la madrugada del 18 la isla de calor es débil (3'0°C), aunque en un mismo punto llegó a registrar 9'3°C de diferencia entre la primera y la segunda pasada y este resultado coincide con el fenómeno de un cambio brusco en la situación atmosférica. En el trayecto de ida está lloviendo con isla débil y en mitad del recorrido comienza a nevar al producirse una caída térmica por advección de aire frío. Ahora bien, en conjunto, en las dos noches, la isla de calor fue débil y semejante (3-2'7°) y sus condiciones atmosféricas también, con aire muy frío, nubosidad abundante y nevadas generalizadas.

MIGUEL ÁNGEL ALMENDROS y ANTONIO LÓPEZ

31 julio. — 1 agosto 87. En ambos días la situación es de estabilidad atmosférica, bajo el dominio del anticiclón de las Azores, aunque con nubosidad, que atenúa la intensidad de la isla de calor, y el resultado es que en los dos días es semejante (2'9-2'0°).

En resumen, los resultados globales de la evolución sinóptica son los siguientes: Cuando en recorridos sucesivos no existen cambios sustanciales de la situación las intensidades de la isla de calor son semejantes; en cambio, cuando se produce un cambio en las condiciones atmosféricas, invariablemente se modifica la intensidad de la isla de calor, con un aumento al pasar de situaciones de bajas presiones, acompañadas de nubosidad, a altas presiones; y a la inversa, la advección de aire inestable de bajas provoca la disminución en la isla de calor.

Temperaturas

En cuanto a las temperaturas se toman las máximas, mínimas y amplitudes diarias correspondientes a los días de medición en Retiro (parque central de Madrid) y aeropuerto de Barajas (periferia).

1) Las temperaturas máximas diarias no aportan nada en relación con la isla de calor urbano de Madrid.

2) Las mínimas, en cambio, sí presentan una cierta relación (ver figura 8), pues durante las noches más frías, de 0°C o menos, se produce una tendencia general a que las islas de calor sean superiores a 4'4°C (esto ocurre en 22 casos de los 27 posibles), y se cumple (16 de 16) en todos los nocturnos con situación anticiclónica. Esto confirma la línea de cómo las bajas temperaturas nocturnas, sobre todo con cielo despejado, favorecen la mayor intensidad de la isla de calor urbana, al encontrarse el campo periférico muy frío, acentuando el contraste térmico con la ciudad.

A la inversa, con unas temperaturas mínimas altas, las diferencias térmicas campo-ciudad deberían atenuarse, pero entre los recorridos realizados no se aprecia claramente este fenómeno, tan sólo con 20°C de mínima nocturna o más (en Retiro) hay un 66 % de casos con islas débiles, aunque precisamente en los recorridos de madrugada, cuando debería verse mejor, no se cumple.

LA ISLA DE CALOR EN MADRID...

3) La amplitud térmica diaria no parece aportar ninguna conclusión clara. Como tendencia que se puede mostrar, parece que amplitudes diarias de 18° o más se corresponden con islas de calor por encima de los $4'5^{\circ}$ en el 66 % de los casos, pero también es cierto que estos recorridos presentaban, además, cielo despejado y situación anticiclónica que favorecen a las islas de calor amplias y que son las responsables de amplitudes diarias amplias, y no a la inversa.

Precipitaciones

En cuanto a las precipitaciones podemos indicar, hasta ahora, que durante los únicos 18 recorridos, durante los cuales en las últimas 24 horas se habían producido precipitaciones, en el 67 % de los casos la isla de calor urbano fue débil, no pasando de $3'4^{\circ}$, hecho ya indicado anteriormente.

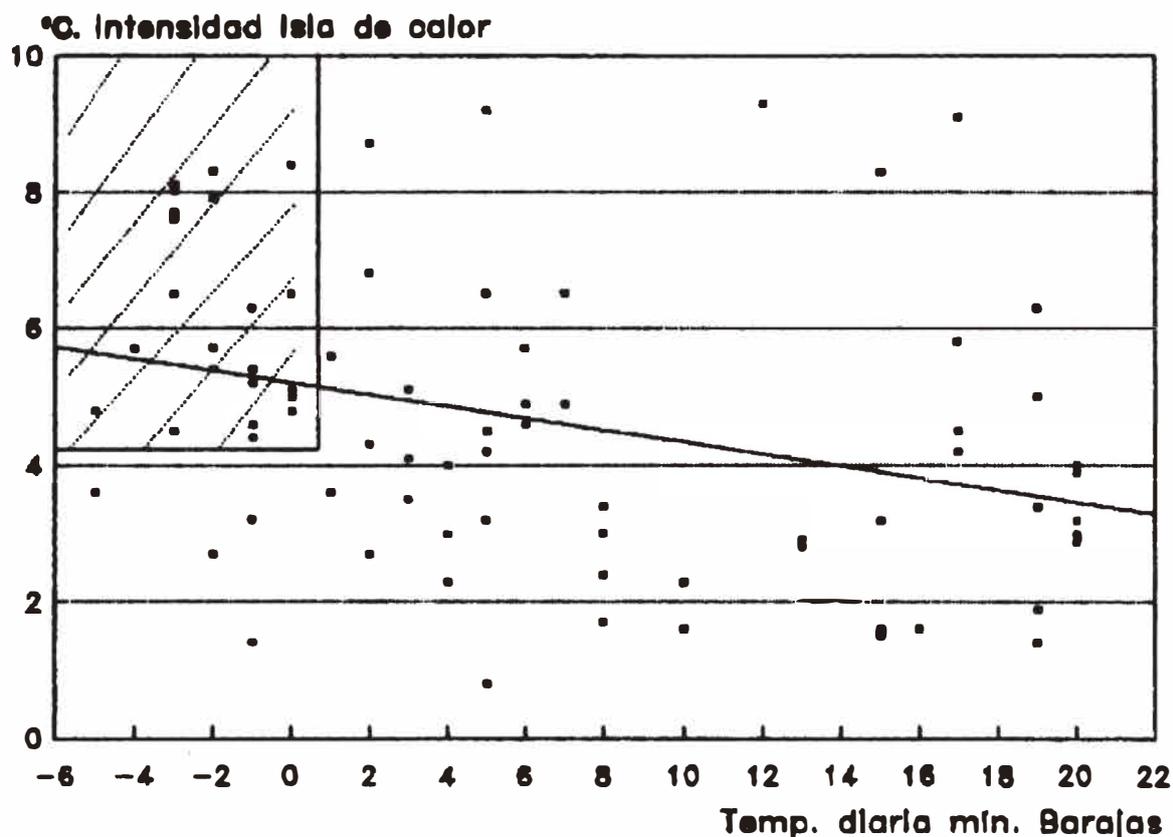


FIGURA 8.—Intensidad de la isla de calor y temperatura mínima de Barajas (aeropuerto)

MIGUEL ÁNGEL ALMENDROS y ANTONIO LÓPEZ

Horas de sol

Al no poder analizar, en los mapas sinópticos, como elementos importantes la nubosidad y la altura de las nubes, hemos de conformarnos de momento con las horas de sol de los observatorios de Barajas y Retiro. Pero este dato en sí mismo es engañoso, pues las horas de sol máximas posibles son diferentes según la época del año e incluso cada día del mes. Para corregir este inconveniente y además unificar todos los valores se obtienen las horas de sol máximas posibles para cada día concreto de medición y conociendo las que se dieron ese mismo día se consigue el tanto por ciento de horas de sol habidas en cada día de medición.

Esto se realiza a partir de una tabla de duración del día (correspondiente al primer día de cada mes en horas y minutos) en la latitud de Madrid,⁵ desde donde se realizan las correcciones necesarias para cada día.

Así, como podemos ver en la figura 9 con datos pertenecientes al observatorio del Retiro (en el centro de la ciudad), los recorridos con menos de un 40 % de horas de sol presentan la tendencia a formar islas de calor débiles, por debajo de 4° (de 17 casos en 6 no se cumple); entre el 40 y el 60 % de horas de sol la dispersión de la isla de calor se acentúa, pero no se registran islas de calor por encima de 6°C; es con el cielo más despejado (durante el día, al poder estudiar sólo horas de sol), por encima del 80 %, cuando la isla de calor ofrece la mayor variedad en su intensidad, pero también es únicamente en estos casos (90 %) cuando las islas de calor son más intensas, por encima de los 6°C.

Perfiles comparados

Otra situación analizada se refiere a que en un mismo momento de medición las islas de calor comparadas (no los valores absolutos), según direcciones, ofrecen unos resultados semejantes, pero con valores tan diferentes como por ejemplo el 11-7-85 con 4'2°C en dirección N-S y 9'1° en la NE-SW; aún sin llegar a estos extremos son normales las diferencias de 2°. Por ello, en algunos casos apuntados anteriormente se encontraban

⁵ HUFFY, A. (1984): «Introducción a la climatología», Ariel, p. 272. Referencia: Smithsonian Meteorological Tables (1966).

MIGUEL ÁNGEL ALMENDROS y ANTONIO LÓPEZ

Para intentar encontrar una explicación a este hecho se analizan los espacios que registran las temperaturas mínimas de cada recorrido, pues éstos son los que más se alejan de la media urbana frente a una misma isla de calor. Separando las tres direcciones obtenemos los siguientes resultados:

1) La dirección NE-SW presenta la siguiente tendencia: Cuando su mínimo térmico se encuentra en la periferia NE de Madrid la isla de calor siempre es pequeña. En cambio, cuando las temperaturas más bajas se encuentran sobre el río Manzanares, en el puente de Segovia, al sur de Madrid, la isla de calor es amplia.

Finalmente, cuando el mínimo se encuentra en el campo al SW de Madrid el resultado es más variado. Pero nada podemos decir de esta dirección respecto a las otras dos, pues suele registrar intensidades en su isla de calor intermedias frente a las otras.

2) La dirección SE-NW suele registrar su mínimo en el río Manzanares, en la zona de Puerta de Hierro, coincidiendo pues, el efecto de vaguada que canaliza la entrada de aire frío a Madrid con su situación periférica respecto a la ciudad. Por esto, excepto en 2 recorridos (coincidiendo con isla de calor débiles), el mínimo se da en este punto. Y esto ocurre ya sea la isla de calor de Madrid débil o intensa.

3) Por todo ello hemos de suponer que la dirección que condiciona cual de las tres es la que presenta mayores o menores contrastes con su periferia no habitada es la N-S, que presenta el siguiente resultado: Cuando la isla de calor de Madrid es débil el mínimo en este recorrido se encuentra siempre al norte de la Metrópoli, en cambio, cuando la isla de calor es amplia, la tendencia es a encontrarse el mínimo en el campo, al sur de Madrid.

Si conjuntamos los resultados de las tres direcciones obtenemos que cuando el campo está más frío al norte que el sur la isla de calor suele ser débil, por el contrario, cuando el sur está más frío que el norte la isla de calor se hace intensa.

Conclusiones

En primer lugar, todos los resultados indicados con esas variables son

LA ISLA DE CALOR EN MADRID...

más fiables en los recorridos nocturnos que en los diurnos, en los cuales será preciso disponer de una cantidad muy superior a los que se han podido efectuar hasta ahora.

De todo lo apuntado se puede concluir que las situaciones anticiclónicas, el día despejado y las temperaturas nocturnas muy bajas, favorecen las islas de calor intensas; mientras que las situaciones sinópticas contrarias, bajas presiones, cielos cubiertos y precipitaciones, favorecen las islas de calor débil.

Entre las variables aisladas es la presión atmosférica (figura 1) la que muestra una conclusión más clara con intensidades de islas de calor urbano nocturno menores de 2° para presiones de 1.000 mb., y aumentan rápidamente hasta islas de casi 8° para presiones por encima de 1.035 mb.

RESUMEN.—*La isla de calor en Madrid y las situaciones sinópticas.* El estudio realizado muestra que la situación anticiclónica, el cielo despejado y la temperatura nocturna muy baja favorecen la isla de calor intensa. Por el contrario, la presión baja, el cielo cubierto y las precipitaciones motivan isla débil. Los resultados nocturnos son más fiables que los diurnos.

PALABRAS CLAVE.—Isla de calor. Situación sinóptica. Clima urbano. Madrid.

ABSTRACT.—*The heat urban island in Madrid and the synoptic situations.* Research shows that anticyclonic situation, clear sky and very low temperatures help the creation of heat urban island. Low pressure, cloudy sky and rains help low heat urban island. Night results are more fiable that day ones.

KEY WORDS.—Heat urban island. Urban climate. Madrid.

RÉSUMÉ.—*L'île de chaleur à Madrid et les situations sinoptiques.* Les recherches ont montré qu'une situation d'anticyclone avec ciel clair et des températures très basses à la nuit peuvent accroître la possibilité d'une île de chaleur très accentué. Par contre, une situation de basses pressions, un ciel couvert et des pluies contribuent à une faible île de chaleur. Les résultats pris la nuit son plus précis que ceux du jour.

MOTS CLÉ.—L'île de chaleur urbaine. Climat urbain. Madrid.