

MICROCLIMAS URBANOS: LA IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES

Elena CABALLERO RANCHAL

Departamento de Geografía y Ciencias del Territorio, Universidad de Córdoba

RESUMEN

La adecuada planificación de los espacios libres de las ciudades cobra una especial importancia debido a la influencia que materiales y diseño urbano ejercen sobre el confort bioclimático. El estudio elaborado para la ciudad de Córdoba aborda aspectos como pavimentación o amplitud de espacios y muestra posibles consecuencias derivadas de diseños alejados del entendimiento del lugar y la dinámica climática local.

Palabras clave: *Isla de calor* urbana, confort climático, cañón urbano, microclima, pavimento *duro*, factor de visión del cielo.

ABSTRAC

The adequate planning for urban public spaces is specially important because of the influence of materials and urban desing over bioclimate comfort. Our research, focused on Cordoba, cover aspects such as street geometry and paving, shows possible consequences which arise from different desing types that do not show concern for the characteristics of the area and the local climatic dinamycs.

Key words: *Urban heat island, climate comfort, street canyon, microclimate, hard pavement, sky view factor.*

1. INTRODUCCIÓN

En los niveles más bajos de la atmósfera, las diferentes características del diseño de espacios y el fenómeno de la *isla de calor* urbana ocasionan, en el interior de las ciudades, la individualización de áreas en función de pequeñas variaciones en las condiciones climáticas. Esta variedad de microclimas puede presentar importantes consecuencias a un doble plano; de un lado su innegable papel sobre las condiciones de confort bioclimático dada su escala espacial; y la posible influencia que puedan ejercer sobre el desarrollo de la *isla de calor*.

Según el esquema que definiera DOMÍNGUEZ BASCÓN (1992) para la *isla de calor* de la ciudad de Córdoba, ésta presentaba un ritmo térmico diario que se correspondería con el comportamiento habitual señalado para el fenómeno, según el cual los gradientes entre el centro urbano y la periferia rural son más intensos para las temperaturas mínimas. Las diferencias menos señaladas se producían siempre en las horas centrales del día, siendo incluso frecuente que el núcleo urbano registrara una temperatura inferior al área rural durante un tiempo.

No obstante, las cálidas condiciones estivales recogidas en las horas de tarde en el centro de la ciudad condujeron a la realización del estudio que presentamos a continuación, elaborado para dos espacios concretos, las plazas de Tendillas y Corredera (Fig. 1). Ambas se encuentran situadas en el centro de la ciudad de Córdoba, área con alta densidad edificatoria y una ausencia casi total de espacios verdes.

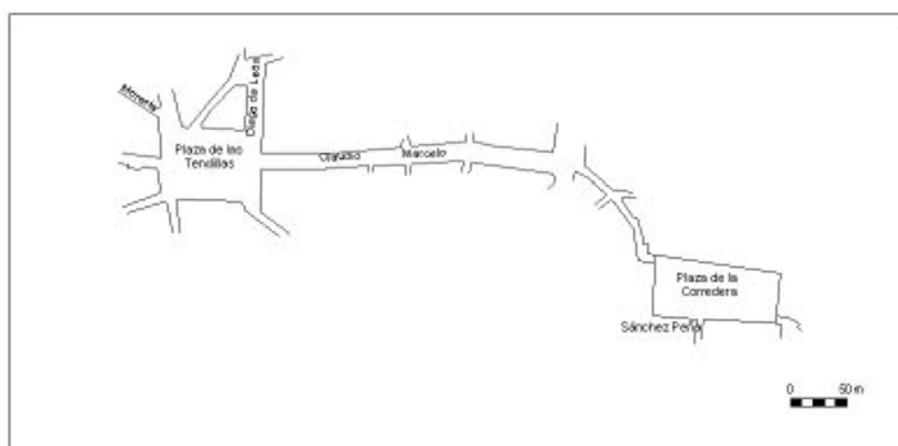


Fig. 1. Área de estudio. Plazas de Tendillas y Corredera y calles adyacentes

Identificadas en el estudio anterior dentro de la zona del núcleo urbano donde es mayor el incremento térmico asociado a la *isla de calor*. Diversas mediciones térmicas en las señaladas plazas habían mostrado la aparición de un retraso de unas cuantas horas en la manifestación del máximo térmico diario en los meses de verano.

Este hecho, que parecía influido por el mayor número de horas de sol y los elevados ángulos de incidencia solar de nuestra provincia, indicaba también una posible relación con las mediciones que se habían realizado en el pavimento de las plazas. Como veremos a continuación, las características de los ritmos térmicos de los materiales urbanos empleados en la pavimentación muestran una gran semejanza con las condiciones expuestas.

2. MICROCLIMAS URBANOS: IMPORTANCIA DEL PAVIMENTO

Los materiales utilizados en la urbanización de espacios libres responden a unas exigencias de resistencia, funcionalidad y bajo coste económico, que han generado en el último medio siglo una reducción significativa de la gama de materias empleada. El cemento y los derivados del petróleo han relegado a un segundo y reducido plano el empleo tradicional de materiales pétreos en el pavimento de calzadas. Se han abandonado muchos diseños autóctonos a consecuencia de la universalización de las técnicas constructivas, lo que ha significado en multitud de ocasiones la importación de técnicas de construcción y diseño correspondientes a otras regiones climáticas, alejadas del entendimiento del lugar y el marco de uso.

Al mismo tiempo, los centros de las ciudades, con una creciente densidad edificatoria, han visto desaparecer la práctica totalidad de los espacios verdes y la tradicional relación entre la anchura de calles y altura de edificaciones. Igualmente, se ha generalizado el sobredimensionado de calles, plazas y áreas de estacionamiento para adaptar la ciudad a la cada vez mayor circulación rodada y se han cubierto con pavimentos con un alto poder calorífico, también conocidos como pavimentos “duros”. Todo ello ha provocado una intensificación de la influencia que el comportamiento termohigrométrico de los materiales urbanos ejerce sobre la dinámica climatológica local.

Para entender la complejidad climática de calles y plazas cerradas y calibrar la influencia de las intervenciones y diseños que acabamos de señalar, es preciso partir de la explicación del concepto de “cañón urbano”, principal unidad geométrica bajo el *palio urbano*. Espacio geométrico conformado por las fachadas que cortan de forma horizontal al suelo de calles y plazas, da lugar a un volumen que posee tres superficies y una cara abierta al cielo.

Esta peculiar geometría facilita que la radiación solar incidente sufra múltiples reflexiones en las paredes y el pavimento, incrementando el efecto de absorción por los materiales de estas superficies. Por la noche, estas características juegan un papel aún más importante, ya que reducen la pérdida radiativa nocturna cuanto mayor sea el grado de ocultación del suelo y menor el índice que lo representa o factor de visión del cielo. Reconocido por las siglas inglesas *SVF* (*sky view factor*), expresa la relación entre la altura de los edificios y la amplitud de los espacios libres.

Junto con la orientación, que determina variaciones en la incidencia solar y la canalización de vientos y brisas, son los factores explicativos más importantes de las variaciones climáticas en entornos reducidos. En este contexto espacial toma sentido el concepto de microclima, definido por la pequeña escala de extensión tanto en altura (1,5-2 m), como en longitud (determinada por las características geométricas del espacio).

En este marco es fundamental el análisis de los materiales utilizados en el pavimentado de las superficies urbanas y las relaciones que se establecen con la morfología urbana, pues a un nivel de detalle tan reducido es posible el control humano, con medios naturales o artificiales, de las condiciones originadas, siempre que éstas se conozcan.

2.1. La transmisión de calor en el medio urbano

En los entornos urbanizados junto al balance energético de la radiación solar directa y la radiación difusa transmitida por la atmósfera, es fundamental el aporte de la radiación reflejada por el pavimento, la transmisión de calor por conducción y por convección. A nivel microclimático, especialmente en condiciones de estabilidad atmosférica y calma, la ausencia de turbulencia del aire provoca una transmisión de las características térmicas de la superficie a las capas más bajas de la atmósfera.

Los materiales urbanos se caracterizan por una mayor capacidad calorífica que depende del hecho de poseer, por norma general, albedos menores que los de las superficies rurales, a lo cual se une el efecto de captura señalado de la geometría. Frente a un menor albedo, el mayor calor específico aumenta el porcentaje de la energía absorbida y desprendida posteriormente, aunque haya tardado más tiempo en calentarse (FARINA, 1990).

Este hecho, unido a la menor porosidad y almacenamiento de humedad, provoca que se calienten lentamente durante el día (retraso del máximo diurno frente al entorno rural), pero acumulan más energía calorífica que las superficies rurales y la transmiten también con mayor lentitud a la atmósfera durante la noche, retrasando el enfriamiento del aire en contacto con ellos, elemento que influye en la aparición de la *isla de calor*.

En la ciudad de Córdoba es extremo el grado de incremento térmico diurno de los materiales de construcción en verano. Las elevadas temperaturas son, en primera instancia, fruto del elevado

ángulo de incidencia de los rayos solares en Córdoba. Este determina la energía recibida por un punto de la superficie terrestre en un momento concreto, mayor cuanto más perpendicular sea la incidencia solar.

Junto a este hecho, la orientación de las calles y plazas y la amplitud de las mismas que determinarán el número de horas de asoleo y la formación de áreas sombreadas, van a perfilar el régimen térmico en los diferentes espacios libres de una ciudad.

2.2. El pavimento de Tendillas y Corredera

Nuestro análisis de las plazas de Tendillas y Corredera comienza por observar el ritmo térmico del granito, material que pavimenta la práctica totalidad de ambas plazas. Se han realizado muestras mensuales con un termómetro de infrarrojos de la temperatura que registran los materiales en las plazas y algunas de las calles de menor tamaño que se encuentran en sus cercanías.

Se han seleccionado varios días de condiciones atmosféricas variables, en los que se efectuaron mediciones de temperatura del suelo a las 9:00, 15:00, 19:00 y 24:00 hora oficial. En un primer gráfico hemos representado el ritmo térmico que presentó el granito, material que se caracteriza por su elevado calor específico y su escaso poder de retención de agua, a lo largo de tres días diferentes.

El primero de ellos, 30 de enero de 2002, amaneció despejado hasta las horas centrales del día, momento a partir del cual la nubosidad se fue incrementando hasta cubrir el cielo. El 28 de diciembre de 2001 fue un día despejado y muy frío de invierno, con viento débil. Por último, el día 24 de mayo de 2002 presentó similares condiciones atmosféricas al anterior pero las temperaturas máximas se elevaron hasta los 30°C. Los datos que recogemos en el gráfico (Fig. 2) son la media de las temperaturas de dicho material en cada una de las plazas a la misma hora, porque su similitud era muy alta.

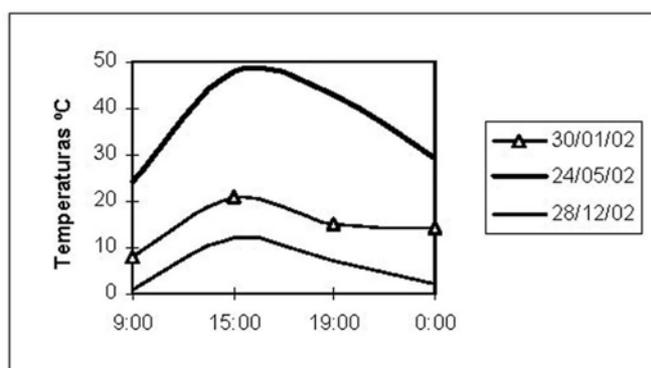


Fig. 2. Evolución térmica diaria del granito expuesto al sol en las Plazas de Tendillas y Corredera

La gráfica muestra que, desde primeras horas de la mañana, a pesar de que apenas comienza a dar el sol en las plazas, las diferencias de temperatura son muy altas. Pero, el mayor contraste lo marca el diferenciado ritmo de calentamiento diurno por efecto de la radiación solar. En invierno se produce un incremento de la temperatura del granito hasta alcanzar el máximo térmico a las 15:00 horas o incluso más tarde, momento a partir del cual se observa un progresivo descenso de la temperatura conforme se debilita la radiación incidente.

En mayo, el incremento desde la mañana al mediodía es de 24°C, elevándose la temperatura hasta los 50°C; pero el descenso térmico que en invierno se registraba por la tarde es menor. Sin embargo, adquiere una mayor proporción la reducción de temperatura que muestra el granito entre este momento y la medianoche. En diciembre el descenso es más lento y aunque a las 24:00 horas la temperatura es ciertamente muy baja, es sólo 5°C menor que la que presentaba por la tarde. Es decir, obtenemos curvas paralelas aunque el grado de intensidad en el calentamiento y desprendimiento de calor resulte bastante más intenso en verano. Cuestión que parece lógica para el proceso de acumulación de calor, pero no para el enfriamiento. Sin embargo, este ritmo responde más bien a una cuestión de incidencia solar en el transcurso de una jornada.

Si observamos la curva descrita por las temperaturas del material en enero, cubierto a partir del mediodía, podemos observar un incremento térmico similar al señalado para diciembre a lo largo de la mañana. A partir del mediodía el descenso de la curva térmica se suaviza, sobre todo por la tarde y a las 24:00 horas el granito todavía mantiene una temperatura de 14°C, siete grados menos que al mediodía y sólo un grado menor que a las 19:00 horas.

No obstante, es necesario señalar que en el caso de estas plazas, se trata de dos espacios de gran amplitud, completamente rodeadas por edificaciones definiendo un espacio central casi cerrado, y con una orientación este-oeste, todo lo cual determina la conformación de varias zonas con un sombreado diferenciado a lo largo del día. La consecuencia de esto es el calentamiento diferencial de los materiales que constituyen el pavimento de las plazas. Las zonas que comienzan a recibir los rayos solares desde por la mañana acusan un fuerte calentamiento que se hace máximo al mediodía y es aquí donde se registra la temperatura más elevada del material en el cómputo global del día.

Las áreas que comienzan a registrar el soleamiento en las horas centrales del día acusan pronto un fuerte incremento de temperatura aunque no alcancen los valores que aparecían al mediodía (descenso de las temperaturas tomadas al sol a las 19:00 horas en el granito).

Sin embargo, los registros sobre el mismo material a la sombra muestran un curioso resultado pues la curva descrita por la temperatura no resulta paralela a la anterior. El gráfico elaborado (Fig. 3) muestra, especialmente en las tomas de mayo, un ritmo térmico particular, íntimamente relacionado con las características de los materiales de las que antes hablamos.

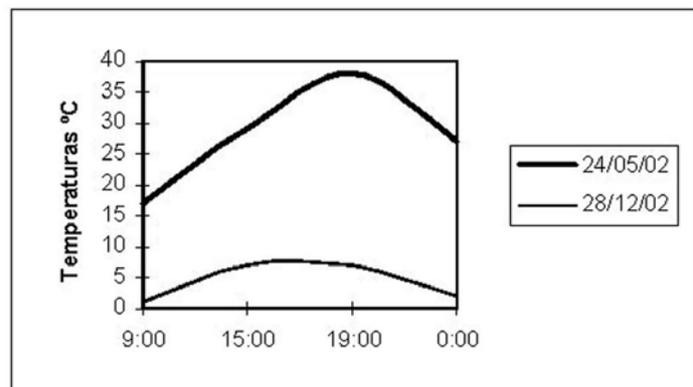


Fig. 3. Evolución térmica del granito a la sombra en las Plazas de Tendillas y Corredera

El mayor calentamiento no aparece en las horas centrales del día, sino que este parece retrasarse hasta mediada la tarde, especialmente en el mes más caluroso. En diciembre aparece una meseta térmica más cálida que se extiende desde el mediodía hasta la tarde, y es entonces cuando comienza el enfriamiento del material. En mayo, por contra, encontramos un incremento considerable de la temperatura en las tomas de la tarde.

En el caso de este gráfico, como sucediera con las tomas de sol, la zonificación espacial del sombreado marca los ritmos de calentamiento. Las áreas que por la tarde se encuentran a la sombra son aquellas que recibieron la radiación solar directa hasta el mediodía, acumulando gran cantidad de energía calorífica, especialmente en los meses más cálidos. A las 19:00 horas el enfriamiento de estas zonas es muy leve y mantiene temperaturas superiores a las del material que al mediodía todavía no había recibido radiación solar por efecto de la sombra de los edificios.

3. EL FACTOR DE CIELO VISIBLE Y EL RÉGIMEN TÉRMICO DEL SUELO

Estudios efectuados en ciudades europeas, norteamericanas y españolas (BARRING *et al.*, 1985) han venido a demostrar que existe un alto grado de relación entre las temperaturas alcanzadas por el pavimento y el factor de porción de cielo visible (*SVF*).

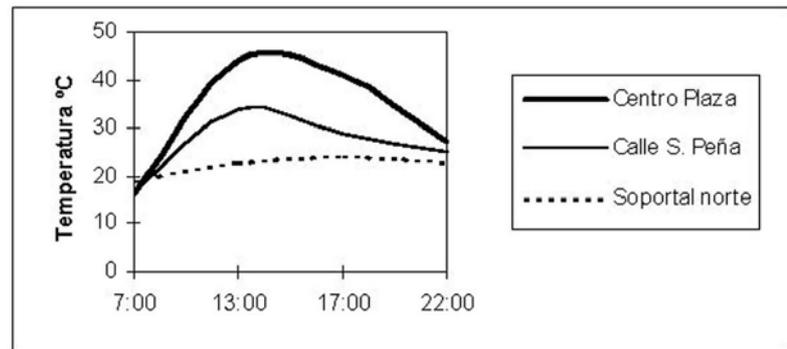
Las conclusiones que se publicaran (MARTÍ y MIRAGAYA, 1998) para el casco histórico de la ciudad de Santiago de Compostela señalaban que durante las dos estaciones más contrastadas del año, verano e invierno, las temperaturas diurnas de los materiales conservaban una relación directa con el *SVF*. Al incrementarse el porcentaje de cielo visible desde el suelo en un espacio, se observaba un mayor calentamiento de las superficies que constituían el pavimento. Durante la noche el patrón térmico difiere de una estación a otra; en las noches estivales se mantiene la correlación directa que acabamos de exponer, sin embargo, en invierno la relación es inversa, experimentando los espacios más amplios en las horas nocturnas un mayor enfriamiento, dado que la emisividad de radiación infrarroja a la atmósfera se ve menos dificultada.

Para la ciudad de Córdoba se ha intentado reflejar el ritmo térmico diario de los materiales en espacios con diferentes características geométricas. Se han efectuado muestreos durante varios días y en diferentes momentos sobre el granito de las plazas y de calles aledañas.

Las muestras han sido efectuadas el día 24 de mayo de 2002, un día extremadamente soleado, caluroso y de cielo despejado. Se eligió el centro de la Plaza de la Corredera, la calle Sánchez Peña, vía muy estrecha, que desemboca en la anterior, y uno de los soportales de Corredera, en la fachada norte, espacio cubierto donde el factor de cielo visible es nulo.

En el gráfico adjunto (Fig. 4) vemos que por la mañana se aprecia la relación inversa entre la calle Sánchez Peña y el soportal de Corredera, es decir que a lo largo de la madrugada la emisividad de los materiales ha sido mayor en el primer espacio no cubierto. Buena parte de la plaza permanece todavía a la sombra en estos momentos y la toma allí efectuada sí mantiene la relación inversa señalada pues registra la menor temperatura de los cuatro datos con 16°C.

Fig. 4. Ritmo térmico del granito en espacios con diferentes características geométricas. Plaza de la Corredera, 24/05/02



Conforme avanza el día vemos que la influencia del soleamiento recibido se manifiesta como el factor más importante para explicar el comportamiento térmico del pavimento. Pronto la temperatura del suelo se eleva en la calle Sánchez Peña por encima de la que registran los materiales en el soportal norte. El incremento es especialmente fuerte en el centro de la plaza, y en las horas centrales del día, registra una temperatura de 44°C.

Por la tarde la temperatura ha descendido un poco en el centro de la plaza pero se mantiene aún más alta que en el resto de lugares. En la calle del lateral del mercado, que se encuentra en sombra, y en el soportal se observa un pequeño incremento de temperatura respecto al mediodía, lo cual nos lleva a pensar en una de las características del comportamiento térmico de los pavimentos “duros” mencionada con anterioridad y es el retraso en el calentamiento de este tipo de materiales debido a su mayor calor específico.

Por la noche encontramos los primeros indicios de la influencia del factor de visión del cielo pues la temperatura en el centro de la plaza se ha reducido considerablemente (27°C). El descenso con la medida de la tarde es de más de 10°C en este lugar, mientras que en la calle Sánchez Peña el enfriamiento es sólo de 4°C y en el soportal únicamente hay 1°C de diferencia. Pero la importancia de la energía solar que incide sobre los espacios amplios durante el día mantiene todavía más elevada la temperatura en el centro de la Plaza.

Este hecho unido a la relación inversa con el índice de porción visible desde el suelo que aparecía en los datos matutinos, parece indicar que durante las horas de madrugada la temperatura del suelo en Corredera desciende hasta alcanzar los mismos registros que la calle Sánchez Peña y el soportal, incluso por debajo de ellos, tal y como se mantiene aún por la mañana en la zona que no ha sido alcanzada por el soleamiento.

El diferente ritmo térmico que acabamos de señalar se apreció también para el caso de la Plaza de las Tendillas (Fig. 5), donde se realizaron mediciones simultáneas en el centro de la plaza y en la calle cercana de Morerías, mucho más estrecha.

La diferencia térmica es negativa a primeras horas de la mañana a favor del centro de la plaza (17°C), frente a la calle Morerías (18°C). Durante las horas centrales del día las diferencias se acrecientan tanto entre los datos registrados al sol, situación en la que se encuentra la práctica totalidad de Tendillas, pero sólo una pequeña parte de la calle Morerías; como entre los registros de temperatura tomados en la sombra que mantienen una diferencia de 4°C favorable a Tendillas, probablemente por la transmisión de calor en el pavimento.

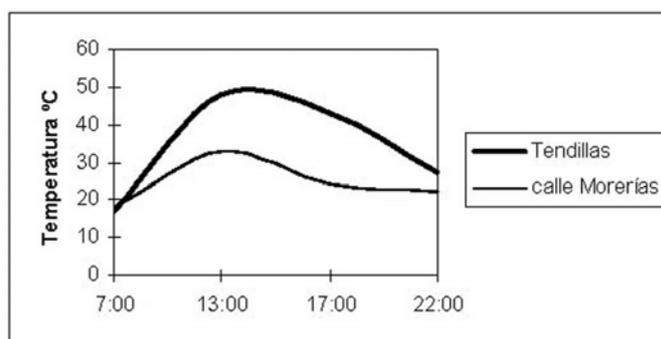


Fig. 5. Ritmo térmico del granito en la Plaza de las Tendillas y la cercana calle de Morerías (24/05/02)

Las temperaturas de la tarde muestran un descenso en ambos espacios, pero de diferentes proporciones. La calle Morerías que se encuentra completamente sombreada registra un descenso de 9°C respecto a la toma efectuada al sol al mediodía (33°C), pero únicamente de 2°C si partimos del registro a la sombra. En el caso del centro de Tendillas, si comparamos las temperaturas tomadas en ambos momentos en similares condiciones de asoleo, el descenso es de 5°C en las tomas de sol (48°C frente a 43°C) y se invierte la tendencia a la sombra pues se aprecia un fuerte ascenso térmico de 9°C.

Tabla 1. Temperaturas del granito en condiciones de sombra

	Tendillas	Morerías
Mañana	17	18
Mediodía	30	26
Tarde	38	24

Por la noche el descenso es muy similar al que encontramos en Corredera, aunque la diferencia entre ambos espacios es algo mayor, con 27°C en Tendillas y 22°C en Morerías. Si bien, lo más importante es el descenso de más de 10°C que se ha producido en el centro de la plaza, cuando en el otro espacio la diferencia es de 2°C.

Los resultados obtenidos responden a las tendencias señaladas en función del SVF. Los espacios de mayor amplitud o con una relación anchura-altura de fachadas que implique un índice de factor de cielo visible mayor, registran en las primeras horas de las noches de verano (o primaverales) temperaturas más altas que los espacios de dimensiones reducidas.

El ritmo de descenso entre las temperaturas de la tarde y las de la noche en las plazas es mucho más fuerte que el registrado en las calles más estrechas, lo que unido a la diferencia térmica positiva en estos mismos espacios a primeras horas de la mañana, parece corroborar la hipótesis manejada: el mayor o menor porcentaje de cielo visible desde el suelo determina el grado de oscilación térmica de los materiales.

La gran amplitud de las plazas facilita la emisión de radiación infrarroja y el enfriamiento nocturno que experimentan es más fuerte que el pavimento de estrechos espacios, lo que debe ir compensando las diferencias térmicas hasta que se igualan durante la madrugada. Al amanecer,

los registros son incluso inferiores en los espacios más amplios, aunque la penetración de los rayos solares vuelve a invertir el gradiente en muy pocas horas.

En invierno, la manifestación de la relación inversa entre la temperatura del material y el factor de visión del cielo ya en las medidas tomadas por la noche, puede interpretarse como un adelanto del enfriamiento nocturno señalado, a consecuencia del menor número de horas de sol durante el día y el menor ángulo de incidencia solar de la estación.

Los resultados obtenidos durante el invierno en el estudio de las plazas cordobesas también se corresponden con este esquema. Ejemplo del comportamiento térmico del granito en la estación invernal bajo diferentes condiciones geométricas lo tenemos en el gráfico que reproducimos a continuación (Fig. 6), perteneciente al 21 de febrero de 2002, día en el que se tomaron medidas de dicho material en el centro de la plaza de las Tendillas y en el primer tramo de la calle Diego León, colindante con la anterior y que mantiene similar altura de fachada.

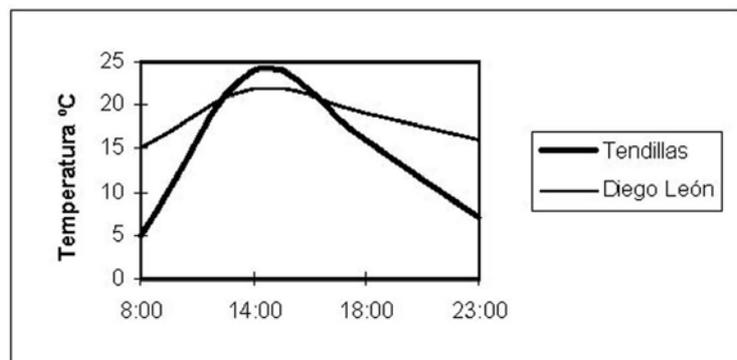


Fig. 6. Ritmo térmico del granito en la plaza de las Tendillas y la calle Diego León (21/02/02)

Como vemos por la mañana hay un amplio gradiente (10°C) entre la temperatura del pavimento en Tendillas y la calle Diego León. Conforme avanza la mañana las diferencias se reducen con rapidez y en las horas centrales del día la superficie de la plaza se encuentra más caliente que en el segundo punto. De noche aparece claramente el descenso térmico que se ha producido en el espacio central de la plaza de las Tendillas y las diferencias con la calle Diego León han vuelto a aumentar en torno a 10°C.

4. RELACIONES ENTRE LA TEMPERATURA DE LOS MATERIALES Y EL AIRE

En las ciudades, las características térmicas señaladas para los materiales urbanos y la ausencia de vegetación, provocan una alteración del esquema usual de flujos de transmisión entre el aire y el suelo sobre cubiertas naturales.

Los estudios que se han ocupado de las relaciones entre las características geométricas y de diseño de los espacios libres en la ciudad y las temperaturas han intentado establecer una aproximación también al ritmo que mantienen las temperaturas del aire en los cañones urbanos, pues de igual modo que los pavimentos, podrían reflejar las influencias de estos factores.

Mediciones del gradiente térmico del aire efectuados en diversas ciudades (Madrid, Córdoba, Santiago) (ALMENDROS, 1998) llegan a las mismas conclusiones respecto a la relación entre la temperatura del aire y las dimensiones de las calles y plazas: cuanto más ancha sea una arteria, mayor superficie asfaltada posea y tráfico la recorra, más cálida será la temperatura que registre el aire.

Esta correlación directa entre el factor de cielo visible y la temperatura es clara en las horas centrales del día, durante el invierno y el verano, es decir, para una mayor amplitud del espacio se observaba un incremento térmico en el aire. Sin embargo, en algunas ciudades, las mediciones nocturnas llevadas a cabo en la estación invernal y estival, mostraban que las diferencias no solamente sufrían una reducción; las calles de mayor amplitud registraban temperaturas del aire algo menores que los espacios de menor *SVF*. Dato que además se contradecía con el comportamiento térmico observado en el pavimento.

La orientación de las calles es también responsable de diferencias térmicas que afectan, en primer lugar, al conjunto de los cañones de distintas direcciones perpendiculares y a la aparición de áreas microclimáticas en zonas distintas de la calle a lo largo del día, conforme el sol en su recorrido sobre el horizonte va determinando el grado de soleamiento y la sombra sobre una fachada u otra o sobre el suelo.

4.1. Relación entre el SVF y la temperatura del aire: plazas de Tendillas y Corredera

Para valorar la influencia del porcentaje de cielo visible hemos recurrido a las mediciones de temperatura del aire efectuadas en la plaza de las Tendillas y la calle Morerías que ya utilizáramos para comparar las diferencias en el comportamiento térmico del suelo.

Los registros se han llevado a cabo por la mañana, al mediodía y por la noche, durante los meses de junio y julio de 2001 y desde noviembre a mayo de 2002. La evolución de las temperaturas reales del aire en estos dos espacios para los días seleccionados del periodo anterior, muestra una relación inversa respecto al porcentaje de cielo visible desde el suelo en las noches de los meses más fríos (noviembre a marzo).

Al llegar a los meses de principios de la primavera desaparece y ambos espacios registran una temperatura casi idéntica en las horas nocturnas. A partir de junio la relación se torna directa y Tendillas presenta una temperatura en las tomas de la noche ligeramente más elevada que la calle Morerías.

No obstante, durante estos meses, como hicimos para el caso del pavimento, los registros matutinos muestran una relación inversa con el factor de visión del cielo. Esto nos induce a pensar que el descenso térmico del aire en las zonas abiertas se retrasa, al igual que sucedía con el pavimento, a las horas de la madrugada, probablemente a causa del rigor climático de la estación estival en nuestras latitudes. Durante el día, a lo largo de todo el año, como esperábamos, la plaza de las Tendillas mantiene unas temperaturas más cálidas que la calle Morerías.

5. CONCLUSIONES. REPERCUSIONES SOBRE EL CONFORT BIOCLIMÁTICO

Las condiciones señaladas en los apartados precedentes cobran especial significación si atendemos al análisis del confort en los espacios reseñados. La zonificación térmica del pavimento en las plazas estudiadas, consecuencia del sombreado diferencial, es muy importante porque afecta de manera considerable al usuario de estos espacios durante los meses cálidos.

En las horas cercanas al ocaso solar, el calor que desprenden los materiales y que se transmite por contacto y conducción en las zonas más próximas al suelo significa un fuerte aporte de energía calorífica. El valor de la radiación emitida por el suelo es un factor básico en todos los índices de confort bioclimático que se manejan en la actualidad pues, junto a la emisividad de las fachadas y superficies circundantes, configura la temperatura media radiante (FERNÁNDEZ, 2002). A pesar de que la temperatura del aire no sea excesivamente elevada y no haya una incidencia directa de los rayos solares, la emisividad de los materiales puede suponer un aporte energético que modifique sensiblemente la sensación térmica de los individuos, haciendo difícil disfrutar del ocio en ellos, aunque dispongan de amplias zonas sombreadas.

Por otro lado, las diferencias de la temperatura captada en los pavimentos de plazas y calles muestran una estrecha relación con el diseño geométrico y el índice de visión del cielo que posean. La mayor amplitud térmica observada en los espacios sobredimensionados repercute negativamente en los índices de confort pues, durante la tarde a la temperatura del aire se suma el aporte térmico emitido por el pavimento, excesivamente soleado a lo largo de la mañana y el mediodía. Dicha circunstancia se ve en gran medida paliada en las calles de reducidas dimensiones, donde la penetración solar es mucho menor a lo largo del día; igualmente, el enfriamiento nocturno invernal se reduce como consecuencia del escaso factor de visión del cielo.

6. REFERENCIAS

- ALMENDROS COCA M.A. (1998). La isla de calor en Madrid: notas sobre los barrios centrales. En: FERNÁNDEZ, F.; GALÁN, E.; CAÑADA, R. (Coords.) (1998). *Clima y Ambiente Urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*, Parteluz, Madrid, pp. 207-218.
- BARRING, L.; MATTSON, J. and LINDQVIST, S. (1985). "Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden". *Journal of Climatology*, 5, 433-444.
- DOMINGUEZ BASCÓN, P. (1999). *Clima y urbanismo en Córdoba*. Diputación de Córdoba, Córdoba.
- ELIASSON, I. (1992). "Infrared thermography and urban temperature patterns". *Int. J. Remote Sensing*, 13, 5, 869-879.
- FARIÑA TOJO, J. (1990). *Clima, territorio y urbanismo*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2002). Fundamentos físicos y métodos de evaluación del confort climático en los estudios de bioclimatología humana. En MARTÍ, A. (Coord.) (2002). *Clima y calidad ambiental*, Grupo de Climatología de la A.G.E., Santiago de Compostela.
- MARTÍ EZPELETA, A. y MIRAGAYA VERAS, A. (1998). Geometría urbana, temperaturas e isla de calor en Santiago de Compostela. En: FERNÁNDEZ, F.; GALÁN, E. y CAÑADA, R. (Coords.) (1998). *Clima y Ambiente Urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*, Parteluz, Madrid, pp. 207-218.
- MOLINA TERRÉN, J. (2000). "Criterios para reducir el impacto ambiental asociado a la Urbanización". <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n14/ajmol.html>

