

7. EL CONFORT CLIMÁTICO EN LOS ENTORNOS RESIDENCIALES DE LAS CAPAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: OTRA FORMA DE DESIGUALDAD SOCIOESPACIAL

*ANTONIO MORENO JIMÉNEZ Y
FELIPE FERNÁNDEZ GARCÍA*

1. Introducción

La calidad ambiental de un lugar se define por el nivel de bondad de una multiplicidad de componentes físicos y humanos (por ejemplo, paisajísticos, visuales, urbanísticos, climáticos, sociales, etc). Cada uno de esos componentes es el resultado de la concreción, en cada lugar, de unos procesos complejos que responden a factores variados. Como resultado, cada lugar posee unos atributos que le confieren un atractivo desigual para el desarrollo sobre él de actividades o usos del suelo. Cuando se trata de un destino residencial cabe presumir que esas cualidades se traducen en unos precios de las viviendas acordes con la “utilidades” que pueden proporcionar a los potenciales residentes. Éstos internalizan dicha utilidad a través de su percepción y vivencia, las cuales desembocan en un cierto grado de satisfacción con el lugar (por ejemplo, el pueblo, el barrio o la ciudad). El interés de estas cuestiones no ha escapado a la atención de los investigadores (geógrafos, psicólogos, arquitectos, etc.), los cuales las han abordado desde perspectivas y con fines diferentes: medición de la calidad del entorno, evaluación

de la satisfacción y bienestar sentidos, planificación y diseño de asentamientos y viviendas, etc. (vid. por ejemplo, Bailly, 1981).

Uno de los elementos más reconocidos de la calidad ambiental de un lugar estriba en su clima. Las condiciones climáticas de un área, fruto de condicionantes atmosféricos, topográficos, de localización, humanos, etc. dan lugar a un esquema espacial de confort concreto que, a la par que influyen en la sensación de bienestar-malestar, tienen notorias implicaciones a la hora de adaptar el hábitat y la vivienda al entorno (vid. por ejemplo Griffiths, 1966 y 1976), de suerte que se alcancen unas condiciones para la vida humana lo más convenientes posible.

De las múltiples variables físico-ambientales que inciden sobre el hombre, las relacionadas con el clima ocupan un lugar dominante, debido, por un lado, al carácter cambiante de las situaciones atmosféricas y, por otro a las características fisiológicas del organismo humano: los frecuentes cambios en la presión atmosférica, la humedad y la temperatura, someten al organismo a un continuo proceso de adaptación que necesariamente condiciona el grado de confort y bienestar del ambiente en el que el hombre vive y desarrolla sus actividades.

La preocupación del hombre por el clima ha estado siempre presente y ello explica el temprano desarrollo científico de la bioclimatología humana. Baste recordar que ya desde la segunda mitad del siglo XIX aparecen los primeros índices bioclimáticos, cuyo objetivo era fijar las condiciones más adecuadas para el trabajo en las industrias mineras y textiles, en las que se producían frecuentes accidentes y enfermedades a consecuencia del calor y la humedad. Desde entonces, el interés por el clima se ha mantenido y en la actualidad ocupa un papel descollante, especialmente en las sociedades avanzadas, acuciadas por los nuevos problemas ambientales surgidos como consecuencia del rápido desarrollo de los últimos siglos. Entre ellos destacan las consecuencias de los cambios climáticos, previstos en los sucesivos informes del Grupo de Expertos sobre el cambio climático (IPCC). Especialmente significativos son los estudios que demuestran que los extremos térmicos causan trastornos fisiológicos y contribuyen a un incremento significativo de los ingresos hospitalarios y de la morbilidad, que puede aumentar hasta en un 50% respecto a los niveles normales (Jendritzky y col., 2000; Kalkstein y col., 1999). Estos efectos alcanzan especial relevancia en las zonas de transición climática y las aglomeraciones urbanas, en las que la conocida "isla de calor" puede agravar estos efectos. La Comunidad de Madrid es, por tanto, una de las más afectadas, ya que pertenece al dominio de los climas mediterráneos, la principal zona de transición entre los climas templados y los tropicales; además, en ella se

localiza la mayor aglomeración humana de la península, con un clima urbano claramente delimitado (López Gómez y col. 1993).

En otro orden de cosas, cabe recordar que las rentas personales sitúan a los hogares en una determinada posición dentro del mercado de la vivienda, de suerte que sus posibilidades de elección no sólo respecto a las características del inmueble, sino también respecto a la localización de la residencia son muy dispares. Tanto los lugares, como las viviendas poseen los diferentes atributos en grado variable de calidad, por lo que cabe presumir que la desigual solvencia y capacidad social de elección de la residencia se traduzca en unos resultados coherentes. La relación entre rasgos propios de la vivienda y nivel de renta de sus moradores está bien establecida, por lo que no constituye un problema científico a resolver. Los atributos de calidad del entorno inmediato es también sabido que tienen una relación con el nivel de renta de los residentes. Se conoce bien que las características de los lugares influyen en la conformación de los precios de los inmuebles y, por ende, en la discriminación que generan entre los demandantes de viviendas. Sin embargo, las relaciones en este caso no son tan simples, ni tan diáfanas. Los cambios en los modos de vida, en los gustos y modas, en la composición familiar, etc. están ocasionando la desvalorización de ciertos atributos del entorno residencial y la revalorización de otros. Baste recordar, como ejemplo, que en una encuesta entre jóvenes de 22 a 34 años, promovida por el Ayuntamiento de Madrid con la Federación Española de Municipios se evidenciaba que la proximidad a los colegios, comercios, zonas verdes o al lugar de trabajo era muy poco valorada, en tanto que los rasgos del barrio, de la vivienda y las comunicaciones lo era en alto grado (ABC Madrid, 1-4-2001, p. 8).

La presunción de que podía existir una relación latente entre el confort climático y el status económico de la población, expresado a través del indicador de renta per cápita, estimuló la presente indagación que avistó, por tanto a comprobar esa hipótesis, a partir del caso de la región madrileña.

Más concretamente se pretende responder a preguntas tales como éstas: ¿Tienden a ubicarse los grupos de mayores rentas en zonas de Madrid climáticamente más confortables? Los de menores rentas, por su parte, ¿muestran algún grado de orientación hacia zonas de menor confort climático o por el contrario no se corrobora esa doble penalización, ambiental y económica? ¿Y qué se puede decir del patrón espacial que exhiben los grupos de rentas medias cuando se valora desde el punto de vista de dicho confort? La respuesta a cuestiones como éstas permitirá conocer de una manera más penetrante y novedosa esa otra cara de la

interfaz hombre-medio geográfico, cuya relevancia parece indiscutible, tanto desde las preocupaciones ambientales, como desde las atinentes al reparto social de las rentas, por cuanto, como argumentaremos, la capacidad para soportar o eludir ciertas inclemencias es directamente dependiente del nivel de riqueza disponible por la unidad familiar. Al plantear estas cuestiones la investigación se adentra en la preocupación recientemente emergida en los campos de la teoría política y geográfica norteamericana sobre la "justicia ambiental" (vid., por ejemplo, Taylor, 1992; Gelobter, 1994; Bowen et al., 1995).

2. Metodología y fuentes de información

A la luz de lo expuesto anteriormente se puede colegir que el contenido de este trabajo versa sobre dos tipos de fenómenos, uno físico-ambiental y otro humano, que demanda un esfuerzo singular de integración de perspectivas que a menudo han progresado en paralelo. La conjunción de datos sobre ambas clases de fenómenos precisa de fuentes muy distintas, cada una de las cuales posee particularidades propias, lo que requiere operaciones de preparación y pre-proceso, antes de posibilitar su integración mutua. Tras introducir algunos conceptos fundamentales, comentaremos estas cuestiones, ya que en este caso no se trata de algo secundario.

2.1. El confort climático como indicador ambiental

2.1.1. Delimitación del concepto

La norma ISO 7730 de la American Society of Heating Refrigeration and Airconditioning Engineers, más conocida como ASHRAE, define el confort como "aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico". En ella se contemplan los dos componentes que contribuyen al confort: uno fisiológico, representado por el equilibrio térmico que debe existir entre el hombre y su ambiente exterior y otro psicológico, que hace referencia al nivel de percepción del ambiente exterior que le conduce a la sensación de bienestar. Esta sensación, por tanto, depende de un gran número de variables, algunas de ellas no necesariamente relacionadas con el clima, pero es éste el que influye de manera

más directa y el que admite una cuantificación más objetiva y ello por dos razones: la primera por el carácter homotérmico del organismo, que debe mantener su temperatura dentro de unos umbrales térmicos determinados; la segunda por la gran variabilidad del clima, debido a las constantes fluctuaciones atmosféricas, que obligan a un continuo proceso de adaptación del ser humano al medio cambiante.

La temperatura es la variable que mejor define las relaciones hombre-clima, pero la temperatura del aire no necesariamente es representativa de la sensación térmica que el organismo experimenta. En efecto, esta sensación depende, además, de la humedad y de la velocidad del viento; la acción combinada de estas variables condiciona el intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente que le rodea. Existen unos umbrales dentro de los cuales se produce un equilibrio, pero fuera de ellos aparecen diferentes sensaciones de calor o frío y el organismo necesita realizar un esfuerzo de adaptación. La intensidad del esfuerzo requerido en este proceso es, en realidad, el mejor indicativo del grado de bienestar térmico.

2.1.2. Los índices de confort

Se ha elaborado una amplia gama de índices que tratan de evaluar las sensaciones térmicas en diferentes ambientes climáticos. Los más simples utilizan una sola variable, como el denominado "poder de enfriamiento del viento" (Wind Chill) de Siple y Passel; otros combinan la temperatura y humedad, como el "índice termohigrométrico" de Thom, y otros como el de Hill, combinan la temperatura, el viento y la humedad. En los últimos años se han desarrollado métodos más complejos, en cuyo cálculo intervienen, además de las variables clásicas, otras nuevas como la radiación, la temperatura de la piel y de la ropa, la temperatura radiante, la presión parcial del vapor, etc. (Jendritzky y Grätz, 1998; Kalstein y Valimont, 1986). El objetivo es establecer la variable cuantitativa capaz de representar la sensación térmica realmente experimentada en diferentes ambientes climáticos y con ese objeto se ha acuñado el término de **temperatura equivalente**, definida en 1984 por Steadman como "la temperatura del termómetro seco que requeriría el mismo tipo de vestimenta (expresada en términos de resistencia térmica) que las condiciones reales de temperatura, humedad y viento, para mantener la neutralidad térmica"; más recientemente se ha definido como "la temperatura que representa en cualquier lugar, interior o exterior, un valor equivalente al balance de calor entre el organismo y su entorno, producido en un espacio interior, para un individuo en actividad liviana

(80 W), ropa ligera (Icl 0.9) y temperaturas de la piel y el cuerpo similares a las observadas en las condiciones reales (Höppe, 2000)". El valor resultante se expresa en las mismas magnitudes que la temperatura del aire (grados), lo que facilita su interpretación y permite definir y caracterizar las condiciones bioclimáticas en espacios abiertos, tanto las condiciones medias, como las oscilaciones diarias. Ello explica su amplia utilización por los servicios meteorológicos nacionales de diversos países, entre ellos el National Weather Service de Estados Unidos (Yee Yan y Oliver, 1996), o como indicador de las condiciones biometeorológicas en la planificación urbana y regional, como es el caso de Alemania (Höppe, 2000).

2.1.3. Fuentes de información

En este trabajo hemos utilizado la temperatura equivalente mensual para definir los diferentes espacios bioclimáticos que caracterizan a la Comunidad Autónoma de Madrid. Los datos de partida proceden de dos fuentes: los observatorios meteorológicos dependientes del Instituto Nacional de Meteorología (INM), pertenecientes a la Red Nacional de Meteorología; y las estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica, dependientes del Ayuntamiento y de la Comunidad de Madrid. En total han sido 43 las estaciones meteorológicas disponibles, de cada una de las cuales se han obtenido las series mensuales de temperatura, humedad y viento y a partir ellas se ha calculado la temperatura efectiva media mensual.

La comprobación de las hipótesis planteadas en nuestro estudio suscita la necesidad de obtener una estimación del valor de los indicadores ambientales seleccionados, en este caso la temperatura equivalente, a lo largo y ancho de todo el territorio objeto de estudio. Como es sabido, los valores empíricamente observados de muchas variables ambientales sólo están disponibles para un limitado número de lugares (observatorios o puntos de toma de datos) que, en definitiva, conforman una muestra espacial. Un problema clásico y de compleja resolución ha sido siempre obtener una estimación para toda el área de estudio a partir de solamente una muestra. La cantidad, distribución y calidad de los puntos muestrales, la naturaleza del fenómeno y las técnicas de estimación (interpolación) utilizadas son factores que condicionan la exactitud y credibilidad de los resultados.

Un problema usual en climatología es la existencia de grandes áreas desprovistas de observatorios meteorológicos, especialmente en las zonas de

montaña, por lo que se han desarrollado numerosos métodos de interpolación espacial. En nuestro caso hemos seguido la metodología utilizada por el INM para la elaboración del Atlas Climático Nacional (Almarza, 2002), que combina el método denominado "inverso de la distancia", con la obtención de valores a partir de ecuaciones de regresión entre los parámetros climáticos y los factores geográficos como altitud, latitud y longitud. Se ha utilizado el módulo Spatial Analyst de ArcGIS, el modelo digital de elevaciones y los límites administrativos de la Comunidad Autónoma de Madrid (CM). Como resultado hemos obtenido dos capas raster con una resolución espacial de 625 m², una con las temperaturas equivalentes medias del mes de enero y otra con las del mes de julio, los dos meses que mejor representan la estacionalidad térmica que caracteriza el clima de la Comunidad.

2.2. La información sobre renta per cápita

Por lo que concierne a este indicador, su preparación para ser confrontado con los indicadores de confort ambiental ha requerido convertir la información referida a los polígonos de las secciones censales a celdas regulares (modelo raster) con un tamaño de 625 m² (25 m de lado), mediante una operación de "rasterización". De esta manera, cada celdilla de la capa raster de renta contiene el valor de la renta per cápita de la sección en la que se inscribe. Naturalmente, los espacios no ocupados por usos urbanos han sido convenientemente depurados, asignándoles un valor nulo y excluyéndolos de los análisis. Por otro lado, cuando ha resultado conveniente los valores de renta per cápita han sido agrupados en intervalos o clases, con objeto de facilitar el análisis y la interpretación de las posibles relaciones.

2.3. El ámbito de estudio

El territorio considerado a efectos del presente estudio presenta una dualidad, inherente a los dos tipos de procesos, físicos y humanos, involucrados. Por un lado, y en lo concerniente al examen del confort climático, el ámbito tratado ha debido ser el conjunto de la Comunidad de Madrid, al objeto de evidenciar el marco completo en el que se proyectan unas determinadas y distintas condiciones ambientales. Pero, por otro lado, procede hacer especial hincapié en las zonas más significativas

para la vida de los ciudadanos. Sin menoscabo de la evidente relevancia de los lugares de trabajo, estudio u ocio, parece ineludible comenzar por allí donde tienen su residencia legal, ya que supone un compromiso a largo plazo con ese lugar (y sus atributos) e implica asumir unas condiciones ambientales concretas durante un lapso importante de la vida cotidiana. A estos efectos, por tanto, reducir el campo de observación a los asentamientos humanos parece de todo punto adecuado. En consecuencia, se procedió a identificar, como anteriormente hemos expuesto, los denominados núcleos urbanos en el nomenclátor madrileño. Tal ámbito será el que se utilice a los efectos de confrontar el confort ambiental y el nivel de renta de los residentes.

En cualquier caso, el volumen de datos manejados ha sido ingente. Cada uno de los tres conjuntos (los dos indicadores de confort y el de renta per cápita) contenía más de 29 millones y medio de datos. Los tratamientos necesarios para manipular y analizar una cantidad tan elevada de información han sido soportados por dos programas SIG (IDRISI32 y ArcView 3.2) y un programa estadístico (NCSS).

3. Análisis de resultados

3.1. La escala de sensaciones del confort climático en la Comunidad de Madrid

Para interpretar y evaluar la distribución espacial del confort, los valores térmicos se suelen agrupar en un conjunto de categorías, que representen las diferentes sensaciones experimentadas por el hombre. Desde las muy frías hasta las extremadamente cálidas o bochornosas, su número varía, así como los umbrales establecidos para delimitarlas. La fijación de unos umbrales rígidos, tal y como se ha hecho tradicionalmente, ha sido criticado debido a su escasa representatividad en las regiones de clima templado cálido, como es el caso de nuestra zona de estudio. Frente a ello se ha propuesto la utilización de unos límites variables, obtenidos a partir de los valores normales típicos de diferentes zonas y periodos. Se basa en un nuevo concepto de confort, denominado "confort adaptativo" (Auliems y Dear, 1997), que tiene en cuenta la capacidad de adaptación de las personas a los diferentes ambientes climáticos en los que normalmente viven. Con ello se obtienen unas categorías de confort variables según los diferentes climas de la tierra (un habitante de zonas frías sufre más el calor que uno de zonas cálidas y viceversa); también para las diferentes épocas del año, en las zonas de

climas contrastados (en verano un descenso de temperaturas respecto a las normales de la época produce una sensación de frío, mientras que en invierno un aumento de las temperaturas puede dar lugar a sensaciones cálidas (Fernández García, 2002).

El clima de nuestra comunidad se caracteriza por una clara estacionalidad térmica entre el verano cálido y el invierno frío, relacionada con factores latitudinales y con su posición interior, lejos del mar; las diferencias topográficas introducen matices espaciales que hacen que en un ámbito relativamente pequeño se establezcan áreas climáticas, claramente diferenciadas. Ello aconseja, por un lado, evaluar condiciones bioclimáticas en los dos periodos extremos, enero y julio y, por otro, adaptar las sensaciones térmicas a los valores típicos de cada una de ellas como aquí se ha hecho. Los límites de las diferentes categorías de confort que hemos aplicado a la Comunidad de Madrid siguen estos criterios y ello nos permite una mayor precisión a la hora de delimitar los diferentes espacios de dicha Comunidad, como podemos comprobar al compararlas con una escala tradicional como es la de Hill (cuadro 7.1).

Cuadro 7.1. Escala de sensaciones térmicas aplicadas en la Comunidad de Madrid y comparación con la utilizada por Hill

Sensación	Escala de Hill	Escala aplicada en este trabajo
Muy frío	Inferior a -5	Inferior a 0
Frío	Entre -5 y 1	Entre 0 y 3, en enero
Fresco	Entre 1 y 6	Entre 3 y 6, en enero Entre 15 y 18 en julio
Suave	Entre 6 y 12	Entre 6 y 12, en enero Entre 18 y 21, en julio
Cálido	Entre 12 y 18	Entre 21 y 24, en julio
Muy cálido	Entre 18 y 24	Entre 24 y 26, en julio
Bochornoso	Superior a 24	Superior a 26, en julio

Fte. Elaboración propia.

3. 2. La distribución espacial del confort climático en el ámbito de la Comunidad de Madrid

Tres son los factores que determinan y explican la distribución espacial del confort en nuestra comunidad, tal y como aparece en las figuras 7.1 y 7.2: en primer

lugar, el clima regional, que impone una clara estacionalidad anual; en segundo lugar, las características topográficas que introducen diferencias espaciales muy acusadas entre las distintas zonas altitudinales y, por último, la presencia de la aglomeración urbana en torno a la ciudad de Madrid, que da lugar al desarrollo de una "isla de calor", claramente delimitada, especialmente en invierno.

Por su posición geográfica, Madrid pertenece al dominio de los climas mediterráneos, cuyos rasgos más destacados, desde la óptica bioclimática, son la estacionalidad de las temperaturas y la escasa humedad del aire. La elevada altitud media, en torno a los 600 m. y su situación en el interior de la península, alejada de las influencias del Mediterráneo y el Atlántico, le confieren un claro matiz de continentalidad, con inviernos fríos y veranos muy calurosos.

Las condiciones ambientales relacionadas con el clima siguen, lógicamente esta tendencia, tal y como se recoge en el cuadro 7.2: en enero la temperatura equivalente oscila entre un mínimo próximo a los -5° C y un máximo cercano a los 11° C; en julio los extremos oscilan entre los 15° y los $28,9^{\circ}$ C. La amplitud es, por tanto, el rasgo más característico de la bioclimatología de la Comunidad de Madrid.

Cuadro 7.2. Estadísticos más representativos de la temperatura equivalente en enero y julio

Temp. equivalente	Enero	Julio
Mínima	-4.9	15.0
Máxima	10.9	28.9
Media	2.9	22.9

Fte. Elaboración propia.

Dos aspectos habría que destacar: por un lado, el claro contraste entre el invierno y el verano, relacionado como señalamos anteriormente con las condiciones climáticas típicas de la zona; por otro lado, la variada gama de ámbitos bioclimáticos de la región, relacionada con los contrastes altitudinales del relieve de nuestra Comunidad.

Los mapas de enero y julio resumen bastante bien estos aspectos y nos permiten formarnos una idea aproximada de las condiciones de confort imperantes en la región.

3.2.1. Mapa del confort en enero

En enero (figura 7.1), el territorio de la región se agrupa en cuatro categorías de confort, establecidas de acuerdo con los umbrales indicados en el cuadro 7.1. Las zonas clasificadas como muy frías ocupan una estrecha banda, coincidiendo con las altas cumbres serranas del NO de la Comunidad. Las zonas caracterizadas como frías aparecen en dos sectores distanciados espacialmente: el primero ocupa una franja de dirección NE-SW, que cubre la rampa al pie de la sierra, con alturas comprendidas entre los 800 y 1000 metros; la segunda, menos extensa, se localiza al SE y coincide con los páramos calizos, que se elevan sobre los valles y campiñas. El resto de la Comunidad queda caracterizada como fresca, exceptuando una pequeña mancha coincidente con la ciudad de Madrid, claramente destacada del resto; la isla de calor adquiere aquí todo su significado como factor modificador del clima regional y favorece la atenuación del frío invernal, siendo esta zona la única en la que se registran sensaciones suaves en este mes de enero.

Como era de esperar, la mayor extensión corresponde a las sensaciones frías o frescas, el 87% del área total de la Comunidad (cuadro 7.3); las sensaciones muy frías ocupan sólo el 8% coincidiendo con las altas cumbres serranas y únicamente el 5% pertenece a la categoría de suave o confortable, constreñida al área urbana de Madrid.

La división estadística de la Comunidad, según las NUTS 4, sigue a grandes rasgos esta caracterización (cuadro 7.3 y figura 7.2), aunque merece destacarse algunos matices: las sensaciones muy frías alcanzan la máxima extensión superficial en la Sierra Norte y Central, el 36% y 18% respectivamente, y las suaves afectan fundamentalmente a las grandes aglomeraciones urbanas de Madrid y el área metropolitana próxima, especialmente el sur con un 11% del total.

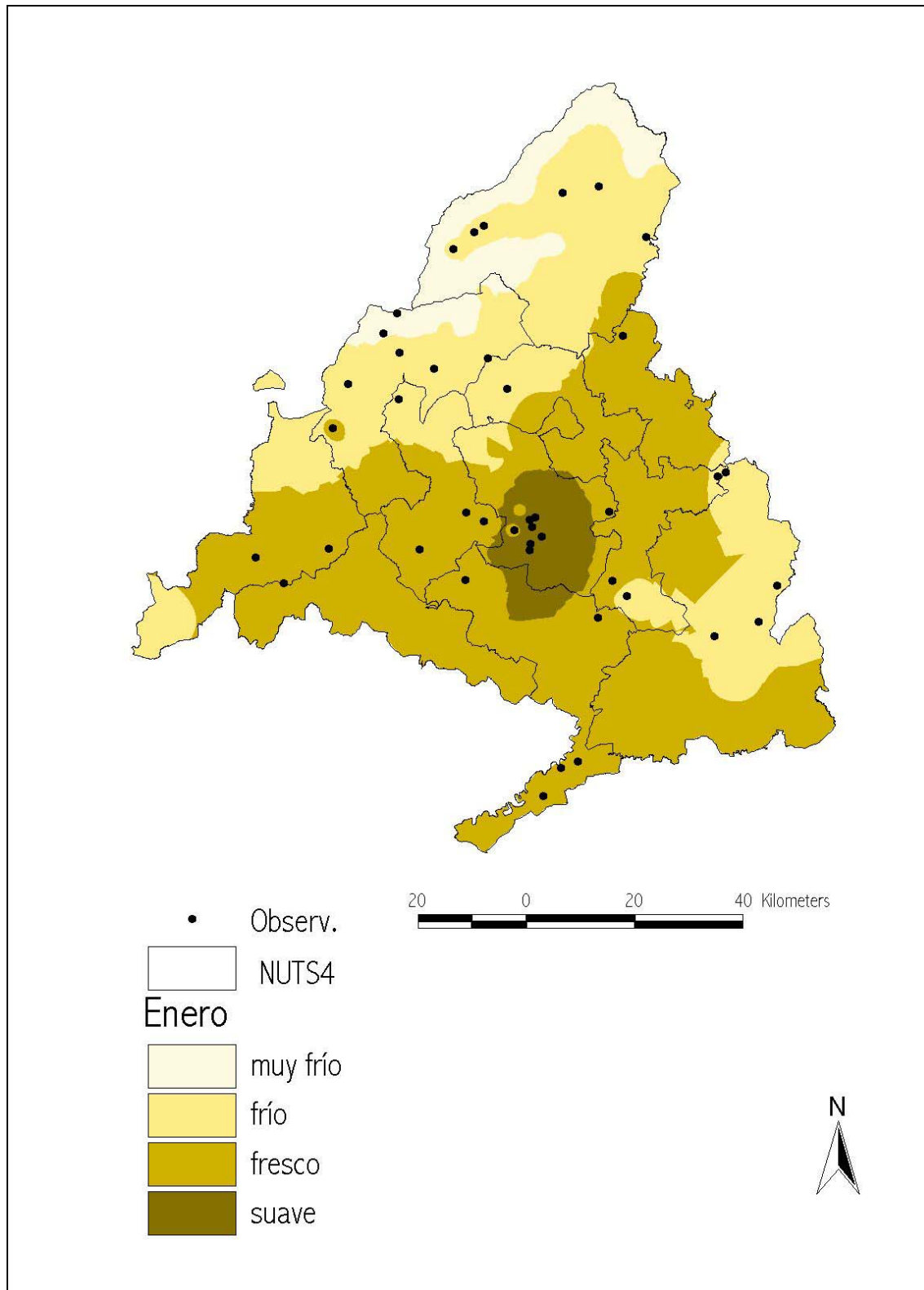


Figura 7.1. Distribución espacial del índice de confort en enero en la Comunidad de Madrid (unidades espaciales = píxeles de 625 m²).

Fte. Elaboración propia.

**Cuadro 7.3. Área ocupada por las diferentes categorías de confort en enero
(% de la superficie para cada zona NUTS 4)**

NUTS 4	Nombre	Muy frío	Frío	Fresco	Suave
1	Madrid	0	10	38	52
2	Norte Metropolitano	0	43	56	1
3	Este Metropolitano	0	23	77	0
4	Sur Metropolitano	0	0	89	11
5	Oeste Metropolitano	0	29	69	1
6	Sierra Norte	36	59	5	0
7	NE Comunidad	0	4	96	0
8	SE Comunidad	0	42	58	0
9	SW Comunidad	0	0	100	0
10	Sierra Sur	0	40	60	0
11	Sierra Central	18	64	18	0
	Total Com. Madrid	8	34	53	5

Fte. Elaboración propia.

3.2.2. Mapa del confort en julio

En julio (figura 7.3), hemos diferenciado cinco categorías de confort, cuyos umbrales difieren sustancialmente de los aplicados a enero, basándonos en el concepto de adaptación al que hicimos mención anteriormente. A pesar de ello, y como era de esperar dadas las condiciones climáticas regionales, la mayor parte de la Comunidad corresponde al dominio de las sensaciones cálidas y muy cálidas. El 84% de todo el territorio presenta estas características; las sensaciones confortables ocupan una estrecha franja en el sector más elevado del NW, que representa el 12% del territorio comunitario. Como en enero, aparecen dos pequeñas zonas, cada una de las cuales representa el 2% del total, que ofrecen condiciones frescas o bochornosas. En el primer caso se limita a las altas cumbres serranas, coincidiendo con las muy frías del invierno, y en el segundo se localiza en las áreas urbanas, que en verano presentan las condiciones de disconfort más acusadas en la Comunidad.

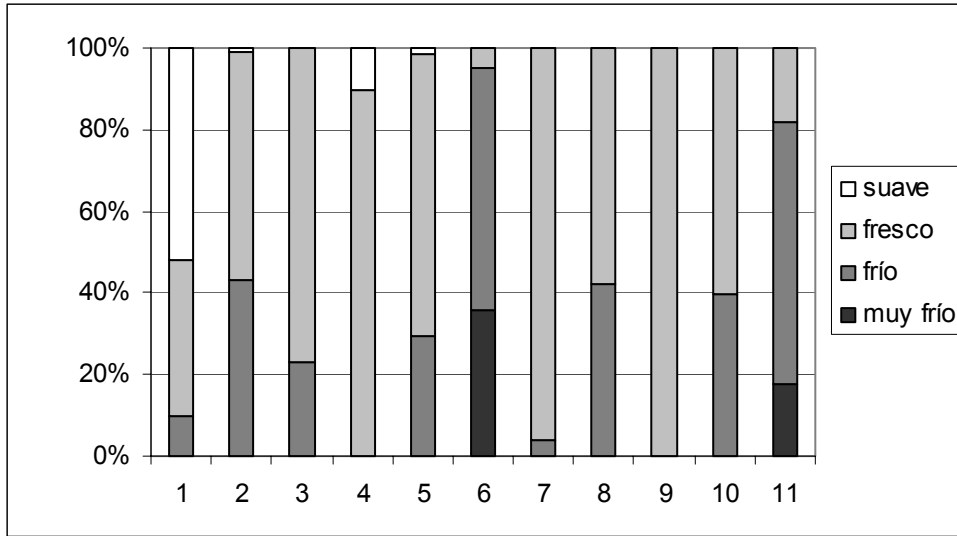


Figura 7.2. Distribución porcentual acumulada de la superficie de las NUTS 4 de la Comunidad de Madrid perteneciente a las diferentes categorías de confort, obtenidas a partir de la capa "raster" de enero. Fte. Elaboración propia.

Por áreas (cuadro 7.4 y figura 7.4), las condiciones más favorables se localizan en las zonas montañosas: en la Sierra Norte más del 50% del territorio pertenece a la categoría de confortable o suave y en la Sierra Central es el 30%. Las cálidas y muy cálidas alcanzan valores muy elevados en casi todas las unidades administrativas, con máximos muy acusados al sur y suroeste donde superan el 90%. Madrid, por último, concentra la práctica totalidad de la superficie clasificada como bochornosa, seguida a considerable distancia por el SW y Sur Metropolitano en los que no supera el 2%.

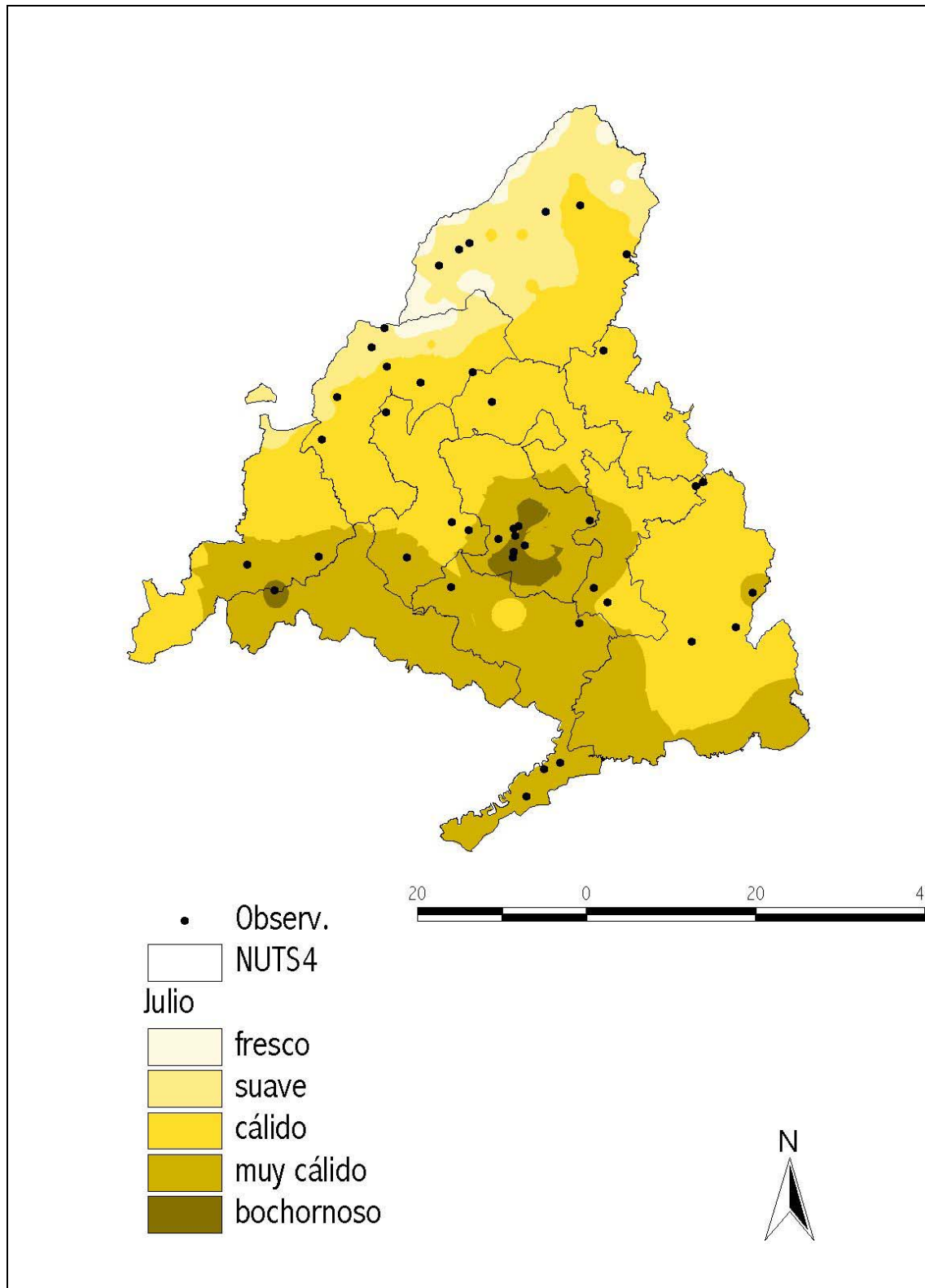


Figura 7.3. Distribución espacial del índice de confort en julio en la Comunidad de Madrid (unidades espaciales = píxeles de 625 m²). Fte. Elaboración propia.

Cuadro 7.4. Área ocupada por las diferentes categorías de confort en julio (% de la superficie para cada zona NUTS 4)

NUTS	Nombre	Fresco	Suave	Cálido	Muy cálido	Bochornoso
1	Madrid	0	0	31	52	17
2	Norte Metropolitano	0	0	93	7	0
3	Este Metropolitano	0	0	64	36	0
4	Sur Metropolitano	0	0	5	94	1
5	Oeste Metropolitano	0	0	71	29	0
6	Sierra Norte	12	54	34	0	0
7	NE Comunidad	0	0	100	0	0
8	SE Comunidad	0	0	65	35	0
9	SW Comunidad	0	0	1	97	2
10	Sierra Sur	0	6	60	34	0
11	Sierra Central	5	30	65	0	0
	Total CM	2	12	50	34	2

Fte. Elaboración propia.

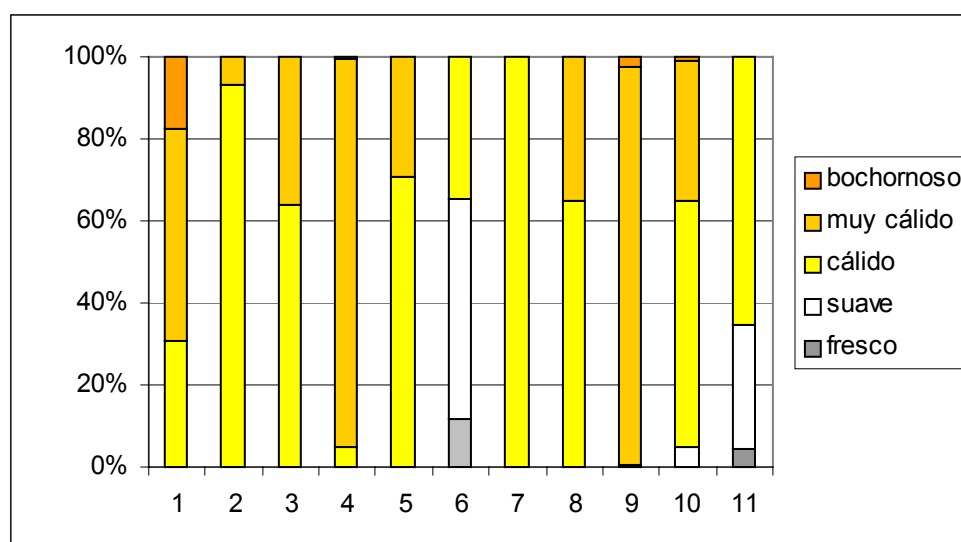


Figura 7.4. Distribución porcentual acumulada de la superficie de las NUTS 4 de la Comunidad de Madrid perteneciente a las diferentes categorías de confort, obtenidas a partir de la capa "raster" de julio. Fte. Elaboración propia.

3.3. El territorio ocupado por las categorías de renta: una visión sintética

A efectos de apreciar la trascripción que espacialmente tienen los diferentes niveles de renta en la Comunidad de Madrid en capítulos previos se han presentado diversas representaciones cartográficas. En este apartado, y en aras de abordar el análisis conjunto con el indicador ambiental previamente expuesto, procede añadir alguna apostilla complementaria, a partir de la representación por celdillas o píxeles de los niveles de renta que en un párrafo previo se comentó. El cuadro 7.5 y la figura 7.5 nos proveen una aproximación cuantitativa y gráfica de qué cantidad de territorio está asociada y ocupada por los diferentes niveles de renta. A tal fin se ha adoptado una categorización conveniente en 5 intervalos, con límites ya utilizados en otros capítulos de esta obra. Resulta destacable de tales datos que la parte de territorio ocupado por los niveles de renta calificables de bajo y medio bajo, es decir, los dos intervalos inferiores, apenas llegan al 36 por ciento. Por su parte las rentas altas y muy altas (las dos categorías superiores) superan el 17 por ciento. En cualquier caso, el intervalo modal resulta ser el de rentas medio-altas (entre 8500 y 15000 €). Ello puede imputarse a dos causas: por un lado a la desigual cifra de población incluida en tales niveles y por otro a las características habitacionales de las rentas superiores, más proclives al consumo de espacio para vivienda.

3.4. La relación entre el indicador de confort ambiental y el nivel de renta

Las hipotéticas concomitancias entre un ambiente climático, que genera unas condiciones de confort diferenciadas espacialmente, y el nivel de renta de la población con residencia en cada lugar han sido investigadas recurriendo a varias herramientas analíticas, numéricas y gráficas, pero siempre enfocadas hacia la detección de posibles relaciones bivariadas.

En primer lugar, expondremos los resultados de una exploración mediante diagramas de dispersión y técnicas como la correlación y regresión lineal simples. Más adelante, comentaremos de forma adicional tablas combinando renta e indicadores de confort, según unos intervalos convenientes a los efectos aquí deseados.

El examen de la covariación entre renta per cápita y confort en los dos meses seleccionados arrojó unos resultados aparentemente poco estimulantes (cuadro 7.6). Ambas correlaciones eran muy próximas a cero, pero la elevada cifra de

unidades estadísticas (más de 1,3 millones, correspondientes a las celdillas o píxeles urbanos usados en el cálculo) conduce a que, ante un hipotético test de significación, se tuviese que concluir que son distintos de cero con un nivel de confianza superior a 99,89 por ciento. Una conclusión similar se obtendría para el coeficiente b (pendiente) de la recta de regresión. Dicha recta tiene en ambos casos pendiente positiva, si bien resulta poco acusada, tal como puede apreciarse en las figuras 7.6 y 7.7. Las nubes de puntos de los diagramas de dispersión permiten atisbar algunos rasgos de la distribución conjunta, en dos momentos de acreditado rigor climático y en un medio, como el centro peninsular, marcado por tintes continentales.

Cuadro 7.5. Distribución de las unidades espaciales urbanas (píxeles de 625 m²) de la Comunidad de Madrid según su nivel de renta en 1997

Intervalo	Límites (€)	Píxeles	Porcentaje
1	<6660	170189	12.95
2	6600-8500	301325	22.93
3	8500-15000	612282	46.59
4	15000-30000	214318	16.31
5	=>30000	16095	1.22
Total		1314209	100

Fte. Elaboración propia.

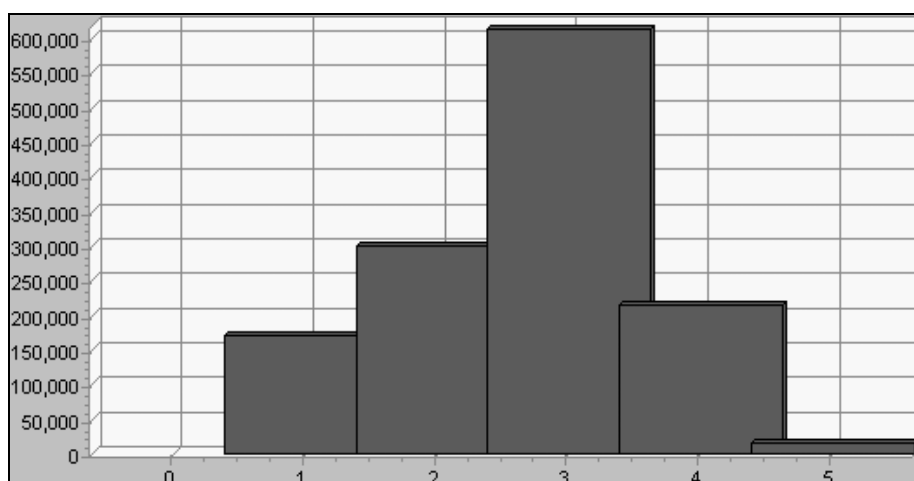


Figura 7.5. Distribución del espacio urbano de la Comunidad de Madrid según intervalos de renta. Eje Y = Unidades espaciales (cuadrículas o píxeles de 625 m²). Eje X = Intervalos de renta según el cuadro 7.5. Fte. Elaboración propia.

En el mes de enero (figura 7.6) se observa que los niveles de renta bajos y medio-bajos se despliegan en un ancho tramo del índice de confort que arranca en 0 y llega hasta casi 11, es decir las capas menos pudientes residen en ambientes muy contrastados, siendo especialmente abundantes en el intervalo entre 3 y 5, que hemos calificado de fresco. Merece resaltarse que por debajo de 1,5 (frío y muy frío) del índice de confort prevalecen claramente los niveles de renta calificables de bajos y medio bajos. Ello implica una desventaja real para tal población por cuanto a la hostilidad climática se añaden unos menores medios económicos para luchar contra ella. Por su parte las categorías más pudientes se ubican en unos entornos menos contrastados y, curiosamente, esquivando los lugares fríos y muy fríos. En la figura se constata que el grueso de los píxeles con rentas superiores a 15000 € se despliega en el tramo entre 3 y 10 del índice de confort, es decir, de fresco a suave. Los más ricos (cifras de renta per cápita superiores a 45000 €) se sitúan en un medio calificable de fresco, hecho que obviamente no supone obstáculo alguno para disponer de un confort adecuado intra-vivienda a través de los sistemas de calefacción convencionales.

En el mes de julio (figura 7.7), que expresa el momento de rigor cálido en la Comunidad Madrid, la nube de puntos se traslada globalmente en el índice de confort hacia la derecha (eje X). Los niveles de renta bajos y medio-bajos de nuevo se extienden a lo largo de un abanico de confort muy amplio, desde ambientes suaves hasta bochornosos, siendo por tanto especialmente desfavorable esta última situación, por cuanto los sistemas efectivos de refrigeración doméstica siguen estando poco extendidos entre las capas menos pudientes. Por su parte, las categorías de renta superiores viven en entornos de confort climático más homogéneos (sobre todo entre 22,5 y 26,5), es decir, cálidos y muy cálidos, lo que traduce el efecto del clima regional. Por encima de 26,5 su presencia es mucho más escasa, lo que implica que no se enfrentan a los calores más duros del clima madrileño. Junto a esta observación, debe tenerse en cuenta que los grupos más pudientes, aparte de unas condiciones superiores de habitabilidad en sus viviendas y su entorno inmediato, pueden paliar también tales rigores recurriendo a sus residencias secundarias en la sierra madrileña.

Cuadro 7.6. Relaciones estadísticas entre renta per cápita 1997 e indicadores de confort climático en la Comunidad de Madrid

Variable independiente	Coefficiente de correlación	Ecuación de regresión
Confort enero	0,019	$Y = 11177,3 + 50,5 \cdot X$
Confort julio	0,013	$Y = 10238,6 + 48,5 \cdot X$

Nota: Variable dependiente = Renta per cápita. N = 1.314.209. Fte. Elaboración propia.

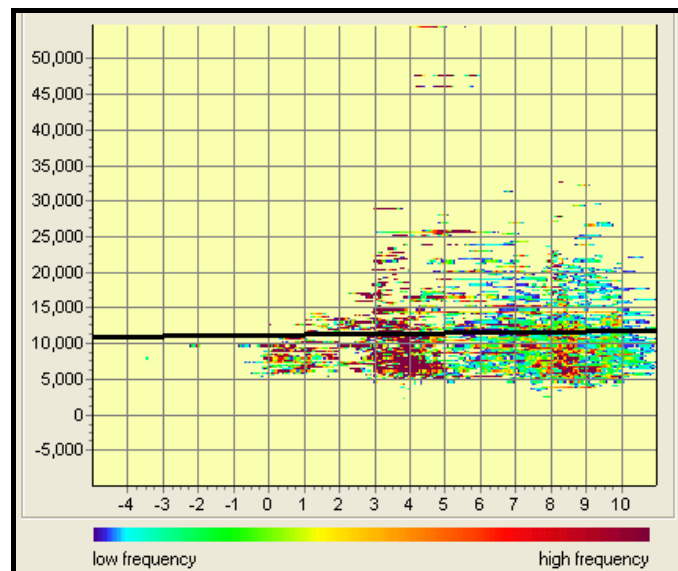


Figura 7.6. Relación entre el índice de confort en enero (X) y la renta per cápita 1997 (Y) en la Comunidad de Madrid (unidades espaciales = 1.314.209 píxeles urbanos de 625 m²). Fte. Elaboración propia.

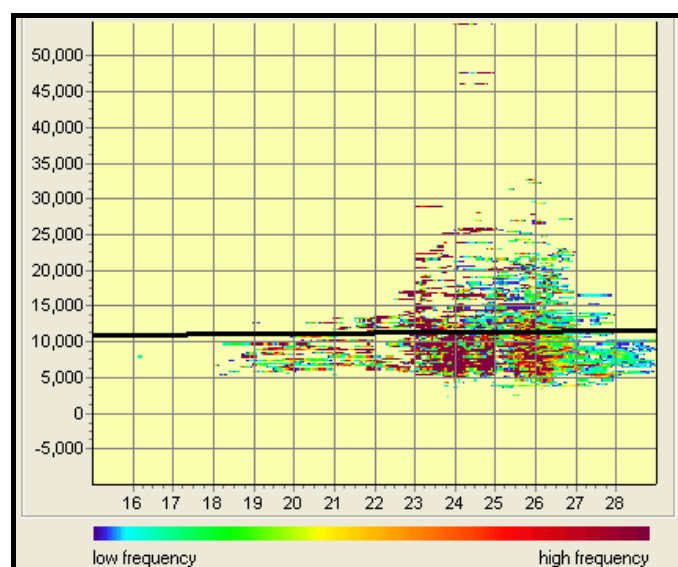


Figura 7.7. Relación entre el índice de confort en julio (X) y la renta per cápita 1997 (Y) en la Comunidad de Madrid (unidades espaciales = 1.314.209 píxeles urbanos de 625 m²). Fte. Elaboración propia.

Una apreciación más cuantitativa de las relaciones entre los dos fenómenos que estamos considerando se puede obtener a partir de los cuadros 7.7 y 7.8 que muestran la distribución porcentual de las cuadrículas o píxeles urbanos para cada intervalo de renta según su confort. En el mes de enero el grueso del espacio urbano madrileño cae en la categoría de fresco (así lo atestigua la fila de medias del cuadro 7.7), seguido por la de suave. Si comparamos entre columnas los porcentajes para los niveles peores de confort (muy frío y frío) se constata una presencia remarcable para el nivel de frío desde las rentas bajas hasta las rentas medio-altas. El hecho de que este último nivel de renta sea el más afectado porcentualmente (24,08) por el frío hace hipotetizar que este factor climático no ha debido pesar mucho en la decisión de ubicación residencial para un grupo social de razonable solvencia económica. Los niveles de renta altos y muy altos, sin embargo, se ven afectados por tales rigores en menor grado. En cuanto a los mejores niveles de confort (suave y fresco) se constata que el grupo más rico se concentra allí totalmente y que a continuación se sitúan el de rentas bajas y el de altas. En cierto modo, y en este mes, parece que la climatología no penaliza especialmente a las rentas más bajas, si bien los más ricos se orientan de forma bastante homogénea (tal como apunta la media y la amplitud de tal índice en el cuadro 7.7) hacia lugares de confort aceptables, teniendo en cuenta el medio geográfico en que nos hallamos. Los hechos quedan de manifiesto de una forma más nítida cuando se agregan los

grupos de renta de ambos extremos del cuadro por separado. La figura 7.8 ratifica cómo las rentas superiores a 15000 € tienen una mayor presencia relativa en los medios de confort suaves, en tanto que las inferiores a 8500 € lo hacen en medios fríos. Ello permite hablar de un cierto grado de “injusticia” de origen ambiental.

Cuadro 7.7. Distribución porcentual del espacio urbano de la Comunidad de Madrid según nivel de renta y confort climático en enero

Índice de confort	Nivel de renta per cápita €				
	<6600 Baja	6600-8500 Medio-baja	8500-15000 Medio-alta	15000-30000 Alta	=>30000 Muy alta
< 0 Muy frío	0.37	0.83	0.74	0	0
0 a 3 Frío	7.26	11.91	24.08	9.00	0
3 a 6 Fresco	52.80	70.28	52.86	64.45	88.29
=> 6 Suave	39.56	16.98	22.31	26.55	11.71
Total	100	100	100	100	100
Media	5,62	4,34	4,26	4,96	5,17
Amplitud	11,40	14,49	13,21	8,69	5,07

Nota: Porcentajes por columnas. Fte. Elaboración propia.

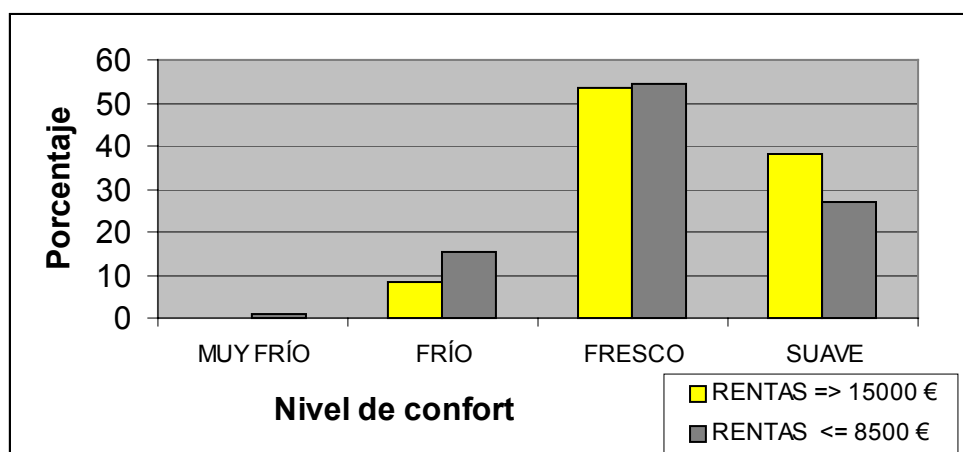


Figura 7.8. Distribución porcentual del espacio urbano de la Comunidad de Madrid según nivel de renta y confort climático en enero. Fte. Elaboración propia.

En el mes de julio la situación de confort más desfavorable (bochornosa) afecta con especial intensidad a los espacios de rentas más bajas (casi una cuarta parte). Las situaciones calificables de muy cálidas o cálidas son las dominantes para todos los niveles de renta (tal como corrobora la media para cada grupo de renta en

el cuadro 7.8), en concordancia con los rasgos del clima regional, siendo destacable que aquí se sitúa la práctica totalidad de los espacios habitacionales de los dos grupos más ricos (que, como ya hemos dicho, poseen alternativas para paliar tal disconfort). Una pequeña parte de los grupos de rentas bajas, medio-bajas y medio altas pueden “disfrutar” de niveles menos rigurosos, que aquí hemos calificado de suaves. En síntesis, pues, la situación de bochorno impuesta por la combinación del clima regional cálido y el efecto urbano, aunque afecta a casi todos los grupos sociales (con la excepción de los más ricos), incide en mayor grado sobre una parte de los menos pudientes, los cuales, reiteramos, suelen aplicar menos tecnologías paliativas en sus viviendas. Los grupos pertenecientes a los dos intervalos de mayores rentas se concentran en unos medios de confort muy similar (cálido o muy cálido), tal como confirma la amplitud de los índices en el cuadro 7.8, en tanto que los restantes grupos de renta se ven sometidos a situaciones estivales más dispares desde la óptica de dicho confort. La mayor ubicuidad de las bajas rentas y la creciente difusión espacial de las promociones de viviendas unifamiliares en la región probablemente laten bajo esta distribución de renta y confort estival que hemos hecho aflorar. La figura 7.9, en la que se muestra porcentualmente el reparto de los espacios ocupados por los grupos extremos de renta, de nuevo hace aflorar un cierto grado de “injusticia” ante los rigores climáticos estivales, por cuanto en los ambientes residenciales bochornoso y muy cálido hay una presencia relativa superior de grupos de rentas bajas y medio-bajas.

Cuadro 7.8. Distribución porcentual del espacio urbano de la Comunidad de Madrid según nivel de renta y confort climático en julio

Índice de confort	Nivel de renta per cápita €				
	<6600	6600-8500	8500-15000	15000-30000	=>30000
15 a 18 Fresco	0	0,02	0	0	0
18 a 21 Suave	4,73	5,86	5,657	0	0
21 a 24 Cálido	22,95	31,09	47,49	47,84	0
24 a 26 Muy cálido	47,84	52,50	38,88	41,25	98,64
26 a 29 Bochornoso	24,48	10,53	7,98	10,91	1,36
Total	100	100	100	100	100
Media	24,63	24,16	23,81	24,33	24,61
Amplitud	10,74	12,82	10,77	5,39	2,12

Nota: Porcentajes por columnas. Fte. Elaboración propia.

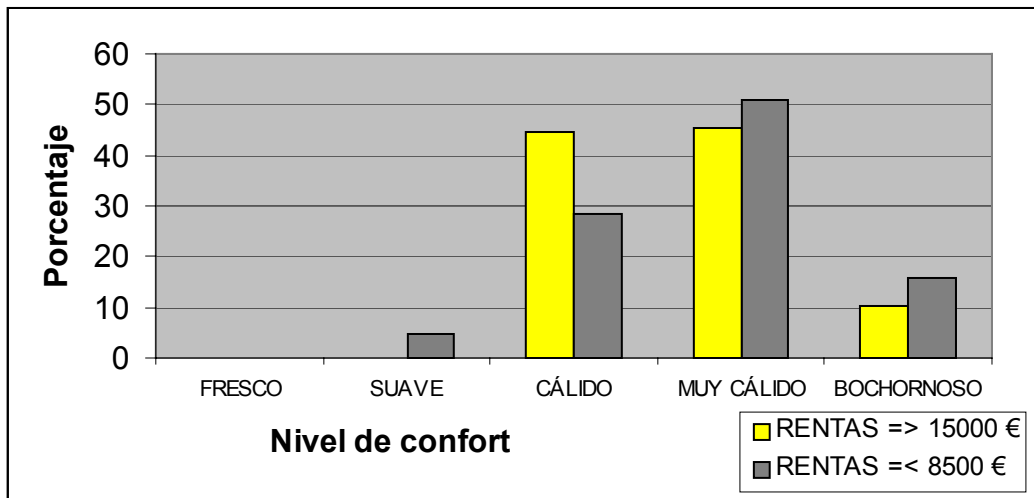


Figura 7.9. Distribución porcentual del espacio urbano de la Comunidad de Madrid según nivel de renta y confort climático en julio. Fte. Elaboración propia.

4. Conclusiones

La consideración del clima desde la óptica bioclimática, nos ha permitido establecer los diferentes grados de confortabilidad térmica existentes en la Comunidad de Madrid y su delimitación espacial. De acuerdo con los objetivos planteados y a fin de facilitar la comparación con otras variables de tipo socioeconómico, hemos definido los rasgos más representativos del confort del todo el espacio de la Comunidad, mediante la interpolación de los datos observados en los observatorios meteorológicos disponibles.

El índice utilizado ha sido la temperatura equivalente que refleja la acción combinada de la temperatura del aire, la humedad y el viento. Los resultados muestran una clara estacionalidad, consecuencia de los rasgos climáticos regionales y una gran diversidad espacial derivada de la accidentada topografía del territorio.

En enero casi el 90% de la superficie presenta unas características frías o frescas, mientras que en julio un porcentaje similar se asocia con sensaciones cálidas o muy cálidas. Las zonas montañosas que en invierno aparecen como muy frías, en verano constituyen las zonas bioclimáticas más favorables.

Mención especial merece la aglomeración urbana madrileña que crea unas condiciones bioclimáticas específicas relacionadas con la formación de un clima

urbano característico de la ciudad. En invierno, la "isla de calor", típica de los climas urbanos, determina que sea ésta la única zona en la que se registran condiciones suaves, por tanto las más favorables desde la óptica bioclimática; en verano, por el contrario, el excesivo recalentamiento provocado por el asfalto, los edificios y demás elementos de la estructura urbana, la convierte en el reducto más disconfortable de la toda Comunidad.

En lo concerniente a las hipótesis y preguntas formuladas al comienzo de este capítulo cabe como conclusión retener que, sobre el telón de fondo ineludible de la climatología regional, el análisis de la localización residencial de los diferentes grupos de renta per cápita ha hecho aflorar un cierto número de hechos significativos.

En un mes invernal como enero, el rigor del frío afecta más proporcionalmente al entorno residencial de una parte del grupo de renta medio-alta, aunque cabe sospechar que ello no implicará un especial disconfort para tales personas, pues sus medios económicos les habilitan para unas condiciones intra-vivienda convenientes (eso sí, a costa probablemente de un mayor consumo energético). Más preocupante resulta que haya entre un 8 y un 12 por ciento del espacio residencial de grupos con rentas medio-bajas y bajas afectado por el frío rigor invernal, pues el confort intra-vivienda será seguramente menor en este caso. Por otro lado, también procede destacar que los dos grupos más ricos no habitan en los medios de mayor hostilidad invernal.

En el período estival, representado por julio en nuestro trabajo, la situación más agobiante, que hemos calificado como bochornosa, incide particularmente en una parte sustantiva (casi la cuarta parte) de los lugares residenciales del grupo de bajas rentas, por lo que sufren una doble penalización, climática y económica. Los dos grupos de mayores rentas, por su parte, aunque eluden en gran medida los lugares más desfavorables, no tienen tampoco su residencia principal en zonas especialmente confortables. No obstante, y como hemos recordado, tal hándicap puede ser paliado por tales grupos recurriendo a distintas y harto conocidas medidas: refrigeración y mejor aislamiento en la vivienda, inserción de la vivienda en un entorno ajardinado y refrescante, desplazamiento a segundas residencias serranas o costeras, etc.

En síntesis, puede aseverarse que, si bien el rigor del clima madrileño implica unas condiciones de confort ambiental objetivas a las que la población debe enfrentarse, la capacidad de los distintos grupos de renta para aliviar el disconfort extremo no resulta equiparable. Por tal motivo, el hecho de que entre las capas de

menor renta (baja y medio-baja) haya una fracción, a veces destacada, sometida a las peores condiciones, en términos comparativos, apunta a una doble penalización o infortunio, la que ocasiona el “ciego” clima y la que originan sus menores recursos para poder aliviar el disconfort. Por otro lado, la localización de los ámbitos residenciales ocupados por los grupos más pudientes, aunque no escapa totalmente a los rigores climáticos, muestra una propensión a eludirlos superior a la de los grupos de rentas bajas y medio-bajas. No cabe imputar al clima la responsabilidad de tal “injusticia”, sino que más bien habría que remitirse a los mecanismos propios de la promoción y el mercado de la vivienda que rigen la apropiación del espacio por grupos sociales de capacidad económica desigual.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMARZA, C. (2002): "El sistema de información climática del INM", en Cuadrat, J. M., Vicente, S. M. y Saz, M. A. (Eds.): *La información climática como herramienta de gestión ambiental. VII Reunión Nacional de Climatología*. Asociación de Geógrafos Españoles, Universidad de Zaragoza, p. 35-46.
- AULICIEMS, A. y DEAR, R. (1997): "Thermal adaptation and variable indoor climate control", en Auliciems (Ed.): *Bioclimatology*. Berlín, Springer, p. 61-86.
- BAILLY, A. S. (1981): *La géographie du bien-être*. París, PUF.
- BOWEN, W. (1995): "Toward environmental justice: Spatial equity in Ohio and Cleveland", *Annals of the Association of American Geographers*, 85, 4, p. 641-663.
- ESCOURROU, G. (1981): *Climat et environnement*. París, Masson.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2000): "Clima y calidad ambiental en las ciudades: propuesta metodológica y su aplicación al área de Madrid" en: Raso, J. M. y Martín Vide, J. (Eds): *Proyectos y métodos actuales en Climatología*, Barcelona, Asociación Española de Climatología, Serie B, nº 1, p. 41-66.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2000): "El clima urbano de Madrid y su influencia sobre el confort térmico", *Boletín de la Real Sociedad Geográfica* (en prensa).
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2002): "Propuesta de un índice de confort relativo diario para determinar los extremos térmicos en la España Peninsular", *Estudios Geográficos* (en prensa).
- GELBTER, M. (1994): "The meaning of urban environmental justice", *Fortham Urban Law Journal*, 21, p. 841-856.
- GRIFFITHS, J. (1966): *Applied climatology. An introduction*. Oxford, University Press.
- GRIFFITHS, J. (1976): *Climate and the environment*. Londres, Paul Elek.
- HÖPPE, P. (2000): "An universal index for the assesement of the thermal environment. The physiological equivalent temperature P_{et} ", en *Proceedings of the 15 International Congress of Biometeorology & International Conference on Urban Climatology*. Sydney, (ICB9.1).

- JENDRITZKY, G. y GRÄTZ, A. (1998): "Mapping human bioclimates in various scales with particular reference to urban environment", *American Meteorological Society. Second Urban Environment Symposium*, p. 168-171.
- JENDRITZKY, G., GRÄTZ, A. y FRIEDRICH, M. (2000): "The assessment of human thermal climates in cities", en *Proceedings of the 15th International Congress of Biometeorology & International Conference on Urban Climatology*. Sydney, Australia (publicación en CD).
- KALKSTEIN, L. y VALIMONT, K. (1986): "An evaluation of summer discomfort in the United States using a relative climatological index", *Bulletin American Meteorological Society*, V. 67, nº 7, p. 842-848.
- KALKSTEIN, L. S. y GREEN, J. S. (1997): "An evaluation of climate/mortality relationship in large U.S. cities and the possible impacts of Climate Change", *Environmental Health Perspectives*. 105, p. 84-93.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. y col. (1993): *El clima de las ciudades españolas*. Madrid, Cátedra.
- PICKUP, J. y DEAR, R. (2000): "An outdoor thermal environment index. Applications" en *Proceedings of the 15th international Congress of Biometeorology & International Conference on Urban Climatology*. Sydney, Australia (publicación en CD).
- STEADMAN, R.G. (1984): "A universal scale of apparent temperature", *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, p. 1674-1687.
- TAYLOR, D. (1992): "The environmental justice movement", *EPA Journal*, 18, p. 23-25.
- YEE YAN, Y. y OLIVER, J. (1996): "The clo: an utilitarian unit to measure weather/climate comfort", *International Journal of Climatology*, 16, p. 1045-1056.