

CONTRASTACIÓN ENTRE LA EVALUACIÓN OBJETIVA Y SUBJETIVA DEL CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS ABIERTOS URBANOS EN ZONAS ÁRIDAS. Primeros resultados

M. A. Ruiz¹, E. Correa², M. A. Cantón³

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV INCIHUSA)

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas – CRICYT C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza

Tel. 0261-5244310 – e-mail: aruiz@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN: El grado de confort térmico de las personas en espacios exteriores es uno de los factores determinantes para su habitabilidad. La presente investigación tiene por objeto contrastar el grado de confort medido en espacios exteriores y analizado de acuerdo a los balances termo-regulatorios que proponen los métodos que toman en cuenta la fisiología humana y la transferencia térmica, con la sensación de confort que experimentan los individuos nativos de un lugar bajo las mismas condiciones microclimáticas. Se han utilizado por lo tanto dos enfoques: uno objetivo y otro, subjetivo. Se midieron los parámetros meteorológicos en una calle peatonal del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), tanto en invierno como en verano. A partir de estos datos se calculó el índice de confort denominado PMV. Se compararon estos resultados derivados de balances térmicos sujeto- ambiente (denominados objetivos) con la información obtenida de encuestas simultáneas que reflejan la opinión subjetiva de las personas que se encuentran en el sitio evaluado. Los resultados iniciales demuestran que un enfoque puramente fisiológico es insuficiente para caracterizar las condiciones de confort al aire libre, y que es crucial una mejor comprensión de los parámetros del comportamiento humano y la dinámica de la adaptación en el diseño de espacios de uso público.

Palabras clave: confort térmico, espacios abiertos, métodos objetivos, PMV, métodos subjetivos, adaptación.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones microclimáticas de los espacios urbanos abiertos son un parámetro determinante del comportamiento de las personas y en el uso de los mismos. El microclima de estos sitios es fundamental para las actividades que se llevan a cabo, tanto a nivel energético como por las implicancias en las condiciones de confort que afectan el comportamiento de las personas y el uso de los mismos. Según Givoni et al. (2003), el confort térmico de las personas en espacios exteriores es uno de los factores que más influye en su habitabilidad, dado que la cantidad e intensidad de actividades que el individuo realiza es afectada por el nivel de disconfort experimentado cuando se expone a las condiciones climáticas de esos espacios.

Por lo tanto, con el fin de aumentar el uso del espacio abierto y revitalizar las ciudades, deberían considerarse las condiciones ambientales en el diseño de los mismos (Nikolopoulou et al., 2003). Mediante el control de las fuentes de disconfort, se promueven las actividades sedentarias, y también el uso del transporte público, el caminar y el andar en bicicleta. Las áreas exitosas atraen a gran número de personas, que a su vez atraen emprendimientos, trabajadores, residentes, y el área se convierte en económicamente rentable.

Por todo esto, comprender y evaluar las condiciones de confort térmico en los espacios urbanos es necesario ya que esto puede tener implicancias importantes para el desarrollo de las ciudades (Nikolopoulou y Steemers, 2003).

Debido a la gran complejidad, en términos de variabilidad temporal y espacial, de los espacios urbanos abiertos así como la gran variedad de actividades de las personas, ha habido muy pocos intentos de comprender las condiciones de confort exterior. En la mayoría de los estudios de confort térmico al aire libre, se han utilizado modelos puramente fisiológicos, con la participación de modelos matemáticos del sistema termorregulador empleados para el cálculo de las condiciones de confort térmico, mientras que las respuestas subjetivas no han sido consideradas (Nikolopoulou et al., 2003). La teoría convencional del confort se basa en un modelo de estado estacionario, donde la producción de calor es igual a las pérdidas de calor al medio ambiente, con el objetivo de mantener una temperatura corporal constante. En el marco de esta teoría, las condiciones ambientales que proporcionan satisfacción térmica, que dependen sólo de la actividad de las personas y su nivel de prendas de vestir, caen dentro de una estrecha banda (Nikolopoulou et al., 2001).

Las investigaciones llevadas a cabo en el contexto urbano del Área Metropolitana de Mendoza sobre el confort térmico a través de distintos modelos, han arrojado algo de luz sobre la complejidad de las cuestiones involucradas (Ruiz y Correa, 2009; Correa et al., 2010; Ruiz et al., 2010). Sin embargo, hay una necesidad de datos empíricos respecto del parámetro humano subjetivo, lo que proporcionaría una perspectiva más amplia para entender el confort en los espacios urbanos.

La amplia gama de condiciones microclimáticas en espacios abiertos refuerza la idea de que un enfoque puramente fisiológico no es suficiente para caracterizar las condiciones de confort térmico al aire libre, mientras que la cuestión de la

¹ Becaria Doctoral CONICET

² Investigadora CONICET

³ Investigadora Adjunta CONICET

adaptación es cada vez más importante. Esto involucra a todos los procesos que la gente sobrelleva para mejorar el ajuste entre el medio ambiente y sus necesidades, tanto a nivel físico como psicológico. En el contexto exterior, esto implica cambios personales (Nikolopoulou et al., 1999), con la variación estacional de la ropa; cambios en el calor metabólico con el consumo de bebidas refrescantes; así como cambios en la postura y la posición, mientras que psicológicamente (Nikolopoulou y Steemers, 2003), implica la elección personal, la memoria y las expectativas, pudiendo ser un parámetro crítico en la satisfacción con el ambiente térmico.

Según Nikolopoulou et al. (1999), el término "adaptación" puede ser ampliamente definido como la disminución gradual de la respuesta del organismo a la exposición repetida a un estímulo, incluyendo todas las acciones que lo hacen más adecuado para sobrevivir en ese entorno. En el contexto de confort térmico, esto puede involucrar todos los procesos que la gente sufre para mejorar la adecuación entre el medio ambiente y sus necesidades. Dentro de este marco, las oportunidades de adaptación se pueden dividir en tres categorías diferentes: física, fisiológica y psicológica.

Adaptación física. La adaptación física involucra todos los cambios que una persona presente, con el fin de adaptarse a sí mismo al medio ambiente, o modificar el entorno a sus necesidades. Podemos, por tanto, identificar dos tipos diferentes de adaptación: reactivos e interactivos. En la adaptación reactiva, los únicos cambios que ocurren son personales, tales como la alteración de los niveles de la ropa, la postura y la posición, o incluso el calor metabólico con el consumo de bebidas calientes o frías. En la adaptación interactiva, sin embargo, la gente realiza cambios en el medio ambiente con el fin de mejorar sus condiciones de confort, como la apertura de una ventana, el cambio del termostato, la apertura de una sombrilla, etc.

Adaptación fisiológica. La adaptación fisiológica implica cambios en las respuestas fisiológicas causadas por la exposición repetida a un estímulo, lo que lleva a una progresiva disminución de la tensión de tal exposición. En el contexto del ambiente térmico, esto se llama aclimatación fisiológica. Este mecanismo se vuelve crucial en ambientes extremos, pero en el contexto de la investigación actual, no es de importancia central.

Adaptación psicológica. Diferentes personas perciben el ambiente de una manera distinta, y la respuesta humana a un estímulo físico no está en relación directa a su magnitud, sino que depende de la "información" que tiene cada persona para una situación particular. Los factores psicológicos influyen, por tanto, en la percepción térmica de un espacio y los cambios que ocurren en él. Dentro de estos factores se incluye la naturaleza del sitio, las expectativas, la experiencia, el tiempo de exposición, el control percibido y la estimulación del ambiente.

Por todo lo expuesto anteriormente, se presentan los resultados preliminares de la aplicación de una metodología que tiene por objeto determinar el grado de coherencia entre los valores de confort que arrojan los métodos basados en los balances energéticos y la medida de confort que experimentan los habitantes de acuerdo a su grado de adaptación, en particular para climas de zonas áridas. El objetivo final es lograr una mejor comprensión de cómo las características microclimáticas de los espacios abiertos urbanos, condicionan el grado de confort térmico que las personas experimentan y determinar parámetros de confort térmico adecuados a los procesos de adaptación de los habitantes de zonas áridas.

A largo plazo, se busca desarrollar un modelo de confort térmico adaptativo para el área de estudio, con el fin de aportar estrategias para el desarrollo de espacios abiertos en el contexto urbano.

METODOLOGÍA PROPUESTA

Caso de estudio

En la concepción urbanística del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), Argentina, ciudad de zona árida, una intensa forestación urbana ha sido utilizada como herramienta de acondicionamiento bioclimático de los espacios abiertos durante las horas de sol, respondiendo al concepto de ciudad oasis.

La estructura espacial se ha desarrollado en forma piramidal concentrando la mayor masa edilicia y en altura en el sector que corresponde al microcentro de la ciudad y va decreciendo progresivamente hacia la periferia de la mancha urbana total del AMM, hasta alcanzar las mínimas densidades en las áreas residenciales. Respecto a su configuración forestal, el 84% de las especies forestales corresponden a la primera y segunda magnitud representadas mayoritariamente por *Platanus hispanica* 22%, *Morus alba* 38%, *Fraxinus excelsior* 19% (Cantón et al, 2003).

Los estudios de campo se han llevado a cabo en una calle peatonal de 30 m de ancho, inserta en una zona de alta densidad edilicia y forestada con *M. alba*. Este cañón urbano presenta una fuerte actividad comercial y una gran afluencia de gente, además de utilizarse como lugar de descanso de peatones.

Para obtener una descripción del confort a lo largo del año, se desarrollaron dos campañas de medición: una estival y una invernal. Cada campaña se llevó a cabo durante tres días en los meses de julio y diciembre de 2010, en el período de mayor aprovechamiento del espacio abierto: de 9:00 a 18:00 hs en el invierno y de 10:00 a 19:00 hs en el verano.

Métodos objetivos

Uno de los índices que ha sido más extensamente utilizado en la bibliografía internacional para estimar el confort en espacios abiertos es el Predicted Mean Vote o PMV (Fanger, 1972; ISO, 2005). El Voto Medio Estimado es un índice que estima la valoración media del ambiente térmico de una amplia muestra de personas de acuerdo a la escala de confort ASHRAE de siete puntos (de -3 a +3) (Mayer y Hoppe, 1987). En situaciones reales, en las cuales se presentan a menudo condiciones meteorológicas extremas, el PMV puede ser superior a 3 o inferior a -3 (Tabla 1).

El índice PMV se basa en el balance de calor del cuerpo humano. El hombre está en balance térmico cuando la producción interna de calor del cuerpo es igual a las pérdidas de calor con el ambiente. En un ambiente moderado, el sistema termoregulatorio humano trata automáticamente de modificar la temperatura de la piel y la secreción de sudoración para mantener el balance de calor. En el índice PMV la respuesta fisiológica del sistema termoregulatorio ha sido relacionada con más de 1300 sujetos que emitieron su voto de sensación térmica (ISO, 2005).

| PMV | Sensación |
|-----|----------------------|
| +3 | Muy caluroso |
| +2 | Caluroso |
| +1 | Cálido |
| 0 | Neutro o confortable |
| -1 | Fresco |
| -2 | Frío |
| -3 | Muy frío |

Tabla 1: La sensación de confort humano relacionado con los valores del índice PMV (ISO, 2005).

El PMV es dado por la siguiente ecuación:

$$PMV = (0.303 e^{-0.036 M} + 0.028) \times L \quad (1)$$

Siendo L la carga térmica sobre el cuerpo, definida como la diferencia entre la producción interna de calor y las pérdidas de calor hacia el ambiente (ASHRAE, 2004)

El PMV surge como un índice de confort para espacios interiores cuyo algoritmo se adapta posteriormente a los espacios exteriores, como ha ocurrido con otros modelos (Gagge et al., 1986). Por lo tanto, hay que tener en cuenta que la Norma ISO 7730 (ISO, 2005) plantea que el valor del trabajo externo es igual a cero para la mayor parte de las actividades. Así mismo, la norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2004) considera que la carga térmica L sólo se ve influenciada por las pérdidas de energía hacia el ambiente y no atiende a las ganancias energéticas desde el ambiente. Estas aseveraciones pueden ser ciertas para recintos cerrados, pero difieren de la realidad en el caso de ambientes abiertos especialmente de zonas áridas, en donde la radiación solar juega un rol fundamental.

La norma ISO 7730 (ISO, 2005) recomienda el uso del PMV, sólo para valores del mismo entre -2 y +2. Además, se recomienda aplicar el PMV cuando los parámetros se encuentran entre los siguientes límites:

| Variables meteorológicas | Límites |
|----------------------------|-------------|
| Temperatura del aire | 10 - 30 °C |
| Temperatura media radiante | 10 - 40 °C |
| Humedad relativa | 30 - 70% |
| Velocidad del viento | 0 - 1 m/s |
| Presión atmosférica | 0 - 2700 Pa |

Tabla 2: Límites de aplicación del PMV para cada variable.

En la ciudad en estudio, con características de zona árida, los valores de las variables meteorológicas se encuentran comúnmente por fuera de los citados límites, particularmente durante el verano.

A partir de estas consideraciones y dada la importancia y trascendencia del PMV en numerosos estudios y normativas y de su sencilla escala de rangos de sensación es conveniente asignar un valor apropiado a la variable L con el fin de adaptarla a los espacios abiertos vegetados de zonas áridas.

En trabajos previos, los autores (2010) proponen tomar el valor de la carga térmica L como el resultado del balance de energía S adoptado por el método COMFA (Brown y Gillespie, 1995). Este modelo fue concebido como un método para la evaluación del confort en espacios abiertos, por lo que considera coeficientes adecuados y un gran número de variables climáticas, microclimáticas, forestales y humanas, y los rangos en los que las mismas varían en los espacios abiertos.

Métodos subjetivos

Mientras era llevado a cabo el monitoreo microclimático, se estudiaba a las personas en su entorno natural a través de entrevistas estructuradas y observaciones, para evaluar las condiciones de confort que experimenta la gente y su percepción del medio ambiente (Kuchen et al., 2009). Fueron entrevistadas aproximadamente 700 personas, entre las campañas de invierno y verano.

Las entrevistas estructuradas se realizaron mediante cuestionarios estándar con el fin de representar las opiniones de una amplia gama de usuarios. En la elaboración del cuestionario, se han considerado los estudios de Nikolopoulou et al. (2003) y de Kántor et al. (2007).

El confort subjetivo fue abarcado a partir de cuatro aspectos: temperatura del aire, radiación solar, viento y humedad relativa. Cada uno de estos aspectos se registró en escalas de preferencia. La sensación térmica de la gente fue reportada en una escala de 5 puntos, que va desde "muy frío" a "muy caluroso", y ha sido definida como el Voto de Sensación Real o ASV por sus siglas en inglés (Nikolopoulou et al., 2003). Además, se ha tenido en cuenta las características de los individuos. Algunos de los puntos considerados en observaciones y preguntas se presentan en la Tabla 3.

| DESCRIPCIÓN DEL INDIVIDUO | CARACTERIZACIÓN DEL ESPACIO |
|---|--|
| - Grupo etéreo. | - En este momento, ¿cómo se encuentra desde el punto de vista térmico? (ASV) |
| - Sexo. | - ¿Qué piensa usted del sol en este momento? |
| - Ropa. | - ¿Qué piensa usted del viento en este momento? |
| - Nivel de actividad. | - ¿Qué piensa usted de la humedad en este momento? |
| - Ocupación. | - ¿Se siente usted en confort? |
| - Nivel educativo. | - Según su percepción, ¿cuál es la temperatura en este momento? |
| - ¿Es habitante local? | |
| - ¿Qué le gusta más: la ciudad o el aire libre? | |

Tabla 3: Puntos considerados en el cuestionario estándar.

PRIMEROS RESULTADOS

Evaluación objetiva

En el área de estudio, las condiciones microclimáticas varían ampliamente a lo largo del año. En la Figura 1 se puede observar la temperatura del aire y la radiación solar durante los períodos evaluados, tanto en invierno como en verano. En el período de invierno la velocidad media del viento durante la realización de las entrevistas fue de 0,8 m/s y la humedad relativa (HR) media estuvo en el orden del 34%. Estas condiciones son típicas de la época del año considerada en el AMM.

Durante la campaña de verano la HR media fue de 29% y la velocidad media del viento fue de 0,7 m/s. Cabe destacar que fueron días con una alta proporción de nubes, dando como resultado valores de radiación solar comparables con los del invierno, lo cual da como resultado condiciones atípicas del área de estudio.

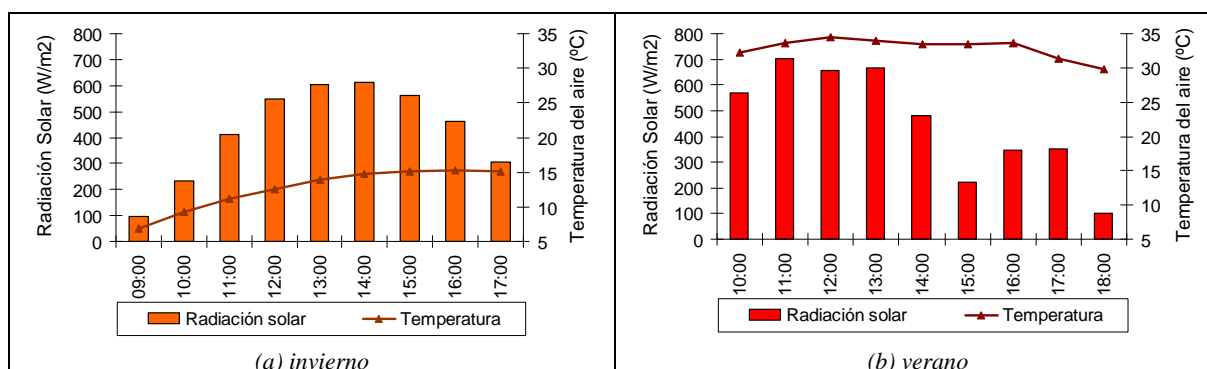


Figura 1. Variación diaria de la radiación solar y la temperatura del aire, en invierno (a) y en verano (b).

Evaluación subjetiva

Se desarrolló un análisis estadístico detallado de los datos obtenidos a partir de las entrevistas estructuradas. En invierno se entrevistaron 393 personas (durante 3 días) y en verano, 311 (2 días) haciendo un total de 704 entrevistados. De este total, un 50% se encuentra en el grupo etéreo entre los 18 y 34 años. En cuanto al sexo, predominan los hombres con un 60%. Según el nivel educativo, tenemos que entre un 55 y un 60% de los entrevistados posee nivel universitario o superior, seguido por un 35% con nivel secundario. El 80% es habitante local, por lo que el análisis del confort subjetivo fue realizado para un total de 550 entrevistados.

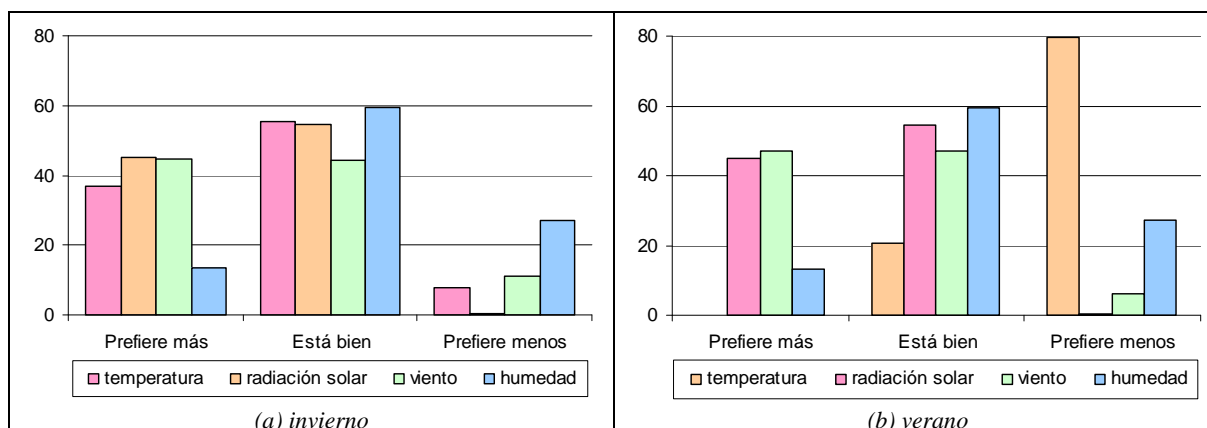


Figura 2: Parámetros subjetivos en el invierno (a) y en el verano (b).

En la Figura 2 se analizan los cuatro aspectos subjetivos abarcados por la investigación. En invierno, un 55-60% de los habitantes locales coinciden en que se encuentran bien desde el punto de vista térmico, de la radiación solar y de la HR. Sin embargo alrededor de un 40%, prefiere mayor temperatura y mayor radiación solar para poder sentirse en confort. El 30% de los entrevistados procedentes del AMM prefieren menor humedad relativa. En el caso del viento, la cantidad de gente que opina que se encuentra bien y la que prefiere menos es muy similar: cerca del 40%.

Durante el período analizado en verano, el 80% de los entrevistados prefiere menor temperatura y nadie prefiere menor radiación solar. Entre el 45 y el 60% de los habitantes que viven en el área de estudio señala que se encuentra bien desde el punto de vista de la radiación solar, del viento y de la humedad relativa. El 45% de los mismos prefiere más viento y más radiación solar y nadie prefiere más temperatura. En un día típico de verano es de esperarse que la cantidad de personas que prefiera mayor intensidad de radiación solar fuese menor.

Comparación entre ambos enfoques

Los datos subjetivos registrados a partir de los cuestionarios estándar fueron confrontados con los resultados del índice PMV, calculado a partir de los parámetros microclimáticos monitoreados durante la realización de las entrevistas. Esta comparación reveló algunas discrepancias entre los dos enfoques: el confort térmico real parece encontrarse en niveles más altos que los que arroja el modelo matemático del índice PMV.

En la Figura 3 se puede observar las frecuencias tanto del índice objetivo como del subjetivo para cada estación. Llama la atención cómo el PMV tiende hacia los extremos, siendo más pronunciado en el invierno cuando más de 240 personas están fuera de los límites de la escala de 7 puntos (-3 a +3). En el verano, la mayor cantidad de personas presenta un PMV de +3 (muy caluroso).

Mientras que la curva del indicador subjetivo en invierno tiende a ser una curva normal, presentando la mayor cantidad de votos en los valores cercanos a cero (más de 160). El caso del verano, cuando tanto el valor +1 como el +2 son igualmente ponderados por 100 personas entrevistadas cada uno.

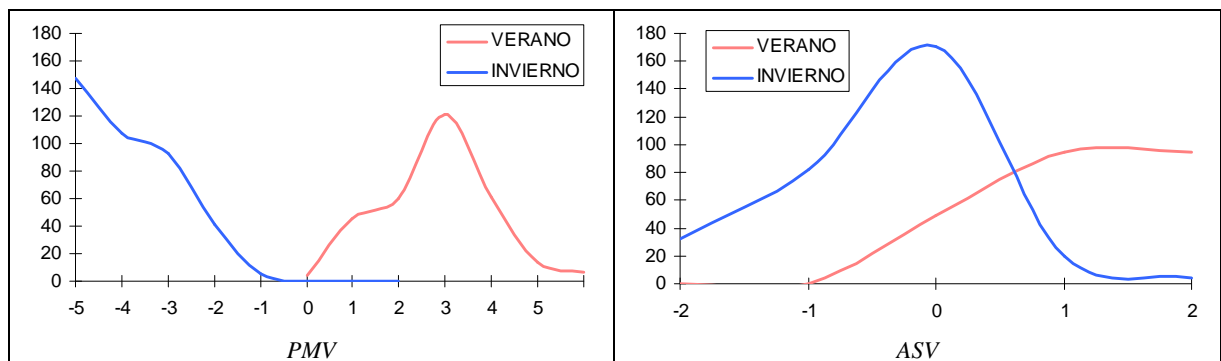


Figura 3: Distribución de frecuencias del PMV y ASV para cada estación, así como para la media anual.

Para comparar las diferentes estaciones del año sobre la misma base, sin tener en cuenta que el número de personas entrevistadas en cada temporada es desigual, se presentan las frecuencias relativas en la Figura 4. En el caso del PMV, los valores extremos (+/-3) llegan al 77% en la media anual. En la estación invernal, este índice señala que cerca del 90% de las personas siente mucho frío y nadie se encuentra en estado neutro, mientras que durante los días de verano, la situación de disconfort general no es tan drástica ya que sólo el 65% de las personas tiene una sensación de “muy caluroso”. Esta moderada respuesta puede ser consecuencia de la baja radiación solar recibida debido a la nubosidad existente en ese período.

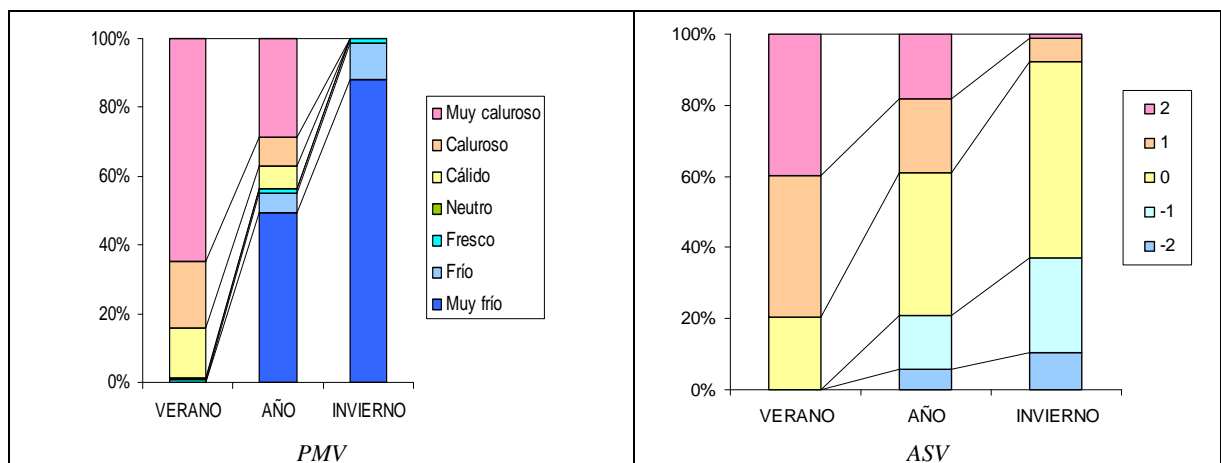


Figura 4: Frecuencia relativa porcentual para el PMV y el ASV, en cada estación evaluada y la media anual.

En cuanto al ASV, en general las proporciones de cada valor son más atenuadas. Los sucesos extremos (+/-2) tienen una baja ocurrencia en todo el año (24%). La cantidad de personas que eligieron el cero es de 20% en el verano y de 55% en el invierno. En verano el 80% de las personas prefirieron valores por encima de cero, en cambio en invierno, sólo el 36% votó valores negativos.

Finalmente, se puede indicar que en líneas generales el confort térmico evaluado a partir de entrevistas subjetivas se encuentra en niveles más altos que los que arroja el índice PMV calculado a partir de un modelo matemático objetivo. La explicación del fenómeno puede ser la siguiente: las personas se preparan para condiciones extremas durante su permanencia en el aire libre, lo que conduce a la ampliación de los límites de su confort térmico con respecto a los límites que rigen en lugares cerrados. Esto involucra a todos los procesos que la gente atraviesa para mejorar la adecuación entre el medio ambiente y sus necesidades, tanto a nivel físico como psicológico. En el contexto exterior implica cambios personales, como la variación estacional de la ropa; cambios en el calor metabólico con el consumo de bebidas refrescantes, así como los cambios en la postura y posición. Mientras que psicológicamente (Nikolopoulou y Steemers, 2003), la elección personal, la memoria y las expectativas pueden llegar a ser un parámetro crítico para la satisfacción con el ambiente térmico.

Sin embargo, los índices objetivos han sido desarrollados en su mayoría en relación con zonas de confort típicas de espacios interiores. Estas zonas son mucho más estrechas, debido a que las condiciones térmicas en edificios se mantienen mucho más constantes y cercanas al nivel de confort. Con esto se puede también explicar que algunos de los valores calculados de PMV exceden los límites de la ropa; cambios en el calor metabólico con el consumo de bebidas refrescantes, así como los cambios en la postura y posición. Mientras que psicológicamente (Nikolopoulou y Steemers, 2003), la elección personal, la memoria y las expectativas pueden llegar a ser un parámetro crítico para la satisfacción con el ambiente térmico.

Por otro lado, en el análisis de los resultados del verano es necesario tener en cuenta los bajos valores de radiación solar incidente atípicos de la estación y de la zona árida en la que se encuentra el Área Metropolitana de Mendoza. Esta salvedad explica que en días típicos del área de estudio (como ocurre en el invierno en este trabajo), los habitantes locales se sienten mejor de lo que predice el índice objetivo ya que presentan una adaptación al ambiente, a diferencia de lo que ocurre en días atípicos en los que las curvas de distribución de frecuencias del ASV no tienden a ser normales, sino que presentan desviaciones hacia los rangos de disconfort por calor ya que los habitantes locales no están adaptados a esas condiciones microclimáticas.

Esto concuerda con Nikolopoulou et al. (1999), quien afirma que el amplio rango de condiciones microclimáticas en los espacios abiertos fortalece la idea de que un enfoque meramente fisiológico es inadecuado para caracterizar las condiciones de confort térmico y que el aspecto de la adaptación toma un relieve importante.

CONCLUSIONES PARCIALES

Este trabajo intenta comprender la complejidad de los aspectos involucrados en la evaluación de las condiciones de confort térmico en espacios abiertos desde dos enfoques: uno objetivo y uno subjetivo. Si bien los resultados se consideran provisorios dado que las diferentes metodologías han sido aplicadas a un solo caso de estudio, los mismos serán contrastados en futuras etapas a los efectos de validar las tendencias de comportamiento.

Los resultados muestran diferencias entre las estimaciones subjetivas y uno de los más usados índices objetivos de confort térmico: el voto medio estimado o PMV. Este fenómeno puede ser explicado por el hecho de que los parámetros físicos influyen en la sensación térmica, pero sólo explican una parte de las respuestas subjetivas de las personas entrevistadas. Es entonces cuando la adaptación humana a las condiciones climáticas preponderantes en una ciudad comienza a jugar un rol crucial.

Es necesario ahondar en el tema y abordarlo en mayor profundidad para poder cuantificar la verdadera influencia de la adaptación en la sensación de confort de las personas. Precisamente, habrá que realizar estudios en días típicos de las estaciones intermedias para completar el conocimiento del confort térmico a lo largo del año, y de verano ya que esa temporada es la que se ha valorado como la más rigurosa desde el punto de vista de la isla de calor urbana.

Con respecto al contexto urbano, es inadecuado diseñar espacios abiertos que atiendan el confort térmico sólo en base a los datos aportados por los modelos físicos ya que la adaptación psicológica es tan importante como los parámetros microclimáticos. En caso de utilizar dichos modelos objetivos será necesario modificar los límites y rangos de confort interior a fin de que se puedan aplicar en evaluaciones del confort térmico en espacios abiertos.

En futuras etapas, la evaluación subjetiva permitirá una aproximación más adecuada de los niveles de confort necesarios para la satisfacción térmica de los habitantes del AMM en los espacios abiertos de la ciudad.

Por último, si bien el confort de los espacios abiertos a partir del diagnóstico objetivo y subjetivo es una de las variables más significativas a considerar en el diseño de los mismos por parte de arquitectos, planificadores y diseñadores urbanos, sus resultados deben conciliarse con los derivados de su potencial regulador del fenómeno de la isla de calor urbana a los efectos de diseñar ámbitos que tiendan a la sustentabilidad del medio.

REFERENCIAS

- ASHRAE (2004). ASHRAE Standard 55-2004. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Brown, R.D., Gillespie, T.J. (1995). Microclimate landscape design. New York: Wiley.

- Cantón, A., De Rosa, C. y Kasperidus, H. (2003). Sustentabilidad del bosque urbano en el área metropolitana de la ciudad de Mendoza. Análisis y diagnóstico de la condición de las arboledas. *Revista AVERMA: Avances en Energías Renovables y Medioambiente* 7, 1, 29-34.
- Correa, E. N. (2006). Tesis Doctoral. Isla de Calor Urbana. El Caso del Área Metropolitana de Mendoza. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Exactas.
- Correa E., Ruiz A. y Cantón A. (2010). Estrategias de mitigación de la isla de calor urbana. Impacto sobre las condiciones de confort de los espacios abiertos en ciudades de clima semidesértico. XXXIII Semana Nacional de Energía Solar. Asociación Nacional de Energía Solar. México.
- Fanger P. O. (1972). *Thermal comfort*. New York: McGraw Hill.
- Givoni B., Noguchi M., Saaroni H., Pochter O., Yaacov Y., Feller N. y Becker S. (2003). Outdoor comfort research issues. *Energy and Buildings* 35, 77-86.
- ISO (2005). ISO Standard 7730: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Standards Organization, Geneva.
- Kántor, N., Unger, J. y Gulyás, A. (2007). Human bioclimatological evaluation with objective and subjective approaches on the thermal conditions of a square in the centre of Szeged. *Acta Climatologica et Chorologica* 40-41, 47-58.
- Kuchen, E., Fisch, M. N., Gonzalo, G. E., Nozica, G. N. (2009). Predicción del índice de disconformidad térmica en espacios de oficina considerando el diagnóstico de usuarios. *Revista AVERMA: Avances en Energías Renovables y Medioambiente* 13, 1, 15-22
- Mayer, H. y Höppe, P. (1987). Thermal comfort of man in different urban environments. *Theor. Appl. Climatol.* 38, 43-49.
- Nikolopoulou M. y Steemers K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings* 35, 1, 95-101.
- Nikolopoulou M., Baker N. and Steemers K. (1999). Thermal comfort in urban spaces: different forms of adaptation, in: *Proceedings of the REBUILD 1999 on Shaping Our Cities for the 21st Century*, Barcelona.
- Nikolopoulou M., Baker N. y Steemers K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: the human parameter, *Solar Energy* 70, 3, 227-235.
- Nikolopoulou M., Lykoudis S. y Kikira M. (2003). Thermal Comfort in Outdoor Spaces: field studies in Greece. In: *5th International Conference on Urban Climate, IAUC-WMO, Lodz, Poland*.
- Ruiz A. y Correa E. (2009). Confort térmico en espacios abiertos. Comparación de modelos y su aplicabilidad en ciudades de zonas áridas. *Revista AVERMA: Avances en Energías Renovables y Medioambiente* 13, 1, 71-78.
- Ruiz A., Correa E. y Cantón A. (2010). Componentes urbanos presentes en ciudades “oasis” de zonas áridas y su influencia sobre las condiciones de confort térmico. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Associação Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído. Brasil.
- Ruiz, M. A., Correa, E. N. (2010). Índices deductivos de confort térmico y su adaptación para espacios abiertos vegetados en zonas áridas. Casos de estudio: Cañones urbanos forestados. *Revista AVERMA: Avances en Energías Renovables y Medioambiente* 14, 1, 81-88.

ABSTRACT

The degree of thermal comfort that people experiment in outdoor spaces is one of the determining factors for their use. This research aims to compare the degree of comfort in outdoor spaces measured and analyzed according to the thermal balances proposed by methods that take into account human physiology and heat transfer, with the feeling of comfort experienced by native individuals exposed to same microclimatic conditions. We used therefore two approaches: one objective and the other one subjective. For this reason were measured meteorological parameters in a pedestrian street of Mendoza's Metropolitan Area (MMA) in both winter and summer. From these data we calculated the comfort index called PMV. Then we compared these results, that take in consideration heat balances between individual-environment, -called objectives methods-; with the information that come from simultaneous surveys that reflect the subjective opinion of people on the site that was assessed. Initial results show that a purely physiological approach is inadequate to characterize the outdoors thermal comfort conditions, and that is crucial a best understanding of human behaviour parameter and the dynamics of the adaptation in the design of spaces for public use.

Keywords: thermal comfort, open spaces, objective methods, PMV, subjective methods, adaptation.