

CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS ABIERTOS URBANOS DE ZONAS ÁRIDAS. EVALUACIÓN BIOCLIMATOLÓGICA Y HUMANA

María Angélica Ruiz – aruiz@mendoza-conicet.gob.ar

Erica Norma Correa Cantaloube – ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar

María Alicia Cantón – macanton@mendoza-conicet.gob.ar

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV- INCIHUSA) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Resumen. *El grado de confort térmico en espacios exteriores es uno de los factores que más influye en su habitabilidad. La presente investigación tiene por objeto lograr una mejor comprensión de las características microclimáticas de los espacios abiertos vegetados y su influencia en el confort térmico de las personas que los habitan. El presente trabajo aborda dos enfoques: uno bioclimático y otro considerando la sensación de confort que las personas experimentan. 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 COMFA. Se compararon estos resultados con la información obtenida a partir 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 del espacio exterior, y que es necesaria una comprensión de la dinámica humana como parámetro en el diseño de espacios para uso público. El conocimiento del proceso de adaptación humana a las condiciones climáticas preponderantes en una ciudad es de utilidad a arquitectos, planificadores y diseñadores urbanos, pues permite enriquecer sus posibilidades de diseño.*

Palabras clave: *Confort Térmico, Espacios Abiertos, COMFA, Entrevistas Estructuradas.*

1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones microclimáticas de los espacios urbanos abiertos son un parámetro crítico 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 acrecentar el uso del espacio abierto y revitalizar las ciudades, deberían considerarse las condiciones ambientales en el diseño de los mismos. Mediante el control de las fuentes de disconfort, se promueven las actividades in situ, 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).

La necesidad de estudios serios sobre condiciones de confort térmico en exteriores, se ha demostrado en eventos de trascendencia mundial como la Feria Mundial Expo Sevilla 1992 (Álvarez et al., 1992), además de proyectos de investigación como RUROS (Nikolopoulou, 2004). Las aportaciones de estos trabajos tienen aplicaciones en proyectos de tipo turístico, educativo, recreativo o áreas de exposiciones.

La complejidad temporal y espacial de los espacios abiertos urbanos, así como la gran variedad de actividades de las personas, han generado recientemente trabajos precedentes cuya finalidad es entender el efecto de las condiciones de confort térmico en el uso de los mismos (Thorsson et al., 2004). 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 humano, los cuales se emplean 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, dependen sólo de la actividad de las personas y su cantidad de prendas de vestir, y además se encuentran dentro de un estrecho rango (Nikolopoulou et al., 2001).

Investigaciones previas, llevadas a cabo en el Área Metropolitana de Mendoza con el fin de determinar el grado de confort térmico presente en los espacios abiertos a través de distintos modelos bioclimáticos, han avanzado en la comprensión de la complejidad de las cuestiones involucradas (Ruiz y Correa, 2009; Correa et al., 2010; Ruiz et al., 2010). Sin embargo, surge la necesidad de considerar la influencia del parámetro humano subjetivo, para obtener una

perspectiva más amplia, que permita entender el confort en los espacios urbanos y su relación con la habitabilidad de los mismos.

La gente tiende a adaptarse a las condiciones térmicas ambientales mediante la modificación de la ropa y la actividad con el fin de continuar con sus actividades y rutinas. Esto puede hacerse consciente o inconscientemente. (Nasar y Yurdakul, 1990; Gehl, 1996). Además de la adaptación física, aspectos psicológicos tales como las expectativas, las posibilidades de elección, el tiempo de exposición, la estimulación del medio ambiente, la historia térmica y la memoria son factores importantes en la evaluación subjetiva de confort térmico al aire libre (Nikolopoulou et al., 2001; Nikolopoulou y Steemers, 2003; Höpfe, 2002).

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 del 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.

Por todo lo expuesto anteriormente, la presente investigación tiene por objeto lograr una mejor comprensión de las características microclimáticas de los espacios urbanos de la ciudad de Mendoza, y sus implicancias en el confort de las personas que los habitan. Se presentan los resultados de la evaluación del confort térmico de un cañón urbano representativo de la ciudad de Mendoza durante el invierno y el verano mediante la comparación de modelos bioclimáticos y respuestas subjetivas.

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

2. METODOLOGÍA

2.1 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 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 localizada en una zona de alta densidad edilicia y forestada con *Morus alba*, especie caducifolia de segunda magnitud forestal. 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 de 2010 y diciembre de 2011, en el período de mayor aprovechamiento del espacio abierto: de 9:00 a 18:00 hs en el invierno y de 9:00 a 20:00 hs en el verano.

2.2 Monitoreo de las condiciones de confort térmico

Se ha seleccionado un modelo de confort térmico desarrollado por Brown y Gillespie (1995), el Comfort Formula o COMFA. Este método consiste en seguir la fórmula básica (Ec. 1) que expresa el balance de energía de una persona en un ambiente abierto (Scudo, 2002; Gaitani et al., 2007) con algunas particularidades en sus términos.

$$S = M + R_{abs} - Conv - Evap - TR_{emitida} \quad (1)$$

Donde:

- S – balance de energía de una persona en un ambiente abierto, en W/m^2
- M – energía metabólica producida por el organismo, en W/m^2
- R_{abs} – radiación solar y terrestre absorbida, en W/m^2
- $Conv$ – calor sensible perdido o ganado por convección, en W/m^2
- $Evap$ – pérdida evaporativa de calor, en W/m^2
- $TR_{emitida}$ – radiación terrestre emitida, en W/m^2

Cuando el balance S es cercano a cero, puede esperarse que una persona se sienta térmicamente en confort. Si el balance presenta un gran valor positivo, la persona recibe más energía que la que pierde, por lo que podría haber

sobrecalentamiento y estaría en disconfort por calor. Por otra parte, si el balance es negativo, la persona podría sentir frío. La Tab. 1 muestra la sensación de confort humano relacionado con los valores del balance energético.

Con el propósito de recopilar las variables necesarias para el cálculo del confort en el espacio seleccionado, se llevó a cabo el monitoreo microclimático con una estación meteorológica marca HOBO®, modelo: H21-001. Los parámetros objetivos medidos cada 5 minutos fueron: temperatura del aire, humedad relativa y absoluta, velocidad y dirección del viento y radiación solar incidente. También se registraron cada 15 minutos los valores de temperatura superficial tanto de los alrededores verticales como de los horizontales, los cuales fueron medidos con un termómetro infrarrojo FLUKE 66.

Tabla 1. La sensación de confort humano relacionado con los valores del balance S.

Balance (W/m^2)	Sensación
$S < -150$	La gente preferiría estar mucho más cálida
$-150 < S < -50$	La gente preferiría estar más cálida
$-50 < S < 50$	La gente preferiría no cambiar de estado
$50 < S < 150$	La gente preferiría estar más fresca
$S > 150$	La gente preferiría estar mucho más fresca

Los valores de permeabilidad a la radiación solar para la especie arbórea estudiada fueron tomados de investigaciones previas (Cantón et al., 1993). El factor de visión del cielo (o SVF por sus siglas en inglés) del cañón urbano fue calculado a partir de imágenes digitales hemisféricas, tomadas usando una cámara digital Nikon CoolPix equipada con un lente ojo de pez. Las mismas fueron procesadas mediante el software PIXEL DE CIELO desarrollado por nuestra unidad (Correa et al., 2005), el cual permite obtener el valor del parámetro (SVF), en condiciones de cielo despejado, forestación urbana intensa y ciudades con alta reflectividad típica en regiones semiáridas como es el caso de este estudio.

Los valores referidos al nivel de ropa y al nivel de actividad se extrajeron de las entrevistas estructuradas para cada persona. Los parámetros comunes considerados para correr el programa de cálculo en cada caso son detallados en la Tab. 2.

Tabla 2. Valores tomados en el caso evaluado.

VARIABLES	Invierno	Verano
Permeabilidad del forestal a la radiación (%)	66,4	31,4
SVF medio (%)	53	44
Albedo de las construcciones (%)	55	
Albedo del suelo (%)	10	

2.3 Entrevistas estructuradas y observaciones

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). Entre las campañas de invierno y verano, fueron entrevistadas aproximadamente 600 personas.

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 fue abordado a partir de cuatro dimensiones: temperatura, sol, viento y humedad. Cada uno de estas dimensiones 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 caliente", 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 personales y sociales de los individuos. Algunos de los puntos considerados en observaciones y preguntas se presentan en la Tab. 3.

Tabla 3. Algunos de los puntos considerados en el cuestionario estándar.

DESCRIPCIÓN DEL INDIVIDUO	CARACTERIZACIÓN DEL ESPACIO
- Grupo étnico.	- En este momento, ¿cómo se encuentra desde el punto de vista térmico? (ASV)
- Sexo.	- ¿Cuál es su preferencia en cuanto a la temperatura?
- Nivel educativo.	- ¿Cuál es su preferencia en cuanto al sol?
- Ocupación.	- ¿Cuál es su preferencia en cuanto al viento?
- Ropa.	- ¿Cuál es su preferencia en cuanto a la humedad?
- Nivel de actividad.	

3. RESULTADOS

3.1. Evaluación bioclimatológica

En el área de estudio, las condiciones meteorológicas varían ampliamente a lo largo del año. En la Fig. 1 se puede observar la temperatura del aire y la radiación solar durante los períodos evaluados, tanto en invierno como en verano.

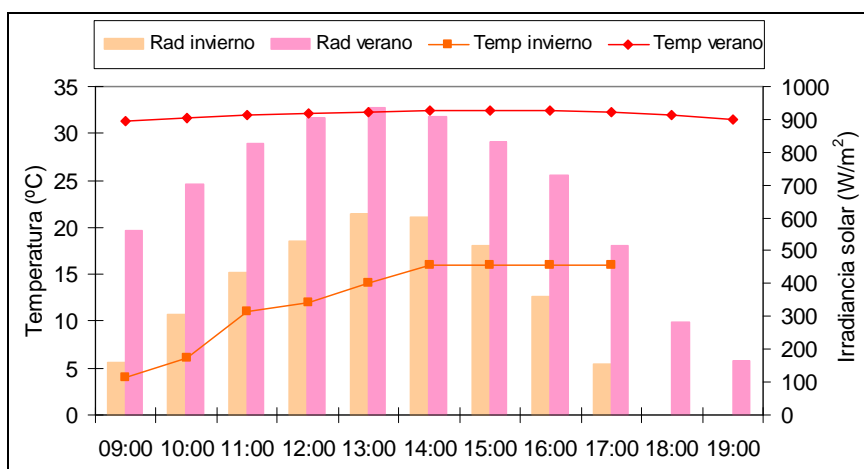


Figura 1 - Variación diaria de la radiación solar y la temperatura del aire, en invierno y en verano. Estación Aeropuerto.

Además, se presenta una tabla resumen de las variables microclimáticas (ver Tab. 4). Las mismas han sido adquiridas in situ por medio de las estaciones meteorológicas móviles.

Tabla 4. Resumen de variables microclimáticas, monitoreadas en el sitio durante la realización de las entrevistas.

Parámetros estadísticos	Temperatura del aire, °C		Radiación solar incidente, W/m ²		Temperatura superficial, °C		Humedad Relativa, %		Velocidad del viento, m/s	
	<i>invierno</i>	<i>verano</i>	<i>invierno</i>	<i>verano</i>	<i>invierno</i>	<i>verano</i>	<i>invierno</i>	<i>verano</i>	<i>invierno</i>	<i>verano</i>
<i>Media</i>	10,7	32,5	107,1	511,7	8,6	41,8	33,5	24,0	0,8	0,6
<i>Desviación estándar</i>	3,3	2,2	167,8	411,7	4,0	8,0	4,9	2,1	0,5	0,3
<i>Máximo</i>	16,0	37,6	649,4	1096,9	22,8	56,6	60,1	29,7	2,0	1,5
<i>Mínimo</i>	3,2	26,5	14,4	8,1	0,7	29,9	26,3	19,6	0,0	0,0

En el período de invierno la humedad relativa (HR) media estuvo en el orden del 34%, la velocidad media del viento durante la realización de las entrevistas fue de 0,8 m/s y la temperatura media superficial fue de 8,6 °C. Durante la campaña de verano la HR media fue de 24%, la velocidad media del viento fue de 0,6 m/s y la temperatura media superficial, 41,8 °C.

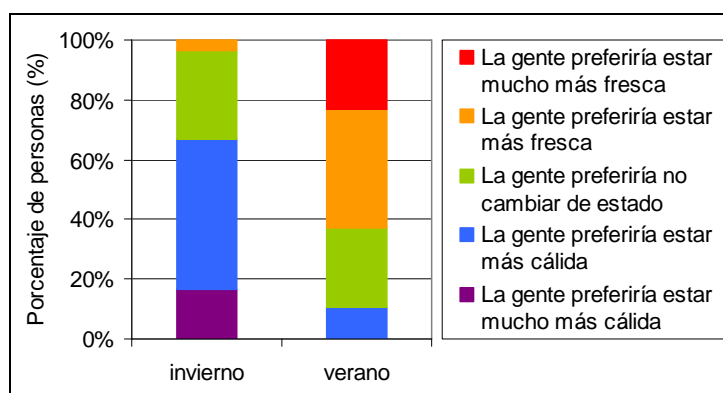


Figura 2 - Proporción de las distintas categorías de confort térmico a lo largo del día, calculado a partir del índice S.

Los resultados del cálculo del índice S a partir de las variables microclimáticas monitoreadas se pueden apreciar en la Fig. 2. En el invierno, durante todo el día, este índice señala que cerca del 50% de las personas preferiría estar más cálida y más de un 15%, preferiría estar mucho más cálida, es decir que el nivel de disconfort general es del 65%.

Durante los días de verano, la situación de malestar general es similar (60%) ya que aproximadamente el 20% de las personas presenta un balance de energía S mayor a 150 W/m², es decir que prefiere estar mucho más fresca, y el 40% de las personas prefieren estar un poco más frescas (S entre 50 y 150 W/m²).

3.2 Evaluación humana

Se desarrolló un análisis estadístico detallado de los datos obtenidos a partir de las entrevistas estructuradas. En invierno se entrevistaron 381 personas y en verano, 286 haciendo un total de 667 entrevistados. De este total, un 45% se encuentra en el grupo etáreo entre los 18 y 34 años. En cuanto al sexo, predominan los hombres con un 60%.

Los resultados del índice ASV se pueden apreciar en la Fig. 3. En el invierno, durante todo el día, este índice señala que un 55% de las personas no siente ni frío ni calor, es decir está en confort, y un 28% siente un poco de frío. En cambio, en el verano, sólo un 19% de los entrevistados no siente ni frío ni calor y la mayor proporción de personas siente algún nivel de malestar por calor: 37% un poco de calor y 44% mucho calor.

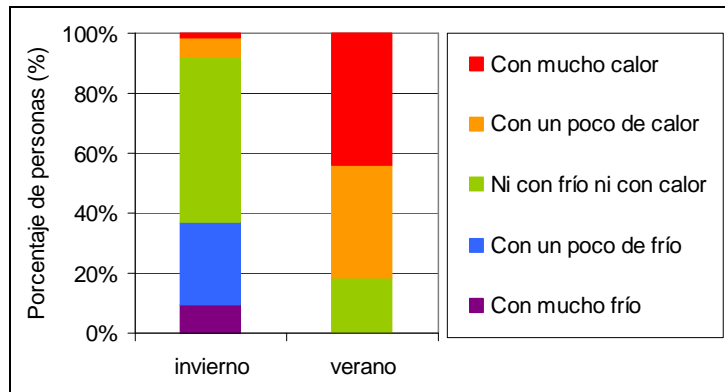


Figura 3 - Proporción de las distintas categorías de confort térmico a lo largo del día, calculado a partir del índice ASV.

Además, se analizó el confort a partir de las dimensiones ya mencionadas: temperatura, sol, viento y humedad. La Fig. 4 presenta dichos resultados.

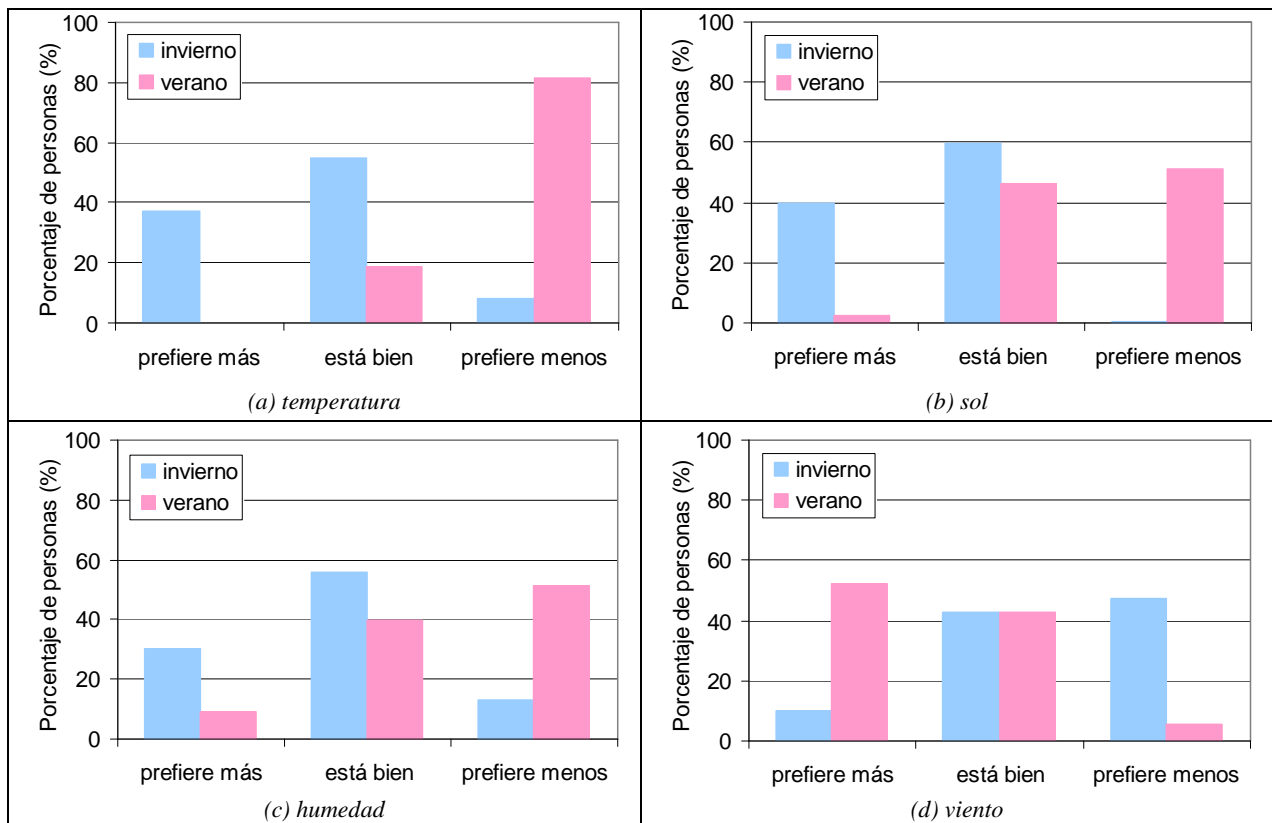


Figura 4 - Dimensiones subjetivas evaluadas, en invierno y verano.

En general, en el invierno la mayor parte de las personas se siente bien en relación a las diferentes dimensiones, a excepción del viento, en el que el porcentaje de personas que se siente bien y el que prefiere menos es similar. En cambio, en el verano, la proporción de personas que se encuentra bien es inferior a las otras dos categorías en todas las dimensiones evaluadas del confort ambiental.

El gráfico de la temperatura muestra que casi un 60% de las personas se encuentran bien en el invierno, mientras que en el verano ese porcentaje se reduce al 20% y más de un 80% de los entrevistados preferirían menor temperatura. Esta es una de las dimensiones del confort que se distingue y probablemente esté relacionada a la temperatura percibida por las personas, la cual se ve afectada no sólo por la temperatura del aire sino también por la temperatura de las superficies del entorno próximo.

En el caso del sol, el porcentaje de personas que se siente bien es de 60% y 46%, respectivamente para el invierno y el verano. En la estación invernal, el 40% restante prefiere más sol, mientras que en el verano, el 51% de los entrevistados prefiere menos sol. Prácticamente nadie prefiere más sol en el verano ni menos sol en el invierno.

En cuanto a la humedad, a pesar la baja humedad relativa registrada durante los días de verano en los que se hizo el estudio, la mayor parte de los entrevistados prefieren menor humedad (51%). En el invierno el 56% de las personas se encuentra bien mientras que un 30% de ellos prefiere mayor porcentaje de humedad.

Tanto en invierno como en verano, el 43% de las personas entrevistadas “están bien” con respecto al viento. Sin embargo en el invierno, 48% de los mismos prefiere menos viento y en el verano, 52% prefiere más viento. Cabe destacar que el viento abarca tanto la velocidad del aire como la temperatura de la brisa.

3.3 Comparación entre ambos enfoques

Los datos subjetivos registrados con los cuestionarios estándar fueron confrontados con los resultados del índice *S*, calculado a partir de los parámetros microclimáticos y metabólicos monitoreados durante la realización de las entrevistas. Esta comparación reveló grandes discrepancias entre los dos enfoques (Fig. 5 y Fig. 6).

Específicamente, en el período de invierno el grado de confort alcanzado es significativamente mayor cuando se evalúa subjetivamente que cuando se usa un modelo bioclimático. El índice *S* predice que la mayor proporción de personas (67%) se encuentran por debajo de los valores de balance energético de confort, mientras que la curva del indicador subjetivo señala que sólo el 45% de las personas entrevistadas se siente fuera de confort y el 55% de las mismas dice sentirse bien.

En el verano, la situación es opuesta. La curva del ASV parece estar desfasada con respecto a la del COMFA en el sentido de mayor disconfort por calor. La proporción de gente que siente “mucho calor” (ASV) es 20% superior a la que predice el COMFA. Esto discrepa con los resultados obtenidos por otros investigadores (Nikolopoulou y Steemers, 2003; Thorsson et al., 2004; Kántor et al., 2007) en otro tipo de climas.

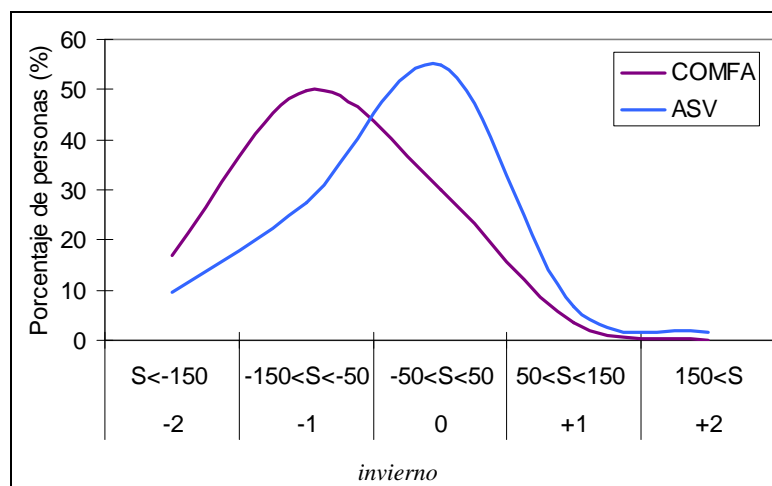


Figura 5 - Comparación entre la evaluación bioclimatológica y la humana, en invierno.

Algunos de los motivos por los que ocurre este fenómeno pueden fundamentarse a partir de las siguientes consideraciones. Primeramente, debe considerarse que 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. A la luz de los resultados no sería apropiado aplicar zonas de confort interior sin modificar sus límites en estudios al aire libre (Kántor et al., 2007).

Además, culturalmente, está muy arraigada la relación entre sombra y sensación de confort en los habitantes del AMM debido a que se trata de una ciudad oasis inserta en un contexto árido, en la que la sombra provista por la intensa forestación es la principal estrategia de control de la radiación solar. Pero lo cierto es que los árboles no constituyen una barrera total a la radiación solar sino que su permeabilidad a la misma varía de acuerdo a la longitud de onda

considerada. Según Oke (1990), la vegetación permite el paso de entre el 20% y el 34% de la radiación infrarroja de onda corta proveniente del sol, la cual es absorbida en gran medida por las superficies duras del espacio urbano y reemitida como radiación IR de onda larga. En este sentido, las personas pueden esperar sentirse medianamente confortables en un espacio abierto forestado en el verano, pero en el momento en que se encuentran ahí, perciben la radiación IR proveniente de las superficies circundantes, lo cual redundará en disconfort por calor.

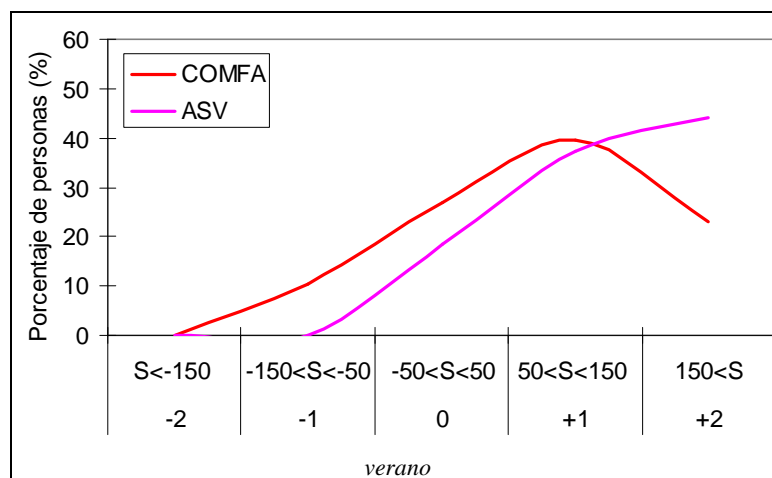


Figura 6 - Comparación entre la evaluación bioclimatológica y la humana, en verano.

Por otro lado, Villalba et al. (2005) han pronosticado un aumento de las temperaturas en la región andina y un incremento de las precipitaciones de verano en las regiones llanas subtropicales, en las cuales se encuentra el AMM. Este cambio puede incidir, sobre todo en el futuro, en el grado de confort percibido en el verano desde dos puntos de vista. En primer lugar, ya se ha dicho que las personas normalmente amplían los límites de confort térmico con respecto a los límites que rigen en lugares cerrados y que esto implica cambios personales, como la variación del nivel de arropamiento, el cual puede aumentarse considerablemente en el invierno, mas no puede ser disminuido más allá de cierto nivel en el verano. En segundo lugar, los aspectos psicológicos representan el 50% de la variación del ASV de los entrevistados según Nikolopoulou y Steemers (2003), por lo que es de esperarse que la memoria y las expectativas influyan de manera importante en el grado de confort percibido por los entrevistados.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo pretende comprender la complejidad de los aspectos involucrados en la evaluación de las condiciones de confort térmico en espacios abiertos integrando el enfoque bioclimático y el humano.

Los resultados muestran diferencias entre las estimaciones subjetivas y uno de los índices bioclimáticos de confort térmico más usados (COMFA). En este sentido, se ha determinado que en el periodo invernal, los habitantes locales se sienten mejor de lo que predice el índice bioclimático, a diferencia de lo que ocurre durante la estación estival en la que las personas se sienten peor de lo que pronostica el indicador objetivo. Por lo tanto, el verano es la estación más demandante en cuanto a criterios de diseño de espacios abiertos.

En cuanto a la temperatura percibida, en el diseño de los espacios abiertos es recomendable no sólo la forestación de los mismos, sino también el uso de materiales con baja emisividad en el rango de longitud de onda del infrarrojo lejano, baja absorbancia y baja capacitancia, además del reemplazo de superficies muertas por superficies verdes, de manera de disminuir la acumulación de calor en el entorno.

Se deduce que es inadecuado diseñar espacios abiertos que velen por 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 modelos bioclimáticos será necesario uniformar sus límites y rangos con los del confort humano a fin de que se puedan aplicar en evaluaciones del confort térmico en espacios abiertos de zonas áridas.

Asimismo, estos resultados del análisis del confort térmico en espacios abiertos deben conciliarse con los derivados del análisis del potencial de enfriamiento de los mismos como estrategia de mitigación de la isla de calor urbana a los efectos de diseñar ámbitos que tiendan a la sustentabilidad del medio.

En futuras etapas se propone seguir profundizando en la temática para determinar estadísticamente cuáles son los factores que más influyen en el confort térmico y por lo tanto en la habitabilidad de los espacios abiertos, de manera de que los diseñadores puedan responder adecuadamente a los requisitos de los habitantes de zonas áridas.

REFERENCIAS

- Álvarez, S., Cejudo, J., Guerra, J., Molina, J., Rodríguez, E., Velázquez, R., 1992. Control climático en espacios abiertos: el proyecto Expo'92. Grupo de Termotecnia, Dpto. de Ing. Energ. y Mec. de Fluidos. Univ. de Sevilla.
- Brown, R. D., Gillespie, T. J., 1995. Microclimate landscape design. New York: Wiley.

- Cantón, A., Cortegoso, J., De Rosa, C., 1993. Solar permeability of urban trees in cities of western Argentina. *Energy and Buildings*, Vol. 20, p. 219-230.
- Cantón, A., De Rosa, C., 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. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 7, p. 01.29-01.34.
- Correa, E., Pattini, A., Córlica, M. L., Fornés, M., Lesino, G., 2005. Evaluación del factor de visión del cielo a partir del procesamiento digital de imágenes hemisféricas. Influencia de la configuración del cañon urbano en la disponibilidad del recurso solar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 9, 2005.
- Correa, E., Ruiz, A., 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.
- Gaitani, N., Mihalakakou, G., Santamouris, M., 2007. On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces. *Building and Environment*, Vol. 42, p. 317-324.
- Gehl, J., 1996. Life between buildings, using public space. *Arkitekt Forlag* 173–201.
- Givoni, B., Noguchi, M., Saaroni, H., Pochter, O., Yaacov, Y., Feller, N. and Becker, S., 2003. Outdoor comfort research issues. *Energy and Buildings*, 35, pp. 77-86.
- Höppe, P., 2002. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy Buildings*, 34:661–665
- Kántor, N., Unger, J., 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, Universitatis Szegediensis*. Vol. 40-41, 2007, p. 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. *Avances en Energ. Renov. y Medioamb.* 13, 1,15-22.
- Nasar, J. L., Yurdakul, A. R., 1990. Patterns of behaviour in urban public spaces. *J Archit Plan Res*, 7:1:71–85
- Nikolopoulou, M., 2004. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. Centre of Renewable Energy Sources (CRES), Greece. ISBN: 960-86907-2-2.
- Nikolopoulou, M., Baker, N., 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., Steemers, K., 2001. Thermal comfort in outdoor urban spaces: the human parameter, *Solar Energy*, Vol. 70, No. 3, p. 227-235.
- Nikolopoulou, M., Lykoudis, S., Kikira, M., 2003. Thermal Comfort in Outdoor Spaces: field studies in Greece. In: *5th International Conference on Urban Climate, IAUC-WMO*, Lodz, Poland.
- Nikolopoulou, M., Steemers, K., 2003. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, Vol. 35, No. 1, p. 95-101.
- Oke, T. R., 1990. *Boundary layer climates*. 2nd ed. Routledge, London.
- Ruiz, A. y Correa, E., 2009. Confort térmico en espacios abiertos. Comparación de modelos y su aplicabilidad en ciudades de zonas áridas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 13, 2009, p. 01.71-01.78.
- Ruiz, A., Correa, E., 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 de Tecnologia do Ambiente Construído. Brasil.
- Scudo, G., 2002. Thermal comfort. Green structure and urban planning - Progress Report 2002. European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research - COST Action C11.
- Thorsson, S.; Lindqvist, M. y Lindqvist, S., 2004. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. *International Journal of Biometeorology*, 48, pp. 149-156.
- Villalba, R., Masiokas, M. H., Kitzberger, T., Boninsegna, J. A., 2005. Biogeographical Consequences of Recent Climate Changes in the Southern Andes of Argentina. En: *Global Changes and Mountain Regions*. U. Huber and M. Reasoner (eds.). Mountain Research Initiative, Switzerland, pags. 157-168.

THERMAL COMFORT IN URBAN OPEN SPACE OF ARID ZONES. BIOCLIMATOLOGICAL AND HUMAN EVALUATION

Abstract. *The thermal comfort of people in outdoor spaces is one of the factors that most affect their habitability. This research aims to achieve a better understanding of microclimatic characteristics of such areas, and its implications in the comfort of the people who inhabit them. Meteorological factors were measured on a pedestrian street of Mendoza Metropolitan Area (MMA) in both winter and summer. From these data, we calculated the index COMFA. These results were compared with information obtained from simultaneous surveys, which reflects the subjective opinion of people on the site evaluated. Initial results show that a purely physiological approach is inadequate for characterizing comfort conditions outdoors, and an understanding of human dynamics is a required parameter in the design of spaces for public use. Knowledge of the process of human adaptation to climatic conditions prevailing in a city is of use to architects, planners and urban designers in the way that can enrich your design possibilities.*

Key words: *Thermal Comfort, Open Space, COMFA, Structured Interviews.*