

**BIOCLIMATOLOGÍA: EL CONFORT TÉRMICO EN DISTINTOS AMBIENTES
(URBANO-APLICADA RURAL)**

*(APPLIED BIOCLIMATOLOGY: THERMAL CONFORT AT DIFFERENT
ENVIRONMENTAL (URBAN-RURAL)*

CLAUDIA M. HERNÁNDEZ*

RESUMEN

Los factores atmosféricos son parte fundamental del medio ambiente siendo importante conocer las modificaciones producidas cuando cambian las condiciones de cada uno de los elementos del clima. Todos estos factores del medio ambiente, obviamente influyen en el bienestar humano, afectando en condiciones extremas la salud de la población que tienden a acentuarse en las áreas urbanas.

El propósito de este trabajo es comparar el comportamiento de los elementos meteorológicos que determinan los distintos niveles de confortabilidad en los ambientes urbano-rural, en base a un índice bioclimático.

Se utilizaron datos de temperatura y humedad relativa de una estación meteorológica ubicada en el centro de la ciudad y otra en un área con características rurales cercana a la ciudad. La distribución espacial de los valores térmicos e higrométricos fue determinada mediante las mediciones móviles realizadas en transectas con vehículos.

La distribución mensual de las categorías de confortabilidad en los sitios urbano y rural muestra el efecto urbano ya que desde octubre a marzo aparecen días categorizados como «muy calurosos», mientras que en el sector rural no se determinó esta categoría en ninguno de los meses. Las sensaciones de confortabilidad muestran los mayores contrastes entre la siesta y la noche durante la estación estival, estableciendo importantes diferencias entre los ambientes urbano, suburbanos y rurales, como una consecuencia del efecto orográfico y de la diferencia en la estructura del suelo juegan un importante papel en la disminución del efecto térmico.

ABSTRACT

The atmospheric factors are the main part of the environment and so it is important to know the changes produced when the conditions of each climate element vary. All these environment factors influence human comfort and extreme conditions can even affect the health of population.

The aim of the study is to compare the meteorological elements behaviour. They determine the levels of comfort in urban and rural areas, according to a bioclimatic index.

Meteorological data was provided by two stations located one in the center of city

* Instituto de Estudios Geográficos. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Tucumán

and the other in a rural area. Spatial distribution of the humidity and temperature was obtained through movable measuring done with cars in profiles.

The monthly distribution of the comfort categories in urban and rural sites shows the urban effect. In summer months (October to March) a lot of days, describes as "very hot", were registered, while this class did not appear in rural site. Most of the differences of comfort sensations were detected during the afternoon and evening in summer season and between the sites (urban, suburban and rural). These differences were the result of the orographic effect and the surface structure disparity which have an important role in the diminution of thermal effect.

INTRODUCCION

El hombre, al transformar los espacios naturales en ciudades, ha producido una serie de cambios en el medio ambiente, puesto que la ciudad actúa como factor modificador del clima regional y crea condiciones medioambientales concretas, definidas como clima urbano que son consideradas en una mesoescala y microescala. A ello contribuyen, por una parte los componentes específicos de una ciudad (edificios, trazado de calle, espacios verdes, etc.) y por otra las actividades propias de las mismas (tráfico, la industria, etc.).

El análisis de las relaciones entre el hombre y el medio atmosférico, más o menos modificado por la acción humana, es realizado por la bioclimatología que "estudia los procesos que vinculan al clima con los seres humanos, fijando valores higrotérmicos óptimos para el bienestar mediante los índices de confort, en base a los intercambios energéticos con el medio ambiente". (Scarpati et al, 1994).

Los factores atmosféricos son parte fundamental del medio ambiente, siendo importante conocer sobre las modificaciones producidas cuando cambian las condiciones físicas de cada uno de los elementos meteorológicos, como la temperatura, la humedad, las precipitaciones, los flujos de aire, la visibilidad, entre otros, que obviamente determinan el bienestar humano, afectando en condiciones extremas a la salud de la población, que tiende a acentuarse en las áreas urbanas.

El esfuerzo del ser humano para adaptarse a los cambios repentinos del medio atmosférico pueden determinar el desencadenamiento de las enfermedades e incluso la producción de las mismas. Numerosos autores han investigado la influencia de los factores meteorológicos sobre el confort térmico, especialmente en las áreas urbanas como por ejemplo, la influencia de la temperatura y la humedad (Terjung, 1967, 1968), o los efectos de la temperatura y la velocidad del viento sobre el confort (Smith, 1975, 1984). Actualmente, con el procesamiento electrónico de datos se han elaborado modelos basados en el balance de energía del cuerpo humano, incluyendo factores meteorológicos para determinar el confort térmico (Jendritzky y Nübler, 1981). Asimismo existen estudios realizados a nivel nacional sobre las condiciones biometeorológicas en distintas ciudades argentinas (Capelli de Steffens et al, 1991; Scarpati O.E. et al, 1994; Coronel y Piacentini, 1991).

El creciente interés de profundizar en el análisis de los aspectos bioclimáticos dentro de las áreas urbanas ha llevado a encarar estudios sobre los mismos en el área de la ciudad de San Miguel de Tucumán y sus alrededores rurales.

Este trabajo tiene como propósito comparar el comportamiento de los elementos meteorológicos que determinan los distintos niveles de confortabilidad en los ambientes urbano y rural, en base a un índice bioclimático seleccionado.

DATOS Y MÉTODOS

Los datos meteorológicos utilizados del período 1991/1993 se obtuvieron de dos estaciones instaladas, una en el centro de la ciudad (451 m.s.n.m.), donde se concentra la máxima densidad edilicia y, la otra, en el piedemonte de la Sierra de San Javier al Oeste de la ciudad (610 m. s.n.m.).

Los datos de temperatura y humedad relativa horaria de la década 1970/1980 de San Miguel de Tucumán fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, ubicado en el aeropuerto cercano a la ciudad.

Estos datos fueron aplicados al diagrama de confortabilidad de Brunt para determinar los porcentajes de días discriminados en las distintas categorías.

En los meses de verano de los años 1991, 1992 y 1993 se realizaron mediciones móviles de temperatura y humedad en el área de la ciudad y Yerba Buena; a través de dos itinerarios fijos midiendo en puntos establecidos durante tres momentos del día: antes de la salida del sol, en el momento de máxima temperatura y después de la puesta del sol. A estos datos se aplicó el índice de Humidex, estableciendo su distribución espacial para el área del Gran San Miguel de Tucumán.

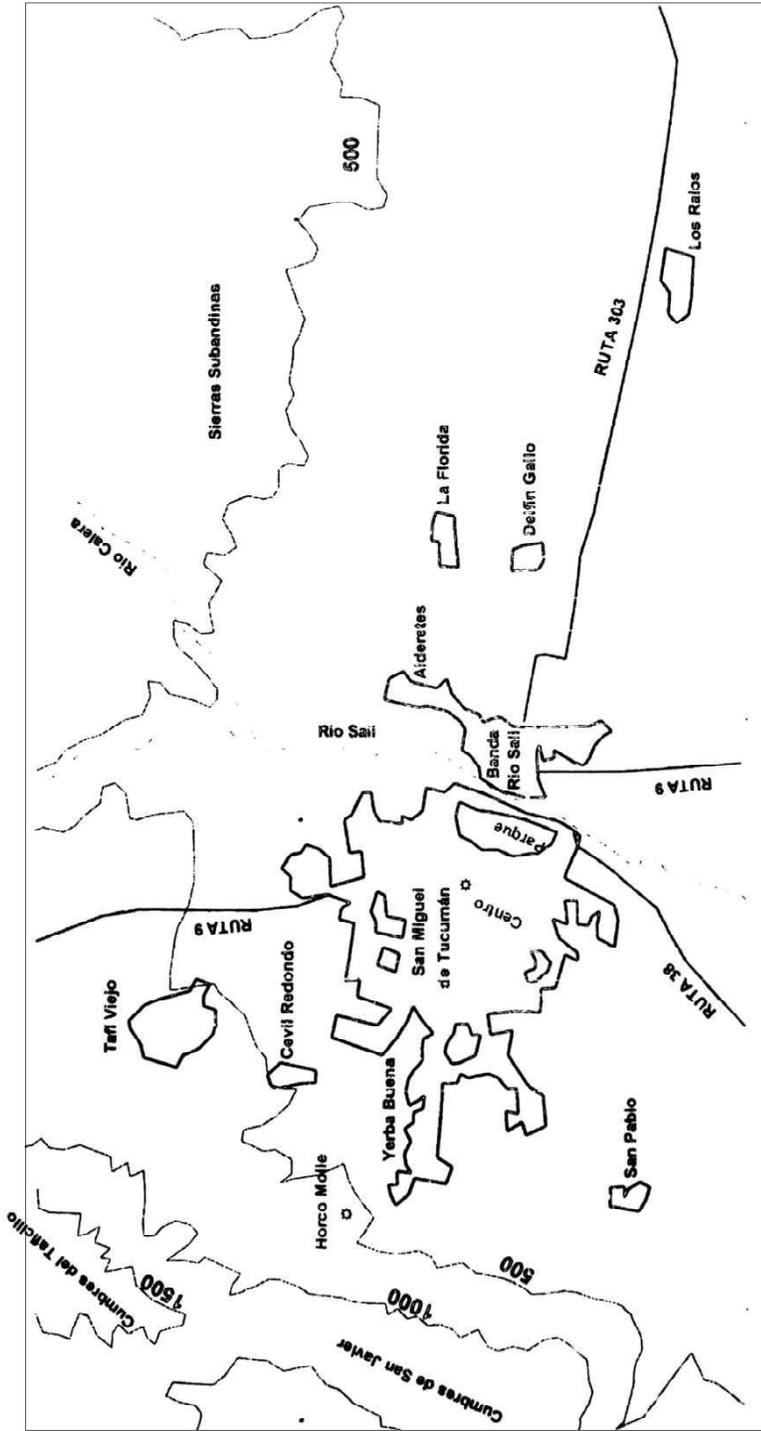
El índice de humidex se calcula sustrayendo arbitrariamente 10 milibares (mb) de la presión de vapor (E) y se suma la diferencia a la temperatura real. (Capelli de Steffens et al, 1991)

RESULTADOS

Las ciudades, a nivel mundial, tal como las argentinas, están en permanente proceso de expansión a causa de los incesantes movimientos migratorios desde las zonas rurales y por el crecimiento natural de su población. Este fenómeno lleva a la necesidad de estudiar con mayor profundidad las condiciones ambientales, especialmente los efectos de la urbanización sobre los elementos meteorológicos que determinan la formación de la «isla de calor» como consecuencia del calentamiento del suelo, como así también el incremento de los niveles de contaminación y la modificación de la ventilación.

La ciudad de San Miguel de Tucumán representa uno de los procesos de urbanización más importante del Noroeste, se encuentra ubicada a 451 m s.n.m. en el piedemonte de la Sierra de San Javier, ubicada al Oeste de la ciudad, la cual presenta una pendiente abrupta cubierta con bosque húmedo subtropical hasta los 1000 m. aproximadamente y hacia el Este se abre la llanura Chaqueña. (Mapa Nº 1).

En la última década el crecimiento urbano de la ciudad ha sido significativo. Dentro de los límites departamentales alcanza el 41% de la población provincial, extendiéndose hacia las áreas periféricas del sur y oeste de la ciudad. Este importante proceso de expansión determinó la unión de la ciudad con centros urbanos



Mapa 1
Fuente: Hoja de San Miguel de Tucumán - I.G.M. 1988-E1:250 000

periféricos, llevando a su conurbación con Banda del Río Salí y Lastenia por el este; con El Colmenar y Villa Mariano Moreno por el norte; El Manantial por el sur y Yerba Buena por el oeste agrupando así el 54 % de la población provincial.

Las características urbanas que presenta la ciudad corresponden a un trazado geométrico como tablero de ajedrez, el cual es consecuencia del plano colonial español. La existencia del microcentro, también denominado City Business District (CBD), concentra las actividades administrativas, comerciales, educativas y religiosas posee un área peatonal, edificios en altura, baja densidad o, muchas veces, la inexistencia de arbolados en la aceras. La gran masa de edificios está conformada por casas bajas con patio interno, áreas parquizadas, arbolado en las calles y un aumento de casas con jardines hacia los límites de la ciudad.

Las diferencias de la densidad de edificación, de espacios verdes y de arbolado influyen en el comportamiento de los elementos meteorológicos en los distintos sitios (urbano, suburbano y rural). El efecto de los procesos térmicos urbanos puede ser observado en el aumento de temperatura en la ciudad con respecto a Horco Molle, tanto en los valores mínimos mensuales como en los máximos (Gráfico N° 1 y 2). Las mayores diferencias se observan en las temperaturas mínimas y en los meses invernales, durante el período seco con un número mayor de noches claras y despejadas cuando el calor almacenado por las superficies urbanas durante el día, es liberado por difusión turbulenta y a la absorción de la radiación de onda larga emitida por la superficie de la ciudad y su capa de polución. (Barry y Chorley, 1985).

Si bien en la dirección del viento se han encontrado diferencias (Gráfico N° 3), la dirección predominante es la Noroeste (NW), que aparece registrada en ambas estaciones con una elevada frecuencia, aunque en Horco Molle posee un fuerte predominio como consecuencia del fuerte condicionamiento de los factores topográficos. Esta situación es benéfica para la ciudad, ya que el aire que desciende como brisa de montaña-valle arrastra los contaminantes mejorando las condiciones de higiene del aire.

En lo que respecta a las precipitaciones, las estaciones de San Javier y Horco Molle, ubicadas al Oeste, muestran una diferencia de casi 250 mm en la precipitación media (Gráfico N° 4). El aire húmedo asciende por las serranías occidentales condensando el vapor de agua y formando una importante cantidad de nubosidad convectiva como consecuencia del ascenso orográfico. Esta situación es típica durante la estación estival por el importante aporte de humedad desde el anticiclón del Atlántico Sur. Por lo tanto el incremento en el transporte de vapor de agua desde el este y la existencia de las montañas en el oeste de la ciudad determinan el aumento de las precipitaciones, registrándose mayores valores en Horco Molle y San Javier que en la ciudad.

La combinación de todos estos factores climáticos, obviamente influyen en el bienestar humano y en circunstancias extremas, a la salud humana, cuyo efecto negativo se acentúa por los contrastes socioeconómicos de la población.

El cuerpo humano es eficiente, en promedio, a una temperatura media de 37°C y el principal efecto del tiempo sobre el confort psicológico ocurre a través de las modificaciones del balance de calor. Para alcanzar el equilibrio térmico, el cuerpo ajusta el grado de producción de calor o pérdida por varios modos. Así, por ejemplo,

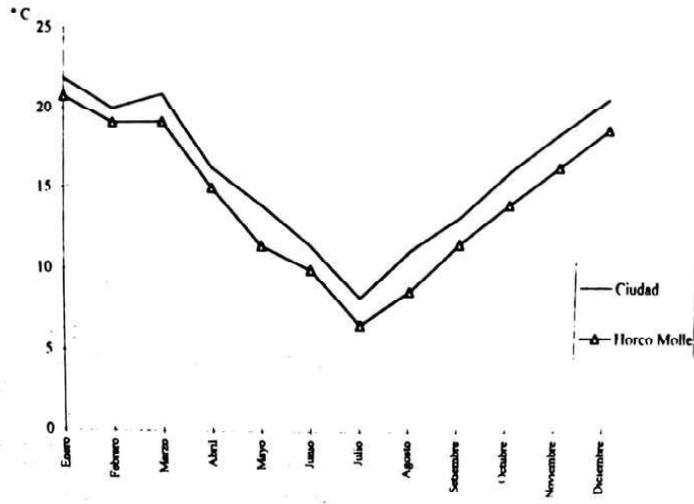


Gráfico 1 Distribución de las temperaturas mínimas mensuales.

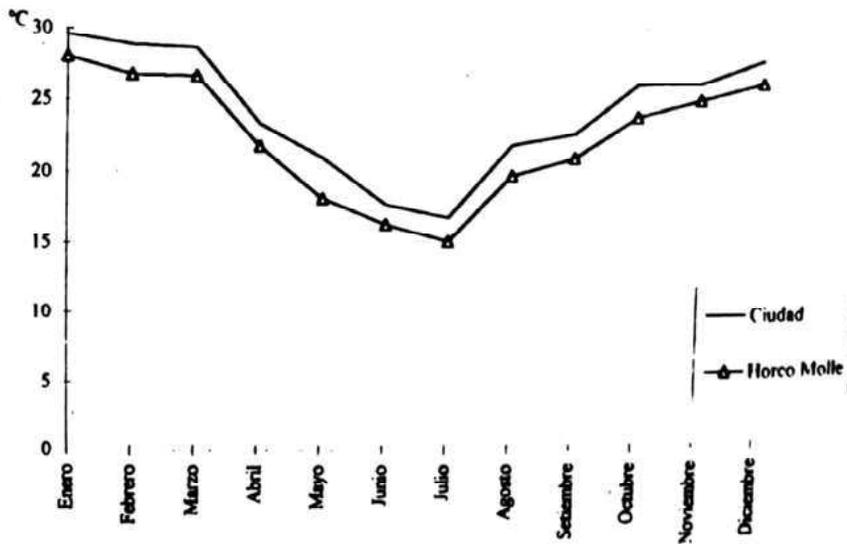


Gráfico 2 Distribución de las temperaturas máximas mensuales.

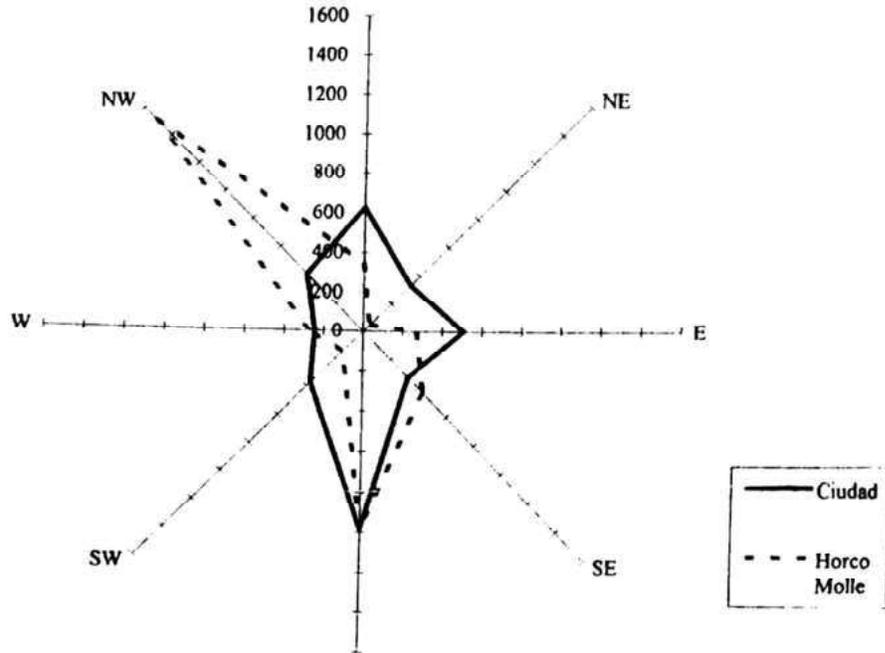


Gráfico 3 Frecuencias de la dirección del viento (1991-1993)

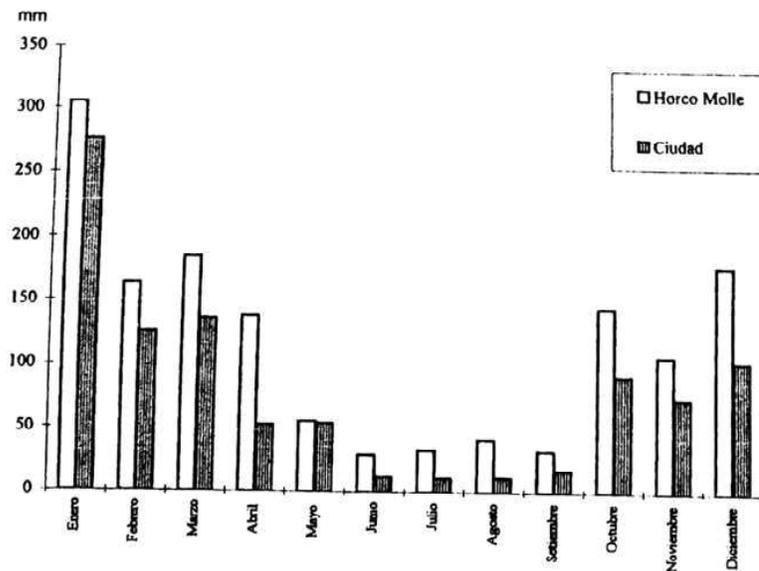


Gráfico 4 Distribución de las precipitaciones en las estaciones urbana y rural (1991-1993)

cuando la temperatura de la piel está dentro de los 30°C se produce el escalofrío como un mecanismo para generar más calor, mientras que el sudor es el mecanismo de enfriamiento para altos niveles de calor y humedad.

La importancia relativa de los procesos de transferencia de calor difiere marcadamente según las condiciones climáticas prevalentes. Por ejemplo, una persona de clima templado en posición de descanso y vestido normalmente pierde el 60% del calor del cuerpo producido por radiación, en cambio, en un ambiente donde la temperatura alcanza los 32°C la pérdida de calor radiactivo puede llegar al 0 %. (Smith, 1975)

Las reacciones psicológicas de las personas en los distintos medioambientes atmosféricos son muy complicados por las diferencias en la tolerancia exhibida por los individuos y por la adaptación alcanzada a través de una prolongada aclimatización.

Distintos investigadores sobre la temática como Brunt, Terjung, Landsberg, entre otros, han arribado a la conclusión de que el grado de discomfort alcanzado por el excesivo calor es generalmente medido por uno o más de índices que han sido aplicados en un diagrama como el de Brunt (Gráfico N° 5), que se lo divide en las siguientes categorías:

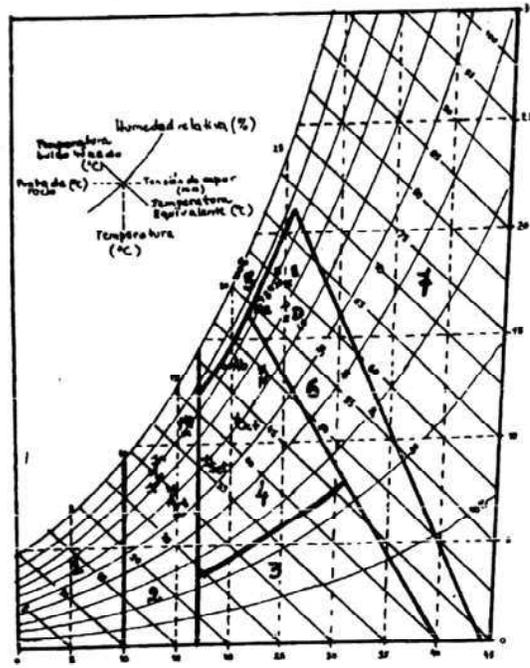
- Frío
- Fresco
- Confortable
- Bochornoso
- Excitante
- Caluroso
- Muy caluroso con peligro de golpe de calor.

El diagrama de Brunt fue elegido porque la división que presenta posee una mayor precisión en la categoría «Bochornoso»; donde su límite inferior con las categorías de Confortable y Caluroso se establece a los 85% de humedad relativa. Esta diferencia es importante en los ambientes subtropicales dado que existen días con temperaturas mayores a los 20°C y porcentajes de humedad relativa superiores al 85%, que generan sensaciones de agotamiento y hastío en la población porque el incremento de la humedad tiende a reducir la evaporación de la transpiración y evitar la refrigeración del organismo provocando sofocación y golpes de calor.

Una primera aproximación de las categorías de confort para Tucumán surgen del análisis de los datos horarios decádicos 1970/80 donde se comparan las dos estaciones extremas, considerándose como verano los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo y como invierno los meses de junio, julio y agosto.

La estación estival (Gráfico N° 6) presenta un elevado porcentaje de días en los distintos horarios, donde el ciudadano debe soportar sensaciones de discomfort, cuya mayor frecuencia aparece en la categoría «caluroso». Los valores durante el horario de la siesta (14:00 hs.) se agrupan como «caluroso» y «muy caliente», cuyo efecto es muy nocivo, especialmente en los enfermos, ancianos y niños, porque disminuye las defensas dejando a las personas expuestas a los golpes de calor.

Las sensaciones de confort aparecen durante las primeras horas de la mañana, casi en el 30% de los días. Esta situación coincide con el momento del registro de



- Referencias:**
1. Frío
 2. Fresco
 3. Confortable
 4. Bochomoso
 5. Excitante
 6. Caluroso
 7. Muy Caluroso golpe de calor

Gráfico 5 Diagrama Bioclimático de Brunt.

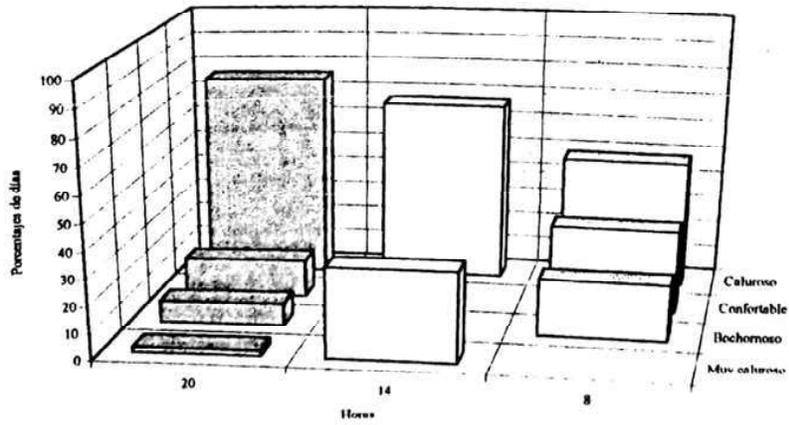


Gráfico 6 Categorías de confort. Verano 1970/80. San Miguel de Tucumán

las temperaturas mínimas. Las brisas del Oeste, en este horario, aportan aire fresco que ingresa a la ciudad; su circulación está condicionada por la estructura de la ciudad, por lo tanto resulta intermitente y de menor intensidad, sin embargo, brinda al transeúnte una notable sensación de frescura.

Durante la estación de invierno (Gráfico N° 7), los días se agrupan en las tres categorías «frío», «fresco» y «confortable». Estos meses presentan sus siestas soleadas por la insolación invernal como consecuencia de la estación seca.

Los valores presentados para la ciudad muestran una categorización de las situaciones promedios para un largo período; con el objetivo de conocer las diferencias entre los ambientes rural-urbano se compara la distribución mensual de la ciudad y de Horco Molle (Gráfico N° 8 y 9). La categoría de «caluroso» predomina en los meses de enero, febrero y marzo en ambas estaciones.

El efecto urbano y la menor densidad de los espacios verdes que tienden a disminuir las temperaturas puede observarse que en la ciudad se presentaron días “muy calurosos” desde octubre a marzo, mientras que en Horco Molle no se determinó esta categoría en ninguno de los meses. Asimismo el porcentaje de días categorizados como «caluroso» aparece en 9 (nueve) meses en la ciudad y 7 (siete) en Horco Molle pero registrándose menor cantidad de días por mes; como también la proporción de días «confortable» y “frío” es mayor superando en esta última categoría en un mes.

La variación de componentes atmosféricos entre el medioambiente urbano y los alrededores rurales se determina por las diferencias de sus estructuras. En términos cualitativos, el paisaje natural o agrícola se caracteriza por la vegetación y un suelo esponjo y permeable. El área urbana, por contraste tiene una superficie compacta e impermeable por lo tanto, estas superficies opuestas tienen diferentes capacidades calóricas y de conductividades. (Landsberg, 1981). Dicha situación establece la división entre los sitios urbanos, suburbanos y rurales, donde se registraron diferencias térmicas, que fueron detectadas a través de las mediciones móviles realizadas en las dos transectas por la ciudad. Los resultados han sido empleados en el cálculo del índice de Humidex, que establece las siguientes categorías:

- 21 a 29 cómodo - confortable
- > 29 sensación de incomodidad - discomfort
- 37,8 sensación de agobio
- > 46 restricción de las actividades

Durante el verano las elevadas temperaturas afectan de modo adverso el confort y la salud de los habitantes; por lo tanto, es importante conocer la situación de confortabilidad en el momento de máxima térmica y en el vespertino, después de calentamiento diario, ya que los mayores contrastes aparecen entre la siesta y la noche. En el primer caso (Mapa N° 2) el índice muestra que en la zona céntrica alcanza valores hasta 36, apareciendo la sensación de agobio y discomfort. Esta situación tiende a disminuir hacia el área perimetral con un mayor gradiente hacia el oeste, donde se dan valores entre incomodidad y confortable, como resultado de la mayor cantidad de vegetación y la menor densidad edilicia que juegan un papel

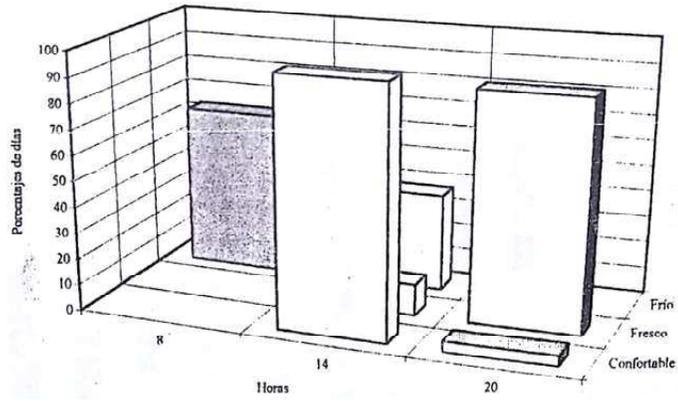


Gráfico 7 Categorías de Confort. Invierno 1970/1980. San Miguel de Tucumán

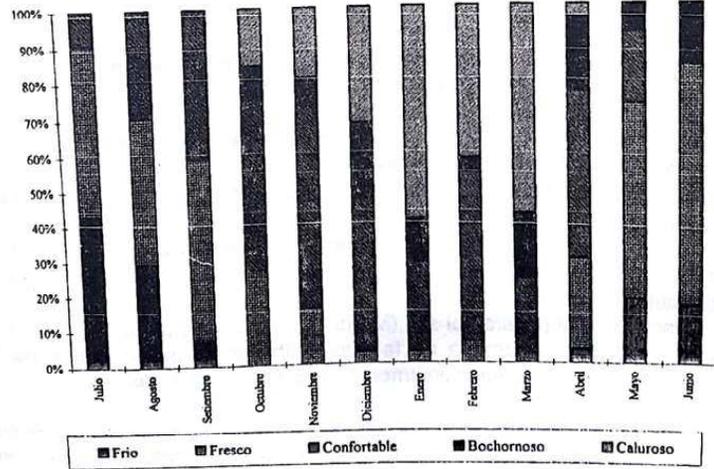


Gráfico 8 Distribución mensual por día de las categorías de confort. Horco Molle 1991-1993

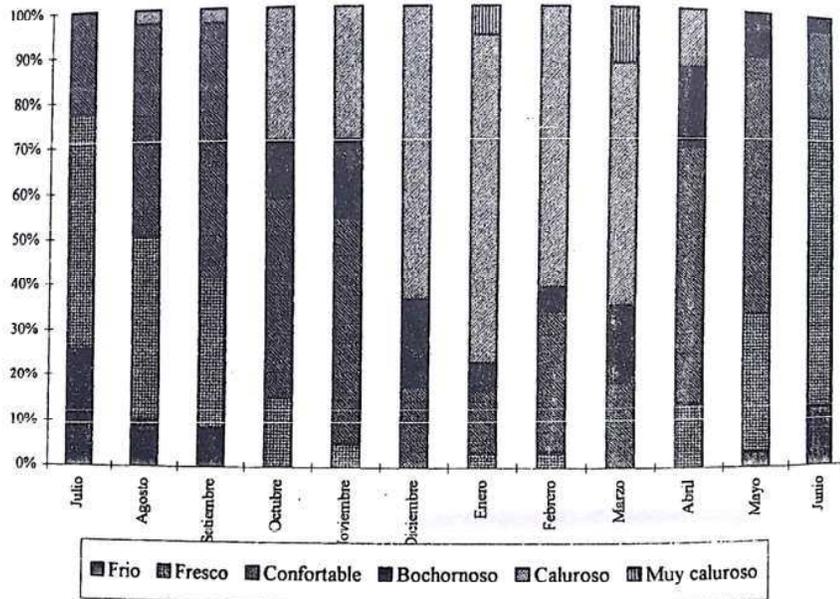


Gráfico 9 Distribución mensual por día de las categorías de confort. San Miguel de Tucumán 1991-1993

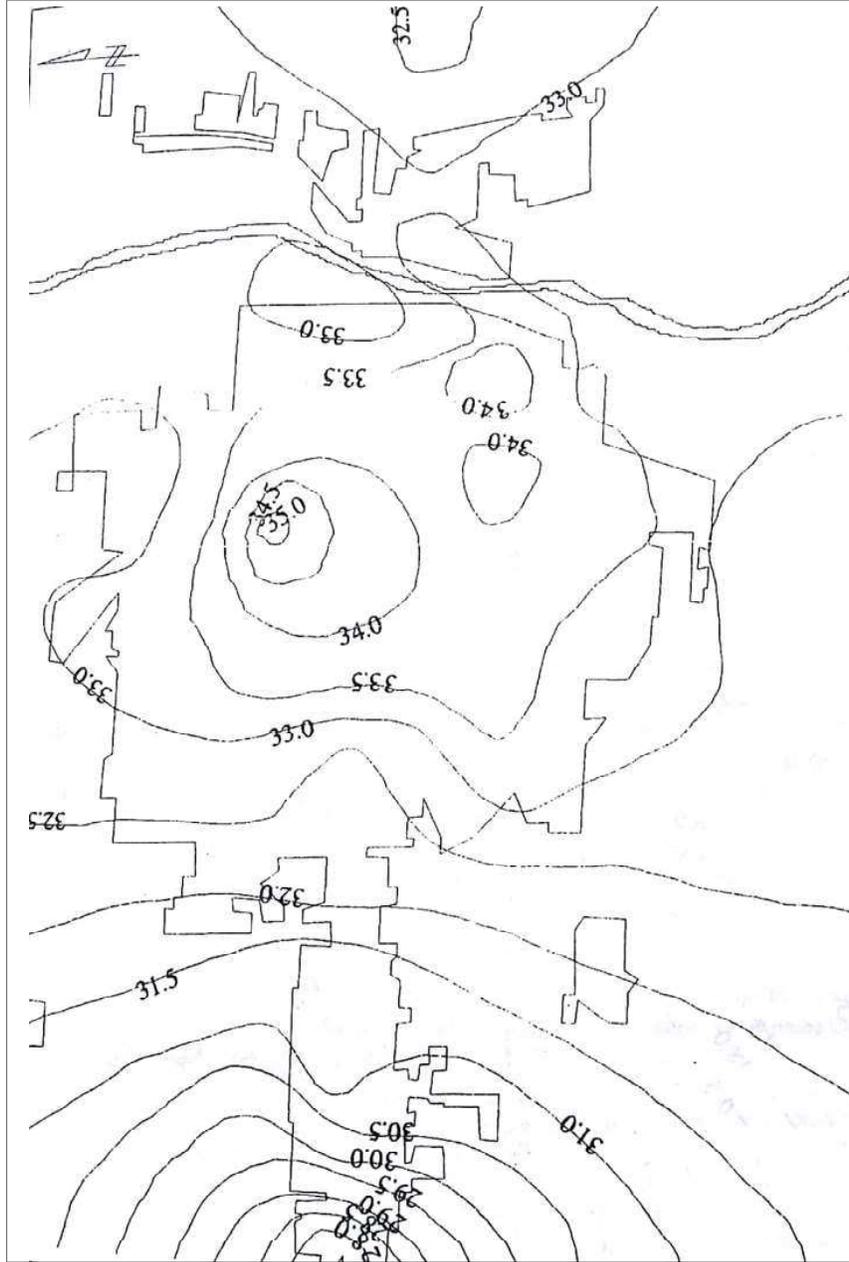
importante en las sensaciones de confort, ya que permiten una mejor circulación del aire.

Después de la puesta del sol, (Mapa N° 3) la ciudad presenta valores más elevados como consecuencia de la mayor liberación de calor que ha sido almacenado por las superficies pavimentadas a diferencia de las áreas con mayor densidad de vegetación.

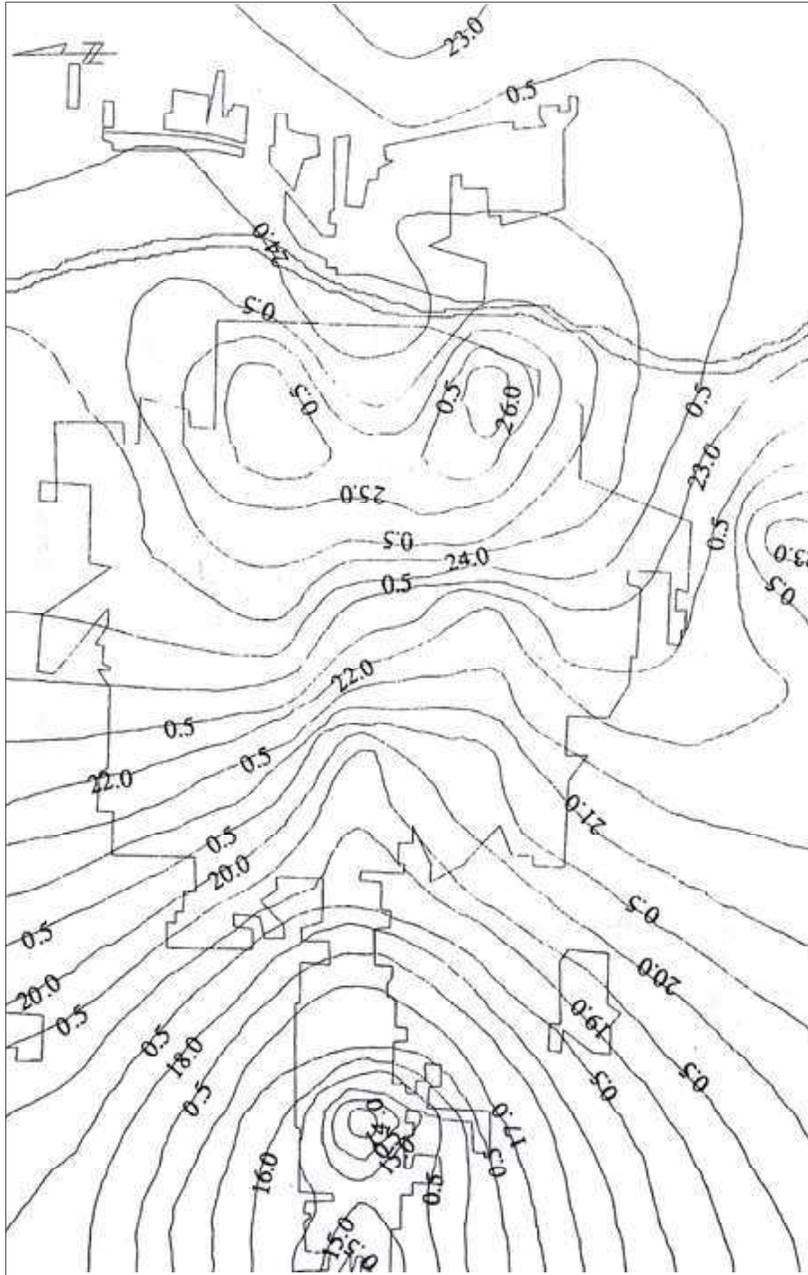
El índice de confort indica que los sitios suburbano y rurales disponen de más cantidad de microambientes confortables, especialmente durante las horas vespertinas y nocturnas que los urbanos. Desde el punto de vista psicológico, el confort nocturno es más importante que durante el día, pues es el momento del descanso, cuando la persona necesita recuperarse del stress producido por las intensas jornadas calurosas que son muy frecuentes en los días de verano. (Givoni, 1989).

CONCLUSIONES

La población ha vivido bajo condiciones atmosféricas que le determinaron diversas sensaciones de confort o disconfort, que son provocadas por la variación



Mapa 2: Verano - Siesta



Mapa 3: Verano - Noche

de los elementos meteorológicos como la temperatura y la humedad, donde juegan un papel importante en las temperaturas sensibles. Este concepto fue definido por Humbolt de la siguiente manera: «...la expresión clima designa en su sentido general todos los cambios atmosféricos que afectan nuestros órganos: temperatura, humedad, alteraciones barométricas, pureza de la atmósfera y otros que influyen sobre las sensaciones y el estado general del ánimo del hombre».

Las diferencias meteorológicas entre el área urbana y rural para Tucumán, determinan importantes consecuencias, entre ellas, la más importante es la «isla de calor urbana» determinando un mayor contraste hacia el sector occidental, donde los meses de verano no presentan días «muy calurosos con peligro de golpe de calor» y la proporción de días «confortables» es mayor que en la ciudad.

Las sensaciones de confortabilidad basados en el Humidex muestran los mayores contrastes entre la siesta y la noche durante la estación estival. El índice indica que los sitios suburbano y rurales tienen más microambientes confortables, especialmente durante las horas vespertinas y nocturnas, que los urbanos. Este es un factor muy negativo en el largo período de verano para los habitantes de la ciudad, ya que el cansancio acumulado a lo largo del día no se recupera totalmente con el descanso nocturno porque las sensaciones de inconfortabilidad son continuas.

La necesidad de profundizar sobre los problemas bioclimáticos puede contribuir a la elaboración de una planificación urbana a fin de recuperar las zonas marginales y determinar los aumentos de los espacios verdes.

BIBLIOGRAFÍA

BARRY, RG y CHORLEY, RJ (1985) *Atmósfera, tiempo y clima*. Barcelona. Editorial Omega.

CAPELLI de STEFFENS, A, PICCOLO, MC y CAMPO de FERRERAS, A (1991) El confort estival de Bahía Blanca. CONGREGMET VI. Anales Centro Argentino de Meteorólogos, pp.117-118.

CORONEL, A y PIACENTINI, R (1991) Comportamiento higrotérmico de la ciudad de Rosario (Pampa Húmeda argentina) en el período estival. CONGREGMETVI. Anales Centro Argentino de Meteorólogos, pp. 123-124.

GIVONI, B (1989) *Urban design in different climates*. World Climate Programme. Applications and Services. World Meteorological Organization.

JENDRITZKY, G and NÜBLER, W (1981) A model analysing the urban thermal environment in Physiologically significant terms» Archives for meteorology geophysics and bioclimatology. Ser.B.29, pp.313-326.

LANDSBERG, H (1981) *The urban climate*. International Geophysics. Vol.28. Academic Press. New York.

SCARPATI, OE, SPESCHA, L y QUINTELA, RM (1994) Aplicación de un índice bioclimático a zonas húmedas y subhúmedas del Mercosur. Contribuciones Científicas. GAEA. Congreso Nacional de Geografía. 55 Semana. Rosario. pp.294-301.

SMITH, K (1975) Principles of applied climatology. London. Editorial Mc Graw.

SMITH, K (1984) Environmental issues. Progress in Physical Geography. Volumen 8 N°1, pp.139-146.

TERJUNG, WH (1968) World patterns of the distribution of the monthly comfort index. International Journal of Biometeorology. Volumen 12 N°2, pp.119-151.

TERJUNG,WH (1967) The geographical application of some selected physio-climatic indices to Africa. International Journal of Biometeorology vol 11 N°1, pp.5-19.