

# LA ISLA DE CALOR ESTIVAL EN TEMUCO, CHILE

*Alicia Capelli de Steffens<sup>1</sup>, María Cintia Píccolo<sup>1,2</sup>,  
Jorge Hernández González<sup>3</sup> y Gustavo Navarrette<sup>3</sup>*

BIBLID [0213-1781 (2001); 33: 49-60]

## RESUMEN

Temuco es una ciudad localizada en el centro sur de Chile (38° 45' S y 72° 40' W). Morfológicamente, el sitio de la ciudad corresponde a las terrazas fluviales del río Cautín que se desarrollan en forma encajonada entre los cerros Ñielol (350 m) y Conunhueno (360 m). Esta ciudad se ha desarrollado rápidamente en las últimas décadas, por lo tanto es necesario conocer el efecto antrópico en la misma. Para evaluar parte de ese efecto se analiza la isla de calor urbana estival en la ciudad de Temuco, Chile. Se efectuaron mediciones de temperatura del aire y humedad a través de la ciudad para determinar la forma y la intensidad de la isla de calor urbano. Se utilizaron estaciones móviles e información de una estación meteorológica fija. La ciudad presenta un comportamiento térmico diferente a lo largo del día. Durante el día genera una isla de calor que responde en líneas generales al modelo ideal de calentamiento urbano. La intensidad de la isla calórica ( $\Delta T_{u-r}$ ) fue 6.3°C y 1.2°C durante el día y la noche, respectivamente. La influencia de los cerros que limitan la ciudad es importante. El estudio confirma la idea que el clima urbano de una ciudad es un mosaico de microclimas que interactúan continuamente.

## ABSTRACT

Temuco is situated in the center and to the South of Chile (38° 45' S y 72° 40' W). The city is located on the side of the Cautin river and the Ñielol (350 m) and Conunhueno (360 m) hills limit it. The city has grow very fast in the last decades, consequently it is necessary to understand the anthropogenic effects into the city. Therefor, the Temuco's heat island is analyzed during the end of the summer. Measurements of air temperature and humidity across the city were made to determine the intensity and the form of the heat island in Temuco. Mobil stations were used to make the measurements. Data from a fixed meteorological station was also used. The city presented a different thermal behaviour along the day. During the day the city generates a heat island similar to the ideal one. The intensity of the heat

Fecha de recepción: 8 de enero de 2001. Fecha de aceptación: 15 de marzo de 2001.

1 Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Sur, 12 de Octubre y San Juan, 8000 BAHÍA BLANCA (Argentina).

2 Instituto Argentino de Oceanografía, C. C. N ° 804, 8000 BAHÍA BLANCA (Argentina).

3 Depto de Humanidades, Universidad de la Frontera, TEMUCO (Chile).

island ( $\Delta T_{u-r}$ ) was 6.3°C and 1.2°C, during the day and night respectively. The influence of the hills over the thermal behaviour of the city is important. This study proves that the urban climate is the result of different microclimates that interact with each other.

## 1. INTRODUCCIÓN

La transformación del medio natural por la acción humana alcanza su máxima expresión en las ciudades, donde afecta en modo especial las condiciones climáticas. A medida que los edificios y vías de circulación avanzan hacia áreas periféricas, modifican profundamente el paisaje natural y con ello introducen variaciones en los parámetros meteorológicos más ligados a las condiciones de la superficie subyacente.

En las últimas décadas la climatología urbana ha adquirido un notable desarrollo como respuesta a los problemas que acompañan al creciente proceso de urbanización en nuestro planeta. Las estimaciones preveen, para el año 2000, que el 60% de la población mundial habite en ciudades de más de 5.000 habitantes (Oke, 1978). Es necesario entonces controlar si el efecto del crecimiento de las ciudades incide en una modificación artificial del clima que pueda ser perjudicial para los habitantes de las mismas.

Las ciudades cuentan con medios de rápido escurrimiento del agua de lluvia a través de alcantarillas, desagües y colectores. De esta manera es escasa la evaporación y por lo tanto el aporte de las precipitaciones a la humedad relativa del ambiente urbano no es muy significativa. En las zonas rurales, por el contrario, el agua está disponible en mayor grado; ella permanece en superficie, se infiltra en el suelo permeable o es utilizada por la vegetación (Píccoli y Capelli de Steffens, 1985).

La atmósfera urbana suele contener gran cantidad y variedad de partículas en suspensión, siendo algunas de ellas contaminantes. Las primeras determinan un aumento en la temperatura debido a su capacidad de absorción de calor mientras que las partículas contaminantes pueden llegar a producir episodios que alteren la calidad de vida de sus habitantes. Estas situaciones acarrear problemas en la salud de la población debido a la inhalación de gases tóxicos tales como el monóxido de carbono, los óxidos de azufre, nitrógeno, etc.

El fenómeno de la isla de calor ha sido el más estudiado de todos los procesos asociados al fenómeno de urbanización y resulta, por tanto, el mejor conocido en la actualidad. (Bello Fuentes, 1995). La isla de calor puede definirse como el "*exceso de calor generado en un ambiente urbano por efecto de la acción antrópica*" (Capelli de Steffens et al., 1997) e indica que las ciudades son en general, más cálidas que su periferia. Los edificios, calzadas y cubierta vegetal presentan un comportamiento desigual con respecto a la insolación, determinando así una diferenciación espacial en las pérdidas y ganancias de calor (Capelli de Steffens et al., 1986). La forma e intensidad de este fenómeno varía con el tiempo y el espacio, siendo un resultado de las características meteorológicas, geográficas y urbanas.

El comportamiento térmico de la ciudad es distinto del rural por la diferente respuesta de la cobertura urbana ante la radiación solar. La temperatura del espacio urbano es función de la temperatura del aire producida por el efecto natural de la radiación solar y el

resultado de los diferentes intercambios energéticos que se producen en el mismo. Según Rivero (1988), de estos procesos resulta:

1. La temperatura media de la ciudad es superior a la del medio rural; la diferencia dependerá principalmente del albedo de cada superficie;
2. El estudio de las variaciones térmicas indica que la desigualdad entre las temperaturas de los dos medios es más significativa de noche que de día.
3. La capacidad térmica de la ciudad dará lugar a un retraso entre el momento en que se produce en ella la máxima temperatura y el instante en que ocurre igual fenómeno en la periferia.
4. El mosaico complejo y cambiante de islas de calor y de islas de frío influye de diversa manera en el comportamiento de los seres vivos. Tiene relación con su confort, requerimientos de calor o frío en sus ambientes, duración de la cubierta de nieve, extensión del período de crecimiento de vegetales, etc. Las islas de calor también producen células convectivas que pueden estar asociadas a patrones de difusión de contaminantes y a un incremento en las precipitaciones dentro de la ciudad (Terjung, 1980).

Son numerosos los trabajos realizados sobre la isla de calor urbano, fundamentalmente en el hemisferio Norte (ej., Chandler, 1968; Munn, 1968, Oke and Hannel, 1968; Landsberg, 1981). En latitudes medias de América del Sur se han obtenido también resultados significativos. Como ejemplo se menciona la distribución de la isla de calor urbana de la ciudad de Bahía Blanca. En el verano, la ciudad se muestra más fresca que el área circundante dando lugar a una "isla fría". Por la noche la ciudad presenta temperaturas más altas que los sectores rurales o costeros próximos, siendo la intensidad instantánea de la isla calórica de 7°C (Capelli de Steffens et al., 1985; Píccolo y Capelli, de Steffens, 1987). Durante el invierno la situación es diferente: la ciudad genera en el día una pequeña isla de calor (calor antrópico atribuible a la combustión de artefactos de calefacción, industria, transporte, etc.). Por la noche, la distribución de temperatura responde a los resultados teóricos de la isla de calor siendo el centro de la ciudad más cálido que el área rural.

Cuando analizan el efecto de isla calórica en Santiago, Chile, Aceituno y Ulriksen (1981) señalan que las ciudades presentan temperaturas mayores que el entorno suburbano, originando un núcleo cálido que coincide con las zonas de mayor densidad residencial, comercial, industrial y vehicular. Para el caso de Santiago se comprueba que ese fenómeno se presenta durante la noche, observándose diferencias de 3° a 4°C entre el centro de la ciudad y los barrios periféricos. Salinas (1982) mide diferencias nocturnas de temperatura mayores que 10° C entre el centro y el entorno suburbano de la ciudad de Santiago. Romero (1989) afirma que la mencionada ciudad desarrolla una importante isla de calor, que se extiende en forma concéntrica por aproximadamente 3 km.

En el año 1996 se realizaron los primeros estudios de la isla de calor urbana durante el invierno en la ciudad de Temuco (Capelli de Steffens et al., 1997). Para completar esos estudios en diferentes estaciones del año, se analizó la distribución de la isla de calor urbana durante el verano siguiente. Asimismo se estudiaron las diferencias de la humedad relativa en la ciudad relacionándola con el diferente uso del suelo en la misma y en su periferia.

## 2. LA CIUDAD DE TEMUCO

Temuco es una ciudad localizada en el centro sur de Chile, ( $38^{\circ} 45' S$  y  $72^{\circ} 40' W$ ) que equidista del océano Pacífico y de la Cordillera de los Andes. El sitio de la ciudad morfológicamente corresponde a terrazas fluviales del río Cautín que se desarrollan en forma encajonada entre los cerros Ñielol (350 m.) y Conunhuenu (360 m.), (Fig. 1). Climáticamente, corresponde a la región mediterránea chilena de depresión intermedia, con clima subtropical en transición a templado húmedo. A través del año se alternan las influencias anticiclónicas y ciclónicas, con un período seco estival corto si se lo compara con el de Santiago u otras ciudades intermedias. Su temperatura media anual es de  $12^{\circ}C$ , con máximas medias en el mes más cálido de  $23.5^{\circ}C$  y mínimas medias en el mes más frío de  $3.9^{\circ}C$  (Ciren-Corfo, 1992). El promedio anual de lluvias en el período 1961-1990 (Dirección Meteorológica de Chile, 1991) fue de 1.157 mm (Capelli de Steffens et al., 1997).

La población de Temuco, incluyendo la capital comunal de Padre de las Casas llega a los 210.000 habitantes (INE, 1995). Sin embargo el análisis de los censos revela hechos interesantes. El censo de población de 1952 indica que la población urbana dentro de la región era de un 35 % pero en sólo 40 años ese valor se elevó al 61,3% (INE, 1993). La región de la Araucanía, tradicionalmente rural, también se vio afectada por la explosión



FIGURA 1. La ciudad de Temuco.

del fenómeno urbano del siglo XX, con todos los problemas sociales y ambientales que ello involucra. Esta situación se ha visto agravada en la ciudad de Temuco que, en el mismo período, cuadruplicó su población. Este incremento de la población está acompañado con un aumento del tamaño de la ciudad. Temuco ha crecido de 200 ha y 16.000 habitantes en 1901, el 7% de la población regional, a más de 3.300 ha (IGM, 1986) y 210.000 habitantes, el 27% del total regional en 1992 (INE, 1993). En ella, ahora se distingue perfectamente un centro y una periferia. El centro, que corresponde al Temuco de principios de siglo, está instalado en la terraza fluvial superior del río Cautín (110 m). La periferia se extiende hacia las terrazas inferiores del mismo río, incluyendo el llano de inundación de 85 a 100 m y hacia las colinas alledañas que se elevan a alturas entre 120 y 160 m. En especial se van localizando hacia el poniente ocupando tradicionales tierras agrícolas (Hernández González et al., 1997).

Esta expansión urbana incorpora nuevos ambientes (mayor altitud, diferente exposición de laderas, cercanía al río, retroceso del bosque nativo, secado de pantanos, etc.), dando más variedad al clima local. Simultáneamente, el mismo fenómeno urbano modifica el paisaje y el clima de la ciudad dado que es mayor la densidad poblacional, el número de edificios, calles pavimentadas, mayor consumo de energía, intensificación del tráfico vehicular, etc. (Hernández et al., 1998).

### 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La distribución espacial diurna y nocturna de la temperatura y humedad del aire se obtuvieron mediante mediciones continuas utilizando tres vehículos que transitaban simultáneamente por la ciudad. Las mediciones se efectuaron el día 18 de marzo de 1997. A pesar que las mismas se realizaron a fines del verano, las condiciones meteorológicas resultaron representativas de esa estación estival. El período de medición fue de aproximadamente dos horas y los automóviles mantuvieron una velocidad constante de marcha. Se realizaron tres recorridos simultáneos que abarcaron diferentes áreas. La Figura 2 muestra los tres recorridos en su conjunto. En uno de ellos se relevaron los valores de temperatura y humedad de la periferia de la ciudad incluyendo los sectores de riberas del río Cautín y faldeos del Ñielol. Otro equipo se desplazó por el microcentro de la ciudad en el área más densamente transitada. El tercero cubrió el sector occidental, también densamente poblado.

Las mediciones se realizaron en períodos del día en que la temperatura no experimentó un cambio muy rápido, tratando al mismo tiempo de cubrir etapas representativas del ciclo diario de la oscilación térmica (Peña Álvarez, 1975). Por lo tanto el recorrido se efectuó en horas cercanas a la máxima temperatura y luego de la puesta del sol. El recorrido del microcentro y el sector occidental se efectuó entre las 14:45 h y 16 h durante el día y entre las 19:00 y 21 h durante la noche. Mientras que el recorrido que se realizó en la periferia fue entre las 14:45 h y 16:43 h y entre las 19:00 y 21 h. La máxima temperatura se registró a las 15:06 h en el microcentro de la ciudad y a las 16 h en el aeropuerto Maquehue. Tomando como referencia la estación fija, los datos fueron normalizados a un tiempo común (15 h y 20 h local). Este procedimiento es posible llevarlo a cabo cuando el gradiente de temperatura es aproximadamente lineal. La Estación Meteorológica instalada en el Aeropuerto Maquehue (estación fija), ubicada en la zona suburbana de Temuco y a 5

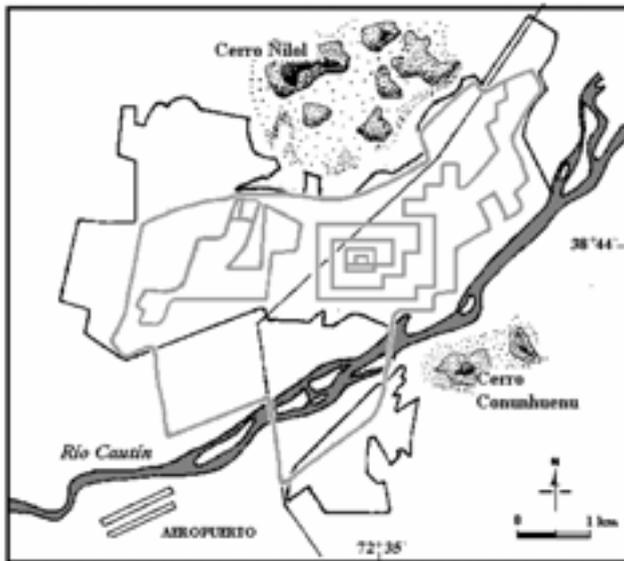


FIGURA 2. Recorrido realizado midiendo los parámetros meteorológicos a través de Temuco el día 18/3/97.

km de la ciudad, proporcionó los datos referidos al estado del tiempo y los mapas sinópticos del día de medición.

La isla de calor urbano no puede ser detectada cuando el viento en la ciudad excede un determinado valor crítico. Existen varios modelos en la literatura para determinar el valor de viento crítico (ej., Munn, 1968). La ecuación empleada en este trabajo para establecer la velocidad crítica es la que desarrollaron Oke y Hannell (1968) que relaciona el tamaño de la población, medida en número de habitantes, con la velocidad del viento reinante. La ecuación es:

$$V_c = -11,6 + 3,4 \log P.$$

siendo  $V_c$  la velocidad crítica del viento y  $P$  el número de habitantes. En el caso particular de Temuco se encuentra que para velocidades mayores que 6,5 m/s no se desarrollaría una isla de calor que pueda ser detectada. Los valores del viento durante el día de medición fueron muy inferiores a ese valor (viento < 3 m/s).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La situación sinóptica del día de medición fue relativamente estable con presiones atmosféricas normales (1013.2 hPa). En el océano Pacífico se encontraba un centro de baja presión (1010 hPa) que se aproximaba a la costa de Chile (Fig. 3). Las Figuras 4 y 5 muestran las variaciones de la temperatura y humedad relativa y del viento a lo largo del día de medición en la estación fija. La temperatura mínima se registró a las 7 h (9°C) y aumentó lentamente durante el día para llegar a su máxima (20.7°C) a las 16 h. Luego la tempera-

tura comenzó a descender rápidamente hasta llegar a 11.4°C a las 24 h. La amplitud térmica diaria fue de 11.7°C.

La humedad relativa varió desde 95 % hasta 56 % a la hora de la máxima temperatura. El viento (Figura 5) soplabla a una intensidad de 1 m/s durante las mediciones diurnas. A lo largo del día se observó una rotación importante del viento producto posiblemente de las brisas de valle que ocasionan los cerros mencionados y la influencia del río Cautín en la circulación local. Las velocidades mencionadas permiten afirmar que se midió en condiciones ideales para la isla de calor. Como ya se mencionó, el día de medición resultó una típica jornada de verano de la ciudad.

#### 4.1. Distribución espacial de la temperatura y humedad

En general, la isla de calor diurna se detecta con más dificultad que la nocturna debido a las pequeñas diferencias espaciales de temperatura. Sin embargo, éste no fue el caso

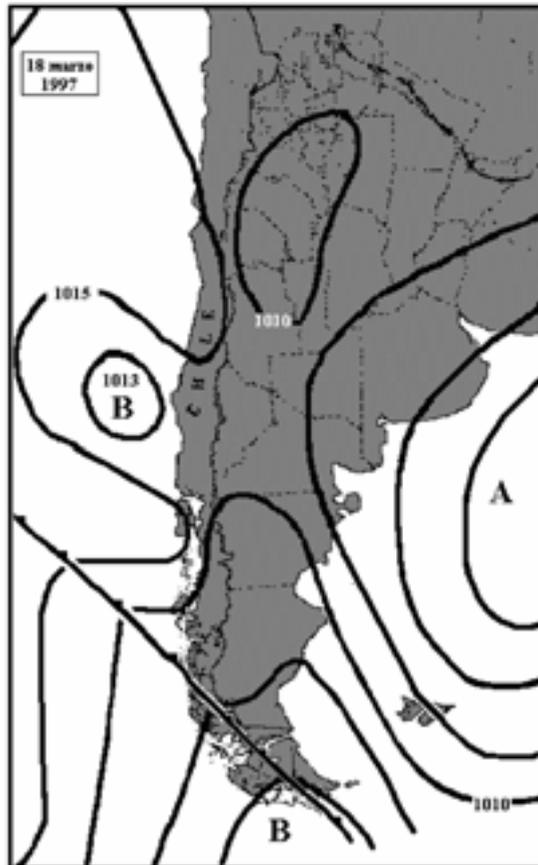


FIGURA 3. Mapa sinóptico correspondiente al día 18/3/1997 (Servicio Meteorológico de Chile).

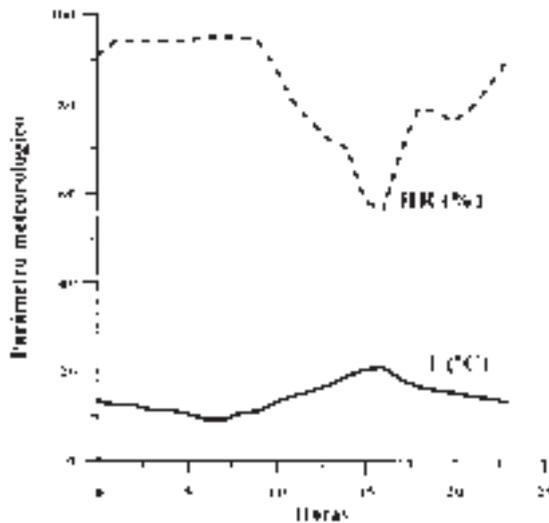


FIGURA 4. Variación diurna de la temperatura y humedad relativa el 18/3/1997.

durante el día de medición. La isla de calor urbano muestra características similares a los modelos ideales de ésta, demostrando un mayor calentamiento en el sector céntrico (Fig. 6) y más poblado de Temuco (26°C) (mercado central, hospital, centro comercial, intersecciones de avenidas importantes, etc.).

Es de señalar que a la hora de medición se registraba una intensa actividad tanto peatonal como de vehículos en ese sector de la ciudad. En el aeropuerto se observaron temperaturas menores (20.7°C).

La intensidad de la isla calórica ( $\Delta T_{u-r}$ ) diurna fue 6.3°C. En la zona de ribera del río Cautín y en cercanías de los cerros que caracterizan la zona de estudio se observaron temperaturas más bajas, cercanas a los 20°C. La influencia de los cerros que limitan la ciudad y la cercanía del río Cautín han contribuido a la forma y generación de la isla de calor diurna. Ello ocurre pues los cerros que encajonan la ciudad impiden la circulación del aire en determinados sectores de flujo.

Además, las zonas delimitadas por las isoterma de 24°C y 26°C coinciden con los sectores más poblados y transitados de Temuco. Por ejemplo, la ruta 5 que recorre el país de Norte a Sur, cruza la ciudad con el nombre de Avenida Caupulican. En ella circulan camiones y vehículos de carga en general que contribuyen enormemente al calentamiento observado en las mediciones.

Por otra parte dicha arteria concentra los accesos al microcentro, al mercado Municipal y a la estación de ferrocarril.

Durante la noche (Fig. 7), con condiciones de viento casi calmas, la ciudad no presentó una gran intensidad de la isla calórica ( $\Delta T_{u-r} = 1.2^\circ\text{C}$ ), aunque las zonas más pobladas de la ciudad resultaron más cálidas. El núcleo urbano más caliente coincidió durante ambas observaciones. Sin embargo, el comportamiento de la isla de calor nocturna no

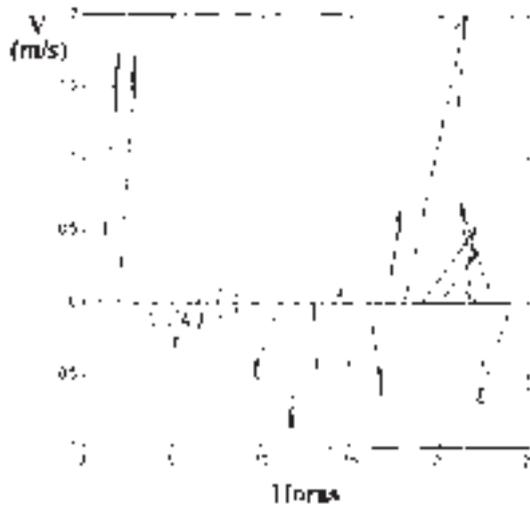


FIGURA 5. Variación horaria y diurna del viento durante el día de medición.

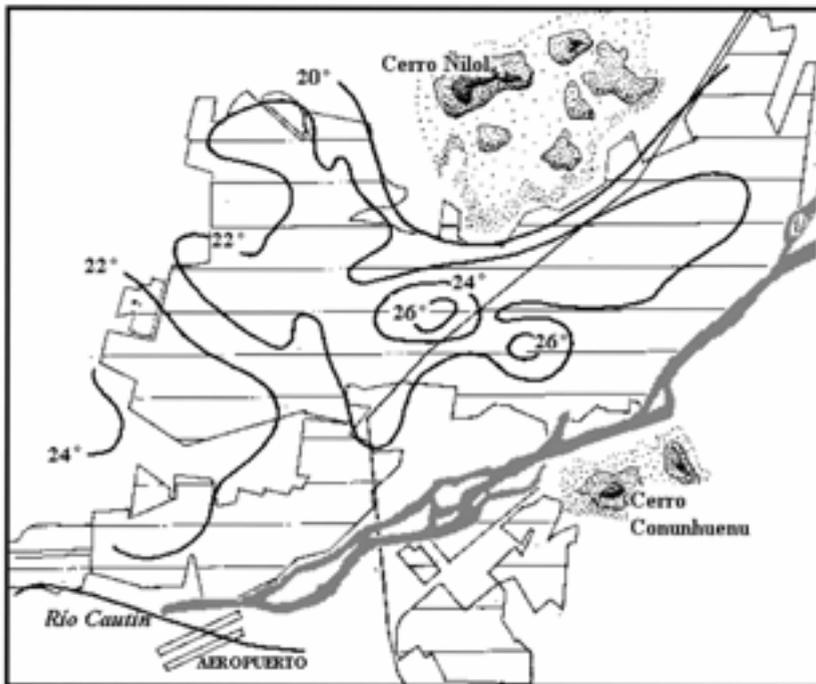


FIGURA 6. Variación espacial de la temperatura (C) a las 15 hs en la ciudad de Temuco (18/3/1997).

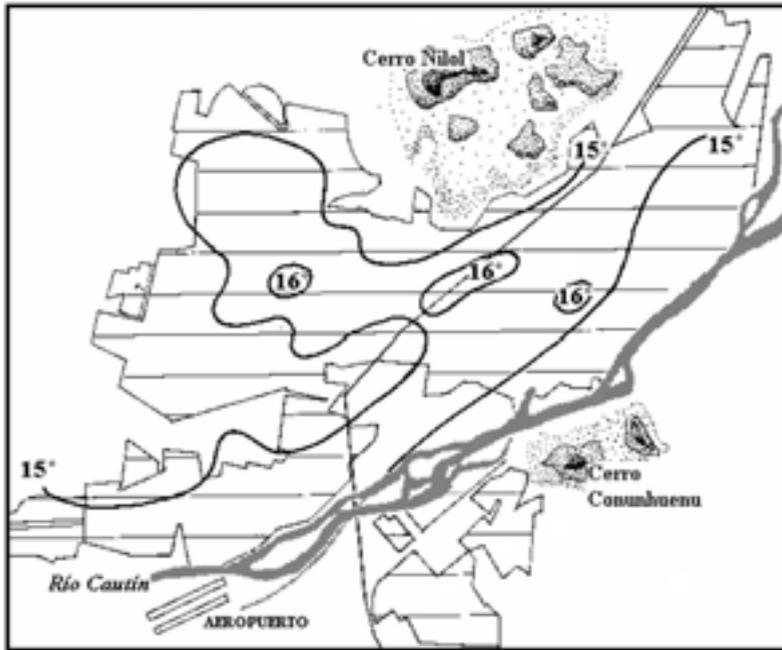


FIGURA 7. Variación espacial de la temperatura (C) a las 20 hs en la ciudad de Temuco (18/3/1997).

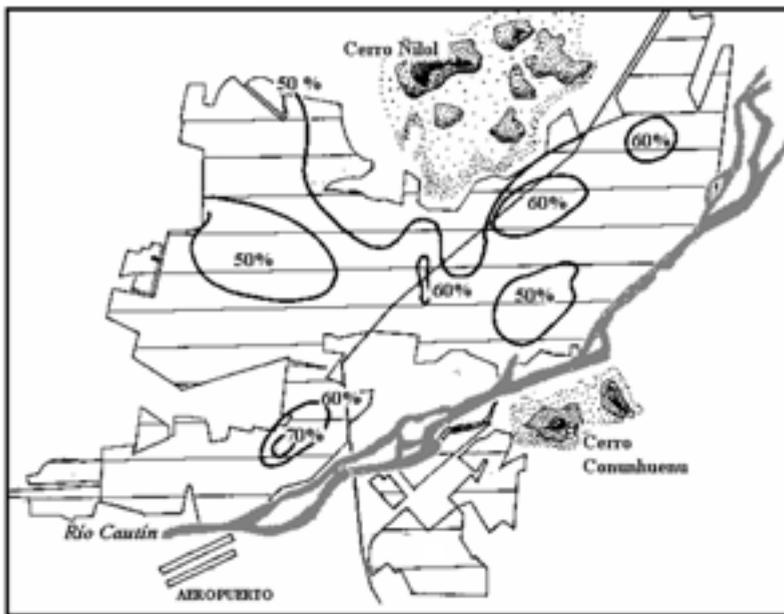


FIGURA 8. Variación espacial de la humedad relativa a las 20 hs en la ciudad de Temuco (18/3/1997).

resultó similar a otros resultados publicados sobre el tema (Píccolo et al., 1987). En general, se espera que durante la noche la isla de calor urbano sea más notable. Sin embargo, con las condiciones de calma mencionadas, no se observó una diferenciación espacial significativa de la temperatura nocturna.

Cabe destacar que durante la noche tampoco se observaron variaciones significativas de la humedad, manteniéndose una diferencia menor del 10%. Este valor es muy cercano al error mínimo del instrumental. El valor de la humedad relativa se modificó desde 76 a 79% a través de la ciudad. Por ello no se confeccionaron los mapas correspondientes.

Sin embargo a las 15 horas hubo una diferencia de 33% entre el centro, que registró 40% y los sectores cercanos al río Cautín (73%). La distribución espacial de humedad relativa fue muy compleja (Fig. 8), con sectores más húmedos en la zona del microcentro y a lo largo de la carretera principal que cruza la ciudad. La explicación de esta distribución se debe a los microclimas específicos existentes en el núcleo urbano de Temuco (ej., localización de plazas, intersecciones de avenidas con tránsito de vehículos intensos, industrias).

## CONCLUSIONES

Una de las mayores tareas en el ámbito de la climatología es determinar la verdadera influencia de las actividades del hombre en el clima regional y local. Los resultados que aquí se presentan son lo obtenidos de una primera etapa en el estudio del clima urbano en la ciudad de Temuco (Capelli de Steffens, et al., 1997).

La experiencia realizada en un típico día de verano permitió examinar la forma y la intensidad de la isla de calor urbano en Temuco. La ciudad presenta un comportamiento diurno térmico diferente. Durante el día genera una isla de calor que responde en líneas generales al modelo ideal de calentamiento urbano. La intensidad de la isla calórica ( $\Delta T_{u-r}$ ) fue 6.3 y 1.2°C durante el día y la noche, respectivamente.

Se cree que la influencia de los cerros que limitan la ciudad es importante. Una investigación necesaria que se debe proyectar es analizar la influencia de las brisas de valle en el comportamiento térmico de la ciudad. El estudio realizado confirma la idea que el clima urbano de una ciudad es un mosaico de microclimas que interactúan continuamente.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con el apoyo un subsidio otorgado por la Universidad de la Frontera, Temuco, Chile, a través de la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDUFRO) bajo el N° 9609.

## REFERENCIAS

- ACEITUNO, A. Y ULRIKSEN, E. (1981): Efecto de la isla calórica en Santiago. Resultados preliminares. Tralka, Vol. 2, N° 1, 39-56.
- BELLO FUENTES, V. (1995): La isla de calor nocturna y los usos del suelo en Alcalá de Henares. Anales de la Geografía de la Universidad Complutense, 15, 119-130.

- CAPELLI DE STEFFENS, A., PÍCCOLO, M.C., VARELA, P. Y FERRERA, I. (1985): Clima estival bahiense. *Revista Universitaria de Geografía, Universidad Nacional del Sur (Argentina)*, 1, 27-48.
- CAPELLI DE STEFFENS et al., (1986): Influencia de los árboles en el clima de la ciudad. *Revista Universitaria de Geografía, Vol. 2, N° 1 y 2*, 39-54.
- CAPELLI DE STEFFENS, A., PÍCCOLO, M.C., HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, H., NAVARRETTE, G. Y LARA R. (1997) La isla de calor en Temuco, Chile: Situación invernal. *Revista Geofísica, IPGH, México*, 46, 5-16.
- CHANDLER, T. J. (1968): Urban climatology. Inventory and prospect. *Urban Climates. WMO. Tech. Note 108*, 1-14.
- CIREN-CORFO, (1992): Informe Distritos Agroclimáticos IX Región. Ficha 17.
- DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE (1991): Informes Climatológicos de Estación Maquehue, Temuco. Precipitaciones acumuladas 1931-1960 y 1961-1990.
- HERNÁNDEZ, J.; PÍCCOLO, M.C.; NAVARRETE, G.; LARA, M.R. Y CAPELLI DE STEFFENS, A. (1997): Las precipitaciones anuales en la ciudad de Temuco. *Educación y Humanidades. Ediciones de la Universidad de la Frontera, Temuco, Chile, N° 5-6*, 93-110.
- HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J.; CAPELLI DE STEFFENS, A.; PÍCCOLO, M.C.; NAVARRETE MULSOW, G. Y LARA ROCHA, R. (1998): Importancia del conocimiento del clima en la planificación urbana. *Meridiano*, 6, 120-125.
- IGM, (1986): Geografía de la IX Región de la Araucanía, Chile, pp. 248.
- INE, (1993): Síntesis estadística regional N° 40, Temuco, Chile.
- LANDSBERG, H.E., (1981): The urban climate. Academic press, N. York, pp. 275.
- MUNN, R.E. (1968): Air flow in urban areas. prospect. *Urban Climates. WMO. Tech. Note 108*, 15-39.
- OKE, T. R. Y HANNELL, F. G. (1968): The form of the urban heat island in Hamilton, Canada. *Urban Climates. WMO, Tech. Note 108*, 113-126.
- OKE, T. R., (1978): Boundary layer climates. Mathuen & Co. Ltd. Press, London. 372 pp.
- PEÑA ÁLVAREZ, O. (1975): Climas urbanos, medio ambiente y planificación del espacio. Caracterización biosférica del medio chileno. Depto. de Planificación Urbana Regional, Fac. de Arquitectura, Univ. de Chile, CDU 551. 588.7, 14 pp.
- PÍCCOLO, M. C. Y CAPELLI DE STEFFENS, A. (1985): Clima urbano bahiense: una experiencia de verano. *Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, Tomo II*, pp. 382.
- PÍCCOLO, M. C. Y CAPELLI DE STEFFENS, A. C. (1987): Isla de calor invernal en Bahía Blanca. *Anales II Congreso Interamericano de Meteorología. V CONGREGMET (Argentina), CAM*, 14.1, 1-5.
- RIVERO, R. (1988): Arquitectura y clima. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, 183 pág.
- ROMERO, H. (1985): Geografía de los climas. Instituto Geográfico Militar, Santiago, Chile, pp. 68.
- SALINAS, F. (1982): Estudio experimental del efecto de isla calórica en la ciudad de Santiago. Memoria para optar título Ing. Civil, Universidad de Chile, Santiago, Chile, pp. 254.
- TERJUNG, W. (1980): Influences of physical structures on urban energy budgets. *Boundary Layer Meteorology*, 19, 421-439.