

Estudio del confort climático a escala micro-local. EL CASO DE BAHÍA BLANCA (ARGENTINA)

STUDY OF CLIMATIC COMFORT IN A MICRO-LOCAL SCALE.
The case of Bahía Blanca (Argentina)

ESTUDO DO CONFORTO CLIMÁTICO PARA A ESCALA MICRO-LOCAL.

O caso de Bahia Blanca (Argentina)

Federico Ferrelli

Becario posdoctoral del Instituto
Argentino de Oceanografía
Universidad Nacional del Sur
fferrelli@criba.edu.ar

María Cintia Piccolo

Doctora en Oceanografía
Universidad Nacional del Sur
ofpiccol@criba.edu.ar

Recibido: 13 de abril 2016

Aprobado: 28 de junio 2017

<https://doi.org/10.15446/bitacora.v27n3.56995>

Resumen

El estudio de los índices de confort es importante pues brindan información necesaria para orientar las políticas públicas destinadas al ordenamiento del espacio urbano, al igual que al ordenamiento y planificación de las actividades al aire libre. En este contexto, se estudió de forma estacional (verano e invierno), mensual y diaria el confort climático en Bahía Blanca (Argentina). Se localizaron diez estaciones de monitoreo de temperatura del aire y humedad relativa en distintos barrios de la ciudad, los cuales registraron datos de alta frecuencia. Con esa información, se calcularon los índices Humidex, Termo-anemométrico y Termo-higrométrico para caracterizar el confort estival, y el de Temperatura equivalente para el invierno. Los resultados permitieron delimitar las áreas más confortables de la ciudad de acuerdo con la cantidad de días con confort térmico, así como aquellas de desconfort con temperaturas inferiores a 0°C. Se establecieron tres áreas urbanas diferenciadas que se agruparon según las condiciones similares de confort.

Palabras clave: confort climático estival e invernal, alta frecuencia, Bahía Blanca, ordenamiento del espacio urbano.

Abstract

The study of comfort is relevant because provides information to generate urban planning policies. In this context, climate comfort was studied in Bahia Blanca city, Argentina applying different time-scales: seasonal (summer and winter), monthly and daily. Ten meteorological stations that registered temperature and relative humidity information in high frequency were located in diverse neighborhoods. Humidex, thermo-anemometric and thermo-hygrometric indexes were calculated to characterize the summer comfort as well as equivalent temperature for the winter. The results permitted to identify different areas according to the discomfort and comfort conditions during the summer and winter considering the number of days with temperatures below 0°C. Three urban areas were delimited considering similar comfort conditions. The study could be relevant to the design of public policies in order to prevent negative effects of extreme thermal event on the inhabitants.

Key words: summer and winter climate comfort; high frequency data, Bahía Blanca, urban planning.

Resumo

O estudo dos índices de conforto é importante porque eles fornecem as informações necessárias para os planos do espaço urbano de gestão. Neste contexto, estudamos sazonal (verão e inverno), mensal e diariamente o conforto em Bahia Blanca (Argentina). Em diferentes bairros foram localizados estações da monitorização da temperatura e umidade relativa registrados dados de alta freqüência. Humidex, Thermo-anemômetro termo-higrométrica foram calculados para caracterizar o verão equivalente conforto e temperatura durante o inverno. Os resultados ajudou a determinar as áreas mais confortável da cidade de acordo com o número de dias com conforto térmico, bem como as áreas de desconforto, com temperaturas abaixo de 0°C. Três diferentes áreas urbanas foram agrupados por condições de conforto semelhantes foram estabelecidos. Este estudo poderia ajudar a orientar as políticas públicas para organizar atividades ao ar livre.

Palavras-chave: conforto do clima de verão e inverno, de alta frequência, Bahia Blanca, de ordenação do espaço urbano.

1. Introducción

El confort climático incide en todos los aspectos de la vida de las personas, considerando su salud, su vida cotidiana y sus actividades al aire libre. Las situaciones de desconfort se aprecian en el momento de realizar los movimientos urbanos cotidianos y las prácticas turístico-recreativas (García, 2009). Los habitantes de las ciudades deben adaptarse a las condiciones climáticas y a las diversas sensaciones que su organismo debe soportar. La confortabilidad puede definirse como la zona delimitada por umbrales térmicos en la que la mayoría de las personas manifiestan bienestar (Fernández García, 1994), por este motivo, el estudio de las situaciones de confort aporta el planeamiento de las actividades que las personas realizan al aire libre.

El confort es una variable subjetiva y depende de la edad, el género, la forma corporal, la alimentación, el color de la piel, el estado de salud, entre otros factores. El confort es entonces la relación existente entre el clima de un área y la percepción de la población. Esta situación es distinta en verano e invierno. Durante el verano, las sensaciones de temperaturas extremas pueden generar desestimulación en la población y reducir los esfuerzos físicos y mentales (Jendritzky, 1991). En esta estación la temperatura del aire, la humedad relativa, el viento, las precipitaciones y la radiación solar son las variables que influyen en el confort climático. En el invierno se perciben sensaciones de desconfort principalmente por efectos del viento, pero estas circunstancias no son un obstáculo para que los habitantes puedan trabajar al aire libre con los debidos recaudos (García, 2009).

Federico Ferrelli

Licenciado y profesor de Geografía de la Universidad Nacional del Sur (Argentina), especialista en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica aplicado al estudio del medio ambiente de la Universidad Nacional de Luján (Argentina), Doctor en Geografía de la Universidad Nacional del Sur y becario posdoctoral del Instituto Argentino de Oceanografía.

María Cintia Piccolo

Licenciada en Meteorología de la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y Doctora en Oceanografía de Old Dominion University (Estados Unidos). El posgrado lo realizó en el Department du Oceanographie, Université du Québec a Rimouski (Canada). Es Investigadora Superior del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y Profesora Titular en el Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur (Argentina).

En la actualidad, el conocimiento del clima de las ciudades considera la percepción social para enmarcar las investigaciones dentro del estudio social del cambio climático (Owoeye y Ogunleye, 2015; Gharagozlo, 2015). El clima percibido es importante dado que incluye las vivencias y experiencia de vida de los habitantes. La percepción climática urbana es relevante debido a que los habitantes están dentro de un ambiente artificial que difiere muchas veces de las condiciones naturales. Es destacable en este punto que la topografía urbana genera un clima artificial que afecta el confort de los ciudadanos (Martin Vide, 1990; Oltra-Carrió, et al., 2009), por ello, las ciudades requieren de una planificación que integre los conceptos de la sustentabilidad (Franco Silva y Pérez Salazar, 2008). Los actores sociales, tanto públicos como privados, intervienen con sus iniciativas y pueden modificar la dinámica espacial. Su participación activa y su percepción aportan información necesaria para la replanificación de las ciudades con el fin de mejorar las condiciones ambientales y, con eso, su calidad de vida (Barton, Lavin y Trasviña, 2009).

En Argentina, el confort climático se ha estudiado principalmente con relación al turismo y a las actividades al aire libre (Bustos y Piccolo, 2011), analizado las diferencias entre el área urbana y la costera, la influencia del mar y de la vegetación sobre el confort (Weng, Lu y Shubring, 2004; Bustos, et al., 2016), entre otras. En general, se aplican diversos índices bioclimáticos para su estudio (García, 2009; Huamantinco Cisneros y Piccolo, 2010; Bustos y Piccolo, 2011; Picone y Campo, 2016), los cuales combinan diferentes elementos del ambiente e indican la sensación de confort o desconfort. Los más utilizados para las condiciones de verano son el índice termo-anemométrico (temperatura

y viento) y el temo-higrométrico (temperatura y humedad relativa) (Besancenot, 1991), mientras que en el invierno se tiene en cuenta el de temperatura equivalente (Quayle y Steadman, 1998).

El área de estudio de esta investigación es la ciudad de Bahía Blanca (Argentina). La misma tiene una población de 301.531 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010) y es la más importante de la región debido a que alberga uno de los centros portuario-industriales más importantes de Argentina. En una escala macro-climática, la ciudad tiene un clima semi-árido, caracterizado por una marcada estacionalidad térmica que permite la diferenciación de veranos e inviernos (Aliaga, Ferrelli y Piccolo, 2017): tiene una temperatura media anual de 15,5°C, con precipitaciones medias anuales de 654 mm, y sus vientos dominantes son del cuadrante norte, noroeste y oeste con velocidades medias de 16 km h⁻¹ (Ferrelli, Bustos y Piccolo, 2017).

A pesar de la existencia de estudios que caracterizan su clima, son escasas las investigaciones que hacen lo mismo para el confort de la ciudad. Es importante mencionar que en la literatura se encuentran trabajos en los que se han utilizado datos de alta frecuencia para analizar los efectos de eventos meteorológicos extremos sobre los centros urbanos (Kolokotsa, Psomas y Karapidakis, 2009; Ferrelli y Piccolo, 2017). Sin embargo, son pocas las investigaciones del confort realizados con este tipo de información.

Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue analizar el confort climático estival e invernal en distintos barrios de Bahía Blanca con registros de alta frecuencia, para generar una subdivisión de la ciudad basada en sensaciones térmicas. Esta investigación se complementó con un estudio de la percepción de la población. La información obtenida podría ser útil para orientar políticas públicas destinadas al ordenamiento del espacio urbano con el fin de prevenir posibles situaciones adversas que el desconfort pudiese generar en la población vulnerable (por ejemplo, en niños y ancianos).

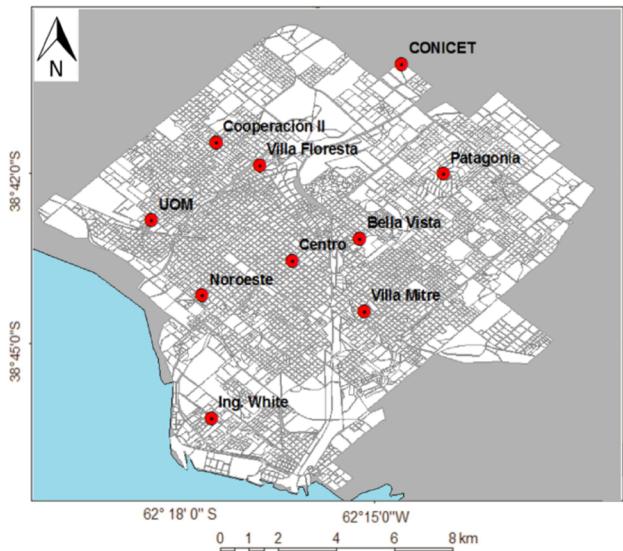
2. Metodología

Se diseñaron estaciones de monitoreo de alta frecuencia para el estudio del confort en la ciudad de Bahía Blanca. Las mismas estuvieron constituidas por una caja plástica que recubrió los sen-

sores de temperatura y humedad relativa, junto con una fuente de alimentación de energía (pilas). En la parte inferior se localizó una red plástica que contuvo los sensores y permitió la circulación del aire. Al lado de esta se incorporó un adaptador para conectar cada estación con una computadora portátil. De esta forma, se descargaron datos y se reiniciaron las mediciones dado que cada dispositivo tiene una capacidad de almacenamiento limitada (500 Mb) (Ferrelli, Vitale y Piccolo, 2015) (véase Figura 1). El error del sensor de temperatura fue de 0,1°C y el de humedad relativa de 1%.

El confort se calculó con datos de un total de diez estaciones localizadas en distintos barrios de la ciudad de Bahía Blanca (véase Figura 2) y se denominaron de acuerdo con el nombre del barrio en el que se las localizó. Tuvieron una frecuencia de muestreo de 30 minutos y el período de estudio comprendió 408 días, comenzando en octubre de 2013 y finalizando en diciembre de 2014. Por cada estación se obtuvo un total de 19.584 datos. Los mismos fueron filtrados y analizados con el Software Matlab. La estación localizada al noreste (denominada CONICET) estuvo además equipada con sensores para medir el viento, parámetro necesario para el cálculo de algunos índices de confort.

Figura 2. Localización de las estaciones meteorológicas en Bahía Blanca



Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Conexión de las estaciones de monitoreo de alta frecuencia con una computadora portátil



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Las características de cada uno de los barrios en los que se localizaron las estaciones fueron las siguientes:

1. Centro: es el lugar con mayor densidad edilicia y poblacional. Los espacios verdes son escasos y el tránsito vehicular muy elevado. La circulación de los vientos se ve interrumpida por los edificios. Es la zona comercial de la ciudad.
2. Villa Mitre: es un barrio localizado en el sureste de la ciudad. Tiene gran densidad de edificios en altura y de edificaciones residenciales, pero es menor con respecto al centro. Los espacios verdes son reducidos.
3. Bella Vista: es la zona de la ciudad en la que se encuentra el Parque Independencia, es un espacio verde con un arbolado denso y destinado a la recreación.
4. Patagonia: es un barrio-parque localizado en el noreste de la ciudad. Se caracteriza por sus abundantes espacios verdes y arbolado urbano. En él las edificaciones son residenciales y con una densidad baja (de 4 a 12 casas por hectárea).
5. Noroeste: es un barrio localizado al suroeste del centro de la ciudad. Presenta edificaciones bajas y está influido por los efectos de la brisa marina procedente del estuario de Bahía Blanca.
6. Ingeniero White (Ing. White): esta estación meteorológica fue instalada sobre la zona portuaria de la ciudad. Se caracteriza por su cercanía al mar, escasa densidad de construcciones y abundante presencia de terrenos baldíos o al descubierto.
7. Villa Floresta: es un barrio con alta densidad de edificios en altura (menor que en el centro) y tiene el parque más grande de la ciudad (Parque de Mayo). Este espacio verde es de uso recreativo y es el más importante de la ciudad, ya que tiene una gran densidad de vegetación arbórea.
8. UOM: está localizado al oeste de la ciudad. Corresponde a un barrio residencial-periférico en el que se intercalan edificaciones residenciales con terrenos baldíos. Los espacios verdes son escasos y se caracterizan por la falta de árboles. Presenta mayoritariamente calles sin asfaltar.
9. Cooperación II: este barrio tiene unas características a similares UOM, pero las calles son asfaltadas, por lo que tiene una menor capacidad de infiltración. Los terrenos baldíos y los espacios verdes destinados a la recreación tienen menor densidad.
10. CONICET: está localizado al noreste, en el área periférica de la ciudad. Su área está dominada por vientos secos provenientes del cuadrante norte. Las edificaciones son escasas y de tipo residencial. Es el barrio menos edificado de la ciudad durante el período de mediciones.

Los datos registrados por estas estaciones meteorológicas fueron transformados a valores de confort climático. Dado que en la literatura se han publicado numerosos índices de confort estival, se

seleccionaron tres para efectuar una comparación. Para ello, se consideraron Humidex (Weather Service of Environment Canada, 2001), Termo-higrométrico (THI Temperature-Humidity Index) propuesto por Thom (1959) y el Termo-anométrico (P) de Siple y Passel (1945) para el verano (21 de diciembre de 2013 a 21 de marzo de 2014) y el de Temperatura Equivalente para las mediciones de invierno (21 de junio de 2014 a 21 de septiembre de 2014). El primero de ellos permitió estimar la temperatura efectiva que siente el ser humano a partir de determinadas condiciones de humedad y temperatura (Capelli de Steffens, Piccolo y Campo de Ferrera, 2005).

Para calcular el Humidex se aplicó la siguiente fórmula:

$$T_H = T + \frac{5}{9} * (e - 10) [1]$$

Donde T es la temperatura real y e es la presión del vapor del aire. Los resultados del índice adquieren una valoración cualitativa según los rangos consignados en la Tabla 1:

Tabla 1. Rangos de confort del índice Humidex.

Rango	Caracterización
20-29°C	Confortable
30-39°C	Algún desconfort
40-45°C	Gran desconfort
>45°C	Peligro
>54°C	Inminente peligro de infarto

Fuente: elaboración propia con base en Weather Service of Environment Canada (2001).

El índice THI (Temperature-Humidity Index) indica la temperatura que sienten las personas considerando la temperatura máxima del día y la humedad relativa, y se calculó mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$THI = T - [(T - 0.55 - 0.0055 * HR) * (T_{max} - 14.5)] [2]$$

Donde HR es la humedad relativa (dada en porcentaje), T es la temperatura y T_{max} es la temperatura máxima. Los resultados también adquieren una valoración cualitativa consignados en la Tabla 2:

Tabla 2. Rangos de confort del índice THI

Rango	Caracterización
< 15°C	Desconfort
15-28°C	Confort
> 28°C	Desconfort

Fuente: elaboración propia con base en Thom (1959).

El índice P considera la cantidad de calor que se desprende del cuerpo por unidad de tiempo y se expresa en Kcal m⁻² h⁻¹. Se calculó teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$P = (10 * V^{-0.5} + 10,45 - V) * (33 - T_{max}) [3]$$

Donde P es el valor refrigerante del aire y Tmax es la temperatura máxima del día. Las condiciones de *Confort* se consideraron en un rango de 300 a 600 Kcal m⁻² h⁻¹, las de *Algún desconfort* de 50

a 300 Kcal m⁻² h⁻¹. Por debajo de este límite se encontraron las condiciones de *Gran des confort* (Besancenot, 1991).

Finalmente se calculó el índice de Temperatura Equivalente (T_E) de Quayle y Steadman (1998). Además, se obtuvo el factor de enfriamiento propuesto por Capelli de Steffens, Piccolo y Campo de Ferrera (2005) donde se consideran los efectos del viento. Este factor tiende a alejar el calor del cuerpo, reemplazando el aire caliente en contacto con la persona por aire frío. Se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Enfriamiento} = \text{Temperatura del aire} (T) - \text{Temperatura Equivalente} (T_E) [4]$$

El análisis de estos índices se realizó de forma estacional, mensual y diaria. Se estudió el número de días con des confort y la intensidad de los mismos teniendo en cuenta la valoración cualitativa de cada índice. Los resultados fueron procesados con el Software ArcGIS 9.3. Se aplicó el método de interpolación Kriging ordinario de tipo esférico para representar los valores medios de verano e invierno con cada uno de los índices. Además, se realizaron mapas con el número de días con des confort. Esta información fue útil para zonificar la ciudad de Bahía Blanca e identificar las áreas con menor confort.

El estudio de la percepción climática se realizó a partir del análisis de 177 cuestionarios realizados en los diferentes barrios estudiados (Ferrelli, Bustos y Piccolo, 2016). El mismo incluyó 17 preguntas cerradas y abiertas, y se realizaron a personas adultas, residentes transitorios o habitantes permanentes. Se aplicaron en áreas distribuidas en toda la ciudad seleccionadas al azar, utilizando la técnica de muestreo aleatorio simple, lo que permitió conocer la percepción de la población sobre el estado ambiental actual de la ciudad y sobre los efectos de la variabilidad climática.

3. Resultados

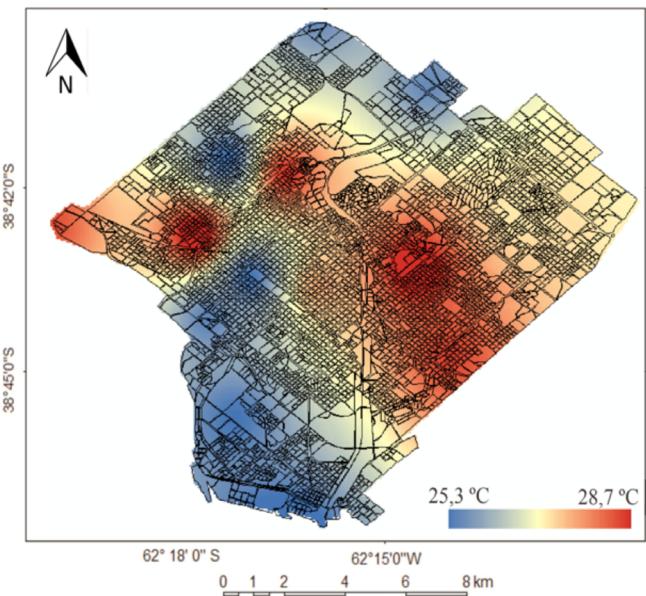
3.1. Confort climático estival

La distribución espacial del Humidex durante el verano de 2014 mostró el centro-este de la ciudad más cálido, junto con el centro-norte y el oeste. El centro presentó las sensaciones térmicas intermedias (aquellas que se encuentran entre las máximas y las mínimas), mientras que el norte y el sur presentaron las menores (véase Figura 3).

Enero presentó las máximas sensaciones térmicas en el oeste y centro-norte de la ciudad. El centro y centro-este tuvieron valores intermedios, y el sur y sudoeste las menores. El mayor valor correspondió a Bella Vista (29,9°C), seguido por UOM (29,2°C) y Villa Floresta (28,7°C). Los valores intermedios correspondieron a Villa Mitre (27,8°C), centro (26,8°C) y Patagonia (26,5°C). Los mínimos se midieron en Cooperación II (25,2°C), CONICET, Noroeste e Ing. White (25,1°C).

La estación con mayor cantidad de días des confortables en enero fue Villa Floresta con 21 días. UOM presentó 20 días y Villa Mitre 19. Bella Vista y el centro contabilizaron 16 y 15 días de des confort,

Figura 3. Distribución espacial del Humidex medio en el verano de 2014 en Bahía Blanca



Fuente: elaboración propia.

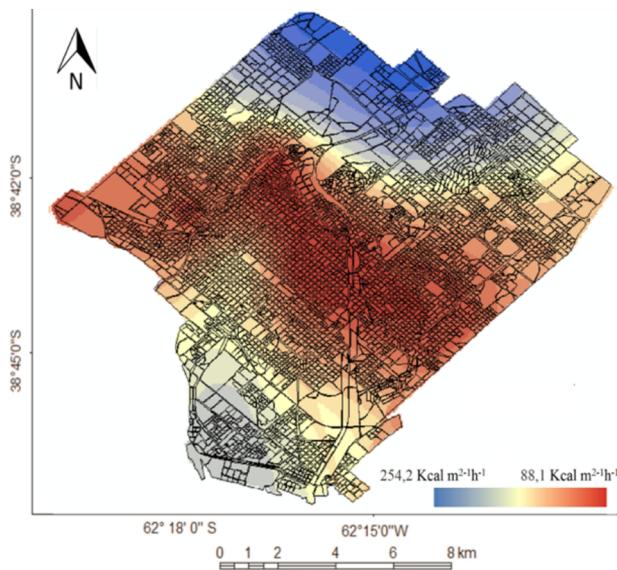
respectivamente. Patagonia 12, Cooperación II 11 y CONICET 10 días. Las estaciones con menor cantidad de días de des confort en enero fueron Noroeste con 8 e Ing. White con 3.

Al analizar la distribución espacial del índice Termo-anemométrico (P) se observó que el mayor des confort se extendió desde el oeste hasta el este de la ciudad, pasando por el centro. La zona costera presentó la situación intermedia, y la periferia del norte y noreste la más confortable (véase Figura 4). El menor valor (es decir, la zona con mayor des confort) se presentó en la estación localizada en el centro (88,1 Kcal m⁻² h⁻¹) y el mayor en CONICET (254,2 Kcal m⁻² h⁻¹). Al analizar la variación espacial del P en el mes de enero, se encontró un patrón similar al observado en la distribución estacional. Los menores valores se localizaron en el centro, extendiéndose hacia el este y oeste. La zona costera presentó los valores intermedios y el norte los máximos. El mayor valor fue 264 Kcal m⁻² h⁻¹ en CONICET y el menor 110 Kcal m⁻² h⁻¹ en Villa Floresta. Esta situación también se presentó en febrero. En dicho mes el mayor valor medio fue 225 Kcal m⁻² h⁻¹ en CONICET y el mínimo 51 Kcal m⁻² h⁻¹ en Villa Mitre.

El índice Termo-higrométrico (THI) mostró un centro cálido, junto con el este, centro-noreste y oeste. Los valores intermedios se localizaron en el noreste, y los menores en la periferia del norte y sur. El mayor valor fue de 29,8°C registrado en Villa Floresta y el menor fue de 24,9°C correspondiente a Ing. White (véase Figura 5). Cuando se comparan las áreas de sensación de confort generadas por los diferentes índices se observan que son similares.

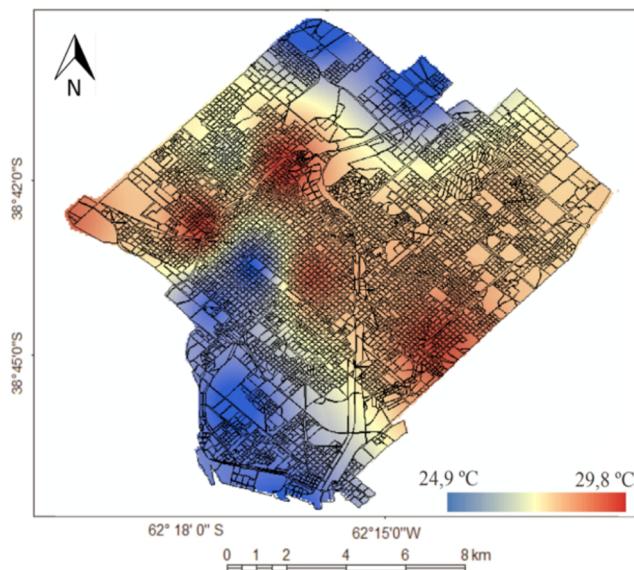
Las condiciones son diferentes si se analizan los resultados de los índices en forma mensual. En el mes de enero se observó una distribución espacial similar a la del verano. El centro, centro-este, centro-noroeste y oeste de la ciudad presentaron mayor des confort, mientras que en la zona norte y noreste el índice presentó situaciones intermedias, alcanzando las zonas más confortables

Figura 4. Distribución espacial del índice Termo-anemométrico (P) medio en el verano de 2014 en Bahía Blanca



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Índice Termo-higrométrico (THI) medio en el verano de 2014 en Bahía Blanca



Fuente: elaboración propia.

en el sur de la ciudad. El valor medio más elevado correspondió a Bella Vista y centro (29,6°C), seguido de Villa Floresta (29,4°C) y Villa Mitre (29°C). El menor valor fue en Ing. White (25,5°C).

En febrero se observaron los menores registros en el norte, sur y sudoeste de la ciudad. Los máximos se presentaron en el centro, centro-este y centro-oeste. El mayor valor medio se presentó en Villa Floresta (31,2°C), seguido por el centro (30,7°C), UOM (30,6°C), Villa Mitre (30,1°C) y Bella Vista (29,9°C). Los menores se presentaron Ing. White (26,3°C) y CONICET (26,3°C).

El índice Humidex permitió establecer tres áreas con distintas sensaciones de confort estival en la ciudad de Bahía Blanca (véase Tabla 3):

1. Zona de desconfort. Corresponde a la región de Bella Vista. La presencia de un parque grande, sumado a las tasas altas de

precipitación (300 mm anuales por encima del valor medio anual de 645 mm), generaron una humedad relativa elevada. En esta zona, 55,6% de los días de verano fueron confortables, 24,4% presentaron algún desconfort y 20% gran desconfort.

2. Zonas con algún desconfort. Son las zonas urbanas concentradas, residenciales y de la periferia oeste. Corresponden al centro urbano, Villa Mitre, Villa Floresta y UOM. Presentaron situaciones confortables entre el 57,8% y el 60% durante en el verano. En ellas se registraron aproximadamente 40 días de desconfort, de los cuales, entre el 5 y el 15% fueron de gran desconfort.
3. Zonas confortables. Corresponden a los barrios localizados al sudoeste y oeste, caracterizados por construcciones bajas y de tipo residencial, los barrio-parques, la zona costera y la periferia. La integran Patagonia, Noroeste, Ing. White y CONICET. En estas regiones se presentaron situaciones de gran desconfort sólo en el 3,3% de los días y la presencia de confort superó el 75%.

El THI identificó a Villa Floresta, UOM, Bella Vista y Villa Mitre como las zonas más desconfortables con un 56,6%, 50%, 46,7% y 41,1% de los días de verano desconfortables, respectivamente. Un segundo grupo lo representaron el centro, Patagonia y Cooperación II con un 30% y 40% de días con desconfort. Finalmente, las regiones confortables, que presentaron menos del 20% de los días con desconfort, fueron Ing. White y CONICET (véase Tabla 3).

Según el índice P también se observaron tres áreas bien diferenciadas. Las zonas densamente edificadas presentaron la mayor cantidad de días con gran desconfort y con algún desconfort. En ellas los días con confort óptimo fueron mínimos, como es el caso del centro urbano, Villa Mitre y UOM (1,1% de días con confort). Otro comportamiento se observó en Ing. White, en donde se presentó sólo un día con gran desconfort. Finalmente, CONICET no registró días con gran desconfort, sino que todo el verano tuvo valores positivos superiores a 50 Kcal m⁻²·h⁻¹ (véase Tabla 3).

El número de días con desconfort permitió identificar diferentes sub-áreas urbanas. Si se analizan los resultados estivales del Humidex, las zonas del centro y centro-este de la ciudad tuvieron mayor número de días con desconfort en verano (más de 30 días) y la región costera presentó el menor número de días (dos días). El área que rodea a esta última, junto con el extremo noreste de la ciudad registraron entre 12 y 21 días con desconfort (véase Figura 6, gráfica A). La distribución espacial del número de días con desconfort, de acuerdo con el cálculo del índice THI, permitió identificar tres áreas radio-concéntricas en Bella Vista, Villa Floresta y UOM (siendo las regiones más desconfortable de la ciudad). Según este índice la mayor concentración de días con desconfort se presentó en el centro de la ciudad, y disminuyó hacia la periferia norte y sur (véase Figura 6, gráfica B).

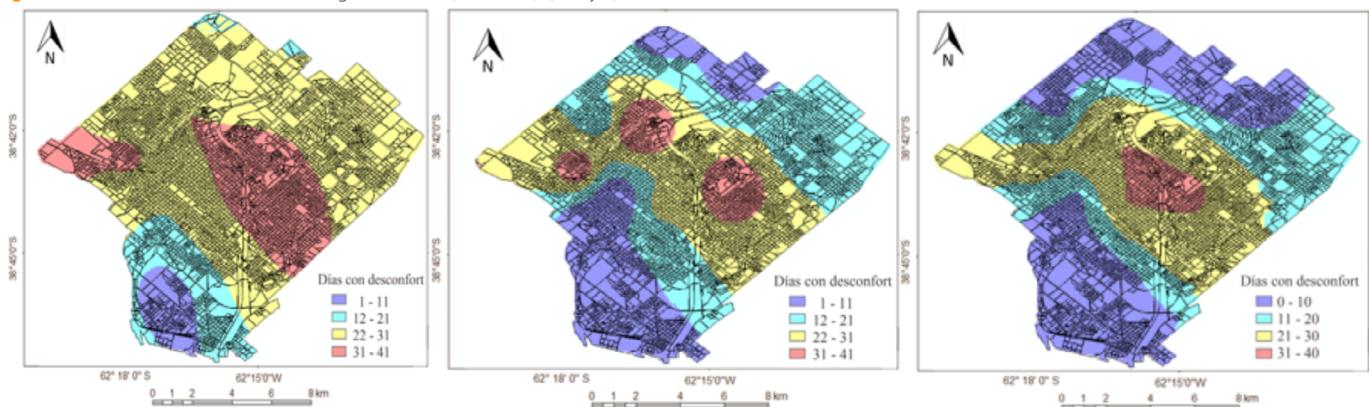
Finalmente, a partir del análisis de los resultados del índice P se estableció que el centro urbano presentó mayor cantidad de días con desconfort. Una segunda región, que se extendió desde el oeste al sudoeste atravesando el centro de la ciudad, tuvo menor número de días con estas características. Hacia el sur y hacia el norte de la ciudad las condiciones de desconfort decrecieron significativamente con menos de 10 días con desconfort (véase Figura 6, gráfica C).

Tabla 3. Número de días de confort y des confort en el verano de 2014 según los índices Humidex (H), Termo-higrométrico (THI) y Termo-anemométrico (P)

Índices	Días con	EP Centro		EP Villa Mitre		EP Bella Vista		EP Villa Floresta		EP Patagonia	
		Días	% del verano	Días	% del verano	Días	% del verano	Días	% del verano	Días	% del verano
H	Confort	55	61,1	54	60,0	50	55,6	52	57,8	69	76,7
	Algún Desconfr	35	39,9	31	34,4	22	24,4	25	27,8	21	23,3
	Gran Desconfo	0	0,0	5	5,6	18	20,0	13	14,4	0	0,0
THI	Confort	55	61,1	53	58,9	48	53,3	39	43,4	58	64,5
	Desconfort	35	38,9	37	41,1	42	46,7	51	56,6	32	35,5
	Confort	1	1,1	1	1,1	3	3,4	3	3,4	4	4,5
P	Algún desconf	56	62,2	62	68,9	55	61,1	53	58,9	69	76,7
	Gran desconfo	33	36,7	27	29,0	32	35,5	34	37,7	17	18,8
Índice		Corporación II		EP Noroeste		EP UOM		EP Ing. White		EP CONICET	
		Días	% del verano	Días	% del verano	Días	% del verano	Días	% del verano	Días	% del verano
H	Confort	69	76,7	70	77,8	54	60	79	87,8	71	79,0
	Algún Desconfr	21	23,3	18	20,0	21	23,4	9	10,0	16	17,7
	Gran Desconfo	0	0,0	2	2,2	15	16,6	2	2,2	3	3,3
THI	Confort	57	63,4	70	77,8	45	50	74	82,3	71	78,9
	Desconfort	33	36,6	20	22,2	45	50	16	17,7	19	21,1
	Confort	3	3,4	3	3,4	1	1,1	6	6,7	27	30
P	Algún desconf	75	83,3	75	83,3	61	67,8	73	92,2	63	70
	Gran desconfo	12	13,3	12	13,3	28	31,1	1	1,1	0	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Número de días con des confort según el índice A) Humidex, B) THI y C) P.



Fuente: elaboración propia.

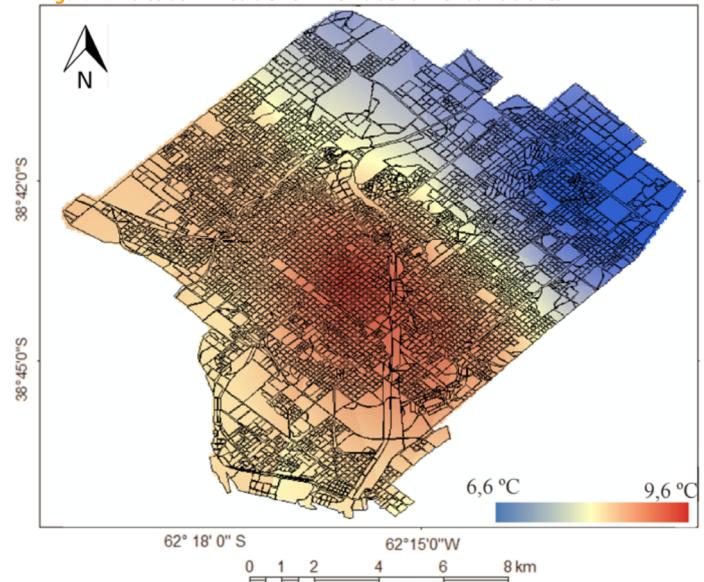
3.2. Confort climático invernal

A partir del estudio del confort invernal utilizando el índice TE se identificó que el centro y centro-este de la ciudad presentaron mayor confort. Las zonas más frías se localizaron en el norte y noreste. El mayor valor de TE se registró en el centro con 9,6°C y el menor en Patagonia con 6,6°C (véase Figura 7).

El mes de junio fue el más cálido del invierno. El este, centro y oeste de la ciudad presentaron los máximos valores (11°C), el centro-este y el sur, los intermedios, mientras que el norte, noreste y noroeste, los mínimos. El centro registró una sensación térmica media mensual de 11°C, Cooperación II 10,8°C, Bella Vista 9,2°C y Villa Mitre 8,6°C. Los valores más bajos correspondieron a CONICET con 5,6°C, Patagonia con 6,2°C, noroeste con 6,9°C e Ing. White con 7,6°C.

El mes de julio fue el más frío. La distribución espacial de la sensación térmica fue similar a la analizada en el mes de junio. La zona más cálida fue el centro con 8,4°C y la más fría fue CONICET con 4,6°C. Durante el mes de agosto se presentó un área cálida de mayor extensión en el oeste, una zona costera con valores intermedios, y la periferia norte y noreste con los menores registros.

Figura 7. Índice de TE medio en el invierno de 2014 en Bahía Blanca

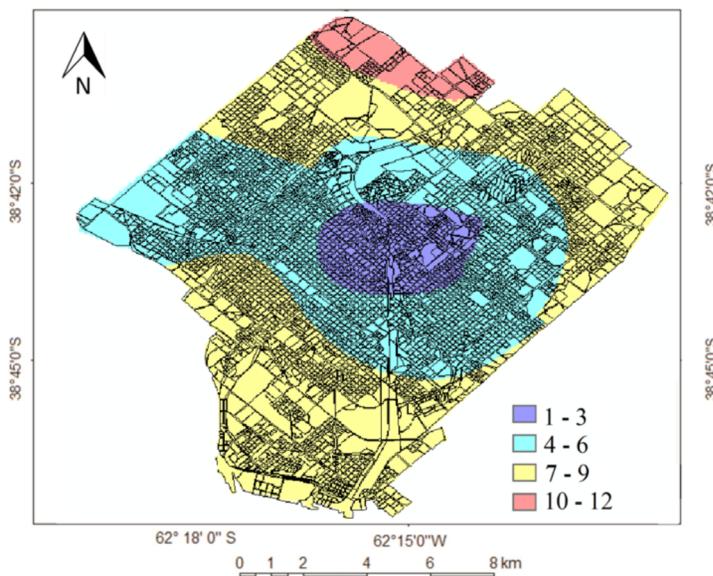


Fuente: elaboración propia.

El factor de enfriamiento por los efectos del viento fue más intenso el día 25 de agosto de 2014 (15,5°C). Durante este día, el oeste de la ciudad fue más cálido y se encontró un gradiente térmico que disminuyó en sentido sudoeste-noreste. Los registros intermedios se presentaron en el centro. En toda la ciudad la temperatura fue inferior a 0°C. El área más cálida fue UOM (-5,6°C) y la más fría fue Bella Vista (-8,5°C).

El número de días con medias diarias inferiores a 0°C fue distinto según la localización y las condiciones del sitio. En el centro de la ciudad hubo un día con temperaturas bajo cero, seguidos por Bella Vista (tres días), Villa Mitre (cuatro días), Cooperación II y OUM (cinco días), Villa Floresta (seis días), Noroeste (siete días) e Ing. White (ocho días). Las regiones del norte y noreste presentaron nueve días (Patagonia) y doce días (CONICET) (véase Figura 8).

Figura 8. Número de días con temperaturas inferiores a 0°C

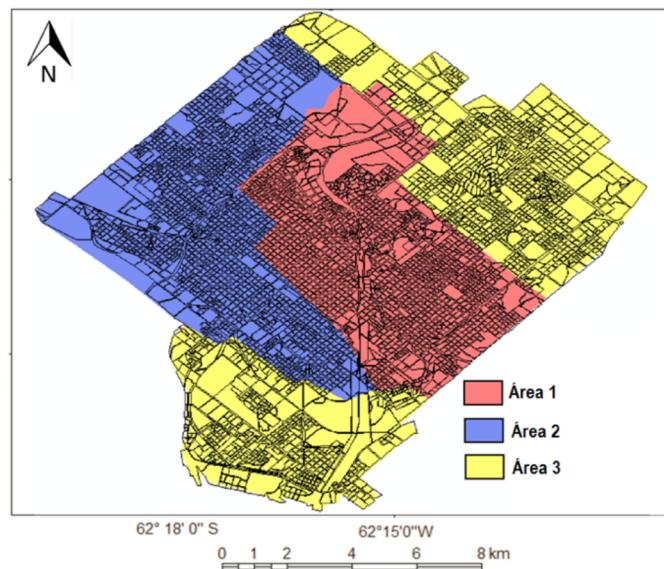


Fuente: elaboración propia.

Los espacios con vegetación urbana, cercanos al mar o menos modificados presentaron situaciones óptimas de confort estival.

El análisis del confort invernal permitió observar las diferencias entre el centro de la ciudad y su periferia. Patagonia e Ing. White se comportaron de manera similar a la periferia norte. El resto de las áreas estudiadas tuvieron un patrón térmico coincidente con el observado en el centro. Del análisis de los índices estivales e invernales se concluye que la ciudad de Bahía Blanca presenta tres zonas con comportamiento de confort similar (véase Figura 9). La delimitación de estas áreas coincide con lo expresado por Stewart y Oke (2012): tienen condiciones climáticas locales y representan una superficie uniforme con estructuras urbanas, densidad edilicia y materiales de construcción que les dan autonomía.

Figura 9. Patrones de comportamiento del confort en Bahía Blanca



Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones y discusión

La expansión urbana de la ciudad de Bahía Blanca (11.000 hectáreas) y su crecimiento poblacional (64.000 habitantes) resaltan la importancia de obtener información climática (Ferrelli, Bustos y Piccolo, 2016), sobre todo al momento de planificar las actividades recreativas en los espacios verdes y al aire libre. En este estudio, los distintos índices calculados permitieron analizar la variación espacial del confort urbano estival e invernal en la ciudad, con lo cual, fue posible identificar zonas según la cantidad de días con desconfort. Los resultados de los índices estivales fueron relativamente similares. En general, la percepción de la población coincidió con los datos obtenidos.

Del análisis estival se consideró que los espacios urbanos con alta densidad de edificaciones, escaso arbolado urbano y menor influencia de los vientos presentaron un comportamiento similar entre sí, con hasta el 40% de los días de verano des confortables.

Área 1. Presentó mayor confort invernal con una sensación térmica de hasta 5°C mayor que en la periferia. Los días con temperatura bajo cero oscilaron entre 1 y 6. Los efectos del viento son modificados por la rugosidad de la superficie debido a la gran densidad de edificios. Durante el verano, se observó entre un 50% y 60% de días con desconfort. Esta área está expuesta a condiciones térmicas extremas por lo que se podría perjudicar la salud de la población (CEPIS, 2000; Confalonieri, et al., 2007; García, 2009). Se englobaron en esta categoría el centro, Villa Mitre y Villa Floresta. En ellas, la población consideró que el aumento de la temperatura fue alto y que hay una escasez de espacios verdes. Esta área es la que requiere de mayor atención para mejorar la calidad bioclimática y, considerando el estudio realizado, es necesario ampliar los espacios recreativos, aumentar y fomentar el diseño de terrazas verdes, reducir las emisiones de gases producto del tránsito vehicular e incrementar el arbolado urbano. En este contexto, se destaca que el aumento de los espacios verdes es fundamental para las ciudades ya que reducen el efecto invernadero local producido como consecuencia de la baja

depuración del aire, y el uso de la energía fósil para la calefacción y el transporte. Además, esos espacios colaboran con la disminución de la contaminación sonora, ya que absorben el ruido de la ciudad (Jiménez, et al., 2014).

Área 2. Son aquellos espacios con predominancia de urbanizaciones de escasa altura y de tipo residencial. Se destaca el ejemplo de Noroeste, donde los valores de sensación térmica tanto en el verano como en el invierno exhibieron mayor similitud con Ing. White (costa) que con el resto de la ciudad. En invierno, las zonas de Cooperación II y UOM presentaron unas condiciones similares a la del centro, pero con menor desconfort. Esta área engloba los barrios Noroeste, Cooperación II y UOM. Se identificaron entre 0 y 30 días con desconfort en verano, y entre 7 y 9 días con temperaturas medias diarias inferiores a 0°C. Los ciudadanos consideraron que la temperatura aumentó, pero no en forma significativa y que los espacios verdes son insuficientes para desarrollar actividades recreativas. La constante demanda de espacios residenciales ha ocasionado que las ciudades se extiendan sobre la periferia, aumentando consigo el área edificada e impermeabilizada. Estas condiciones aumentan la vulnerabilidad térmica de dichos espacios (Tamburri, Wasson y Matsuda, 2002; Vilani y Sánchez, 2013). La Isla de Calor Urbana (ICU), generada como consecuencia de la artificialización del paisaje, provoca la pérdida de la calidad de vida de los habitantes, destacándose como fuente principal el desconfort térmico, el cual puede comprometer la vida de la población y causar enfermedades respiratorias debido a las oscilaciones térmicas diarias que favorecen la concentración de contaminantes. Esta área requiere la mejora de la calidad de los espacios verdes y el aumento de la seguridad en los mismos.

Área 3. Es el caso de los barrio-parques: la periferia norte de la ciudad (CONICET) e Ing. White. Estos espacios tuvieron la mayor confortabilidad durante el verano con más del 70% de los días de confort climático. En esos sectores la población consideró que el estado ambiental es relativamente bueno y que el arbolado urbano es abundante. Debido a la cercanía del estuario, los efectos de la brisa marina provocan temperaturas óptimas de confort. En el invierno se observó en esta área un máximo de 11 días con temperaturas medias diarias bajo cero, lo que podría generar la posibilidad de congelamiento por la superación del límite de resistencia al frío, con peligro de hipotermia (Bustos y Piccolo, 2011). Se incorporaron en esta categoría a Ing. White, CONICET y Patagonia. Los barrio-parques se caracterizan por presentar mucha vegetación, un elemento que reduce las situaciones de desconfort, creando un microclima particular. De igual manera, son espacios que tienen

gran biodiversidad. En esta área las medidas necesarias serían el control de las edificaciones y la concientización social sobre la importancia del arbolado urbano en la mejora de las condiciones bioclimáticas.

Como consecuencia del aumento de la temperatura, las urbes costeras deben reestructurar las actividades turísticas y recreativas constantemente para asegurar su permanencia. En la actualidad, las ciudades están afectadas por la contaminación sonora, la densidad de los edificios en altura, la pérdida de la biodiversidad y la degradación del ambiente. Estas situaciones, junto con el acentuamiento de las industrias urbanas, aumentan la vulnerabilidad de los ciudadanos ante las temperaturas extremas (Kreimer y Munsinghe, 1992). En ese sentido, es destacable la planificación del territorio urbano ya que es una herramienta necesaria para afrontar dicha situación. En este sentido, el confort urbano funciona como un factor limitante para el desarrollo de las ciudades ya que puede exponer a sus habitantes a situaciones de riesgo debido al exceso de calor o al peligro por congelamiento (Cuadrat, et al., 2014).

Es importante destacar que los actores locales (como los gobiernos, las universidades, los ciudadanos, entre otros) junto con los tomadores de decisiones son los encargados de implementar y mantener una propuesta de desarrollo urbano sostenible ya que son quienes habitan en el espacio urbano (Ahern, 2011; Ahern, Cilliers y Niemelä, 2014). Los mismos tienen una participación activa en las políticas de sostenibilidad e implementación (Gray, 1989) así como también en su control y permanencia en el tiempo (Blomgren Bingham, 2006; Wolch, Byrne y Newell, 2014; Reckien, et al., 2014).

Con la expansión urbana y el crecimiento poblacional de las ciudades se hace importante obtener información climática, sobre todo en el momento de planificar las actividades al aire libre. El estudio del confort urbano y la sensación térmica constituyen una herramienta indispensable que podría ayudar al desarrollo y gestión de políticas destinadas a mejorar las condiciones bioclimáticas con el objetivo de beneficiar la calidad de vida de los habitantes, priorizando aquellos grupos etarios vulnerables a situaciones con desconfort. 

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), y al Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur (UNS) por la financiación total del presente trabajo.

Bibliografía

- AHERN, J. (2011). "From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world". *Landscape and Urban Planning*, 100 (4): 341-343.
- AHERN, J., CILLIERS, S. Y NIEMELÄ, J. (2014). "The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: a framework for supporting innovation". *Landscape and Urban Planning*, 125 (2014): 254-259.
- ALIAGA, V. S., FERRELLI, F. Y PICCOLO, M. C. (2017). "Regionalization of climate over the Argentine Pampas". *International Journal of Climatology*, 37 (1): 1237-1247.
- BARTON, E. D., LAVÍN, M. F. Y TRASVIÑA, A. (2009). "Coastal circulation and hydrography in the Gulf of Tehuantepec, Mexico, during winter". *Continental Shelf Research*, 29: 485-500.
- BESANCENOT, J. P. (1991). *Clima y turismo*. Madrid: Masson.
- BLOMGREN BINGHAM, L. (2006). "The new urban governance: processes for engaging citizens and stakeholders". *Review of Policy Research*, 23 (4): 815-826.
- BUSTOS, M. L. et al. (2016). "Estudio preliminar del ajuste entre datos meteorológicos in situ y del Reanálisis (NCEP/NCAR) en distintos ambientes de la provincia de Buenos Aires, Argentina". *Estudios Geográficos*, 280 (LXXVII): 335-343.
- BUSTOS, M. L. Y PICCOLO, M. C. (2011). "Desconfort térmico en verano e invierno para la localidad de Pehuen Co, Argentina". *Nimbus. Revista de Meteorología, Climatología y Paisaje*, 27/28: 63-76.
- CAPELLI DE STEFFENS, A., PICCOLO, M. C. y Campo de Ferrera, A. (2005). *Clima urbano de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: Dunker.
- CEPIS. (2000). "Calor y frío". *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*, 42: 1-62.
- CONFALONIERI, U., et al. (2007). "Human health". En: M. L. Parry, et al. (eds.), *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, pp 391-431. Consultado en: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter8.pdf>
- CUADRAT, J.M. et al. (2014). *El clima del término municipal de Zaragoza en el contexto del cambio global*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1994). "Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos". *Serie Geográfica*, 4: 109-125.
- FERRELLI, F. Y PICCOLO, M. C. (2017). "Uso de mediciones de alta frecuencia para el análisis de eventos meteorológicos urbanos". *Revista Geográfica Digital*, 14: 1-25.
- FERRELLI, F., BUSTOS, M. L. y Piccolo, M. C. (2017). "Variabilidad climática y sus efectos: aportes para el ordenamiento territorial de la costa norte del estuario de Bahía Blanca (Argentina)". *Revista Universitaria de Geografía*, 26 (1): 79-96.
- FERRELLI, F., BUSTOS, M. L. Y PICCOLO, M. C. (2016). "La expansión urbana y sus impactos sobre el clima y la sociedad de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina". *Estudios Geográficos*, 281: 469-489.
- FERRELLI, F., VITALE, A. J. Y PICCOLO M. C. (2015). "Application of open source electronics for studying High Frequency Urban Heat Island". *Anuario do Instituto de Geociencias*, 38 (2): 70-80.
- FRANCO SILVA, F. J. Y PÉREZ SALAZAR, L. M. (2008). "Producción de ciudad, cotidianidad y culturas populares: una revisión preliminar". *Investigación y Desarrollo*, 16: 58-81.
- GARCÍA, M. C. (2009). *El clima urbano costero de la zona atlántica comprendida entre 37° 40' y 38° 50'S y 57 y 59° W. Bahía Blanca*: Universidad Nacional del Sur, tesis para optar al título de Doctor en Geografía.
- GHARAGOZLO, A. R. (2015). "A survey of Tehran metro-polis strategies as a creative city of Iran". *Journal of Geography and Regional Planning*, 6: 149-158.
- GRAY, B. (1989). *Collaborating: finding common ground for multiparty problems*. San Francisco: Jossey-Bass.
- HUAMANTINCO CISNEROS, M. A. y PICCOLO, M. C. (2010). "Índices de confort aplicados al balneario Monte Hermoso, Argentina". *Investigaciones Geográficas*, 52: 201-214.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSO. (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. Consultado en: http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135
- JENDRITZKY, G. (1991). "Selected questions of topical interest in human bioclimatology". *International Journal of Biometeorology*, 35: 139-150.
- JIMÉNEZ, V., et al. (2014). *Terrazas verdes, tendencias en Bogotá*. Consultado en: <http://repository.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/851/TERRAZAS%20VERDES.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- KOLOKOTS, D., PSOMAS, A. Y KARAPIDAKIS, E. (2009). "Urban heat island in southern Europe: the case study of Hania, Crete". *Solar Energy*, 83: 1871-1883.
- KREIMER, A. Y MUNASINGHE, M. (1992). *Environmental management and urban vulnerability*. Washington: The World Bank.
- MARTIN VIDÉ, J. (1990). "La percepción del clima en las ciudades". *Revista de Geografía*, XXIV: 27-33.
- OLTRA-CARRIÓN, R. et al. (2009). "Cambio climático: percepciones y discursos públicos". *Revista de Ciencias Sociales*, 2: 1-23.
- OWOEYE, J. O. Y OGUNLEYE, O. S. (2015). "Urban development and land use changes around the Ekiti State University (EKSU), Ado-Ekiti Nigeria". *Journal of Geography and Regional Planning*, 8: 111-119.
- PICONE, N. y CAMPO A. M. (2016). "Análisis del confort climático en la ciudad de Tandil, Argentina". *Revista Geográfica Venezolana*, 57: 110-123.
- QUAYLE, R. G. Y STEADMAN, R. G. (1998). "The Steadman wind chill: an improvement over present scales". *Weather and Forecasting*, 13 (4): 1187-1193.
- RECKIEN, D., et al. (2014). "Climate change responses in Europe: what's the reality? Analysis of adaptation and mitigation plans from 200 urban areas in 11 countries". *Climatic Change*, 122: 331-340.
- SIPLE, P. A. Y PASSEL, C. F. (1945). "Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures". *American Philosophical Society*, 89 (1): 177-199.
- STEWART, I. D. y OKE, T. R. (2012). "Local climate zones for urban temperature studies". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93 (12): 1879-1900.
- TAMBURRI, M. N., WASSON, K. Y MATSUDA, M. (2002). "Ballast water deoxygenation can prevent aquatic introductions while reducing ship corrosion". *Biological Conservation*, 103 (3): 331-341.
- THOM, E. C. (1959). "The Discomfort Index". *Weatherwise*, 12: 57-60.
- VILANI, M. Y SÁNCHEZ, L. (2013). "Análise de Fourier e Wavelets aplicada à temperatura do ar em diferentes tipologias de ocupação". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17 (12): 1340-1346.
- Weather Service of Environment Canada. (2001). Consultado en: weather.gc.ca
- WENG, Q., LU, D. Y SHUBRING, J. (2004). "Estimation of land surface temperature - vegetation abundance relationship for urban heat island studies". *Remote Sensing of Environment*, 89: 467-483.
- WOLCH, J. R., BYRNE, J. Y NEWELL, J. P. (2014). "Urban green space, public health, and environmental justice: the challenge of making cities 'just green enough'". *Landscape and Urban Planning*, 125 (2014): 234-244.