

# ESCENARIOS COMPARATIVOS DEL CONFORT TÉRMICO EN TRES CIUDADES DEL NOROESTE DE MÉXICO BAJO CONDICIONES ACTUALES Y DE CAMBIO CLIMÁTICO

O. Rafael GARCÍA CUETO<sup>1</sup>, Néstor SANTILLÁN SOTO<sup>1</sup>, Adalberto TEJEDA MARTÍNEZ<sup>2</sup>, Sara OJEDA BENÍTEZ<sup>1</sup>, Gonzalo BOJÓRQUEZ MORALES<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, México*

[rafaelcueto@uabc.mx](mailto:rafaelcueto@uabc.mx)

<sup>2</sup> *Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana, México*

<sup>3</sup> *Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Baja California, México*

## RESUMEN

Se presentan escenarios del confort térmico en tres ciudades del noroeste de México con la aplicación de la temperatura efectiva; esos escenarios son construidos a partir de resultados obtenidos con un modelo estadístico de reducción de escala para dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, el A2 y el B2 con el modelo HadCM3, para los 2020s y 2050s; también se utilizan resultados regionales de un modelo de circulación general para el caso de que se duplique la concentración de CO<sub>2</sub>. Se encontró una respuesta diferenciada para lograr el confort en cada ciudad analizada: en Mexicali se requerirán más sistemas de enfriamiento, comparado con el panorama actual; en Tijuana se vivirá una situación sin precedente al requerir esos sistemas de enfriamiento a mediados de este siglo, mientras que en Ensenada seguirá gozando de confort en la época cálida. Las necesidades de calefacción disminuirán, pero el impacto del cambio climático será rebasado por el incremento de la población.

**Palabras clave:** Bioclima Humano, Confort Térmico, Temperatura Efectiva, Escenarios Climáticos, Noroeste de México

## ABSTRACT

With the application of effective temperature as bioclimatic index, scenarios of thermal comfort in three cities of northwest of Mexico: Mexicali, Tijuana and Ensenada are presented. These scenarios are constructed from results obtained by a statistical downscaling model for two greenhouse-gas emissions scenarios, A2 and B2, with HadCM3 model, for 2020s and 2050s decades. Also, results of regional predictions of a general circulation model for doubled CO<sub>2</sub> concentration are utilized. A response differentiated to achieve the comfort in every city is founded. In Mexicali more cooling systems will be needed, compared with actual panorama; in Tijuana a situation without precedent in the middle of this century will be lived on having needed cooling systems, whereas in Ensenada will continue enjoying comfort in the hot time. The needs of heating will diminish, but the impact of climate change will be exceeded by the increase of the population.

**Key words:** Human Bioclimate, Thermal Comfort, Effective Temperature, Climate Scenarios, Mexico Northwest

## 1. INTRODUCCIÓN

Un ambiente térmico inadecuado puede ser causa de disminución en los rendimientos físico y mental, y por tanto de la productividad. La norma ISO 7730 (2005), define el confort térmico humano como aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico; expresado en otros términos, se puede definir como la satisfacción psico-fisiológica del ser humano con respecto a las condiciones climáticas del entorno (AULICIEMS, 1994). Las principales variables que intervienen en el confort térmico son la temperatura del aire, temperatura radiante, humedad relativa, velocidad del viento, actividad y ropaje (ASHRAE 55, 2004). Aunado a otros factores (DE DEAR, *et al.*, 1998) como la aclimatación y psicológicos, tales como expectativa, experiencia y conducta (NIKOLOPOULOU Y STEEMERS, 2003) hacen que su evaluación no sea un problema trivial. Algunos de esos modelos, basados en el balance de energía, son altamente demandantes de información, por lo que no siempre es posible su aplicación. Para tener un acercamiento a la solución de ese problema se recurre a diversos índices de confort térmicos ó bioclimáticos con los que se intenta evaluar el efecto combinado de factores ambientales sobre las respuestas fisiológicas y sensoriales del cuerpo y expresar cualquier combinación de ellas en términos de un parámetro simple (GIVONI, 1976). Estos índices se comparan contra una escala de sensaciones, las cuales se pueden caracterizar mediante la utilización de balances energéticos (enfoque biofísico), o bien mediante el cálculo de índices de confort o diagramas de confort (enfoque bioclimático).

Diversos autores han evaluado el confort térmico en muchas partes del mundo (para una revisión ver EPSTEIN y MORAN, 2006), mientras que las condiciones de confort térmico para el noroeste del país han sido estudiadas por JÁUREGUI *et al.* (1997), TEJEDA-MARTÍNEZ y GARCÍA-CUETO (2002) y GARCÍA-CUETO *et al.* (2009). Por otra parte, las proyecciones de las temperaturas del aire en superficie y de eventos extremos como las ondas cálidas se incrementarán sensiblemente en este siglo por efecto del cambio climático global (IPCC, 2007), impactando las condiciones bioclimáticas de los seres humanos. El efecto de altas temperaturas es un tema de salud pública que ocasiona altas tasas de morbilidad y mortalidad (BASU y SAMET, 2002) que pueden exacerbarse sobre todo para las personas que viven en zonas urbanas ya que al incremento térmico producido por el cambio climático se le debe sumar el efecto de la isla urbana de calor. Las expectativas del cambio climático para un país como México, de acuerdo a estimaciones realizadas por modelos de circulación general y modelos regionales, es que en general se espera un incremento de las temperaturas conforme se ascienda en latitud. Eso indica que para ciudades ubicadas hacia el norte del país podrían ser más impactadas que las ubicadas en el centro y sur. Los trabajos realizados por TEJEDA y RIVAS (2001), JÁUREGUI y TEJEDA (2001), TEJEDA y RIVAS (2003) son un ejemplo de escenarios del bioclima humano ante condiciones de una duplicación del CO<sub>2</sub> atmosférico en ciudades del centro y sur de México. Sin embargo, para ciudades del noroeste de la República Mexicana, en donde por su latitud podrían ser mayormente impactadas por el cambio climático, no se han realizado esas evaluaciones. Así que el objetivo de este estudio es el de evaluar, para tres ciudades del noroeste de México, el confort térmico actual y compararlo con escenarios para los 2020s y 2050s mediante la temperatura efectiva. Por su ubicación, en colindancia con California, USA, las ciudades más pobladas y de mayor importancia económica en el estado de Baja California son Mexicali, Tijuana y Ensenada; estas cualidades, la diferenciación de sus climas y la prospectiva de que el cambio climático impactará fuertemente a esta zona del país fueron la motivación para estudiar el bioclima humano de esas ciudades.

## 2. EL CLIMA REGIONAL Y TERMO-PLUVIOMETRÍA DE LAS CIUDADES

El estado de Baja California, México, presenta tres regiones climáticas: la primera, al noroeste, con un clima mediterráneo, temperaturas templadas la mayor parte del año y lluvias en invierno; la segunda en la parte oriental, con un clima extremo semiárido y lluvias escasas la mayor parte del año, y la tercera en las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir, que divide a las dos anteriores, y que ocasiona que en las cimas y mesetas altas se presenten climas templados y semifríos, ambos subhúmedos (fig. 1).

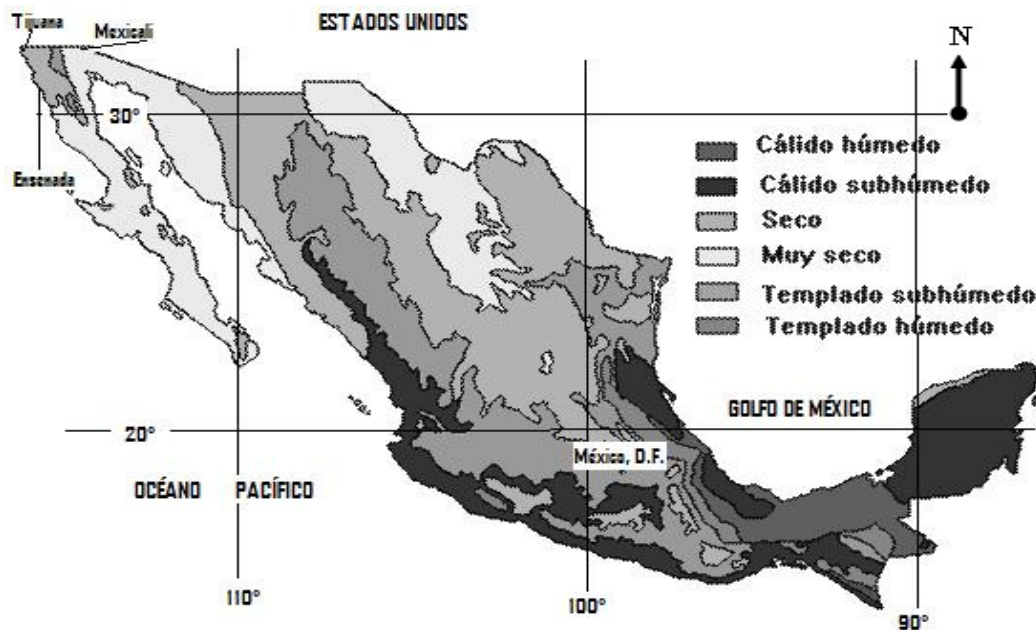


Fig. 1 Climas de México y ubicación de ciudades de estudio

Por su ubicación, Mexicali presenta condiciones térmicas más adversas, desde mediados de la primavera hasta mediados del otoño, que las ciudades de Tijuana y Ensenada, lo que puede verse en el patrón mensual de las temperaturas máximas medias (figura 2). De hecho en Mexicali se han presentado defunciones por las ondas cálidas que se presentan en el verano (GARCÍA-CUETO *et. al.*, 2009). La temperatura media anual para Mexicali, Tijuana y Ensenada es de 22.2°C, 17.6°C y 17.1°C, respectivamente, pero la oscilación térmica anual – diferencia entre las temperaturas medias de los meses más cálido y más frío- es amplia, sobre todo para Mexicali (20.4°C); en Tijuana y Ensenada es de 9.9°C y 8.4°C, respectivamente (fig. 3). El rango –que se refiere a la diferencia de valores entre la temperatura máxima media mensual más grande y la temperatura mínima media mensual más baja- es de 36.3°C, 22.2°C y 18.5°C, para Mexicali, Tijuana y Ensenada, respectivamente. Esto ocasiona que el confort térmico actual en las ciudades sea diferente, pues mientras en la ciudad de Mexicali se deben utilizar sistemas activos de enfriamiento para lograr comodidad ambiental desde los meses de mayo hasta octubre, en las ciudades de Tijuana y Ensenada, aún es posible alcanzar ese confort con un adecuado diseño bioclimático pasivo. Con respecto a la precipitación, la ciudad de Mexicali, que es una de las más áridas del país, recibe solamente un total anual de 77.2 mm. En contraste, Tijuana y Ensenada, reciben un total en el año de 232.1 mm y 267.7 mm, respectivamente. Las precipitaciones más abundantes ocurren de diciembre a marzo. Los meses más secos son de mayo a julio.

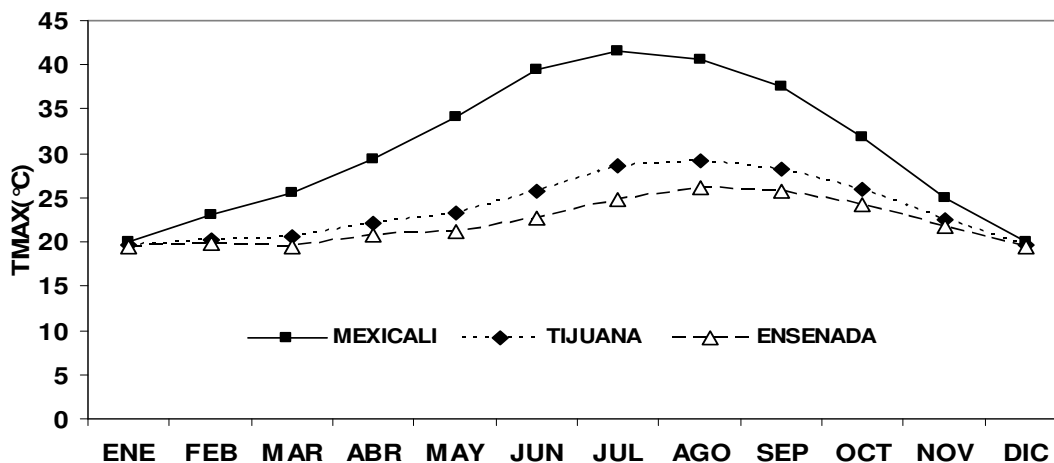


Fig. 2 Contraste de temperaturas máximas entre Mexicali, Tijuana y Ensenada

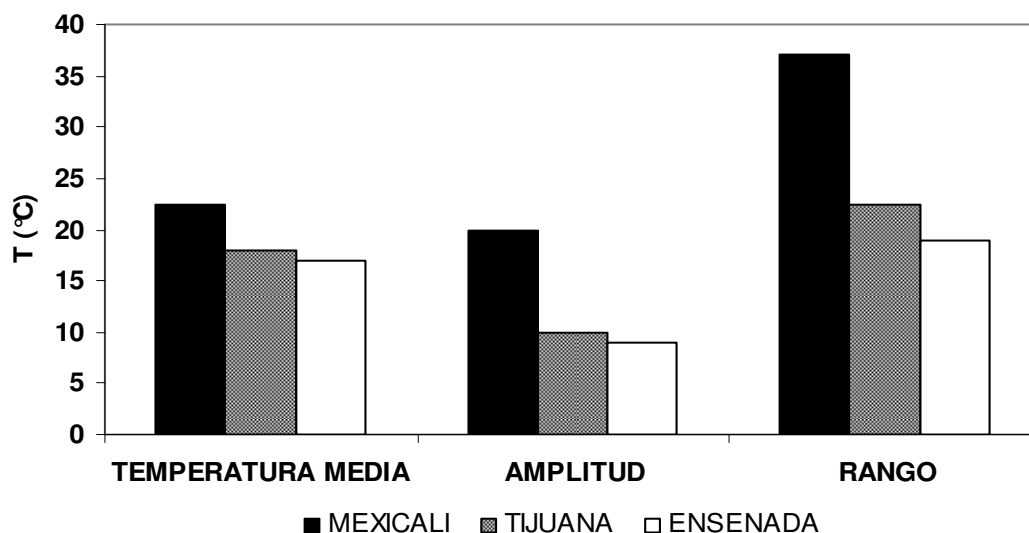


Fig. 3: Comparativo anual de temperatura media, amplitud térmica y rango entre Mexicali, Tijuana y Ensenada

### 3. LOS DATOS

Se utilizaron los registros mensuales de temperatura máxima, mínima y media de las estaciones climatológicas de Mexicali, Tijuana y Ensenada para el período base 1961-1990. En ninguna estación se dispuso de humedad relativa, por lo que hubo que estimarla a partir del método descrito en la siguiente sección. Los escenarios climáticos futuros de temperatura mínima y máxima para las décadas 2020 y 2050 se generaron con un modelo estadístico de reducción de escala, el SDSM (Statistical Downscaling Model) con dos escenarios de emisiones, el A2 y el B2; el modelo utilizado fue el HadCM3. Adicionalmente, se tomaron los resultados de los escenarios regionales para México derivados de las salidas del modelo CCCM (MAGAÑA *et. al.*, 2000) para el caso de condiciones de duplicación en la concentración de CO<sub>2</sub>; dado que se espera esto ocurra hacia la segunda mitad del siglo XXI (TEJEDA Y RIVAS, 2003), se realizó una comparación con las condiciones de confort térmico estimadas con los valores encontrados con el SDSM para la década de los 2050s.

La población de 1990 y del 2000, así como su proyección al 2030 de cada ciudad, se tomó del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2005). Con esa información se estimó el número de habitantes que se tendrían en cada una las ciudades hacia el año 2050.

#### 4. MÉTODO

Se aplica la Temperatura Efectiva (TE), índice de respuesta térmica para individuos sedentarios, sanos, a la sombra, vestidos con ropa de trabajo, que se define como la temperatura del aire en calma que da la misma sensación térmica que las condiciones ambientales si la humedad relativa fuera del 100%. El uso de este índice tiene la ventaja, respecto a otros índices en los que se pretende simular las condiciones físicas y fisiológicas en la sensación de confort, de depender sólo de datos de temperatura y humedad relativa. La primera se puede obtener de los modelos de cambio climático, y para el caso de humedad relativa en condiciones de aumento de CO<sub>2</sub> se utiliza el método de parametrización propuesto por TEJEDA y RIVAS (2001). La ecuación de TE propuesta por MISSENARD (1937) es:

$$TE = T - 0.4*(T-10)*(1- HR/100) \quad (1)$$

donde T es la temperatura de bulbo seco (°C) y HR es la humedad relativa (%). En un estudio realizado por JÁUREGUI et al. (1997) mostraron que cuando en un índice complejo, como el PMV, se parametrizan algunas de las variables, ese índice adquiere la misma sensibilidad y utilidad que un índice sencillo. Por esa razón, las evaluaciones bioclimáticas basadas en datos de temperatura y humedad aún se utilizan, sobre todo si información como radiación solar, temperatura radiante o velocidad de viento no está disponible.

##### 4.1. Estimación de la humedad relativa actual (1961-1990)

Para estimar la TE se requieren valores medios mensuales de temperatura y humedad relativa. En las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada no se contó con el registro de la humedad relativa media mensual por lo que se tuvo que estimar.

Para el período 1961-1990 se calculó la presión de vapor  $e$  (hpa) promedio mensual mediante una ecuación de regresión polinomial de quinto grado:

$$e = a_0 + \sum_{i=1}^5 a_i (T \text{ min})^i$$

con  $a_0=7.5$ ,  $a_1=8.5 \times 10^{-2}$ ,  $a_2=3.7 \times 10^{-2}$ ,  $a_3=-1.7 \times 10^{-3}$ ,  $a_4=1.9 \times 10^{-4}$ ,  $a_5=-5.0 \times 10^{-6}$ ; Tmin es el promedio mensual de temperatura mínima en grados celsius. El error estándar de estimación es de 3.1 hPa y el coeficiente de correlación lineal de 0.91.

La presión de vapor de saturación  $e_s$  (en Hpa) se calculó con la siguiente ecuación:

$$e_s = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i T^i$$

con  $b_0=6.115$ ,  $b_1=0.42915$ ,  $b_2=1.4206 \times 10^{-2}$ ,  $b_3=3.046 \times 10^{-4}$ ,  $b_4=3.2 \times 10^{-6}$ . T es la temperatura del aire en grados centígrados.

La humedad relativa se calculó de acuerdo a:

$$HR = \frac{e}{e_s}$$

Realizado lo anterior se simularon datos horarios de temperatura y humedad relativa.

#### 4.2. Estimación del confort humano 1961-1990

Se estimó la TE horaria media mensual con la expresión (1). Posteriormente se calcularon los promedios estacionales de la TE horaria ( $TE_{est}$ ). Estos valores se utilizaron para estimar la TE preferente estacional ( $TE_p$ ) de acuerdo a la relación propuesta por AULICIEMS (1994):

$$TE_p = 17.6 + 0.31*(TE_{est})$$

Finalmente la zona de confort se definió como:

$$ZC = TE_p \pm 2^\circ C$$

De acuerdo a la relación anterior se definieron tres categorías de sensaciones térmicas: cálidas, confort y frías. Esas sensaciones se obtuvieron mediante:

$TE > (TE_p + 2)$	Cálido
$(TE_p - 2) \leq TE \leq (TE_p + 2)$	Confort
$TE < (TE_p - 2)$	Frío

Se realizó el cálculo de Horas Grado Frío (HGF) y Horas Grado Calor (HGC), que se refieren a la suma de grados celsius que hay que disminuir (HGF) o incrementar (HGC) a la temperatura efectiva horaria en un día promedio para alcanzar el confort, considerando que este se alcanza en un intervalo de  $2^\circ C$  alrededor de la  $TE_p$ :

$$HGF = \sum (TE_p - TE_{hor}) \quad \text{si} \quad TE < (TE_p - 2^\circ C)$$
$$HGC = \sum (TE_p - TE_{hor}) \quad \text{si} \quad TE > (TE_p + 2^\circ C)$$

#### 4.3. Necesidades de energía para climatización

Para obtener las necesidades de enfriamiento (NE) y las necesidades de calefacción (NC) en las ciudades seleccionadas se requirió conocer el número de habitantes, es decir, la población total para tres períodos: 1990, 2030 y 2050, que en la relación siguiente se refiere a AÑO-X:

$$NE = HGF * Población_{AÑO-X}$$
$$NC = HGC * Población_{AÑO-X}$$

Para la población de 2030 se tomó el estimado por CONAPO (2005); el de 2050 se estimó considerándose que la población continuaría incrementándose al mismo ritmo del 2030, es decir, linealmente.

#### 4.4. Escenario de condiciones climáticas para los 2020s y 2050s

Para cuantificar la temperatura en escenarios climáticos futuros se utilizó el modelo estadístico de reducción de escala SDSM (WILBY y DAWSON, 2007) con dos escenarios de emisiones contrastantes, el A2 y el B2, para las décadas 2020s y 2050s. El escenario A2 supone que el desarrollo económico está orientado regionalmente, la población mundial en continuo crecimiento, y el cambio tecnológico más fragmentado que en otros escenarios. En comparación el escenario B2 describe un mundo en el que predominan las soluciones locales para la economía, la sociedad y el ambiente sustentable; la población también aumenta progresivamente pero a un ritmo menor que en A2. También se consideró un escenario de duplicación de concentración de  $CO_2$ , el cual se considera puede ocurrir a mediados de este siglo. Se utilizaron resultados de Magaña *et al.* (2000) a partir del modelo CCCM. Los

incrementos medios regionalizados de temperatura media mensual en grados celsius para las décadas 2020 y 2050 de las tres ciudades, se presentan en las tablas 1, 2 y 3.

Con esos valores se obtuvieron estimaciones horarias de temperatura y humedad relativa para los escenarios 2020 y 2050 con el método ya descrito, para posteriormente estimar el confort térmico con la temperatura efectiva y las necesidades de calefacción y enfriamiento, utilizando los estimadores de población para cada ciudad analizada.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2020s												
A2	0.7	0.6	1.0	0.7	2.0	1.3	0.8	1.6	2.6	1.8	0.4	0.4
B2	0.8	0.6	1.1	0.8	2.0	1.7	1.5	2.0	2.5	2.2	0.9	0.5
2050s												
A2	1.2	1.3	1.9	1.6	2.8	2.1	2.3	3.0	3.5	3.1	1.2	1.0
B2	1.0	0.9	1.6	1.5	2.8	2.2	2.2	3.1	3.9	3.4	1.1	0.8
2CO <sub>2</sub>	2.2	2.8	3.1	3.2	3.3	2.5	3.3	2.9	2.6	3.4	2.9	2.4

Tabla 1: INCREMENTOS DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN MEXICALI, B.C., MÉXICO, DE ACUERDO A LOS ESCENARIOS A2, B2 Y DUPLICACION DE CO<sub>2</sub>

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2020s												
A2	0.0	0.5	0.7	0.5	1.2	0.3	0.0	0.4	0.0	0.7	0.1	0.1
B2	0.1	0.5	0.8	0.7	1.3	0.4	0.4	0.7	0.4	0.8	-0.1	0.2
2050s												
A2	0.6	0.9	1.3	1.6	1.5	1.0	1.6	1.2	0.8	1.2	0.4	0.6
B2	0.4	0.7	1.1	1.1	1.6	0.7	0.9	1.3	0.9	1.3	0.4	0.3
2CO <sub>2</sub>	2.2	2.8	3.1	3.2	3.3	2.5	3.3	2.9	2.6	3.4	2.9	2.4

Tabla 2: INCREMENTOS DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN TIJUANA, B.C., MÉXICO, DE ACUERDO A LOS ESCENARIOS A2, B2 Y DUPLICACION DE CO<sub>2</sub>

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2020s												
A2	-0.3	0.3	0.1	0.2	0.4	-0.2	-0.3	-0.2	0.1	0.2	-0.4	-0.1
B2	-0.2	0.3	0.1	0.2	0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.3	-0.4	0.0
2050s												
A2	-0.1	0.5	0.4	0.6	0.7	0.1	0.3	0.5	0.4	0.5	-0.1	0.3
B2	-0.1	0.4	0.3	0.5	0.5	0.0	0.2	0.6	0.6	0.7	-0.1	0.2
2CO <sub>2</sub>	2.2	2.8	3.1	3.2	3.3	2.5	3.3	2.9	2.6	3.4	2.9	2.4

Tabla 3: INCREMENTOS DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN ENSENADA, B.C., MÉXICO, DE ACUERDO A LOS ESCENARIOS A2, B2 Y DUPLICACION DE CO<sub>2</sub>

## 5. RESULTADOS

La figura 4 muestra que para los 2020s, con ambos escenarios de emisiones, A2 y B2, solamente la ciudad de Mexicali, que actualmente usa sistemas de enfriamiento para lograr el

confort térmico, necesitaría incrementar su uso; las ciudades de Tijuana y Ensenada aún no requerirían de ningún sistema mecánico para enfriar sus espacios. El incremento poblacional indica que para los 2020s se requeriría más del doble de energía en Mexicali, respecto a los 1990s, para estar en confort (fig. 5).

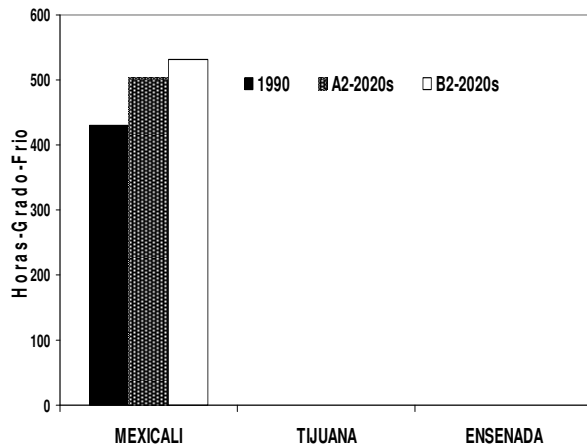


Fig. 4: Necesidades anuales de enfriamiento (2020s)

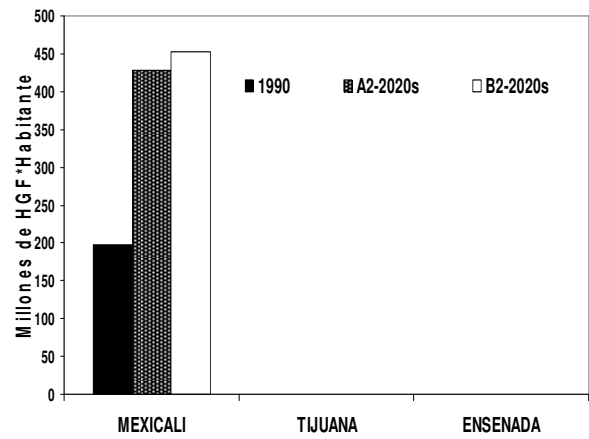


Fig. 5: Necesidades anuales de enfriamiento con el incremento de población (2020s)

Las necesidades de calefacción se reducirían en Mexicali y Tijuana para los 2020s, con ambos escenarios, pero para Ensenada no se prevé ningún cambio (fig. 6); sin embargo, el ahorro energético por reducción en la calefacción es superado por el incremento poblacional (fig. 7).

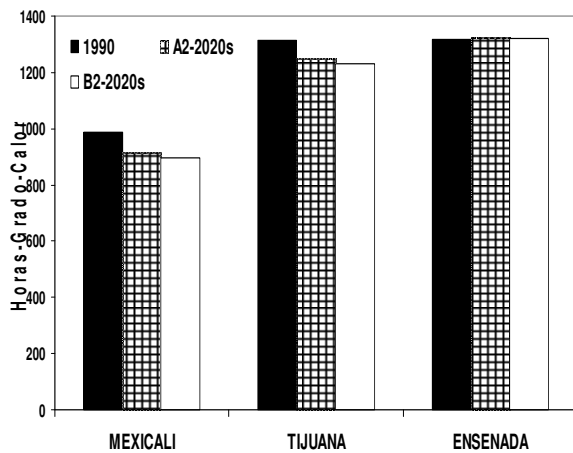


Fig. 6: Necesidades anuales de calefacción (2020s)

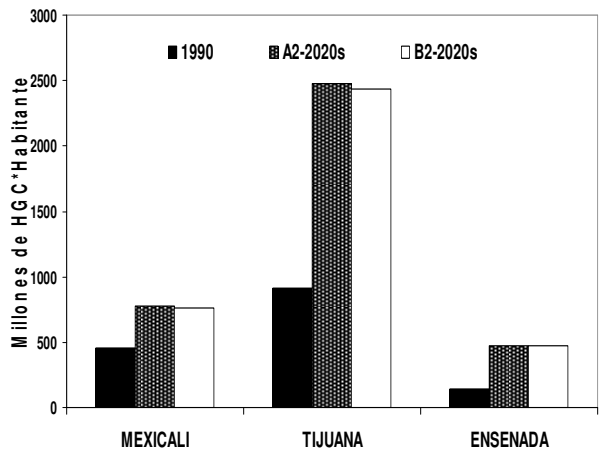


Fig. 7: Necesidades anuales de calefacción con el incremento de población (2020s)

Para los 2050s, comparado a los 2020s, la ciudad de Mexicali, debe incrementar aún más sus sistemas de enfriamiento, y la ciudad de Tijuana estaría viviendo una situación cálida sin precedentes (fig. 8). Una situación extrema viviría Mexicali al tomar en cuenta el incremento poblacional como puede verse en la figura 9; la ciudad de Tijuana, bajo una duplicación de CO<sub>2</sub> y una tendencia poblacional igual a la de los 2020s, estaría en una situación parecida en cuanto a necesidades de enfriamiento, a la que tuvo Mexicali en los 1990s. El escenario menos pesimista para Tijuana es el A2.



En cuanto a las necesidades de calefacción para los 2050s (fig. 10), en todas las ciudades se verían reducidas, aún más con una duplicación de CO<sub>2</sub>. Sin embargo con el incremento de población esta reducción se ve opacada, como puede verse en la figura 11.

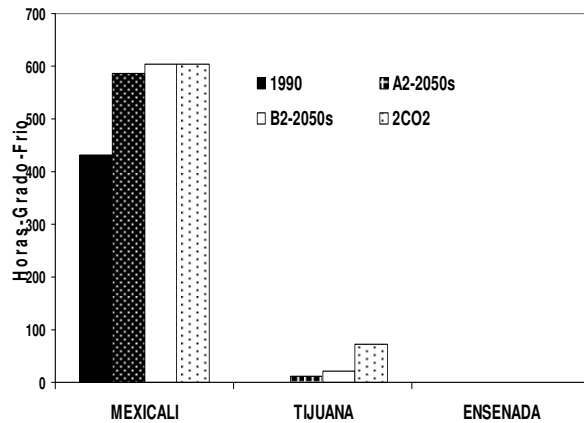


Fig. 8: Necesidades anuales de enfriamiento (2050s)

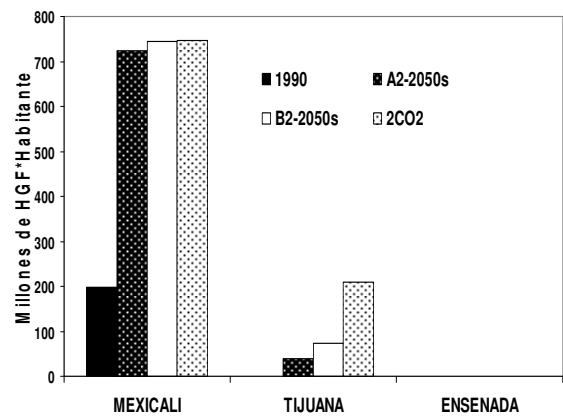


Fig. 9: Necesidades anuales de enfriamiento con el incremento de población (2050)

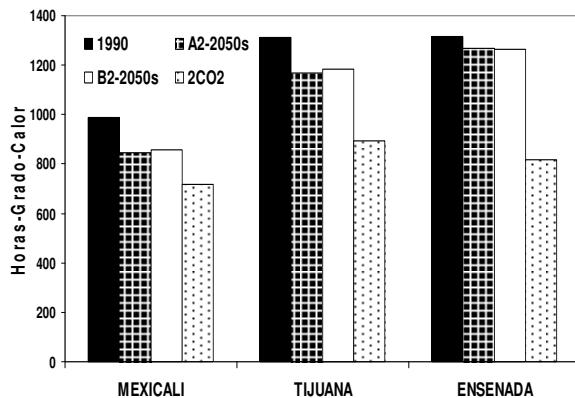


Fig. 10: Necesidades anuales de calefacción (2050s)

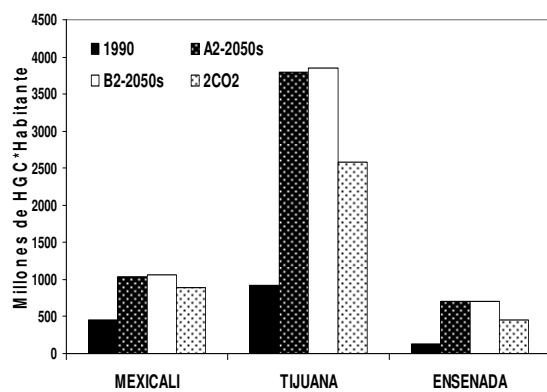


Fig. 11: Necesidades anuales de calefacción con el incremento de población (2050s)

## 8. CONCLUSIONES

Se encontró una respuesta diferenciada del confort actual y futuro por impacto del cambio climático en cada ciudad analizada. La construcción de escenarios climáticos futuros para las décadas 2020s y 2050s, con el SDSM, y dos escenarios de emisiones, el A2 y B2, permitió contrastar el potencial futuro, incluso con una duplicación del CO<sub>2</sub>. Se concluye que: a) en Mexicali se requerirán más sistemas de enfriamiento para lograr el confort; b) en Tijuana se vivirá una situación sin precedentes pues requerirá enfriar sus espacios a mediados de este siglo; c) Ensenada no tendrá necesidades de enfriamiento; d) disminuirán las necesidades de calefacción en todas las ciudades, pero el incremento poblacional opacará el cambio climático; e) los escenarios A2 y B2 de incrementos térmicos a 2050 están muy por debajo de lo esperado para condiciones de duplicación de CO<sub>2</sub>.

## 9. REFERENCIAS

- ASHRAE (2004). Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI/American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers Standard. Atlanta 35 pp.
- AULICIEMS, A. (1994). "Thermoregulatory adaptation to global warming-winners and losers". Proceedings 13<sup>th</sup> Int. Congress of Biometeorology. Calgary, Canada, pp 109-122.
- BASU, R., SAMET, M.J. (2002). "Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence". *Epidemiologic Reviews*, 24, 2, pp. 190-202.
- CONAPO (2005). Proyecciones de la población de México. Consejo Nacional de Población 2000-2030, pp. 50.
- DE DEAR R., BRAGER G. and COOPER D. (1998). *Developing an adaptive model of thermal comfort and preferences*. Final Report on RP-884. ASHRAE and Macquarie Research Ltd.
- EPSTEIN, Y. y MORAN D.S. (2006). "Thermal comfort and the heat stress indices". *Industrial Health*, 44, pp. 388-398.
- GARCÍA-CUETO, O.R., TEJEDA, M.A., and JÁUREGUI, E. (2009). "Heat waves and heat days in an arid city in the northwest of Mexico: current trends and in climate change scenarios". *Int. J. Biometeorol.*, DOI 10.1007/s00484-009-0283-7.
- GIVONI, B. (1976). *Man, Climate and Architecture*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- SOLOMON S., QIN D., MANNING M., CHEN Z., MARQUIS M., AVERYT K.B., TIGNOR M., and MILLER, H.L. (Eds)]. Cambridge University Press, Cambridge UK and New York, USA, pp. 996.
- ISO 7730 (2005). *Ergonomics of the thermal environment-analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Ginebra.
- JÁUREGUI E., CERVANTES J. and TEJEDA A. (1997). "Bioclimatic conditions in Mexico city-an assessment". *Int. J. Biometeorol.* 40, pp. 166-177.
- JÁUREGUI E. and TEJEDA A. (1997). "A scenario of human thermal comfort in Mexico City for 2CO<sub>2</sub> conditions". *Atmosfera*, 14, pp. 125-138.
- MAGAÑA V., CONDE C., SÁNCHEZ O. y GAY C. (2000). Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México. En GAY C. (comp.). *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*, pp. 15-21.
- MISSENARD, A. (1937). "L'homme et le climat". Eyrolles, Paris.
- NIKOLOPOULOU, M. and STEEMERS, K. (2003): "Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces". *Energy and Buildings*, 35, pp. 95-101.
- TEJEDA, M.A. y RIVAS, C.D. (2001). Un escenario de bioclima humano en ciudades del sur de México bajo condiciones de 2CO<sub>2</sub> atmosférico. En: PÉREZ CUEVA A.J., LÓPEZ BAEZA E. y TAMAYO CARMONA J. (Eds.). *El tiempo del clima*. Asociación Española de Climatología, Serie A, no. 2, pp. 551-562.
- TEJEDA MARTÍNEZ A. y GARCÍA-CUETO O.R. (2002). "A comparative simple method for human bioclimatic conditions applied to seasonally hot/warm cities of Mexico". *Atmosfera* 15, pp. 55-66.
- TEJEDA, A. y RIVAS, D. (2003). "El bioclima humano en urbes del sur de México para condiciones de duplicación de CO<sub>2</sub> atmosférico". *Investigaciones Geográficas*, 51, pp. 37-52.
- WILBY L.R. and DAWSON W.CH. (2007). Statistical Downscaling Model SDSM, V4.2. Environmental Agency of England and Wales, pp. 90.