

## **IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL OCEANO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS EDIFICIOS: ANÁLISIS RETROSPECTIVO, PRESENTE Y PROSPECTIVO**

**David Morillón<sup>1</sup>, Rodolfo Silva<sup>1</sup>, Ramsés Lopez<sup>2</sup> y Jorge A. E. Santos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Sinaloa

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, CP 04510 Tel: 52 55 56233600,

Email: [damg@pumas.ii.unam.mx](mailto:damg@pumas.ii.unam.mx), [RSilvaC@ii.unam.mx](mailto:RSilvaC@ii.unam.mx), [ramcs\\_lp@hotmail.com](mailto:ramcs_lp@hotmail.com) y [jorge.jaes16@gmail.com](mailto:jorge.jaes16@gmail.com)

*Recibido 05/08/18, aceptado 14/09/18*

**RESUMEN:** De las preocupaciones de la humanidad se tiene el cambio climático, por impactos que puede tener en los sectores y lugares, por ello este estudio, tiene como objetivo analizar el clima de Culiacán, Sin., ciudad ubicada en cálido seco de México, del periodo de 1950 a 2010, para identificar si se ha presentado el cambio climático, estudiar los efectos en el bioclima y edificios de la región. La metodología parte de un estudio del bioclima, para las condiciones del clima pasado y actual, además de elaborar un escenario al 2050, con los diagramas anuales de las necesidades bioclimáticas obtenidos, se calcularon los días grado para enfriamiento y calentamiento, el consumo de energía para la climatización, así como emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas. Como conclusión se tiene la evidencia del cambio climático, en aumentado de temperaturas, disminución de condiciones de confort, aumento en requerimientos de energía para climatización y emisiones CO<sub>2</sub> relacionadas.

**Palabras clave:** Confort, emisión de CO<sub>2</sub>, cambio climático, consumo de energía en edificios.

### **INTRODUCCIÓN**

Un problema que actualmente presentan los edificios en México es el uso excesivo de la energía convencional para la climatización, entre 50 al 60 % (I García, D. Morillón, 2014), debido al origen de dicha energía se presentan emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), si además se considera el impacto que podrían tener los edificios por el efecto cambio climático, como en la disminución de las condiciones de confort, el aumento en el consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas. Dichos estudios son importantes para contar con bases y definir estrategias de mitigación de GEI y ahorro de energía.

A continuación, se presentará el impacto del cambio climático y el océano, mediante escenarios retrospectivos, actuales y prospectivos, en el bioclima, el uso final de la energía en los edificios, por la utilización de los sistemas de climatización y el CO<sub>2</sub> relacionado, ante el aumento evidente de la temperatura, por el calentamiento global. Ello permitirá contar con bases para definir estrategias, y cuantificar beneficios por la mitigación de los GEI, el ahorro de energía y la adaptación de los edificios, el caso de estudio es la ciudad de Culiacán, Sinaloa, ubicada en clima cálido seco, en la costa del Pacífico mexicano.

Los trabajos directamente relacionados con el estudio del impacto de cambio climático en los edificios son los de Sheinbaum (1996), realizó un estudio energético de la vivienda en México y el CO<sub>2</sub> relacionado con el uso de energía por el equipamiento de la misma, Morillón (2004) presenta un estudio de impacto del océano en el bioclima de México, mientras que Tejeda (2007) presentó un estudio sobre cambio climático y la vivienda en varias ciudades de México, para los escenarios para el

2020 y 2050, Morillón (2008) Cuantificaron el CO<sub>2</sub> relacionado con medidas de mitigación en la vivienda, con el proyecto hipoteca verde, Rosas-Morillón (2010) estudiaron el CO<sub>2</sub> relacionado con la vivienda en México, Morillón-García (2014) presentaron el consumo, uso final de la energía y CO<sub>2</sub> relacionado en los edificios de los diversos climas de México, García-Morillón (2016) presenta el impacto del cambio climático en el bioclima de México, para las condiciones pasadas, presentes y futuras, por lo anterior es necesario estudiar el clima cálido seco, que ocupa la zona norte del país, evaluar el impacto en el bioclima y los edificios, en cuanto condiciones de confort, consumo de energía y CO<sub>2</sub> relacionado.

## METODOLOGIA

1. Se analiza, en forma comparativa, el clima de Culiacán, Sinaloa, de los periodos del 1951-1980 y 1981-2010
2. Se elabora escenario del clima al 2050, con base en los datos climáticos actuales y la base de datos del software Meteonorm
3. Se realiza estudios del bioclima para obtener los diagramas anuales de las sensaciones térmicas, para los tres casos o periodos de tiempo, para la ciudad de Culiacán
4. Se identifica, en los diagramas anuales de las sensaciones térmicas, los impactos en las condiciones de confort, cuantitativamente
5. Se calculan los días grado para enfriamiento de cada periodo de estudio
6. Se estima el requerimiento de energía para un edificio con fachadas de vidrio claro, para los tres periodos de estudio
7. Se calcula el CO<sub>2</sub> relacionado con el uso de energía necesario para la climatización, para los tres periodos del estudio

## RESULTADOS

El cambio climático en Culiacán es una realidad, como se observa en la figura 1, donde se compara las temperaturas de los periodos de 1951-1980 y el 1981-2010, información obtenida de las normales climatológicas (SMN, 2018).

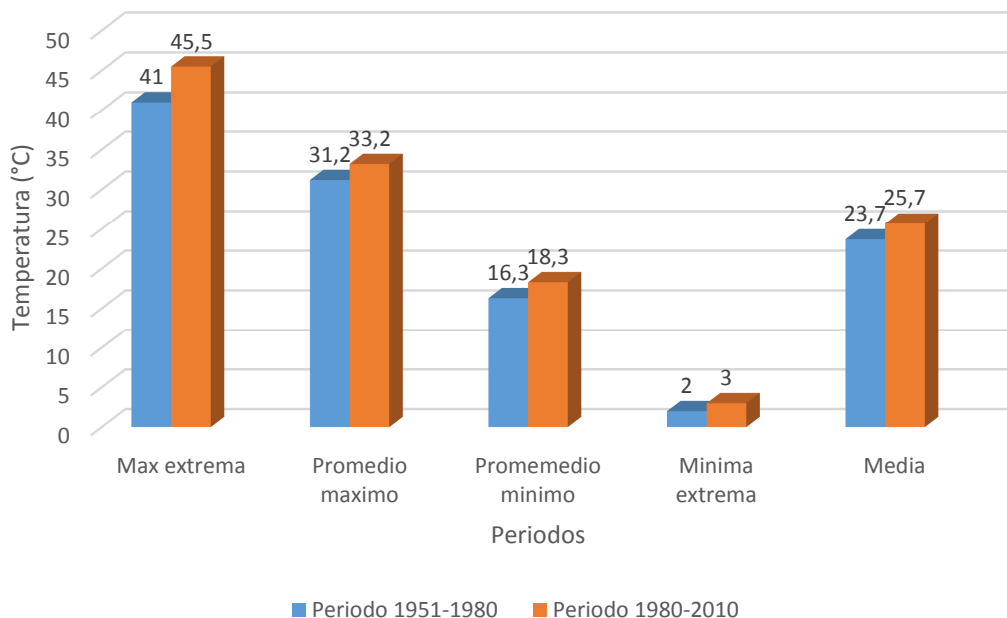


Figura 1. Comparación de las temperaturas de los periodos 1951-1980 y 1981-2010

En la figura 1 se observa el cambio en las temperaturas, entre los periodos seleccionados: 1951-1980 y 1981-2010, para el caso de Culiacán, Sin., ciudad ubicada en clima cálido seco, el aumento de las

temperaturas se presente entre 2 y 4 °C, para la máxima y mínima extrema, la promedio máxima y mínima, así como en las medias, esto evidencia el impacto del cambio climático.

#### Escenario al 2050

A partir de las condiciones climáticas del periodo de 1981-2010 se estimó para el 2050, con el software Meteonorm, los datos de temperaturas promedio máxima y mínima, así como la medida (Tabla 1).

CULIACAN, CULIACAN, SIN  
ALTITUD 40 MS.N.M.

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURAS													
PROMEDIO DE MAXIMA	29.9	30.6	32.2	34.7	36.8	37.1	35.9	35.4	35	35.1	32.4	30.6	33.8
MEDIA	22	22.9	24.4	26.9	29.5	31.7	30.9	30.4	30	28.9	25	22.9	27.1
PROMEDIO DE MINIMA	14.6	15.1	16.5	19.06	22.2	26.2	25.8	25.4	25.04	22.7	17.5	15.1	20.4

Tabla 1. Escenario de temperaturas al 20150.

En la figura 2 se comparan las temperaturas para los tres periodos de estudio (1951-1980, el 1981-2010 y al 2050).

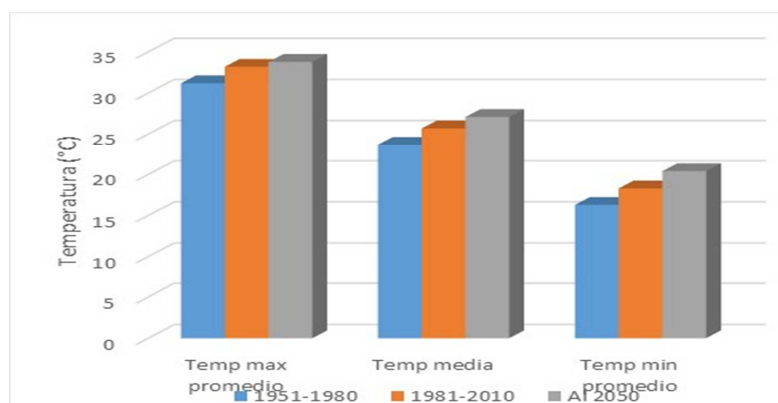


Figura 2. Comparación de las temperaturas de los tres periodos estudiados

Se aprecia en a figura 2 que es evidente el impacto del cambio climático, en el aumento de las temperaturas máxima promedio, media y mínima promedio.

#### Estudio del bioclima

Con los datos de las temperaturas, de cada uno de los tres periodos, tomando como retrospectiva (1951-1980), situación actual (1981-2010), como futuro al 2050, en el caso de la humedad relativa, se generaron los datos horarios promedios mensuales, con base en las temperaturas, en el programa Biosol (2013), se realizaron los estudios del bioclima en la carta bioclimática de Olgay, obteniendo los diagramas anuales de sensaciones térmicas, donde se identifican las condiciones de calor, confort y frío, por horas y meses promedio del año (Fig. 3, 4 y 5).

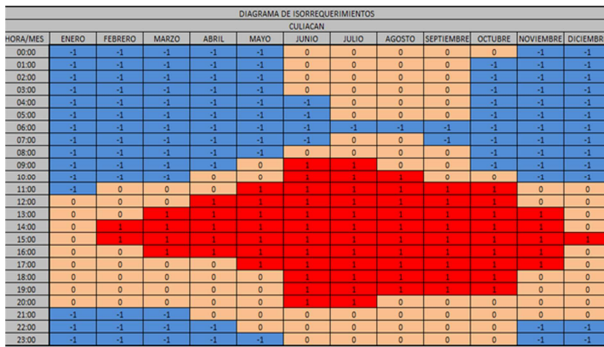


Figura 3. Diagrama anual de sensación térmica en la ciudad de Culiacán, Sin. (1951-1980)

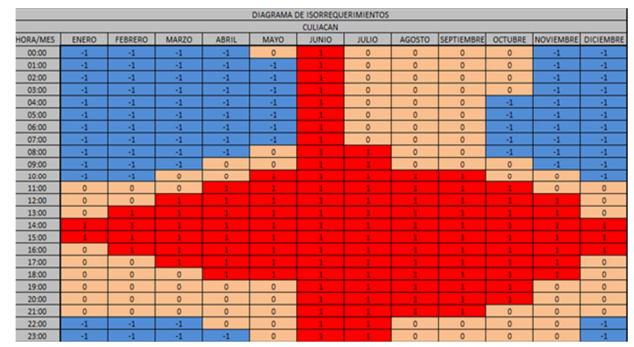


Figura 4. Diagrama anual de sensación térmica en la ciudad de Culiacán, Sin. (1981-2010)

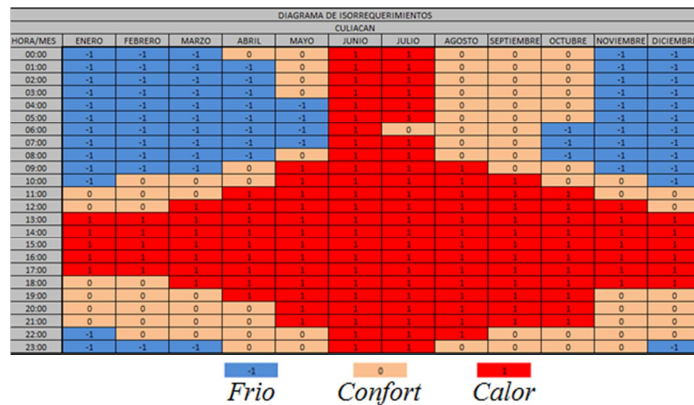


Figura 5. Diagrama anual de sensación térmica en la ciudad de Culiacán, Sin. (Al 2050)

Del estudio de bioclima, de los tres periodos, se observan los cambios significativos en las condiciones de calor, durante el periodo 1951-1980 (Fig. 3) la ciudad presenta condiciones de calor predominante en los meses de verano, sin embargo presenta condiciones de confort y frio en las estaciones de primavera, otoño e invierno, en el caso 1981-2010 (Fig. 4) las condiciones de calor aumentan y disminuye el confort y frio, en el escenario al 2050 (Fig. 5), debido al aumento de temperatura para todos los meses, aumenta de manera significativa las condiciones de calor.

### Impactos en los edificios por el cambio climático

Con base a los estudios del bioclima, de los tres periodos, se realizó el cálculo de los requerimientos de enfriamiento (Tabla 2), consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el uso de la energía convencional.

### Grado Día

Periodo	Ciudad	Grados día de enfriamiento anual (°C)
1951-1980	Culiacán, Sinaloa.	917.1
1981-2010	Culiacán, Sinaloa.	1,008.3
2050	Culiacán, Sinaloa.	1,149.8

Tabla 2. Grados día de enfriamiento anual en bioclima cálido seco (Culiacán, Sin.): Retrospectiva, actual y prospectiva

## Consumo de energía

Si se considera un edificio con fachadas de vidrio claro, caso extremo en envolvente arquitectónica, pero cada vez más de uso común en el mundo, para estimar el requerimiento energético (Tabla 3) en climatización con aire acondicionado.

<b>Periodo</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Índice de consumo de energía (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
1951-1980	Culiacán, Sin.	117
1981-2010	Culiacán, Sin.	128.65
2050	Culiacán, Sin.	146.7

Tabla 3. Energía por unidad de superficie anual, bioclima cálido seco, Culiacán, Sin.: Retrospectiva, presente y Prospectiva

## Emisión de CO<sub>2</sub> (relacionadas al consumo de energía)

<b>Bioclima</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Emisión de CO<sub>2</sub> por consumo de energía (kg/m<sup>2</sup>)</b>
1951-1980	Culiacán, Sin.	40.95
1981-2010	Culiacán, Sin.	45.03
2050	Culiacán, Sin.	51.45

Tabla 4. Emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas al consumo de energía, bioclima cálido seco, Culiacán, Sin.: Retrospectiva, presente y Prospectiva.

Se presenta el impacto a los edificios, considerando solo el bioclima actual, equipamiento y diseño, para cuatro grandes zonas de México, se resalta el caso de los océanos en el estudio, por ser dos en casi forma paralela que impactan al país, el consumo y el uso final de energía en los edificios del país se presenta en la figura 6, sin lugar a dudas retos actuales para el ahorro de energía y trabajo por hacer ante los impactos del cambio climático en el tiempo.

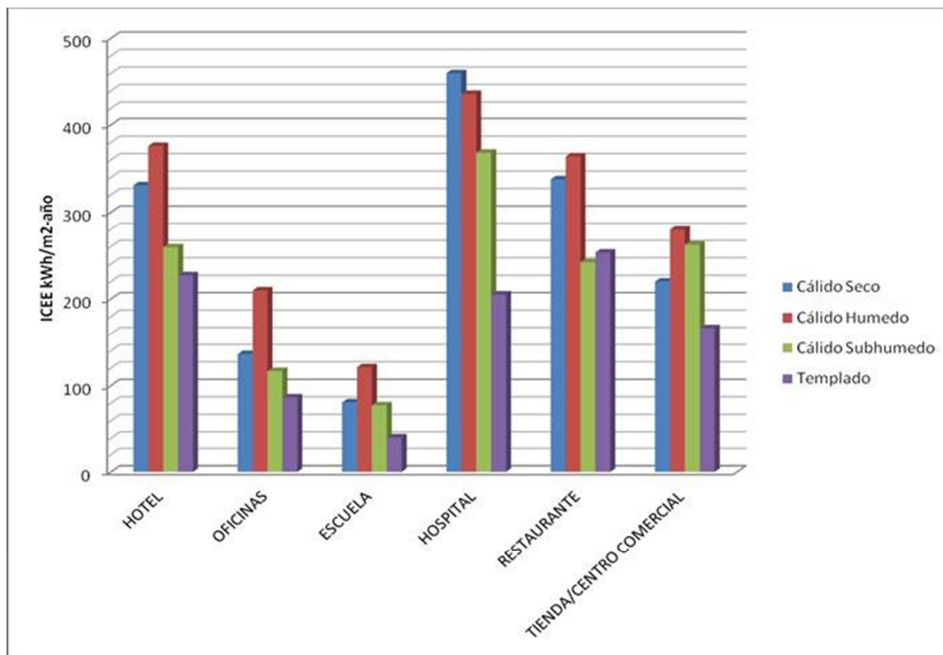


Figura 6. Consumo de energía por tipo de edificio en los climas de México. (Morillón et al, 2014)

## CONCLUSIÓN

Se identificó que es evidente el cambio climático en el caso de Culiacán, Sinaloa, clima cálido seco, y como este impacta a los edificios; energética y ambientalmente, para los escenarios del pasado, presente y en futuro.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas se refieren al consumo de energía convencional para la climatización, por uso de los sistemas de aires acondicionados. Debido al origen de la energía que se usa en México, donde el 90 % de la misma tiene su origen en las energías no renovables (SENER, 2017).

En el bioclima cálido seco, la ciudad de Culiacán, el cambio climático se manifestó con aumento en las temperaturas, por lo tanto, en menos horas de confort en el ambiente. Por lo anterior es importante el uso de materiales de construcción y diseños adecuados a las características climáticas futuras de la región, con el fin de que sea aptas ante el cambio climático.

Todos los tipos de edificios; comerciales o de servicios, vivienda y públicos, deben considerar estrategias, cuya base serán los estudios del bioclima con los impactos del cambio climático para la adaptación de los edificios nuevos, con estrategias resilientes.

Por último, se debe tomar en cuenta el mejoramiento y el impulso de programas de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica como materiales adecuados al clima, diseño de edificios cuyo fin sea la climatización con sistemas pasivos, esto mediante normas, certificaciones y programas de financiamiento.

## REFERENCIAS

- Andrade L (2015) Diagnóstico y Adecuación Térmica de Tienda de Autoservicio para Bioclimas de la República Mexicana: Impactos y Beneficios Energéticos y Ambientales, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Flores J A, Flores D y Morillón D (2010), Saturation, energy consumption, CO<sub>2</sub> emission and energy efficiency from urban and rural households appliances in Mexico. Energy and Buildings, Vol. 43, pp 10-18, oct 2010, ISSN: 0378-7788

- Iván García Kerdan, David Morillón Gálvez, Rokia Raslan y Paul Ruysssevelt (2014), Modelling the energy and exergy utilization of the Mexican non-domestic sector: A study by climatic regions, *Energy Policy*, Ed. Elsevier, 10.1016, pp. 16, 25 Oct. 2014, Estados Unidos, ISSN: 0301-4215
- García Kerdan, I., Raslan, R., Ruysssevelt, P., Morillón Gálvez, D. (2017). A comparison of an energy/economic-based against an exergoeconomic-based multi-objective optimisation for low carbon building energy design, *Energy*, 128, 244-263, 28 de mar, ISSN: 0360-5442
- Carlos A. García V., Carlos E. Tapia L y David Morillón G. (2016), Cambio climático y los efectos en el bioclima cálido seco: Análisis retrospectivo y prospectivo, Memorias de la XL Semana Nacional de Energía Solar, CD, ABC-210, pp182-186, ISSN: 2448-5543, Ed. Asociación Nacional de Energía Solar, Puebla, Pue., oct., México
- James Hansen (1988), Cambio Climático Global como pronóstico del Modelo Tridimensional del Instituto Goddard de Estudios Espaciales publicado en [Journal of Geophysical Research](#).
- Jauregui, Ernesto & Tejeda Adalberto. 2001. A scenario of human thermal comfort in Mexico City for 2CO2 conditions. *Revista Atmósfera*, Vol. 14, 2001 Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- IPCC (1988) sustentó científicamente el calentamiento, por el programa de las naciones unidas para el medio ambiente.
- Morillón, D (2004, Human bioclimatic Atlas for Mexico, Solar energy, Ed. Elsevier, Alemania.
- David Morillón, Iván García y Azucena Escobedo, (2015), Retos y oportunidades para la sustentabilidad energética en edificios de México: Consumo y uso final de energía en edificios residenciales, comerciales y de servicio, Editorial II-UNAM, ISBN 978-607-02-6285-2, feb., México
- Servicio Meteorológico Nacional (2018) Normales climatológicas, CONAGUA, Disponibles en: <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=sin>, México
- Oscar Preciado y David Morillón, (2013), Herramientas para el diseño de edificios bioclimáticos: Estudio del bioclima, diseño del control solar, radiación solar y potencial de iluminación natural, Ingeniería de la energía solar para la sustentabilidad, Editorial II-UNAM, ISBN 970-32-0196-2, p 135-174, México
- SENER, (2017), Balance Nacional de Energía 2016, Ed. Gobierno Federal, México
- United Nations Environment Programme (2009), Sustainable buildings and climate initiative “building and climate change”, Naciones unidas

**ABSTRACT:** Humanity's concerns include climate change, due to the impacts it can have on sectors and places, and for this reason, this study aims to analyze the climate of Culiacán, Sin., A city located in Mexico's hot dry season. from 1950 to 2010, to identify if climate change has been presented, to study the effects on the bioclimate and buildings of the region. The methodology is based on a study of the bioclimate, for the past and present climate conditions, in addition to developing a scenario to 2050, with the annual diagrams of the bioclimatic needs obtained, the days were calculated for cooling and heating, energy consumption for air conditioning, as well as related CO2 emissions. In conclusion, there is evidence of climate change, increased temperatures, decreased comfort conditions, increased energy requirements for air conditioning and related CO2 emissions.

**Keywords:** Comfort, CO2 emission, climate change, energy consumption in buildings.