

Contribuciones de Ernesto Jáuregui a las ciencias atmosféricas en México con énfasis en la climatología urbana

Contributions of Ernesto Jáuregui to atmospheric sciences in Mexico with emphasis on urban climatology

Adalberto Tejeda-Martínez,* Irving Rafael Méndez-Pérez** y Elda Luyando López***

Recidido: 23/01/2024. Aceptado: 19/02/2024. Publicado: 13/06/2024.

Resumen. Se reseñan las principales contribuciones científicas de Ernesto Jáuregui (1923-2014) a las ciencias atmosféricas de México en cuatro líneas de investigación: climatología sinóptica y de mesoescala, climatología de la contaminación atmosférica, climatología urbana y bioclimatología humana. En las dos últimas líneas sus aportaciones fueron mayores, con publicaciones que van de 1970 a inicios del siglo XXI. Su trabajo partió, principalmente, de datos meteorológicos o climáticos medidos, es decir, sin recurrir a modelos de simulación, y no incurrió en el fenómeno de la isla urbana de calor superficial o subsuperficial. Sus investigaciones en climatología urbana se centraron en la Ciudad de México, aunque abarcó algunas otras ciudades, como Toluca, Mexicali o Guadalajara, y abrió el camino al auge de la climatología urbana en las dos primeras décadas de este siglo, que incluye ciudades distribuidas a lo largo del territorio nacional.

Palabras clave: climatología sinóptica, clima urbano, dispersión de contaminantes, México.

Abstract (DL). The main scientific contributions of Ernesto Jáuregui (1923-2014) to Mexico's atmospheric sciences are reviewed in four lines of research: synoptic and mesoscale climatology, climatology of atmospheric pollution, urban climatology and human bioclimatology. In the last two lines his contributions were greater, with publications ranging from 1970 to the beginning of the 21st century. His work was mainly based on measured meteorological or climatic data, i.e., without resorting to simulation models, and he did not venture into the phenomenon of the urban surface or subsurface heat island. His research in urban climatology focused on Mexico City, although it included some other cities, such as Toluca, Mexicali or Guadalajara, and paved the way for the rise of urban climatology in the first two decades of this century, which includes cities distributed throughout the national territory.

Keywords: synoptic climatology, urban climate, air pollution diffusion, Mexico.

* Grupo de Climatología Aplicada de la Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, 91090, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2513-3454>. Email: atejeda.martinez@gmail.com; atejeda@uv.mx. Autor de correspondencia.

** Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Edificio B Facultad de Instrumentación Electrónica, Zona Universitaria, Xalapa Veracruz, 91090, México. <https://orcid.org/0000-0002-3263-0125>. Email: irmendez@uv.mx

*** Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM. Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, CDMX, 04510, México. <https://orcid.org/0000-0002-9985-1993>. Email: ellu@atmosfera.unam.mx

INTRODUCCIÓN

Ernesto Jáuregui Ostos nació el 4 de agosto de 1923 en Pueblo Viejo, Veracruz (México). Su carrera como investigador –en un primer periodo en el Instituto de Geografía, y en un segundo en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, ambos de longitudes similares– se inició a finales de la década de 1950 y concluyó medio siglo después. Falleció el 18 de septiembre de 2014 en la Ciudad de México (CDMX, en lo sucesivo).

Como lo señala Serrano-Juárez (2023), en particular para el Instituto de Geografía de la UNAM, Jáuregui fue una punta de lanza de la climatología.

Su trabajo de investigación se puede agrupar en cuatro líneas: climatología sinóptica y de mesoescala, climatología de la contaminación atmosférica, climatología urbana y bioclimatología humana, pero aportó más a las dos últimas, las cuales cultivó desde los años setenta del siglo pasado. En este documento serán reseñadas las cuatro líneas, con énfasis en la climatología urbana y la bioclimatología. Se citará una selección amplia de sus trabajos, bajo el criterio de que sean accesibles y que en ellos Jáuregui haya sido uno de los autores principales, pero solo en algunos casos se describirán los resultados o métodos usados, pues la intención aquí es mostrar a grandes rasgos la evolución de las cuatro líneas de investigación sin entrar en detalles. También se mencionarán trabajos de otros autores para mostrar cómo el trabajo de Jáuregui sirvió de punto de partida para la climatología urbana en México, y señalar los caminos que esta área sigue actualmente. Por ejemplo, en términos cuantitativos, las publicaciones sobre la isla de calor urbana (ICU) han evolucionado como sigue: entre 1950 y 1980, los textos en México o sobre México fueron apenas diez, mientras que para las dos últimas décadas del siglo pasado llegaron a ser cuarenta, y en lo que va de este siglo se acercan a cien, auge que encuentra su origen en el trabajo de Jáuregui.

ESTUDIOS DE CLIMATOLOGÍA SINÓPTICA Y DE MESOESCALA

En esta línea, como en las otras que resumiremos más adelante, se advierte un retornar de Jáuregui

a temas ya tratados a inicios de su carrera como investigador, casi de manera cíclica. Los tipos de tiempo y sus variaciones en México son abordados en dos trabajos importantes para la época (Jáuregui, 1971a y 1975a), cuando no se veía cercana la implementación de modelos numéricos para el pronóstico meteorológico, por lo que las clasificaciones de tipo de tiempo y su evolución eran herramientas prometedoras.

Otro tema, la climatología de fenómenos tropicales, inicia con un trabajo que puede considerarse clásico, sobre las ondas del este que afectan a México (Jáuregui, 1967), seguido por artículos sobre ciclones tropicales en el norte y noroeste del país (Jáuregui, 1983a, 1989a, 1995a) y sobre el golfo de México (Jáuregui y Zitácuaro, 1995). Y remata con un artículo de utilidad práctica sobre las tendencias de las tormentas tropicales y una climatología de los huracanes que tocaron costas mexicanas en la segunda mitad del siglo XX, junto con la probabilidad empírica de impactar las costas mexicanas en función de su ubicación en el Atlántico o en el Pacífico (Jáuregui, 2003).

Por otra parte, los estudios de climatología regional incluyen a Puebla-Tlaxcala (Jáuregui, 1968), el Valle del Río Colorado (Jáuregui, 1969a), el estado de Querétaro (Soto y Jáuregui, 1970), la vertiente del golfo de México (Jáuregui y Soto, 1975; véase Figura 1), los estados de Sonora y Baja California (Jáuregui y Cruz-Navarro, 1981), el estado de México (Jáuregui y Vidal-Bello, 1981) y –sin considerar los efectos urbanos– los climas de Cuernavaca (Jáuregui, 1961) y la CDMX (Jáuregui, 1965, 1971b y 1975b).

Una investigación sobre temperaturas extremas y aridez (Soto y Jáuregui, 1965) inaugura la serie sobre ambos temas. Continúa con las variaciones seculares de la circulación general y su relación con las sequías del norte de México (Klaus y Jáuregui, 1975), y las fluctuaciones pluviales en México (Jáuregui, 1979a), o estas y su relación con las sequías (Jáuregui y Klaus, 1976). Estas publicaciones forman un conjunto coherente con los trabajos de Jáuregui (1959, 1979a) concernientes al comportamiento de la precipitación en el territorio nacional y comienzan con un estudio del periodo 1900-1958 en Tacubaya, mientras que el trabajo

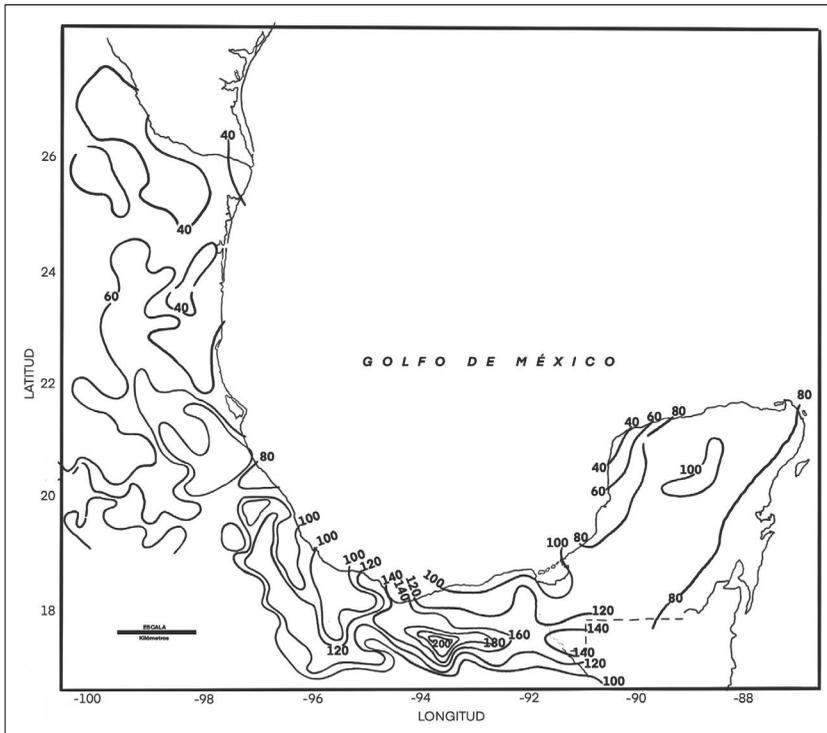


Figura 1. Promedio anual de días con lluvia apreciable en la vertiente del golfo de México, reelaborada a partir de la Figura 5 de Jáuregui y Soto (1975).

de 1979 estudia las fluctuaciones pluviométricas para varias ciudades del territorio nacional a lo largo de los cien años previos. La serie concluye con publicaciones sobre detección observacional de cambios y variabilidad del clima en México (Jáuregui, 1992, 1997a y 1997b).

LA RELACIÓN ENTRE CLIMATOLOGÍA Y CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El trabajo de Jáuregui (1958) sobre la turbiedad de la atmósfera de la CDMX abre el panorama del autor hacia la climatología de la contaminación atmosférica y la (bio)climatología urbana.

Empezó por mostrar que la turbiedad del aire en dicha ciudad se debía principalmente a las tolvaneras causadas por turbulencia asociada a nubes (convección local) o por vientos en ausencia de nubes (incurSIONES de aire polar seco). También advirtió una reducción de la visibilidad no atribuida a las tolvaneras (Jáuregui, 1958), que a la postre resultó tener su origen en otros contaminantes del aire. Además, observó una baja correlación

entre la precipitación de un año y las tolvaneras del subsecuente (Jáuregui, 1960). En el mismo trabajo detectó, para un periodo de 15 años, una reducción notoria de la visibilidad al noreste de Tacubaya alrededor de las 15:00 horas.

Abundó sobre los aspectos meteorológicos de la contaminación en la CDMX (Jáuregui, 1969b) y las variaciones temporales de la visibilidad (Jáuregui 1983b, 1983c), que tres lustros más adelante cuantifica en atenuaciones a la radiación solar por la contaminación (Jáuregui y Luyando, 1999), mientras que en otro trabajo trata de explicar los aspectos meteorológicos de la contaminación atmosférica de la CDMX al asociarlos con la distribución espacial y temporal del dióxido de azufre (Klaus y Jáuregui, 1979) y su transporte (Jáuregui *et al.*, 1981), la distribución del monóxido de carbono (Jáuregui, 1984; véase Figura 2), del plomo (Jáuregui, 1989b; Rosas *et al.*, 1995) y la contaminación atmosférica asociada a la climatología urbana de la CDMX (Klaus *et al.*, 1988).

Posteriormente retorna al tema de las tolvaneras (Jáuregui, 1989c), que para las fechas de ese trabajo habían disminuido su frecuencia, pero había au-

rural, el Observatorio de Tacubaya, hallazgo que apareció en unas memorias con fecha de publicación atrasada (Moreno y Anda, 1895).

Siete décadas más tarde, Riquelme (1968), con instrumental termohigrométrico instalado en cuatro puntos de la CDMX, midió un exceso térmico urbano respecto del medio rural de 2 °C, que atribuyó a las edificaciones y fábricas del centro de la ciudad en contraste con las superficies vegetadas de las afueras.

Casi simultáneamente, Jáuregui (1971b) realizó recorridos en automóvil para medir temperaturas en 80 puntos en la CDMX. Encontró de 4 a 5 °C de exceso térmico entre la “zona de mayor densidad de edificios” y el entorno rural.

Estos dos trabajos anteceden a una cascada que se desató a partir de mediados de la década de 1980, quizás no tan caudalosa, pero que ha producido en los cincuenta años recientes cerca de 130 publicaciones sobre las alteraciones térmicas debidas a la urbanización en México, en promedio dos y medio trabajos por año. Es probable que esto haya sido impulsado por tres reuniones científicas realizadas en el país: del 26 al 30 de noviembre de 1984 en la CDMX, la conferencia técnica sobre climatología urbana y sus aplicaciones con especial atención a zonas tropicales (WMO, 1986); el III Congreso de la Organización Mexicana de Meteorólogos (OMMAC, 1988), del 14 al 18 de noviembre de 1988, también en la CDMX, que por primera vez se abrió a temas no estrictamente meteorológicos, como la climatología urbana, y que tuvo concurrencia de varias instituciones de investigación, no solo operativas, y del 19 al 22 de noviembre de 1990, en Guadalajara, el Primer Simposio Internacional sobre Contaminación del Aire y Clima Urbano, convocado por la Organización Meteorológica Mundial y la OMMAC (OMM y OMMAC, 1990).

Los estudios sobre climatología urbana pueden dividirse en tres periodos que se caracterizan por la cantidad y el contenido de las publicaciones.

1950-1980, periodo de emprendimiento

La climatología urbana *moderna* en México parte de los trabajos de Riquelme (1968) y de Jáuregui (1971b). Este último empieza con la historia, antecedentes, revisión bibliográfica y bases físicas

de la ICU. Prefigura lo que su autor iba a investigar durante las tres décadas venideras, no solo en cuanto a la ICU, sino sobre diversos aspectos de la climatología urbana, como los bioclimáticos de la ciudad e incluso al interior de locales habitados.

Los datos del trabajo de Jáuregui (1971b) fueron obtenidos mediante recorridos en automóvil en la CDMX en un trayecto que incluyó 80 puntos a lo largo de 80 km, entre 1968 y 1969, con termómetros de una precisión de 0.1 °C. En la temporada seca, de noviembre a abril, ocurrieron diferencias térmicas promedio más acentuadas, de 4 a 5 °C entre el centro de la ciudad y la periferia rural. Este trabajo también se basó en datos de más de 70 estaciones fijas. Para las temperaturas mínimas las diferencias fueron de 8 a 10 °C en la temporada de secas y de 4 a 6 °C en la de lluvias. Para las temperaturas máximas, las diferencias fueron de 4 °C (22 °C en la periferia contra 26 °C en el centro) a 8 °C (22 °C contra 30 °C). Como era de esperar, la humedad relativa presentó un comportamiento inverso al de la temperatura, pero siguiendo los mismos patrones espaciales.

Los resultados anteriores corresponden al dosel urbano para todos los casos de los recorridos en vehículo instrumentado, pero algunas de las estaciones climatológicas fijas se ubicaban en azoteas, es decir, en la frontera entre el dosel y la capa límite.

En dos artículos (1973a, 1973b), Jáuregui retoma los resultados anteriores. Como se trata de publicaciones internacionales, empieza por el contexto histórico y urbano de la CDMX y de sus sistemas de circulación atmosférica. En la temperatura media anual 1937-1966 detecta 17 °C en el centro contra 15 °C en la periferia, pero posiblemente la aportación más importante sea la relación logarítmica inversa de la intensidad de la ICU y la rapidez del viento, de modo que, según esta relación, con vientos mayores a 5 m/s la ICU casi desaparece.

En una revisión sobre la investigación en climatología urbana en la República Federal de Alemania, con fines comparativos (Jáuregui, 1974a, véase Figura 3), se vuelve hacia la ICU de la CDMX, donde las temperaturas máximas muestran, en su ejemplo de marzo de 1969, una diferencia de 8 °C entre el centro de la ciudad (30 °C) y las inmediaciones rurales (22 °C), y en las temperaturas mínimas, en

de los alrededores, 2 a 3 km alejadas del centro del soto, mientras que las humedades relativas van de 75% a 45%. En la noche, el contraste térmico bosque/ciudad es de 9 °C contra 13 °C (Figura 4).

Mientras Jáuregui iniciaba su serie de trabajos sobre climatología urbana de la CDMX, Gáb (1970a, 1970b) realizó recorridos con vehículo y usó estaciones meteorológicas fijas para obtener una primera descripción de la ICU atmosférica en Puebla. Encontró que el centro histórico solía ser más cálido que los alrededores, con excepción de las zonas arboladas, que resultaron entre 2 °C y 4 °C más frías que su entorno, al igual que áreas más altas y vegetadas como los cerros de Loreto y Guadalupe.

Alejada 50 km de la CDMX, pero 420 metros más alta (2660 msnm contra 2240 msnm), la ciudad de Toluca tiene un clima más frío. Jáuregui (1979b) detectó diferencias de 5 °C entre la ciudad y el campo en recorridos del 2 de febrero de 1977 entre las 10:25 am y las 12:45 pm hora local, con

47 puntos de observación. El 3 de febrero, entre las 4 y las 6 pm, identificó dos islas de calor, con temperatura de 3 °C o 2 °C en la ciudad contra -2 °C en el campo. El trabajo incluye otros recorridos, pero los mencionados son los mejores ejemplos. También comparó el observatorio meteorológico del centro de la ciudad contra dos estaciones periféricas, y para las temperaturas mínimas encontró que el contraste urbano/rural iba de 6 °C en febrero a 1 °C en julio.

El fenómeno conocido como *isla de lluvia*, es decir, los incrementos pluviales en las urbes, Jáuregui (1974b) lo asoció con corrientes convectivas debidas al calentamiento de superficies urbanas por la radiación solar y su consecuente turbulencia, y en menor medida con la abundancia de núcleos de condensación generados por la urbe.

En este periodo inicia el desarrollo de los estudios bioclimáticos en ciudades de México. Jáuregui y Soto (1967) encontraron que la temperatura de bulbo húmedo era una variable relevante para

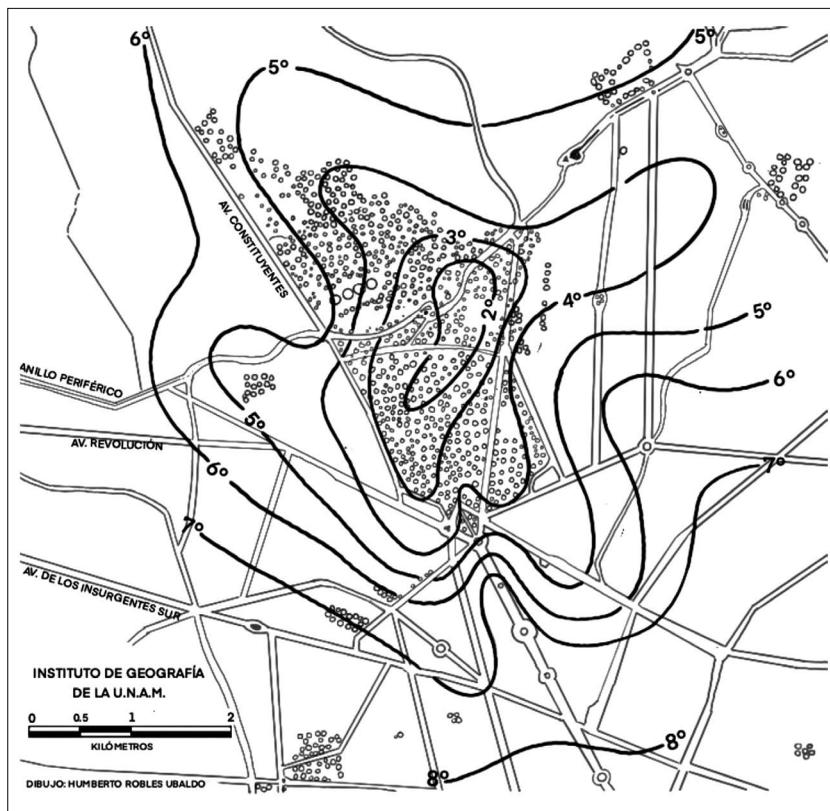


Figura 4. Distribución de la temperatura (°C) en el bosque de Chapultepec el 3 de diciembre de 1970 (recorrido con vehículo de 5:28 a 6:48 am), con cielo despejado y sin viento, reelaborada a partir de la Figura 5 de Jáuregui (1975c).

establecer un índice de incomodidad, y que en el noroeste y el centro de la gran meseta mexicana se presentaban condiciones óptimas de comodidad; posteriormente, generaron una cartografía de bioclimas para todo el país (Soto y Jáuregui, 1968). Con fines bioclimáticos, Jáuregui (1971c) analizó la variación de la temperatura simultáneamente en dos clínicas de la CDMX.

1981-2000, el interés en otras ciudades mexicanas

Durante las últimas dos décadas del siglo XX es creciente el interés en los efectos de la urbanización en la temperatura del aire y ocasionalmente de la superficie. Sobre urbes mexicanas las publicaciones al respecto para las tres décadas que van de 1950 a 1980 son alrededor de diez; se cuadruplican para las siguientes dos décadas (1981-2000), cifra que a su vez se duplica para el periodo 2001-2022. Además, el incremento significativo de las manchas urbanas en este periodo motivó varios estudios relacionados con el microclima urbano y, desde luego, las posibles evoluciones temporales de sus variables.

En las dos décadas que corresponden a este periodo, la CDMX sigue siendo estudiada en su conjunto o partes de ella. El trabajo de Jáuregui (1986) es quizás el documento más importante hasta esa fecha sobre el tema. Reafirma, con datos más recientes de estaciones fijas, la presencia de una o dos islas, con diferencias de la principal de más de 5 °C para las horas de las temperaturas mínimas, y muestra cómo el enfriamiento acumulado nocturno en enero de 1976 fue de 16 °C en un ambiente *rural* (aeropuerto de la CDMX) contra 14 °C en el urbano (observatorio de Tacubaya), pero en julio del mismo año fue mayor en el sitio urbano (10 °C) que en el rural (8 °C). Jáuregui (1993a) retoma las mediciones de Moreno y Anda (1895) para documentar la ICU en la CDMX a finales del siglo XIX y revisita el tema (Jáuregui, 1993b), analiza los efectos de la urbanización en las tendencias térmicas de nueve décadas, de 1900 a 1990 (Jáuregui, 1995b) y su relación con el balance de energía suelo/atmósfera, tema al que regresará dos años más tarde (Jáuregui, 1997c). El libro de Jáuregui (2000) constituye una panorámica del clima urbano de la CDMX, no solo de la temperatura.

En este periodo empiezan a aparecer estudios sobre otras ciudades y trabajos de otros autores; algunos se quedan en el nivel de tesis profesional o de grado, y no serán mencionados aquí por falta de espacio o porque en su mayoría son de difícil acceso.

Jáuregui (1986, 1987), con series de tiempo de temperaturas mínimas y máximas, analiza comparativamente la evolución de la ICU atmosférica de la CDMX, Guadalajara, Monterrey y Veracruz, para inicios de la década de 1980 y encuentra diferencias positivas en la noche y casi nulas o incluso negativas en el día. Barradas (1987) publica evidencias de la “isla térmica” en la ciudad de Xalapa, capital del estado de Veracruz, al oriente del país, a media montaña con geografía escarpada. Para el centro del país, Lemus y Gay (1988) se ocupan de las variaciones por efectos locales de la temperatura y la precipitación en la ciudad de Aguascalientes, de 1921 a 1985. Tejeda y Acevedo (1990) vuelven a la ICU atmosférica en Xalapa, utilizando datos de termómetros colocados en azoteas. Documentan la isla en la frontera entre el dosel urbano y la capa límite. Detectan que el gradiente térmico por diferencias de altitud no borra el efecto de la ICU en el centro comercial de la ciudad, que está a media altitud de la mancha urbana. Con análisis de series de tiempo, Ojeda *et al.* (1993) dilucidan los efectos del cambio climático global, la Oscilación del Sur y la urbanización en las ciudades de Veracruz y Xalapa, y en el poblado semi-rural de Las Vigas, todos en el centro del estado de Veracruz.

Vidal y Jáuregui (1991) se ocupan de la evolución de la ICU atmosférica de 1977 a 1990 en Toluca. Jáuregui *et al.* (1992) vuelven a Guadalajara, con series de tiempo 1931-1970 y asocian las tendencias térmicas con el crecimiento poblacional. Davydova-Belitskaya *et al.* (1999) también estudian las tendencias térmicas para el siglo previo en Guadalajara, y las asocian con fenómenos de gran escala y de escala local. Posiblemente Villahermosa, en el estado de Tabasco, sea la primera ciudad enclavada en el trópico húmedo mexicano para la que se documenta la ICU atmosférica, mediante recorridos en automóvil (Cervantes *et al.*, 2000).

En la microescala empiezan a aparecer resultados. Pozos y Barradas (1988) centran su estudio de las temperaturas en el sur de la CDMX. Jáure-

gui (1990, 1991a) vuelve al efecto del bosque de Chapultepec y su lago en el frescor del entorno y la posible generación de precipitación convectiva. También explora el efecto de la revegetación y generación de un cuerpo de agua en el exlago de Texcoco sobre el clima del oriente de la CDMX (Jáuregui, 1990, 1991a). Barradas (1991) hace microclimatología en parques pequeños de la ciudad, y comprueba que, a menor escala, también se da el fenómeno ya detectado por Jáuregui (1990, 1991b) en Chapultepec.

Como ya se dijo, uno de los aspectos en que incursionó poco Jáuregui fue en la modelación climática, salvo en el artículo de Jáuregui *et al.* (2000), que explora la respuesta del clima del Valle de México a los cambios de uso del suelo, pero uno de los trabajos que le anteceden es el de Luna-González (1997), usando un modelo meteorológico no hidrostático.

En este periodo se multiplican los trabajos sobre el bioclima en relación con la urbanización acelerada en algunas ciudades del país (Jáuregui, 1990), o tropicales, y no solo mexicanas (Jáuregui, 1991, 1997d), en ocasiones mezclando la evaluación de condiciones bioclimáticas y la contaminación atmosférica, como en la CDMX (Jáuregui, 1995c), o generando una panorámica de la bioclimatología en países en vías de desarrollo (Jáuregui, 1993c), así como aproximaciones de la bioclimatología humana de la CDMX (Jáuregui *et al.*, 1997).

Trabajos pioneros sobre los efectos espaciales y temporales de la urbanización en la precipitación pluvial son el de Jáuregui y Klaus (1982) y el de Klaus *et al.* (1983). Casi una década después reaparece el tema en el trabajo de Jáuregui y Romales (1996). Klaus *et al.* (1999) detectaron influencia de la ICU en la regularidad de las estructuras de circulación atmosférica en la cuenca de la CDMX, mientras que Jáuregui y Luyando (1998), para la misma ciudad, encuentran una relación directa entre la intensidad de la ICU y la evaporación potencial medida con el evaporímetro tipo A. Por su parte, Martínez-Arroyo y Jáuregui (2000) indagan sobre el efecto ambiental –y particularmente el térmico– de los lagos urbanos en la CDMX.

Es notable que apenas en este periodo comienza a publicarse sobre el comportamiento de la

humedad en la atmósfera urbana, su relación con la temperatura del aire, o como efecto de las áreas verdes de la CDMX (Barradas, 1991). Jáuregui y Tejeda (1997) analizan el contraste de la humedad relativa y de la presión de vapor urbano-rural en la CDMX. Concluyen que los patrones de humedad relativa, como es lógico, responden a los patrones de temperatura (aunque con gradientes en sentido inverso), pero en cuanto a la presión de vapor no llegan a conclusiones definitivas porque las diferencias entre ambos ambientes resultaron de la magnitud de la incertidumbre de los instrumentos.

Las modificaciones en el balance de energía suelo/atmósfera explican en gran medida la presencia de las ICU (Oke *et al.*, 2017, capítulo 6). De ahí la importancia de sus mediciones, pero el instrumental apropiado para aplicar la técnica de la correlación turbulenta (*eddy covariance*) fue comercialmente accesible hacia el último tercio del siglo XX. Las primeras mediciones simultáneas de la radiación neta, el calor almacenado en la superficie y los flujos turbulentos de calor sensible y de calor latente en la CDMX, datan de mediados de la década de los ochenta, pero son reportados varios años después por Oke *et al.* (1992). Una segunda campaña de mediciones se realizó en la misma ciudad a mediados de la década de los noventa, reportada por Oke *et al.* (1999). Para un área suburbana de la misma CDMX, Barradas *et al.* (1999) reportaron el comportamiento del balance energético. En todas estas publicaciones es clara la disminución del flujo de calor latente en las partes urbanas o en los suburbios con relación a los paisajes rurales de la CDMX.

2001-2022, el incentivo a otros investigadores

Durante la primera década de este siglo Jáuregui continúa publicando, básicamente sobre la climatología o la bioclimatología de la CDMX, pero no de forma exclusiva. Revisa el impacto de los cambios de usos del suelo en el clima de la región alrededor de la CDMX (Jáuregui, 2004); analiza el posible impacto de la urbanización en las nueve ciudades mexicanas con más de un millón de habitantes, y encuentra en ellas tendencias de calentamiento significativas que van de 0.02 a 0.74 °C en la segunda mitad del siglo XX (Jáuregui, 2005). Aplicando

los escenarios de cambio climático del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para una eventual duplicación del CO₂ atmosférico, Jáuregui y Tejeda (2001) generan escenarios de bioclima humano para la CDMX, con la hipótesis de una humedad relativa invariante y usando un índice bioclimático simple, función lineal de la temperatura y la humedad relativa. Jáuregui (2009) aborda las olas de calor en la Ciudad de México, y su tendencia desde finales del siglo XIX hasta finales del XX, con la definición propuesta por el autor de tres días consecutivos con temperaturas máximas de 30 °C o mayores (Figura 5).

Vuelven a aparecer temas que Jáuregui había trabajado en décadas anteriores, como la distribución de contaminantes en la CDMX, particularmente el ozono (Klaus *et al.*, 2001); el balance de energía superficie/atmósfera (Tejeda y Jáuregui, 2005), o del clima dentro de los parques urbanos (Jáuregui y Heres, 2008), trabajo este último basado en simulaciones del bioclima humano, con índices de balance de energía en un área de reserva natural protegida en el piedemonte al noroeste de la CDMX.

Iniciada la segunda década de este siglo, Jáuregui empieza a retirarse paulatinamente del trabajo de investigación. No obstante, la cantidad de publicaciones recientes, de diversos autores y

relativas a varios núcleos urbanos, en buena medida son continuación de los trabajos que, sobre climatología urbana, nuestro autor inició hace más de medio siglo.

Tras la etapa inicial (1950-1980) y la del aprendizaje (1981-2000), lo que va del presente siglo apunta a ser una etapa de consolidación. La Tabla 1 agrupa por urbes, enfoques y aplicaciones, la mayoría de las publicaciones sobre efectos de la urbe en el clima termal. Para este periodo no se excluyeron de la presente revisión las tesis de grado ni profesionales, toda vez que, por ser recientes, la mayoría son accesibles por internet.

Destaca que la CDMX es la que tiene más publicaciones, seguida de Guadalajara y Puebla, pero casi está ausente Monterrey, que es la segunda urbe más poblada del país. La mayoría de los estudios de la ICU se refieren a la atmosférica, pero los trabajos sobre las temperaturas de superficie no son pocos, y en la mayoría de ellos se hizo uso de tecnología satelital. A partir de la Tabla 1, se puede mencionar que los estudios con modelos computacionales no pasan de cinco; el de Grajeda *et al.* (2018) es de interés porque realizaron una simulación térmica en tres dimensiones en una avenida del centro del Puerto de Veracruz; además se aprecia que el uso de drones es nulo en la técnica de la detección de

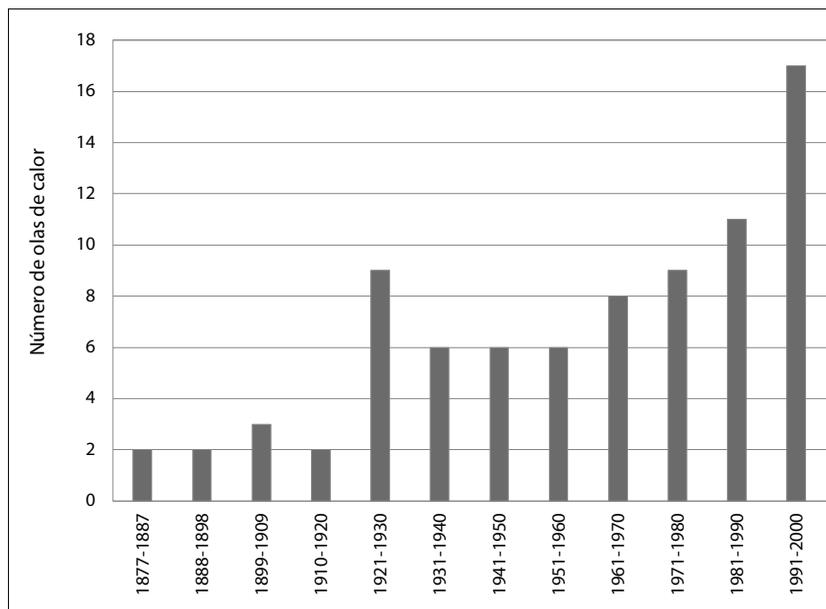


Figura 5. Frecuencia de olas de calor (temperaturas de 30 °C o mayores durante tres días consecutivos, 1877-2000), reelaborada a partir de la Figura 2 de Jáuregui (2009).

la ICU superficial, pues esta se ha estudiado, como se apuntó antes, a partir de imágenes satelitales.

Por otra parte, en doce de las 19 urbes se han hecho investigaciones que reflejan la intención de mitigar la ICU mediante áreas vegetadas (véase la columna de Usos del suelo o mitigación de la ICU en el Anexo), lo que desde un punto de vista ambiental es benéfico, en especial en zonas cálidas o áridas como Ciudad Juárez, Colima, Hermosillo, Mexicali, Poza Rica, Tampico, Torreón o Tuxtla Gutiérrez. Sin embargo, en varios trabajos se parte de la premisa, no comprobada, de que la ICU es un peligro para la sociedad, cuando en términos de salud y confort climático podría representar una ventaja en las noches frías de lugares templados como Puebla, Querétaro, Xalapa o, más aún, Toluca (Tejeda *et al.*, 2022). No es el caso de la CDMX y su área metropolitana, cuyo riesgo asociado a la ICU ha sido evaluado, y no solo supuesto, por Vargas y Magaña (2020).

También es notorio que de las 19 urbes listadas en el Anexo, solo doce son capitales estatales. En cuanto a la columna Relación ICU-sociedad, debe destacarse que en la mayoría de los casos se habla de los efectos de la ICU en aspectos sociales, como salud o confort, pero está ausente el otro punto de vista, el de los efectos de las condiciones socioeconómicas sobre la ICU, que Sarricolea *et al.* (2022) encontraron para la ICU superficial de Santiago de Chile.

COMENTARIO FINAL

Las contribuciones de Ernesto Jáuregui al conocimiento de la atmósfera de México iniciaron a finales de la década de 1950 y se prolongaron medio siglo. Se pueden agrupar en cuatro líneas de investigación: meteorología sinóptica y de mesoescala, climatología de la contaminación atmosférica, climatología urbana y bioclimatología humana. Las dos últimas son las más abundantes y de mayor impacto. Debe destacarse que esas cuatro líneas las desarrolló Jáuregui casi de manera simultánea, o alternando en su actividad unas con otras. Por ejemplo, en la meteorología o climatología sinóptica y de mesoescala, el tema de las

tormentas tropicales lo inicia a finales de los años 1960 y lo prolonga hasta iniciado el siglo XXI con seis publicaciones; lo mismo ocurre con el tópico de la variabilidad del clima, en el que genera cinco artículos entre finales de la década de 1959 y finales del siglo XX, de manera similar ocurre con la climatología de la dispersión atmosférica, pero ahí la producción es más abundante (al menos 17 artículos). Esas publicaciones aparecen, de 1970 al 2010, como aderezos a la vasta producción —más de cincuenta artículos— sobre climatología urbana y bioclimatología humana, que de muchas maneras fomentaron el auge de la climatología urbana que está viviendo México, y que se comprueba con las publicaciones sobre la ICU referidas en la Anexo.

REFERENCIAS

- Araiza-Olivares, G. A. (2022). La isla de calor en la Ciudad de México: Un análisis decadal (1950-2010). *Revista Geográfica de América Central*, 69(2), 415-436. <https://doi.org/10.15359/rgac.69-2.15>
- Baca-Cruz, A. G. (2014). *Identificación y comportamiento de la isla de calor en la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río en el año 2011*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana.
- Balderas-Romero, G. (2018). Efectos climáticos de la urbanización en la zona metropolitana de Puebla. En N. Santillán y R. García-Cueto (Eds.), *Ambiente urbano 2050* (pp. 69-95). Universidad Autónoma de Baja California. <http://urban.diau.buap.mx/publicaciones/efectos-climaticos-de-la-urbanizacion-de-la-zmp.pdf>
- Ballinas, M. y Barradas, V. L. (2016). The Urban Tree as a Tool to Mitigate the Urban Heat Island in Mexico City: A Simple Phenomenological Model. *Journal of Environmental Quality*, (45), 157-166. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.01.0056>
- Barradas, V. L. (1987). Evidencia del efecto de “Isla térmica” en Jalapa, Veracruz, México. *Revista Geofísica*, (26), 125-135. https://www.researchgate.net/profile/Victor-Barradas/publication/263272978_Evidencia_del_efecto_de_Isla_Termica_en_Jalapa_Veracruz_Mexico/links/53df97c50cf27a7b83068cd4/Evidencia-del-efecto-de-Isla-Termica-en-Jalapa-Veracruz-Mexico.pdf
- Barradas, V. L. (1991) Air temperature and humidity and human comfort index of some city parks of Mexico City. *International Journal of Biometeorology*, (35), 24-28. <https://doi.org/10.1007/BF01040959>

- Barradas, V. L., Tejeda, A. y Jáuregui, E. (1999). Energy balance measurements in a suburban vegetated area in Mexico City. *Atmospheric Environment*, (33), 4109-4113. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00152-1)
- Barrera-Alarcón, I. G., Caudillo-Cos, C. A., Medina-Fernández, S. L., Ávila-Jiménez, F. G. y Montejano-Escamilla, J. A. (2022). La isla de calor urbano superficial y su manifestación en la estructura urbana de la Ciudad de México. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, 5(3), 312-330.
- Biles, J. J. y Lemberg, D. S. (2020). A Multi-scale Analysis of Urban Warming in Residential Areas of a Latin American City: The Case of Mérida, Mexico. *Journal of Planning Education and Research*, 43(4), 1-16. <https://doi.org/10.1177/0739456X20923002>
- Canul, R. A., Barrera, F. J. y Aldana, G. P. (2020). Heat islands in the city of San Francisco de Campeche: detection and solution. *ECORFAN*, 6(10), 16-20. <http://dx.doi.org/10.35429/EJROP.2020.6.10.16.20>
- Casillas-Higuera, A., García-Cueto, R., Leyva-Camacho, O. y González-Navarro, F. F. (2014). Detección de la isla urbana de calor mediante modelado dinámico en Mexicali, B.C. México. *Información Tecnológica*, 25(1), 139-150. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000100015>
- Cervantes, J., Barradas, V., Tejeda, A., Angulo, Q., Triana, C. y Gutiérrez, G. (2000). Aspectos del clima urbano de Villahermosa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 16(31), 10-18.
- Cervantes, J., Barradas, V., Tejeda, A. y Pereyra, D. (2001). Clima urbano, bioclima humano, hidrología y evaluación de riesgos por hidrometeoros en Xalapa, Ver., Anexo 4. En C. Capitanachi (Coord.), E. Utrera y C. B. Smith, *Unidades ambientales: bases metodológicas para la comprensión integrada del espacio urbano* (pp. 1-54). Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.
- Colunga, M., Cambrón, V., Suzán, H., Guevara, A. y Luna, H. (2015). The role of urban vegetation in temperature and heat island effects in Queretaro city, Mexico. *Atmósfera*, 28(3), 205-218. <https://doi.org/10.20937/ATM.2015.28.03.05>
- Contreras-Cordova A., Plata-Mendoza J. A., Velásquez-Angulo G. y Quevedo-Urías, H. (2008). Determinación de la isla de calor urbano en Ciudad Juárez mediante programa de cómputo. *CULCyT*, 26(5).
- Cui, Y. y De Foy, B. (2012). Seasonal variations of the urban heat island at the surface and the near-surface and reductions due to urban vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(5), 855-868. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-0104.1>
- Davydova-Belitskaya, V., Skiba, Y. N., Bulgakov, S. N. y Martínez, A. A. (1999). Modelación matemática de los niveles de contaminación en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México. Parte 1. Microclima y monitoreo de la contaminación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 15(2), 103-111. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37015206>
- Davydova, V. y Alamilla, D. (2019). Variación de la temperatura relacionada con el intenso desarrollo de la zona conurbada de Guadalajara, México (1996-2018) En N. Zapata. *Biotecnología y Ciencias Agrícolas. ECORFAN-México*.
- Estrada, F., Martínez-Arroyo, A., Fernández-Eguiarte, A., Luyando, E. y Gay, C. (2009). Defining climate zones in Mexico City using multivariate analysis. *Atmósfera*, 22(2), 175-193. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8625>
- Evans, J. M. y De Schiller, S. (2005). La isla de calor en ciudades con clima cálido-húmedo. El caso de Tampico, México. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, (9), 37-42. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/83074>
- Flores-De la O, J. L., Villanueva-Solis, J. y Quiroa-Herrera, J. A. (2018). Evaluación de los efectos microclimáticos que tiene la vegetación de la isla de calor urbana: Parque en la ciudad de Torreón, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), 123-140. <https://doi.org/10.15359/rca.52-2.7>
- Fuentes-Pérez C. A. (2014). Islas de calor urbano en Tampico, México. Impacto del microclima a la calidad del hábitat. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 7(13), 495-515. https://www.researchgate.net/publication/276075465_Islas_de_calor_urbano_en_Tampico_Mexico_Impacto_del_microclima_a_la_calidad_del_habitat
- Gäb, G. M. (1970a). *Untersuchungen zum Stadtklima von Puebla (Mexiko)*. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität.
- Gäb, G. M. (1970b). Investigaciones del clima de la ciudad de Puebla. *Revista Comunicaciones de la Fundación Alemana*, 2, 25-43.
- Galindo, I. (2009). *A satellite time slots climatology of the urban heat island of Guadalajara Megacity in Mexico from NOAA /AVHRR THERMAL Infrared Monitoring (TIR)*. European Geosciences Union General Assembly, 11. EGU2009-12795.
- Galindo, I. (2010). Identificación y estudios de las islas urbanas de calor de las ciudades de Guadalajara y Colima, propuestas de estrategias de mitigación. Primer Encuentro Académico CONAVI-CONACYT.
- Galindo-Estrada, I. (2014). Las islas urbanas de calor: un problema creciente. En *Diálogos entre ciudad, medio ambiente y patrimonio*, de R. Valladares-Anguiano (pp. 151-155). Universidad de Colima.

- García-Cueto, O. R., López-Velázquez, J.E., Bojórquez-Morales, G., Santillán-Soto, N. y Flores-Jiménez, D. E. (2021). Trends in temperature extremes in selected growing cities of Mexico under a non-stationary climate. *Atmósfera*, 34(3), 233-254. <https://doi.org/10.20937/ATM.52784>
- García-Cueto, O. R., Jáuregui, E., Toudert, D. y Tejeda, A. (2007). Detection of the urban heat island in Mexicali B. C. and its Relationship with land use. *Atmósfera*, 20(2), 111-131. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8578/8048>
- García-Cueto, O. R., Tejeda, A. y Bojórquez, G. (2009). Urbanization effects upon the air temperature in Mexicali, B.C. *Atmósfera*, 22(44), 349-365. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362009000400002
- Godínez-Tovar, A. G. y López-Gutiérrez, M. (2018). *Dinámica de la Isla de Calor Urbana y su efecto en la distribución espacio-temporal de la lluvia en las ciudades de Querétaro y San Juan del Río*. Tesis de licenciatura, Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Gómez-Martínez, F., De Burs, K. M., Koch, J. y Widener, J. (2021). Multi-temporal land surface temperature and vegetation greenness in urban green spaces of Puebla, Mexico. *Land*, 10(2), 155. <https://doi.org/10.3390/land10020155>
- González-Claverán, V. (1988). *La expedición científica de Malaspina en Nueva España, 1789-1794*. El Colegio de México. <https://repositorio.colmex.mx/concern/books/gt54kn83?locale=es>
- González-Rocha, S. N. (2013). *Áreas verdes, estrategia para disminuir la isla de calor y contaminantes atmosféricos*. Tesis doctoral, Instituto de Ciencias Avanzadas. Universidad Popular Autónoma de Veracruz.
- Grajeda, R. M., Alonso, E. M. y Esparza, C. J. (2018). Vehicular anthropogenic heat in the physical parameters of an urban canyon for warm humid climate. En En E. Ng, S. Fong, C. Ren (Eds.), *34th International Conference on Passive and Low Energy Architecture* (pp. 225-230). The Chinese University of Hong Kong.
- Haro-Carbajal, E. T. (2013). *La vegetación urbana, una estrategia de mitigación de la isla urbana de calor en Colima*. Tesis de doctorado en Arquitectura. Universidad de Colima.
- Hernández, A. (2010). *Detección satelital de la isla de calor de la ciudad de Guadalajara*. Tesis para optar al grado de Ingeniero Topógrafo Geomático, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima.
- Jáuregui, E. (1958). El aumento de la turbiedad del aire en la Ciudad de México. *Ingeniería Hidráulida en México*, 12(3), 9-18.
- Jáuregui, E. (1959). Notas sobre la precipitación en Tacubaya para el periodo 1900-1958. *Ingeniería Hidráulica en México*, (13), 29-39.
- Jáuregui, E. (1960). Las tolvaneras de la ciudad de México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 14(4), 60-66.
- Jáuregui, E. (1961). El clima de la ciudad de Cuernavaca. *Ingeniería Hidráulica en México*, 15(3), 1-16.
- Jáuregui, E. (1965). Mesoclima y bioclima del Valle de México. *Publicaciones del Instituto de Geografía-UNAM*, 1, 99-123.
- Jáuregui, E. (1967). Las ondas del este y los ciclones tropicales en México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 21(3), 197-208.
- Jáuregui, E. (1968). *Mesoclima de la región Puebla-Tlaxcala*. Instituto de Geografía-UNAM, Dirección General de Publicaciones-UNAM.
- Jáuregui, E. (1969a). El clima del Valle del Río Colorado. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (1), 31-64. <https://doi.org/10.14350/rig.59180>
- Jáuregui, E. (1969b). Aspectos meteorológicos de la contaminación del aire de la ciudad de México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 23(1), 17-28.
- Jáuregui, E. (1971a). Variaciones de largo periodo de los tipos de tiempo de superficie en México. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, 4, 7-22. <https://doi.org/10.14350/rig.58858>
- Jáuregui, E. (1971b). *Mesomicroclima de la Ciudad de México*. Instituto de Geografía, UNAM. Dirección General de Publicaciones-UNAM.
- Jáuregui, E. (1971c). Evaluación del bioclima en dos clínicas de la ciudad de México. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, 4, 23-36. <https://doi.org/10.14350/rig.58859>
- Jáuregui, E. (1973a). The urban climate of Mexico City. *Erdkunde*, 27(4), 298-307. [https://www.erdkunde.uni-bonn.de/archive/\(1973\)/the-urban-climate-of-mexico-city/at_download/attachment](https://www.erdkunde.uni-bonn.de/archive/(1973)/the-urban-climate-of-mexico-city/at_download/attachment)
- Jáuregui, E. (1973b). *Untersuchungen zum Stadtklima von Mexiko-Stadt*. Inaugural Dissertation, Universidad de Bonn, Alemania.
- Jáuregui, E. (1974a). Las investigaciones sobre el clima urbano y contaminación del aire en la República Federal de Alemania. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (5), 71-89. <https://doi.org/10.14350/rig.58878>
- Jáuregui, E. (1974b). 'La isla de lluvia' de la Ciudad de México. *Recursos Hidráulicos*, 3(2), 138-151.
- Jáuregui, E. (1975a). Los sistemas de tiempo en el Golfo de México y su vecindad. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (6), 7-36. <https://doi.org/10.14350/rig.58888>
- Jáuregui, E. (1975b). Las zonas climáticas de la Ciudad de México. *Boletín del Instituto de Geo-*

- grafía-UNAM, (6), 47-58. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111975000100003
- Jáuregui, E. (1975c). Microclima del Bosque de Chapultepec. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (6), 63-72. <https://doi.org/10.14350/rig.58892>
- Jáuregui, E. (1979a). Algunos aspectos de las fluctuaciones pluviométricas en México en los últimos cien años. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (9), 39-64. <https://doi.org/10.14350/rig.58914>
- Jáuregui, E. (1979b). La isla de calor en Toluca, Méx. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (10), 27-37. <https://doi.org/10.14350/rig.58913>
- Jáuregui, E. (1981). Climatología de difusión de la ciudad de Tijuana, B. C. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (11), 55-91. <https://doi.org/10.14350/rig.58936>
- Jáuregui, E. (1983a). Die Gefährdung der Nordwestküste Mexikos durch die tropischen Zyklonen des nordostpazifiks. *Studia Geographica*, (16), 123-135.
- Jáuregui, E. (1983b). Variaciones de largo periodo de la visibilidad en la Ciudad de México. *Geofísica Internacional*, 22(3), 251-275. <https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1983.22.3.868>
- Jáuregui, E. (1983c). Visibility trends in Mexico City. *Erkunde*, 37(4) 296-300. <https://www.jstor.org/stable/25644697>
- Jáuregui, E. (1983d). Una primera estimación de las condiciones de difusión atmosférica en la República Mexicana. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (13), 9-51. <https://doi.org/10.14350/rig.58953>
- Jáuregui, E. (1984). La distribución espacial y temporal del monóxido de carbono en la Ciudad de México, y su relación con algunos factores meteorológicos. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (14), 93-126. <https://doi.org/10.14350/rig.59470>
- Jáuregui, E. (1986). The urban climate of Mexico City. *Urban climatology and its applications with special regard to tropical areas*. T. R. Oke (Ed.), *World Climate Programme*, WMO 652 (pp. 63-86). https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=7604
- Jáuregui, E. (1987). Urban heat island development in medium and large urban areas in Mexico. *Erkunde*, (41), 48-51. <http://www.jstor.org/stable/25645088>
- Jáuregui, E. (1988). Local wind and air pollution interaction in the Mexico Basin. *Atmósfera*, 1(3), 131-140. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/25944>
- Jáuregui, E. (1989^a, sept-dic.). Los ciclones del norte de México y sus efectos sobre la precipitación. *Ingeniería Hidráulica en México*, 43-50. <http://www.revistatyc.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/609>
- Jáuregui, E. (1989^b). Variaciones espaciales y temporales del plomo atmosférico en la Ciudad de México. *Geografía y Desarrollo*, 2(4), 15-21.
- Jáuregui, E. (1989^c). The dust storms of Mexico City. *International Journal of Climatology*, (9), 169-180. <https://doi.org/10.1002/joc.3370090205>
- Jáuregui, E. (1990). Distribución de la temperatura efectiva en México. *Memorias de la II Reunión Nacional de Energía y Confort* (pp. 136-139). Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ingeniería.
- Jáuregui, E. (1990-1991a). Effects of revegetation and new artificial water bodies on the climate of northeast Mexico City. *Energy and Buildings*, (15-16), 447-455. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90020-J](https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90020-J)
- Jáuregui, E. (1990/91b). Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city. *Energy and Buildings*, (15-16), 457-463. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90021-A](https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90021-A)
- Jáuregui, E. (1991). The human climate of tropical cities: an overview. *International Journal of Biometeorology*, (35), 151-160. <https://doi.org/10.1007/BF01049061>
- Jáuregui, E. (1992). Aspects of monitoring local/regional climate change in a tropical region. *Atmósfera*, 5(2), 69-78. <http://www.ejournal.unam.mx/atm/Vol05-2/ATM05202.pdf>
- Jáuregui, E. (1993a). La isla de calor urbano de la Ciudad de México a fines del siglo XIX, *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (26), 31-39. <https://doi.org/10.14350/rig.59016>
- Jáuregui, E. (1993b). Mexico City's urban heat island revisited. *Erdkunde*, 47, 185-195. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.1993.03.03>
- Jáuregui, E. (1993c). Urban bioclimatology in developing countries. *Experientia*, 49(2), 964-968. <https://doi.org/10.1007/BF02125643>
- Jáuregui, E. (1995a). Rainfall fluctuations and tropical storm activity in Mexico. *Erdkunde*, 49, 39-48. [https://www.erdkunde.uni-bonn.de/archive/\(1995\)/rainfall-fluctuations-and-tropical-storm-activity-in-mexico/at_download/attachment](https://www.erdkunde.uni-bonn.de/archive/(1995)/rainfall-fluctuations-and-tropical-storm-activity-in-mexico/at_download/attachment)
- Jáuregui, E. (1995b). Algunas alteraciones de largo período del clima de la Ciudad de México debidas a la urbanización. Revisión y perspectivas. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (31), 9-44. <https://doi.org/10.14350/rig.59035>
- Jáuregui, E. (1995c). Clima urbano y contaminación atmosférica en la Ciudad de México. Análisis actual y aspectos futuros. En *Umwelt und Gesellschaft in Lateinamerika: Wissenschaftliche Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Deutsche Latinoamerikaforschung (ADLAF) 1994*, (pp. 156-167). Marburger Geographische Schriften 129.
- Jáuregui, E. (1997a). Climate changes in Mexico during the historical and instrumented periods. *Quaternary International*, (43), 7-17. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(97\)00015-3](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(97)00015-3)

- Jáuregui, E. (1997b). Climate variability and climate change in Mexico: A review. *Geofísica Internacional*, 36(3), 201-205. <https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1997.36.3.658>
- Jáuregui, E. (1997c). The last Ms for 40th anniversary issue. Aspects of urban human biometeorology. *International Journal of Biometeorology*, (40), 58-61. <https://doi.org/10.1007/BF02439413>
- Jáuregui, E. (1997d). Heat island development in Mexico City. *Atmospheric Environment*, 31(22), 3821-3831. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(97\)00136-2](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(97)00136-2)
- Jáuregui, E. (2000). *El clima de la Ciudad de México*. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/51>
- Jáuregui, E. (2003). Climatology of landfalling hurricanes and tropical storms in Mexico. *Atmósfera*, 16(4), 193-204. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362003000400001
- Jáuregui, E. (2004). Impact of land-use changes on the climate of the Mexico City Region. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (55), 46-60.
- Jáuregui, E. (2005). Possible impact of urbanization on the thermal climate of some large cities in México. *Atmósfera*, 18(4), 249-252. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8550>
- Jáuregui, E. (2009). The heat spells of México City. *Investigaciones Geográficas*, (70), 71-76. <https://doi.org/10.14350/rig.18078>
- Jáuregui, E., Cervantes, J., Tejeda, A. (1997). Bioclimatic conditions in Mexico City: an assessment. *International Journal of Biometeorology*, (40), 166-177. <https://doi.org/10.1007/s004840050038>
- Jáuregui, E. y Cruz-Navarro, F. (1981). Algunos aspectos del clima de Sonora y Baja California. Equipatas y surgencias de humedad. *Boletín del Instituto de Geografía*, (10), 143-180. <https://doi.org/10.14350/rig.58927>
- Jáuregui, E., Godínez L. y Cruz, F. (1992). Aspects of heat-island development in Guadalajara, Mexico. *Atmospheric Environment*, 26B(3), 391-396. [https://doi.org/10.1016/0957-1272\(92\)90014-J](https://doi.org/10.1016/0957-1272(92)90014-J)
- Jáuregui, E. y Heres, M. E. (2008). El clima/bioclima de un parque periurbano de la Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, (67), 101-112. https://www.researchgate.net/publication/38104500_El_climabioclima_de_un_parque_periurbano_de_la_Ciudad_de_Mexico
- Jáuregui, E., Jazcilevich, A., Fuentes, V. y Luna, E. (2000). Simulated urban climate response to historical land use modification in the basin of Mexico. *Climatic Change*, (44), 515-536. <https://doi.org/10.1023/A:1005588919627>
- Jáuregui, E. y Klaus, D. (1976). Some aspects of climate fluctuations in Mexico in relation to drought. *Geofísica Internacional*, 16(1), 45-61. <https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1976.16.1.926>
- Jáuregui, E. y Klaus, D. (1982). Stadtklimatische Effekte der Raum-Zeitlichen Niederschlagsverteilung Aufgezeigt am Beispiel von Mexiko-Stadt. *Erkunde*, (6), 278-286. <https://www.erkunde.uni-bonn.de/archive/1982/stadtklimatische-effekte-der-raumzeitlichen-niederschlagsverteilung-aufgezeigt-am-beispiel-von-mexiko-stadt>
- Jáuregui, E., Klaus, D. y W. Lauer. (1981). Una Primera estimación del transporte de SO₂ sobre la Ciudad de México. *Geofísica Internacional*, 20(1), 55-79. <https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1981.20.1.2169>
- Jáuregui, E. y Luyando, E. (1992). Patrones de flujo del aire superficial y su relación con el transporte de contaminantes en el Valle de México. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (24), 51-78. <https://doi.org/10.14350/rig.59008>
- Jáuregui, E. y Luyando, E. (1998). Long-term association between pan evaporation and the urban heat island in Mexico City. *Atmósfera*, 11(1), 45-60. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8425>
- Jáuregui, E. y Luyando, E. (1999). Global radiation attenuation by air pollution and its effects on the thermal climate in Mexico City. *International Journal of Climatology*, (19), 683-694. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(\(1999\)05\)19:6<683::AID-JOC389>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088((1999)05)19:6<683::AID-JOC389>3.0.CO;2-8)
- Jáuregui, E. y Romales, E. (1996). Urban effects on convective precipitation in Mexico City. *Atmospheric Environment*, 30(20), 3383-3389. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(96\)00041-6](https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00041-6)
- Jáuregui, E. y Soto, C. (1967). Wet-bull temperature and discomfort index areal distribution in Mexico. *International Journal of Biometeorology*, 11(1), 21-28. <https://doi.org/10.1007/BF01424271>
- Jáuregui, E. y Soto, C. (1975). La vertiente del Golfo de México: Algunos aspectos fisiográficos y climáticos. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (6) 37-45. <https://doi.org/10.14350/rig.58889>
- Jáuregui, E. y Tejeda, A. (1997). Urban-rural humidity contrasts in Mexico City. *International Journal of Climatology*, 17(2), 187-196. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199702\)17:2<187::AID-JOC114>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199702)17:2<187::AID-JOC114>3.0.CO;2-P)
- Jáuregui, E. y Tejeda, A. (2001). A scenario of bioclimatic conditions in Mexico City for CO₂ doubling. *Atmósfera*, 14(3), 125-138. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8481>
- Jáuregui, E. y Vidal-Bello, J. (1981). Aspectos de la climatología del estado de México, *Boletín del Ins-*

- tituto de Geografía-UNAM, (11), 21-54. <https://doi.org/10.14350/rig.58935>
- Jáuregui, E., Valdovinos, M. A. y Rodríguez, J. M. (1980). Atmospheric diffusion characteristics at a coastal site in the tropics. *Geofísica Internacional*, 19(3), 259-268. <http://revistagi.geofisica.unam.mx/index.php/RGI/article/download/1322/1496/1490>
- Jáuregui, E. y Zitácuaro, I. (1995). El impacto de los ciclones tropicales del Golfo de México en el estado de Veracruz. *La Ciencia y el Hombre*, 7(21), 75-120. <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/5331>
- Klaus, D. y Jáuregui, E. (1975). Variaciones seculares de la circulación general y su relación con la sequía del norte de México. *Recursos Hidráulicos*, 4(4), 580-594. <http://geoprodig.cnrs.fr/items/show/118802>
- Klaus, D. y Jáuregui, E. (1979). Análisis espectral del bióxido de azufre en la Ciudad de México y su relación con algunos parámetros meteorológicos. *Geofísica Internacional*, 18(3), 263-308. <https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1979.18.3.940>
- Klaus, D., Jáuregui E., y Lauer, W. (1983). Stadbedingte Niederschlagseffekte im Grossraum von Mexiko City. *Arch. Met. Geoph. Biocl. Ser. B*, 33(3), 275-288.
- Klaus, D., Jáuregui, E., Poth, A., Stein G., y Voss, M. (1999). Regular circulation structures in the tropical basin of Mexico City as a consequence of the urban heat island effect. *Erkunde*, 53(3), 231-243. <http://www.jstor.org/stable/25647174>
- Klaus, D., Lauer, W. y Jáuregui, E. (1988). Schadstoffbelastung und Stadtklima in Mexiko-Stadt. *Mitteilungen Deutsche Meteorologische Gesellschaft*, (vol. 4, pp. 23-28). Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz. <https://katalog.slub-dresden.de/id/0-129510106>
- Klaus, D., Poth, A., Voss, M. y Jáuregui, E. (2001). Ozone distributions in Mexico City using principal component analysis and its relation to meteorological parameters. *Atmósfera*, 14(4), 171-188. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8484>
- Lemus-Flores, S. (2016). *Isla de calor en la Ciudad de Puebla*. Tesis de Licenciatura en Geografía, UNAM. <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000751268>
- Lemus, L. y Gay, C. (1988). Temperature, precipitation variations and local effects Aguascalientes 1921-1985. *Atmósfera*, 1(1), 39-44. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8267>
- Lino, J. J. (2019). *Detección y caracterización espacial de la isla urbana de calor en la zona periferia de la ciudad de Xalapa en el municipio de Emiliano Zapata, Veracruz*. Tesis de Licenciatura en Geografía, Universidad Veracruzana.
- López-García, A. R. (2018). Modelación espacial del riesgo por calor extremo en el Área Metropolitana de Guadalajara, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(5), 52-63. <http://www.reibci.org/publicados/2018/oct/3100104.pdf>
- López-González, F. M., Navarro-Navarro, L. A., Díaz-Cervantes, R. E. y Navarro-Estupián, J. (2021). Vegetation cover and urban heat islands/oases distribution in Hermosillo City, Sonora. *International Journal of Borders, Territories and Regions*, 33(6). <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2088>
- Luna-González, E. (1997). *Simulación del clima termal y la calidad del aire del Valle de México, usando un modelo meteorológico no hidrostático*. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- Luyando-López, E., Tejeda, A. y Jitrik, O. (2018). Ponderación de la isla de calor en la zona metropolitana de la Ciudad de México por extensión y población, y su comparación con el calentamiento esperado para mediados del siglo XXI. En Santillán, N. y R. García-Cueto. *Ambiente urbano 2050* (pp. 49-68). Universidad Autónoma de Baja California.
- Martínez-Arroyo, A. y Jáuregui, E. (2000). On the environmental role of urban lakes in Mexico City. *Urban Ecosystems*, (4), 145-166. <https://doi.org/10.1023/A:1011355110475>
- Medina-Acosta, I. L., Villanueva-Solís, J. y Quiroa-Herrera, J. A. (2019). Cambio climático urbano y su impacto en la vivienda de Torreón. *Revista de divulgación científica, CienciaCierta*, (57), 37-41. <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2019/01/10/cambio-climatico-urbano-y-su-impacto-en-la-vivienda-de-torreon/>
- Méndez-Astudillo J., Caetano E. y Pereyra-Castro, K. (2022). Synergy between the Urban Heat Island and the Urban Pollution Island in Mexico City during the Dry Season. *Aerosol and Air Quality Research*, 22(8), 1-16. <https://doi.org/10.4209/aaqr.210278>
- Méndez-Romero, E. A. (2016). *Alteraciones térmicas derivadas de la urbanización en la ciudad de Xalapa, Veracruz. Análisis espacial y temporal: 1982-2015*. Tesis de Maestría, El Colegio de Veracruz.
- Mercado-Maldonado, L. (2022). Mitigación y adaptación al efecto de isla de calor urbana de clima cálido seco. El caso de Hermosillo, Sonora. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 6(11), 85-110. <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i11.187>
- Mercado, L. y Marincic, I. (2017). Morfología de isla de calor urbana en Hermosillo, Sonora y su aporte hacia una ciudad sustentable. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 19(E3), 27-33. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971095010>
- Morales-Méndez C. C., Madrigal-Uribe D. y González-Becerril, L. A. (2007). Isla de calor en Toluca, México.

- Ciencia ergo-sum*, 14(3), 307-316. <https://cienciaergo-sum.uaemex.mx/article/view/7150>
- Moreno y Anda, M. (1895). Comparación de los climas de México y Tacubaya. *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"* (tomo 10, 1895-1896) (pp. 397-407). <https://memoricamexico.gob.mx/es/memorica/temas?ctId=7&cId=ODA2YjRhYmQtNzhliMi00YmU5LTg0YzAtYzM0NzRmNmFhZTVk&cd=false>
- Navarro-Tec, S., Orozco-del Castillo, M. G., Valdiviezo-Navarro, J. C., Ordaz-Bencomo, D. R., Moreno-Sabido, M. R. y Bermejo-Sabbagh, C. (2018). Análisis del crecimiento urbano y su relación con el incremento de temperaturas en la ciudad de Mérida utilizando imágenes satelitales. *Research in Computing Sciences*, 147(7), 258-294. <http://dx.doi.org/10.13053/racs-147-7-22>
- Noh-Abarca, K. M., Fernández, C., Sánchez, A. y Teutli, M. (2019). Evaluation of urban heat island for Puebla City, Mexico. *Sustainable Development and Planning*, 217, 867-879. 10.2495/SDP180731
- Ojeda, M. M., Tejeda, A., Mahe, M. y Sánchez, S. (1993). Análisis preliminar de las tendencias climáticas en tres localidades del estado de Veracruz, y sus posibles causas, Investigaciones Geográficas, *Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM*, (2), 49-68. <https://doi.org/10.14350/ig.59020>
- Oke, T. R., Mills G., Christen A. y Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139016476>
- Oke, T. R., Spronken-Smith, R. A., Jáuregui, E. y Grimmer, C. S. (1999). The energy balance of central Mexico City during the dry season. *Atmospheric Environment*, (33), 3919-3930. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00134-X](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00134-X)
- Oke, T. R., Zeuner, G. y Jáuregui, E. (1992). The surface energy balance in Mexico City. *Atmospheric Environment*, 26B(4), 433-444. [https://doi.org/10.1016/0957-1272\(92\)90050-3](https://doi.org/10.1016/0957-1272(92)90050-3)
- OMMAC. (1988). *Memorias del III Congreso Nacional y III Congreso Iberoamericano de Meteorología*. México, D.F., 14 al 18 de noviembre. Organización Mexicana de Meteorólogos, A.C.
- OMM y OMMAC. (1990). *Memorias del Primer Simposio Internacional sobre Contaminación del Aire y Clima Urbano*. Guadalajara, Jalisco, 19 al 22 de noviembre. Organización Meteorológica Mundial y Organización Mexicana de Meteorólogos, A.C.
- Palafox-Juárez, E. B., López, J. O., Hernández, J. L. y Hernández, H. (2021). Impact of urban land-cover changes on the spatial-temporal land surface temperature in a tropical City of Mexico. *International Journal of Geo-Information*, 10(2), 76. <https://doi.org/10.3390/ijgi10020076>
- Pozos, B. y Barradas, V. L. (1988). Evolución de la temperatura de la región sur de la Ciudad de México debido a la urbanización. *Memorias del III Congreso Interamericano de Meteorología y III Congreso Mexicano de Meteorología* (pp. 157-159).
- Riquelme, D. (1968). Microclimas del área metropolitana de la Ciudad de México. *Anuario de Geografía*, (8), 103-105.
- Rivera-Rivera, A. L. (2012). *Urban Heat Islands in Monterrey, Mexico, using remote sensing imagery and geographic information systems analysis*. Tesis de maestría, División de Ingeniería y Arquitectura. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/571584>
- Rivera, E., Antonio, X., Origel, G., Sarricolea, P. y Adame, S. (2017). Spatiotemporal analysis of the atmospheric and surface urban heat islands of the Metropolitan Area of Toluca, Mexico. *Environmental Earth Sciences*, (76), 225. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/68533>
- Romero-Dávila, S., Méndez, C. C. M., y Némiga, X. A. (2011). Identificación de las islas de calor de verano e invierno en la ciudad de Toluca, México. *Revista de climatología*, (11), 1-10. <https://climatol.eu/reclim/reclim11a.pdf>
- Rosas-Lusett, M. A. (2019). Islas de calor en la zona conurbada del Río Pánuco. *Architecture, City and Environment*, 13(39), 63-74. <http://dx.doi.org/10.5821/ace.13.39.5359>
- Rosas-Lusett, M. A., Bartorila, M. A. y Ocón, S. (2016). Laguna del Carpintero, regulador climático en el área urbana de Tampico, Tamaulipas, México. *Legado de Arquitectura y Diseño*, (20), 113-124. <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/4765>
- Rosas, I., Belmont R. y Jáuregui, E. (1995). Seasonal variation of atmospheric lead levels in three sites in Mexico City. *Atmósfera*, 8(4), 157-168. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8393>
- Salas-Esparza, M. G y Herrera-Sosa, L. C. (2017). La vegetación como sistema de control para las islas de calor urbano en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Revista Hábitat Sustentable*, (7), 14-23. <https://doi.org/10.2320/07190700.2017.07.01.02>
- Sánchez-Hernández, A., Cruz, M. A. y Teutli, M. (2019). Valoración ambiental del centro histórico de Atlixco, Puebla. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, 19(37), 151-168. <http://coltlax.edu.mx/openj/index.php/ReyDS/article/view/91>
- Sarricolea, P., Smith, P., Romero-Aravena, H., Serrano-Notivoli, R., Fuentealba, M. y Meseguer-Ruiz, O. (2022). Socioeconomic inequalities and the surface heat island distribution in Santiago, Chile. *Science of*

- the Total Environment*, 1(822), 155152. 10.1016/j.scitotenv.2022.155152
- Serrano-Juárez, J. D. (2023). Ernesto Jáuregui Ostos (1923-2014), punta de lanza de la climatología en el Instituto de Geografía de la UNAM. *Investigaciones Geográficas*, (112). e60828. DOI: <https://doi.org/10.14350/riig.60828>.
- Soto, C. y Jáuregui, E. (1965). *Isotermas extremas e índice de aridez en la República Mexicana*. Instituto de Geografía-UNAM. Dirección General de Publicaciones-UNAM.
- Soto, C. y Jáuregui, E. (1968). *Cartografía de elementos bioclimáticos en la República Mexicana*. Instituto de Geografía-UNAM, Dirección General de Publicaciones-UNAM.
- Soto, C. y Jáuregui, E. (1970). Frecuencia y distribución de algunos elementos del clima del estado de Querétaro. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*, (3), 103-139. <https://doi.org/10.14350/riig.58851>
- Tejeda, A. y Acevedo, F. (1990). Alteraciones climáticas por la urbanización en Xalapa, Ver. *La Ciencia y el Hombre*, (6), 37-48. <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/5077>
- Tejeda, A. y Jáuregui, E. (2005). Surface energy balance measurements in the Mexico <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/indexCity> region: a review. *Atmósfera*, 18(2), 1-23. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8535>
- Tejeda, A., Méndez-Pérez, I. R. y Cruz-Pastrana, D. A. (2022). Domestic Electricity Consumption in Mexican Metropolitan Areas under Climate Change Scenarios. *Atmósfera*, 35(3), 449-465. <https://doi.org/10.20937/ATM.52902>
- Tereshchenko, I. E. y Filonov, A. E. (2001). Air temperature fluctuations in Guadalajara, Mexico, from 1926 to 1994 in relation to urban growth. *International Journal of Climatology*, (21), 483-494. <https://doi.org/10.1002/joc.602>
- Torres-Quintana J. L. (2020). *Estrategias de mitigación de Islas de calor urbano en Toluca*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de México.
- Tzoni-Barranco, M. C. (2015). *Áreas verdes urbanas: una alternativa para mitigar la isla de calor en la ciudad de Puebla*. Tesis de Maestría en Urbanismo, UNAM.
- Vargas, N. y Magaña, V. (2020). Climatic risk in the Mexico City metropolitan area due to urbanization. *Urban Climate*, (33). <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100644>
- Vidal, J. y Jáuregui, E. (1991). Evolución de la isla de calor en Toluca, Méx. *Memoria del III Encuentro de Geografía de América Latina*. INEGI-UAEM. Observatorio Geográfico América Latina.
- Villanueva-Solís, J., Quiroa-Herrera, J. A. y González-Calderón, A. J. (2022). Vulnerabilidad climática urbana: isla de calor y marginación. El caso de Torreón, Coahuila. *Hatso Hnini Revista de Investigación de Paisaje y Espacio Construido*, 1(2). <https://revista-hatsohnini.com.mx/index.php/inicio/article/view/20>
- Villanueva-Solís, J., Ranfla-González, A. y Quintanilla-Montoya, A. L. (2013). Isla de calor urbana: modelación dinámica y evaluación de medidas de mitigación en ciudades de clima árido extremo. *Información Tecnológica*, 24(1), 15-24. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000100003>
- WMO. (1986). *Urban Climatology and its applications with special regard to tropical areas. Proceedings of the technical conference organized by the World Meteorological Organization and co-sponsored by the World Health Organization*. (pp. 26-30). WMO 652.
- Zavaleta-Palacios, M., Díaz-Nigenda, E., Vázquez-Morales, W., Morales-Iglesias, H. y Lima, G. N. (2020). Urbanización y su relación con la isla de calor en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(2), e2485. <https://doi.org/10.19136/era.a7n2.2485>

Anexo. Publicaciones de la ICU en México 2001-2022, por urbe y enfoque o aplicación.

Urbe*	Enfoque o aplicación						
	ICU Atmosférica	ICU Superficial	Detección y tendencias climáticas	Usos del suelo o mitigación de la ICU	Relación ICU-sociedad	Planeación urbana	Tecnología (sensores remotos o modelación computacional)
Atlixco	Sánchez-Hernández <i>et al.</i> (2019)		Sánchez-Hernández <i>et al.</i> (2019)				
	Jáuregui y Heres (2008)						
	Estrada <i>et al.</i> (2009)						
	Cui y De Foy (2012)						
	Ballinas y Barradas (2016)			Jáuregui y Heres (2008)		Cui y De Foy (2012)	
	Luyando-López <i>et al.</i> (2018)			Estrada <i>et al.</i> (2009)		Vargas y Magaña (2020)	
	Vargas y Magaña (2020)			Araiza-Olivares (2022)		Méndez-Astudillo <i>et al.</i> (2022)	
	Méndez-Astudillo <i>et al.</i> (2022)						
	Araiza-Olivares (2022)						
	Contreras-Cardosa <i>et al.</i> (2008)						
Ciudad Juárez	Salas-Esparza y Herrera-Sosa (2017)		Contreras-Cardosa <i>et al.</i> (2008)	Salas-Esparza y Herrera-Sosa (2017)		Salas-Esparza y Herrera-Sosa (2017)	
Colima							

Anexo. Continuación.	Enfoque o aplicación						
	ICU Atmosférica	ICU Superficial	Detección y tendencias climáticas	Usos del suelo o mitigación de la ICU	Relación ICU-sociedad	Planeación urbana	Tecnología (sensores remotos o modelación computacional)
Urbe*							
	Tereshchenko y Filonov (2001)	Galindo (2009)	Tereshchenko y Filonov (2001)				Galindo (2009)
	López-García (2018)	Galindo (2010)	Galindo (2010)				Galindo (2010)
	Davydova y Alamilla (2019)	Hernández (2010)	Hernández (2010)		Davydova y Alamilla (2019)	López-García (2018)	Hernández (2010) Galindo-Estrada (2014) López-García (2018)
Hermosillo	Mercado y Marincic (2017)	López-González et al. (2021)	Davydova y Alamilla (2019)	Mercado y Marincic (2017)	Mercado y Marincic (2017)	Mercado-Maldonado (2022)	López-González et al. (2021)
	Mercado-Maldonado (2022)			López-González et al. (2021)			
Mérida	Biles y Lemberg (2020)	Navarro-Tec et al. (2018)	Navarro-Tec et al. (2018)				Navarro-Tec et al. (2018)
		Palafox-Juárez et al. (2021)	Biles y Lemberg (2020)			Palafox-Juárez et al. (2021)	
Mexicali	García-Cueto et al. (2007)	Villanueva-Solis et al. (2013)	García-Cueto et al. (2007)	García-Cueto et al. (2009)		García-Cueto et al. (2007)	García-Cueto et al. (2009)
	García-Cueto et al. (2009)		Casillas et al. (2014)	Villanueva-Solis et al. (2013)			Villanueva-Solis et al. (2013)
	Casillas et al. (2014)						
Monterrey		Rivera-Rivera (2012)				Rivera-Rivera (2012)	

Anexo. Continuación.

		Enfoque o aplicación					
Urbe*	ICU Atmosférica	ICU Superficial	Detección y tendencias climáticas	Usos del suelo o mitigación de la ICU	Relación ICU-sociedad	Planeación urbana	Tecnología (sensores remotos o modelación computacional)
Poza Rica	González-Rocha (2013)			González-Rocha (2013)			
	Tzoni-Barranco (2015)						
	Lemus-Flores (2016)			Balderas-Romero (2018)	Tzoni-Barranco (2015)		
Puebla	Balderas-Romero (2018)	Balderas-Romero (2018)	Balderas-Romero (2018)	Noh-Abarca <i>et al.</i> (2019)	Lemus-Flores (2016)	Noh-Abarca <i>et al.</i> (2019)	
	Noh-Abarca <i>et al.</i> (2019)			Gómez-Martínez <i>et al.</i> (2021)	Gómez-Martínez <i>et al.</i> (2021)		
	Gómez-Martínez <i>et al.</i> (2021)						
Querétaro	Colunga <i>et al.</i> (2015)			Colunga <i>et al.</i> (2015)		Colunga <i>et al.</i> (2015)	
	Godínez-Tovar y López-Gutiérrez (2018)			Godínez-Tovar y López-Gutiérrez (2018)		Godínez-Tovar y López-Gutiérrez (2018)	
San Francisco Campeche	Canul-Turriza <i>et al.</i> (2020)		Canul-Turriza <i>et al.</i> (2020)	Canul-Turriza <i>et al.</i> (2020)			

Anexo. Continuación.

Urbe*	Enfoque o aplicación						
	ICU Atmosférica	ICU Superficial	Detección y tendencias climáticas	Usos del suelo o mitigación de la ICU	Relación ICU-sociedad	Planeación urbana	Tecnología (sensores remotos o modelación computacional)
Tampico o conurbación del río Pánuco	Evans y De Schiller (2005)		Evans y De Schiller (2005)				
	Fuentes-Pérez (2014)		Fuentes-Pérez (2014)	Rosas-Lusett <i>et al.</i> (2016)	Fuentes-Pérez (2014)	Evans y De Schiller (2005)	
	Rosas-Lusett <i>et al.</i> (2016)		Rosas-Lusett (2019)	Rosas-Lusett (2019)			
	Rosas-Lusett (2019)						
Toluca	Morales-Méndez <i>et al.</i> (2007)		Morales-Méndez <i>et al.</i> (2007)				
	Romero-Dávila <i>et al.</i> (2011)		Romero-Dávila <i>et al.</i> (2011)	Torres-Quintana (2020)			Rivera <i>et al.</i> (2017)
	Rivera <i>et al.</i> (2017)		Rivera <i>et al.</i> (2017)				
	Torres-Quintana (2020)						
Torreón	Flores <i>et al.</i> (2018)						
	Medina-Acostra <i>et al.</i> (2019)			Flores <i>et al.</i> (2018)		Medina-Acostra <i>et al.</i> (2019)	
	Villanueva-Solis <i>et al.</i> (2022)			Medina-Acostra <i>et al.</i> (2019)		Villanueva-Solis <i>et al.</i> (2022)	
Tuxtla Gutiérrez	Zavaleta-Palacios <i>et al.</i> (2020)		Zavaleta-Palacios <i>et al.</i> (2020)		Zavaleta-Palacios <i>et al.</i> (2020)		

Anexo. Continuación.

Urbe*	Enfoque o aplicación						
	ICU Atmosférica	ICU Superficial	Detección y tendencias climáticas	Usos del suelo o mitigación de la ICU	Relación ICU-sociedad	Planeación urbana	Tecnología (sensores remotos o modelación computacional)
Xalapa	Cervantes <i>et al.</i> (2001)		Méndez-Romero (2016)		Cervantes <i>et al.</i> (2001)	Cervantes <i>et al.</i> (2001)	
	Méndez-Romero (2016)		Lino (2019)				
	Lino (2019)						
Veracruz	Baca-Cruz (2014)						Grajeda <i>et al.</i> (2018)
Otras	García-Cueto <i>et al.</i> (2021)		García-Cueto <i>et al.</i> (2021)	Tejeda <i>et al.</i> (2022)	Tejeda <i>et al.</i> (2022)	García-Cueto <i>et al.</i> (2021)	

* En esta tabla se usa el término urbe de manera genérica para ciudades, zonas urbanas, zonas metropolitanas y otros términos afines.