

EVOLUCIÓN DE LA CLIMATOLOGÍA URBANA EN MÉXICO 1791-2024: ISLAS DE CALOR Y BALANCE DE ENERGÍA

Adalberto TEJEDA-MARTÍNEZ¹, Elda LUYANDO², Irving Rafael MÉNDEZ-PÉREZ³ y Raquel Elisa HERNÁNDEZ-PARRA¹

¹Grupo de Climatología Aplicada de la Universidad Veracruzana (México)

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México

³Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana (México)

atejeda.martinez@gmail.com, ellu@atmosfera.unam.mx, irmendez@uv.mx,
raquelelisahernandezparra@gmail.com

RESUMEN

Los primeros esbozos de estudios de la isla de calor urbana (ICU) en México datan de 1791, pero el desarrollo sistemático de la climatología urbana en el país tiene siete décadas. La cuarta parte de las publicaciones de este periodo (alrededor de 350, sin considerar las de calidad del aire), se refieren a la ICU. En un 70 % estas publicaciones se ocupan de las islas dentro del dosel urbano o en la base de la capa límite superficial, y solo un 30% sobre la isla de calor superficial (la isla de calor subsuperficial o subterránea prácticamente no ha sido estudiada). Los primeros trabajos son comparaciones de termómetros urbanos contra rurales, o rurales que devinieron en urbanos por el crecimiento de las ciudades; después se empezaron a efectuar recorridos con vehículos instrumentados, los cuales siguen siendo utilizados. Las redes de estaciones meteorológicas han ido surgiendo por necesidades de prevención de desastres o acopladas a la medición de la calidad del aire, pero son la forma más común para el estudio de las islas de calor atmosféricas. Ya en este siglo, la accesibilidad a las imágenes térmicas generadas por sensores remotos ha producido un auge en el estudio de la isla de calor superficial. La evolución de estas técnicas, y la calidad de su uso, serán analizadas críticamente en esta comunicación.

Palabras clave: climatología urbana, México, métodos, isla urbana de calor.

ABSTRACT

The first outlines of studies of the urban heat island (UHI) in Mexico date back to 1790, but the systematic development of urban climate science in the country is seven decades old. A quarter of the publications from this period (around 350, without considering those on-air quality), refer to the urban heat island. 70% of these publications deal with islands within the urban canopy or at the base of the surface boundary layer, and only 30% on the surface heat island (the subsurface heat island has practically not been studied). Initially, the studies were comparisons between urban versus rural thermometers, or rural ones that became urban due to the growth of cities. Later, tours began with instrumented vehicles, which continue to be used.

Networks of meteorological stations have emerged due to disaster prevention needs or coupled with the measurement of air quality, but they are the most practical way to study atmospheric heat islands. Already in this century, the accessibility of thermal images generated by remote sensors has produced a boom in the study of the surface UHI. The evolution of these techniques, and the quality of their use, will be critically analyzed in this communication.

Keywords: urban climatology, Mexico, methods, urban heat island

1. INTRODUCCIÓN

La isla de calor urbana (ICU en adelante) es el fenómeno climático urbano más estudiado hasta la fecha, y también el más evidente. Las ciudades, a pesar de ser las principales contribuyentes al incremento de la temperatura en el planeta, ocupan menos del 3% de su superficie (Arshad et al., 2020). En México, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (<https://www.inegi.org.mx>), una localidad se considera urbana cuando tiene más de más de 2.500 personas. Con ese criterio, en México hay 185.243 localidades rurales contra 4.189 urbanas; estas últimas agrupan el 79% de la población nacional de cerca de 130 millones de habitantes.

El cambio de las condiciones térmicas de la atmósfera en las áreas urbanas es más acentuado que en las inmediaciones rurales, pues a escala local es la respuesta a la cubierta ahora artificial que absorbe radiación durante el día y la libera durante la noche a una razón menor respecto al campo. Este fenómeno es el origen de la ICU, pero hasta fechas recientes no hay registros de que, por sí sola, haya tenido efectos letales sobre la población en México (Luyando, 2016). Sin embargo, en períodos cálidos, las ICU generan una mayor demanda de energía por el aumento de aparatos de aire acondicionado e incremento en el número de horas en uso (Tejeda-Martínez, et al., 2022; Sisto et al., 2024); una mayor demanda de agua y también de servicios sanitarios para quienes no puedan costear la paliación de los efectos de las altas temperaturas (Vargas y Magaña, 2020).

Tanto el naturalista guatemalteco Antonio de Pineda, a finales del siglo XVIII en la ciudad de Celaya, México, como el químico londinense Luke Howard a principios del siglo XIX en Londres, concluyeron que la diferencia térmica entre el centro de las ciudades y a las afueras se debía al tipo de construcción y a los efectos por las actividades humanas (Méndez-Pérez, et al., 2023, Howard, 2006). Fue a inicios del siglo XX que Peppler (1929) a este fenómeno de contraste térmico le denominara, en alemán, *städtische Wärmerinsel* (*isla más caliente urbana*) y dos décadas después Balchin y Pye (1947) lo retoman en inglés como *urban heat island*. La Tabla 1 muestra los estudios pioneros en México sobre el tema: los primeros tres comparando termómetros fijos en áreas rurales y dentro del dosel urbano, y los dos más recientes mediante recorridos con vehículos.

Año del estudio	Ciudad	Autor y referencia	Método
1791	Celaya	Antonio de Pineda (Malaspina, 1885)	Comparación entre termómetros fijos
1895	Ciudad de México	Moreno y Anda, M. (1895)	Comparación entre termómetros fijos
1968	Ciudad de México	Riquelme (1968)	Comparación entre termómetros fijos
1967-68	Puebla	Gäb (1979)	Recorridos con vehículo
1968-69	Ciudad de México	Jáuregui (1971)	Recorridos con vehículo

Tabla 1: Publicaciones sobre la ICU en México anteriores a 1970.

Oke et al. (2017) clasifican a la ICU en cuatro tipos: subterránea, superficial, en el dosel o palio urbano, y en la capa límite (por encima del dosel urbano). Las que corresponden a la temperatura en la atmósfera son la del dosel y la de la capa límite, y son también las que han conformado la mayor parte de la bibliografía sobre clima urbano en México. Además de las breves visitas al tema de la atmósfera en ciudades mexicanas en los siglos XVIII y XIX, fue el investigador pionero Ernesto Jáuregui quien se dio a la tarea de identificar y caracterizar este fenómeno en ciudades como la de México, Toluca, Guadalajara o Mexicali. Si bien la primera publicación moderna acerca de la ICU en la Ciudad de México corresponde a Riquelme (1968), quien detectó diferencias urbano-rurales en cuatro sitios con usos de suelo diferentes, fue Jáuregui quien inició de forma metódica el estudio de la isla de calor atmosférica a principios de los 1970 (una revisión se encuentra en Tejeda-Martínez et al., 2024).

2. LOS ESTUDIOS DE LA ICU EN MÉXICO

Se revisaron más de cien publicaciones de la ICU en México (las disponibles en internet) que se pueden consultar en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1mv4CaZc6LU13mtmvNiSy5B8V0oxuwHZx?usp=sharing>. Los niveles altitudinales de esos estudios se señalan en la Tabla 2.

Nivel	Prolegómenos (Antes 1970)	Inicio formal (1970-1980)	Arranque (1980-2000)	Consolidación (2001-2024)	Total
Superficie	0	0	0	23	23
Dosel	3	3	14	35	55
Capa límite (a veces combinada con el dosel)	1	0	2	4	7
Superficie/Dosel	0	0	1	17	18
Superficie/Capa límite	0	0	0	1	1

Tabla 2: Niveles de ICU estudiados en México.

Las publicaciones sobre la ICU en el dosel urbano dominan en los distintos períodos, pero en este siglo aparecen con frecuencia los trabajos sobre la ICU superficial, a veces combinada con el dosel o la capa límite. La razón es que cada vez es más accesible el uso de imágenes de satélite para detectar termografías de las superficies urbanas y su cubierta vegetal, como se ve en la Tabla 3, donde se mencionan y enumeran los métodos para cada periodo en que se ha dividido la bibliografía analizada (nótese que el conteo en las Tablas 2 a 5 no se corresponde con el total de textos estudiados, pues algunos trabajos pertenecen a varios ítems de cada Tabla).

Método	Prolegómenos (antes de 1970)	Inicio formal (1970-1980)	Arranque (1981-2000)	Consolidación (2001-2024)	TOTAL
Comparación entre termómetros fijos (en pares o en redes)	3	2	12	33	50
Series de tiempo	0	1	8	21	30
Recorridos con vehículo instrumentado	1	2	4	15	22
Percepción remota	0	0	0	38	38
Modelación numérica/dinámica /meteorológica	0	0	1	10	11
Software arquitectónico o urbanístico	0	0	0	6	6
Datos de reanálisis	0	0	0	1	1

Tabla 3: Métodos aplicados en los estudios de la ICU en México

La percepción remota, la modelación, el uso de software aplicados en urbanismo y los datos de reanálisis, aparecen hasta este siglo, y aun así la suma de estos cuatro métodos es menor que la de los métodos tradicionales (comparación de termómetros, series de tiempo o recorridos con vehículo). No obstante, la aplicación de la percepción remota tiene una frecuencia relativamente alta con una tendencia al crecimiento, como se ve en la bibliografía contenida en el material suplementario (<https://drive.google.com/drive/folders/1mv4CaZc6LU13mtmvNiSy5B8V0oxuwHZx?usp=sharing>). Probablemente el primer estudio de la ICU superficial es el de Galindo-Estrada (2009) para la ciudad de Guadalajara, la segunda más poblada de México, ubicada al occidente del país. Para la Ciudad de México, Cui y De Foy (2012) combinaron imágenes satelitales y mediciones instrumentales para modelar las ICU, indagando sobre el papel de la vegetación en el comportamiento del fenómeno. Entre los estudios más recientes destaca el de Méndez-Astudillo et al. (2022), quienes relacionaron, con apoyo en imágenes satelitales, la ICU superficial y la contaminación atmosférica de la Ciudad de México.

El conteo de los enfoques o aplicaciones de los estudios se muestra en la Tabla 4. La mayoría corresponde al interés por el fenómeno en sí, seguido de dos aplicaciones

principalmente surgidas en este siglo: la planeación urbana y la mitigación de la ICU. Misma conclusión obtienen Sánchez et al. (2024) al analizar alrededor de 1300 publicaciones de la ICU a nivel mundial. No obstante, la utilidad de los estudios de la ICU en la planeación no ha resultado del todo clara en los trabajos publicados, y la necesidad de la mitigación de la ICU en beneficio del confort térmico tampoco se ha justificado plenamente.

Aplicación o enfoque	Prolegó-menos (antes de 1970)	Inicio formal (1970-1980)	Arranque (1980-2000)	Consolidación (2001-2024)	Total
El fenómeno en sí	4	2	15	55	76
Desarrollo urbano y planeación	0	1	4	23	29
Vulnerabilidad de población o ecosistemas	0	0	0	6	6
Mitigación de la ICU	0	0	0	27	27
Salud	0	0	1	2	3
Relación con el cambio o la variabilidad del clima	0	0	0	8	8
Calidad del aire/contaminación	0	1	3	2	6
Energía	0	0	0	2	2
Gestión hídrica	0	0	0	1	1

Tabla 4: Aplicación o enfoque de los estudios de ICU en México.

3. BALANCE DE ENERGÍA

Las mediciones de balance energético superficie/atmósfera en el mundo, y desde luego en la Ciudad de México –en 1985, 1993, 1994, 1995, 1998, 2010– así como en la ciudad desértica del noroeste mexicana, Mexicali, han mostrado que los usos del suelo pueden determinar la intensidad y la presencia o no de la ICU. Este balance es la base para explicar las ICU atmosféricas, es decir la del dosel y de la capa límite, por lo que deben consignarse los principales trabajos al respecto en México. El procedimiento más común consiste en mediciones simultáneas de la radiación neta, el calor almacenado en la superficie y los flujos atmosféricos turbulentos verticales de calor sensible y de calor latente. Las campañas realizadas en la Ciudad de México con fines urbanos –pues lo hay también con fines ecológicos o agrícolas, que no son considerados en esta comunicación– datan de mediados de la década de los ochenta, reportadas años después por Oke et al. (1992). Una segunda campaña, para la misma ciudad, se efectuó a mediados de la década de los noventa (Oke et al., 1999), y una más para un área suburbana (Barradas et al., 1999). Una revisión se puede ver en Tejeda-Martínez y Jáuregui-Ostos (2005). Como se dijo, otra ciudad que ha sido sujeto de diversas campañas de mediciones del balance de energía es Mexicali,

ubicada en la frontera con Estados Unidos, al noroeste de México, en medio de un desierto, por lo que sus resultados son de mucho interés (Tejeda-Martínez et al., 2016).

4. COMENTARIOS FINALES

Como han señalado Oke et al. (2017), la ICU no es un fenómeno de tal profundidad que abarque desde la superficie hasta superada la capa límite atmosférica, sino que puede presentarse en un estrato y no en otros. Tampoco es una condición permanente, sino que es más frecuente en las noches con calma y estabilidad atmosférica; en el periodo diurno puede incluso revertirse y el medio urbano ser menos cálido que los alrededores suburbanos o rurales. A partir de estas consideraciones aproximadas –que no son principios universales– es que debe verse el fenómeno. Resulta que en los periodos cálidos podría exacerbar las olas de calor nocturnas; por el contrario, podría ayudar a disminuir las condiciones adversas de las noches o madrugadas frías de los periodos invernales, sobre todo en las urbes elevadas de México (Ciudad de México, Guadalajara, Toluca, por ejemplo), o del norte del país (Mexicali, Tijuana, Monterrey). Por tanto, la moda de los trabajos sobre mitigación de la ICU no siempre es posible justificarla en términos de mejoría de las condiciones de bienestar térmico. Adicionalmente, cuando se presenta la ICU (en la atmósfera o en la superficie) no siempre lo hace como un patrón único, sino que se puede tratar de archipiélagos de calor, o incluso mosaicos de escala muy fina, sobre todo en la ICU superficial.

Varias de las propuestas de mitigación de la ICU consisten en alteraciones del albedo superficial mediante vegetación o cubriendo las superficies con colores claros; pero los efectos de estas acciones no necesariamente son lineales ni son los mismos para todas las ciudades; además de que el incremento de vegetación urbana en ambientes tropicales puede aumentar la incomodidad al inducir una mayor humedad ambiental. Entonces, la comprensión del fenómeno requiere fundamentalmente de mediciones térmicas y de balance de energía, o a través de modelación para plantear acciones útiles y factibles de mitigación.

Algunos errores que se han detectado en la bibliografía consultada, consisten en la falta de correcciones por altitud en la cartografía de isotermas de las ICU atmosféricas, sobre todo en trabajos iniciales (Tejeda y Acevedo, 1990; Lemus-Flores, 2016), recorridos con vehículo en horas de ocurrencia de las temperaturas máxima o mínima diarias, lo que impide la corrección por calentamiento o enfriamiento natural durante el periodo de mediciones (Lemus-Flores, 2016), ubicación incorrecta de termómetros que no miden valores representativos de su entorno (Méndez-Romero, 2016), inferencia del comportamiento de la ICU superficial a partir de una sola imagen (Lemoine-Rodríguez, et al., 2022), incomprendimiento de la complementariedad de análisis de isotermas y series de tiempo de temperatura (Lemoine-Rodríguez, et al., 2022), confusión entre las ICU atmosféricas y superficiales (Mora-Padilla, et al., 2021), entre otros. También es notorio que el concepto de zonas climáticas locales (Stewart y Oke, 2012) no se ha ido incorporando con suficiente celeridad como para facilitar las comparaciones entre entornos y comportamientos térmicos mediante un sistema estandarizado.

Los estudios e investigaciones presentadas en este trabajo son solo una muestra de los métodos, niveles altitudinales y enfoques de análisis que ha tenido la ICU en México.

Cuando las modificaciones climáticas globales y locales no eran temas de moda, Ernesto Jáuregui, en concordancia con otros investigadores de México y otros países, reconoció la importancia que a futuro tendría el estudio de la ICU. Las metodologías han tenido una rápida mejora en este siglo al incorporar herramientas que ofrecen técnicas refinadas y accesibles para los estudiosos de este fenómeno térmico.

La ICU superficial y la atmosférica tienen relación con la intensidad de las olas de calor o de frío y, por tanto, afectan a la población citadina, por lo que deben ser estudiadas a fondo. Al menos tienen efectos en los consumos energéticos para la climatización de edificios (Tejeda et al., 2022; Sisto et al., 2024) o en el confort de las personas, pero lo cierto es que no están cabalmente comprendidas las causas y consecuencias de la ICU, y en ninguno de los trabajos revisados se reportan efectos letales.

Los estudios de la ICU se están intensificando en el país, como lo muestran dos publicaciones monográficas de 2024: un libro sobre la ICU en América Latina, pero con la mayoría de los textos dedicados a México (Lemoine-Rodríguez, et al., 2024), y el número 114 de la revista *Investigaciones Geográficas*, del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, dedicada a la climatología urbana con motivo del centenario del nacimiento de Ernesto Jáuregui. Lo anterior, junto con lo mostrado en esta comunicación, indica que se está viviendo un auge del interés en la ICU en México, sobre todo en el uso de percepción remota para detección de la ICU superficial, asociado a la preocupación –no siempre justificada– de los peligros que encarna la ICU. La aplicación de inteligencia artificial a estudios de la ICU incipiente: apenas un trabajo donde esta tecnología se usa para la revisión bibliográfica mundial pero no para el estudio del caso *in situ* (Sánchez et al., 2024).

MATERIAL SUPLEMENTARIO

En la sección de Referencias solo aparecen las fichas de las publicaciones comentadas explícitamente en este documento. El total del material consultado se puede ver en: <https://drive.google.com/drive/folders/1mv4CaZc6LU13mtmvNiSy5B8V0oxuwHZx?usp=sharing>.

AGRADECIMIENTOS

A Aranza E. Baruch Vera, J. Omar Castro Díaz y René Gómez Díaz, por el apoyo en la recopilación bibliográfica.

REFERENCIAS

- Arshad, A., M. Ashraf, R.S. Sundari, H. Qamar, M. Wajid y M. Hasan. (2020). Vulnerability assessment of urban expansion and modelling green spaces to build heat waves risk resiliency in Karachi. International Journal of Disaster Risk Reduction. 46, 101468. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101468>
- Balchin, W.G.V. y Pye, N. (1947). A micro-climatological investigation of bath and the surrounding district. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 73: 297-323. <https://doi.org/10.1002/qj.49707331706>

- 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)
- 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>
- Gäb, G.M. (1970). Investigaciones del clima de la ciudad de Puebla. 25-40. Revista Comunicaciones de la Fundación Alemana, Vol. 17: 25-40.
- Galindo-Estrada, I.G. (2009). A satellite time slots climatology of the urban heat island of Guadalajara Megacity in Mexico from NOAA/AVHRR THERMAL infrared monitoring. European Geosciences Union General Assembly. Viena, Austria: EGU, 2009. 12796. Recuperado de <https://tinyurl.com/5ad7253h>
- Howard, L. (2006). The Climate of London (edición facsimilar a partir de los 3 volúmenes de 1833). Göteborg: International Association for Urban Climate, 262 p.
- Jáuregui-Ostos, E. (1971). Mesomicroclima de la Ciudad de México, Dir. Gral. de Publs.-UNAM, Primera Ed., México.
- Lemoine-Rodríguez, R., Inostroza, L., Fakfán, I., McGregor-Fors, I. (2022). Too hot handle? On the cooling capacity of urban green spaces in a Neotropical Mexican city. *Urban Forestry and Urban Greening* 74 127633. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127633>
- Lemoine-Rodríguez, R., Pérez-Vega, A., Mas, J-F. Coordinadores (2024). Avances en el estudio de islas de calor urbano en América Latina. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad de Guanajuato. 398 p.
- Lemus-Flores, S. (2016). Isla de calor en la Ciudad de Puebla. Tesis de Licenciatura en Geografía, UNAM. 123 p.
- Luyando, E. (2016). Efectos de las temperaturas y precipitaciones extremas en el bioclima humano de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México por cambio climático local y global. Tesis de Doctorado, Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM.
- Malaspina, A. (1885). Viaje político-científico alrededor del mundo por las corbetas Descubierta y Atrevida al mando de los capitanes de navío D. Alejandro de Bustamante y Don José de Bustamante y Guerra desde 1789 a 1794. Imprenta de la Viuda e Hijos de Abienzo. 778 p.
- Méndez-Astudillo J., Caetano E., 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). <https://doi.org/10.4209/aaqr.210278>
- Méndez-Pérez, I.R., Tejeda-Martínez, A., Lino-Solano, J.J. y Rivero-Blanco, C.O. (2023). Vigencia de la detección de la isla de calor urbana mediante recorridos: dos ejemplos en el oriente de México. *Investigaciones Geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 112. <https://doi.org/10.14350/rg.60729>
- 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.

- Mora-Padilla, K., Gómez-Mora, B., Cruz, C. y Santes-González, A. (2021). Aplicación de los productos de la Percepción Remota para identificar la Isla de Calor Urbana en Xalapa. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26301.27366>
- Moreno y Anda, M. (1895). Comparación de los climas de México y Tacubaya. En Aguilar y Santillan, R. Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”, tomo IX, 1895-1896, pp. 397-407.
- Oke, T., Mills, G., Christen, A. y Voogt, J.A. (2017). Urban climates. Cambridge University Press, 509 p.
- Oke, T. R., Spronken-Smith, R. A., Jáuregui, E. y Grimmond, 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)
- Peppler, A. (1929). Das Auto als Hilfsmittel der meteorologischen Forschung. *Zeitschrift für angewandte Meteorologie*, 46, 305-308
- Riquelme, D. (1968). Microclimas del área metropolitana de la Ciudad de México. *Anuario de Geografía*, 8. 103-105.
- Sánchez, F.A., M. Vega, A.A. Castillo, J.T. López, M. Cruz, E. Camacho y J. Rodríguez. (2024). Geo-sensing-based analysis of urban heat island in the metropolitan area of Merida, Mexico. *Sensors*. 24, 6289. <https://doi.org/10.3390/s24196289>
- Sisto, N. P., Vivas Pacheco, H., & Lara-Díaz, E. (2024). Consumos de energía eléctrica bajo un contexto de temperaturas extremas e isla de calor en el norte de México. *Investigaciones Geográficas*, (114). <https://doi.org/10.14350/rg.60851>
- Stewart, I.D., y T.R. Oke, 2012: Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93,1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Tejeda-Martínez, A. y Acevedo F. (1990). <https://doi.org/10.3390/s24196289> La Ciencia y el Hombre. 6:37-48. Recuperado de <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/5077>
- Tejeda-Martínez, A., García-Cueto, O. R., Aquino-Martínez, L. P. y Nava-Assad, M. (2016). Simple statistical models of surface/atmosphere energy fluxes and their hysteresis in a desertic Mexican city (Mexicali). *Atmósfera*, 29(2), 129-139. <https://doi.org/10.20937/ATM.2016.29.02.03>
- Tejeda-Martínez A. y E. Jáuregui, 2005. Surface energy-balance measurements in the Mexico City region: A review. *Atmósfera* **18**, 1-23. Recuperado de <https://tinyurl.com/3v9n982m>
- Tejeda-Martínez, 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>
- Tejeda-Martínez, A., Méndez-Pérez, I.R. y Luyando-López, E. (2024). Contribuciones de Ernesto Jáuregui a las ciencias atmosféricas en México, con énfasis en la climatología urbana. *Investigaciones Geográficas*. 114, e60845. <https://doi.org/10.14350/rg.60845>

Tejeda-Martínez, A., Méndez-Pérez, I.R. y Luyando-López, E. (2025). Evolución de la climatología urbana en México 1791-2024: PANORÁMICA. Ver en este mismo volumen.

Vargas, N. y V. Magaña (2020). Warm Spells and Climate Risk to Human Health in the Mexico City Metropolitan Area. *Weather, Climate and Society*, 12: 351-365.
<https://doi.org/10.1175/WCAS-D-19-0096.1>