

Artículo original

Acceso abierto

Valoración ambiental del centro histórico de Atlixco, Puebla

*Andrés Sánchez Hernández**Marco Antonio Cruz Gómez**Margarita Teutli León*

Correspondencia: andres_sanchez_hernandez@yahoo.com.mx
Profesor-Investigador. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Correspondencia: mangacruz@live.com
Profesor. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Correspondencia: teutli23@hotmail.com
Profesora. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Fecha de recepción:

04-octubre-2019

Fecha de aceptación:

15-noviembre-2019

Resumen

En este artículo se evalúa la sustentabilidad del Centro Histórico de Atlixco, Puebla, con base en una valoración de parámetros ambientales como: temperatura (T, °C), humedad relativa (HR, %), intensidad luminosa (I, luxes), velocidad de viento (V, cm/s) y ruido (N, dB). La colecta de datos contempló 19 puntos bajo dos condiciones climáticas: verano (junio) y otoño (octubre). Entre los hallazgos se obtuvo que en verano las temperaturas son más elevadas, con una diferencia de 5.5 °C entre máximo y mínimo, mientras que en otoño las temperaturas son menores y la diferencia entre ellas es de solo 3.8 °C. La humedad relativa en verano es menor que en otoño; sin embargo, la diferencia entre máximo y mínimo es mayor en verano (10.1%) que en otoño (8.2%). En cuanto al ruido, los muestreos puntuales indican un ambiente aceptable (<80 dB) en todos los puntos; los valores máximos de intensidad luminosa son 90% mayores en verano que en otoño; sin embargo, los valores promedio son similares (58,660 y 63,995 respectivamente). Por último, en verano se registra una velocidad del viento en 4/19 sitios y en otoño en 16/19; sin embargo, los valores máximos fueron de 2.3 y 4.5 m/s respectivamente. Asimismo, termofotografías de los sitios muestreados corroboran que la presencia antrópica llega a elevar hasta en 75% el valor de la temperatura ambiente registrada.

Palabras clave: Isla de calor superficial, elementos de paisaje, parámetros ambientales, presencia antrópica.

Abstract

In this research is reported an evaluation of environmental sustainability for Atlixco historic center, through register of environmental parameters such as: temperature (T, °C), relative humidity (HR, %), light intensity (I, luxes), wind velocity (V, m/s) and noise (N, dB), data collection at 19 points was done at two climatic conditions: summer (June) and fall (October). Findings indicate that summer temperatures are higher having a difference of 5.5°C between maximum and minimum, while in fall difference is only 3.8°C. In summer Relative Humidity has lower values than those in fall; although it was observed a slightly higher difference between maximum and minimum, since at summer amounts 10.1% and 8.2% in fall. Noise values indicate good environment (<80 dB); maximum values for light intensity are 90% higher in summer, although the average values are very close in both seasons (58660 y 63995 respectively). Wind velocity was detected in 4/19 sites during summer and in 16/19 sites in fall, with maximum values of 2.3 and 4.5 m/s respectively. Also, thermographic registers at the chosen sampling points provide evidence that anthropic presence raise up to 75% the environment temperature.

Key words: Surface heat island, landscape elements, environmental parameters, anthropic presence.

Introducción

Es bien sabido que para establecer la presencia de una isla de calor se debe realizar una comparación entre un referente rural y el urbano; asimismo, la urbanización puede llegar a provocar islas de calor (Mirzael, 2015) debido a diversos factores, como:

- 1) La impermeabilización de pisos, ya sea por asfalto, concreto u otro material, lo cual implica que la relación entre radiación incidente y reflejada se vea modificada respecto a los valores alcanzados en la zona rural, lo cual en ocasiones implica una diferencia de más de 10 °C entre los valores registrados en la zona rural y la urbana (Hendel, Pierre y Colombert, 2016; Coseo y Larsen, 2014).
- 2) La construcción de edificios, lo que puede modificar la dirección de vientos, debido al uso de ciertos materiales de construcción, los cuales modificarían la capacidad térmica, y por la sustitución de materiales de construcción tradicionales (Coseo y Larsen, 2014).
- 3) La densidad de vegetación, la cual puede modificar la supresión de vegetación natural, ya sea por el diseño urbano (trazado de avenidas) o por el cambio de uso de suelo (construcción de casa habitación); además, puede ser afectada por la presencia de jardines en donde se cuida la altura de fronda, lo cual hace que la acción de elementos captadores de energía se vea minimizada (Rafiee, Días y Koomen, 2016; Xian y K., 2016).
- 4) La densidad vehicular, lo cual incrementa la presencia de gases de combustión (Coseo y Larsen, 2014).
- 5) La densidad poblacional, la cual está relacionada con la actividad comercial en la zona (Coseo y Larsen, 2014).
- 6) La modificación de temperaturas, estas inducidas por el cambio climático que está afectando el planeta.

En el caso de la valoración de islas de calor en ciudades de México, hay reportes con diferentes enfoques para las ciudades de Guadalajara y Colima (Galindo, 2010). Galindo hace un estudio completo de la mancha urbana a partir de la información de imágenes satelitales registradas en el infrarrojo cercano. Otro estudio es el reportado para la ciudad de Toluca

(Jáuregui, 1979), en el cual se afirma que las islas de calor están estrechamente relacionadas a la topografía, que la intensidad se incrementa debido a la presencia antropogénica, se detecta una variación estacional y la temperatura registrada es inversamente proporcional a la humedad relativa. Un estudio más reciente se realizó en la ciudad de Tampico (Fuentes, 2014), en el cual las mediciones se realizaron solamente en la noche, en las estaciones de invierno y verano, detectando que el microclima del centro histórico está relacionado en un 87% con la vivienda y su uso comercial, contrastando que las zonas densamente pobladas en el centro histórico son las que exhiben una mayor temperatura respecto a las zonas donde hay franjas de agua y vegetación; asimismo, se refiere que el centro histórico tiene presencia de asfalto oscuro, ausencia de vegetación y una cantidad elevada de equipos de refrigeración.

Es importante puntualizar que tanto Jáuregui como Fuentes realizaron sus estudios a una altura promedio de 1.5 msnm, haciendo recorridos en vehículos donde se instalaban los equipos.

1. Centro histórico de Atlixco, Puebla

El centro histórico se localiza en el municipio de Atlixco, considerado como una región de clima excelente, lo que favorece la producción agroindustrial y le ha valido ser reconocido por frases como “el mejor clima del mundo” o “Atlixco de las flores”. La población ha crecido a un ritmo acelerado en las últimas décadas. El censo de 2010 ubicó al municipio como el 4º más poblado en el estado de Puebla (INEGI, 2016). El municipio de Atlixco (clave 019) se ubica al norte 18°54'31” y al oeste 98°26'03”. En 2015 contaba con 134,364 habitantes (INEGI, 2016); sin embargo, este aumento poblacional ha modificado el entorno periurbano del municipio, por lo que es importante valorar la situación ambiental de la región en miras de la sustentabilidad con un cambio de uso de suelo, construirlo con materiales no tradicionales, así como modificar la vegetación natural y ajardinada.

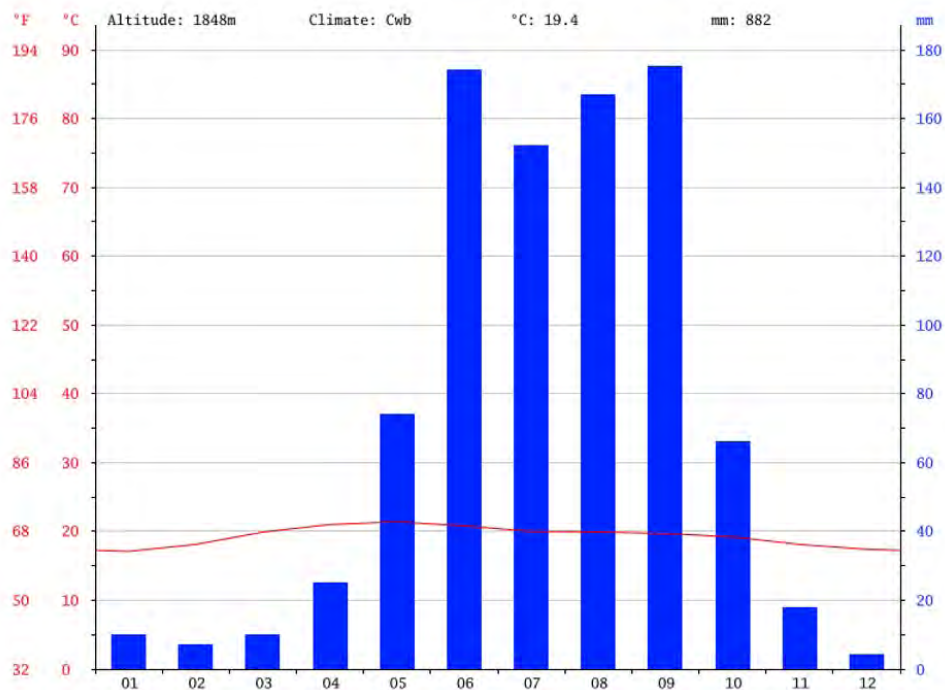
El centro histórico es de particular interés ya que está construido, en su mayoría, con materiales tradicionales como el adobe, mientras que en las zonas conurbadas se han utilizado materiales como el block y ladrillo hueco. Se puede establecer la respuesta térmica de la infraestructura en la zona urbana mediante la realización de mediciones de: 1) *parámetros ambientales* como la temperatura ambiente, humedad relativa, intensidad luminosa o la velocidad del viento; 2) *factores antropogénicos* como densidad vehicular, temperatura de

muros y piso; 3) *elementos de paisaje* como la altura de construcciones, presencia de cuerpos de agua, vegetación natural y ajardinada. El registro de los parámetros mencionados permite visualizar la respuesta térmica en unas coordenadas específicas y valorar la influencia de cada parámetro en la temperatura ambiente observada.

En 2015, el municipio de Atlixco fue catalogado como “Pueblo Mágico”, lo cual lo ató a cambios debido a la dinámica poblacional asociada al incremento en el turismo, reflejado en un incremento poblacional y de automóviles, provocando la generación islas de calor.

De acuerdo a Clima-Data (2018), los datos turísticos de Atlixco indican que se halla a 1843 msnm, con clima suave, cálido y templado, catalogado como clima Cwb de acuerdo al sistema Köppen-Geiger. El municipio exhibe una temperatura promedio de 19.4°C, y una precipitación anual promedio de 882 mm. En la gráfica 1 se muestran los datos globales de precipitación (barras en escala azul) y temperatura (línea escala roja). Sin embargo, es importante registrar los valores a nivel de superficie para estimar cuánto se desvía del promedio un valor en sitios específicos, y poder evaluar localmente cómo los elementos del paisaje definen la temperatura ambiente.

Gráfica 1. Datos climáticos del municipio de Atlixco

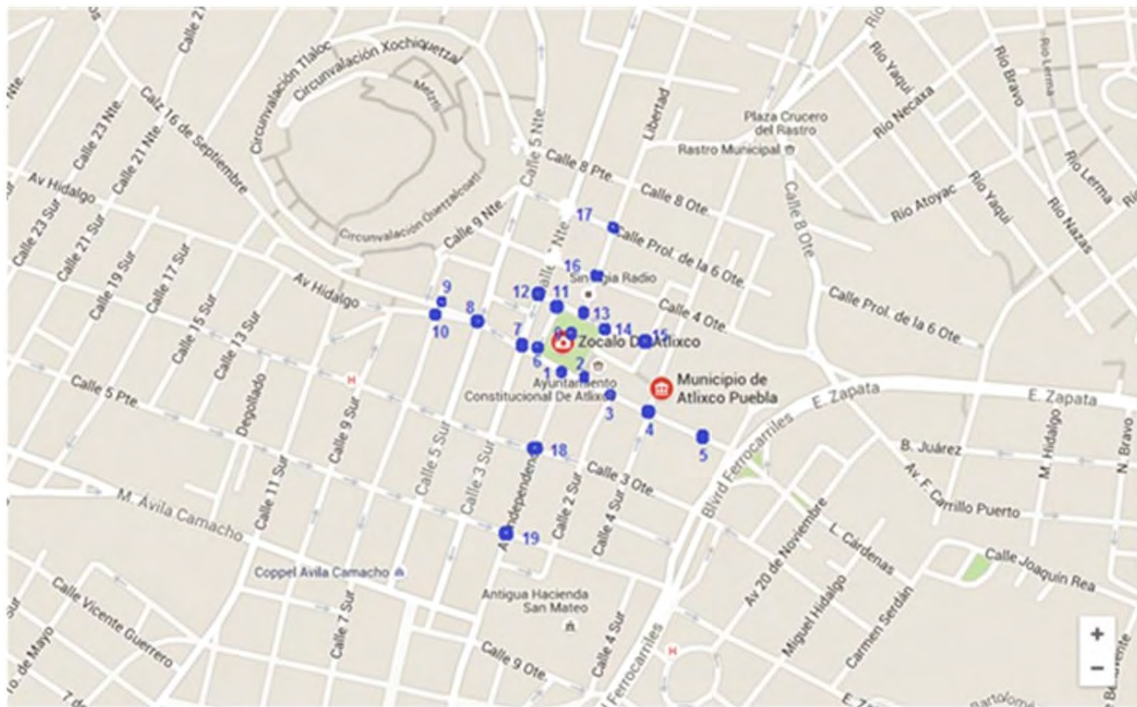


Fuente: Clima-data (2018).

2. Metodología

Para determinar las condiciones que pueden generar una isla de calor, se realizó una visita preliminar para determinar las calles/avenidas sujetas a mayor circulación; así, se eligieron los cruces en los cuales se realizarían las mediciones, los puntos fueron numerados consecutivamente del 0 al 19 y su localización se muestra en el mapa 1.

Mapa 1. Ubicación de los puntos muestreados en el municipio de Atlixco, Puebla



Fuente: Elaboración propia, con base en el trabajo de campo.

Posteriormente se realizaron 2 visitas para recopilar la información ambiental, antropogénica y los elementos de paisaje en cada uno de los puntos seleccionados. Para la detección de parámetros ambientales se utilizó el equipo Mastech Environmental Multimeter, midiendo: temperatura (T, °C), iluminación (I, lux), humedad relativa (HR, %) y velocidad de viento (V, cm/s). Para los parámetros antropogénicos se dio prioridad a evaluar las construcciones de la zona, determinando su altura (1, 2, 3 pisos) así como su uso (residencial, comercial).

En la información de paisaje se consideró la vegetación (árboles y área verde o zona jardinada) y el material de piso (adoquín, asfalto, terracería, etcétera). La información se

registró utilizando el formato mostrado en el cuadro 1, donde en cada cruce, en el sentido de las manecillas del reloj, se asignan los puntos 1 a 4 para denotar las esquinas. Se registró la información indicando el punto y la orientación considerando que en cada esquina confluyen 2 calles; así, se tiene para el punto 1 la orientación norte (1-N) y la orientación poniente (1-W).

Cuadro 1. Formato para registro de elementos de paisaje

FECHA		HORA						
Indique las calles y la orientación (norte con una flecha dirigida)								
SITIO #						Fotografías	Código	
		1		2			1	
			5				2	
							3	
		4		3			4	
							Piso =5	
OBSERVACIONES PARAMETROS								
	Vegetación		Material Piso		Construcción		Uso	
	Arboles	area verde	Asfalto	Concreto	Altura muro	Banqueta	residencial	Comercial
1-N								
1-W								
2-N								
2-E								
3-S								
3-E								
4-S								
4-W								
Coordenadas GPS								
		Temperatura	Radiación	Humedad	Velocidad	Sonido	Presencia de agua	
latitud	longitud	aire	solar	Relativa	de aire	Ambiente	(dist<15 m)	
		(1.5 m)	(1.5 m)	(1.5 m)	(1.5 m)	(1.5 m)	arroyo	ornamento
Observaciones:								
Responsable:								

Fuente: Elaboración propia, con base en el trabajo de campo.

3. Resultados y discusión

El primer muestreo de parámetros ambientales se realizó en verano (junio), que corresponde a una época de calor, lluvia y poca presencia de viento; un 2º muestreo se realizó en otoño

(octubre), en una época templada, con viento y sin presencia de lluvia. En el cuadro 2 se muestran los valores registrados durante los 2 muestreos.

Cuadro 2. Registro de parámetros ambientales de Atlixco, Puebla

Sitio	T 1 (°C)	T 2 (°C)	HR 1 (%)	HR 2 (%)	V 1 (m/s)	V 2 (m/s)	I 1 (Lux)	I 2 (Lux)
0	31.4	30.9	37.1	46.2	0	2.8	1E+05	47500
1	30.7	30.6	40.1	48.6	0	0	43600	51800
2	31.3	30.4	37.8	48.9	0	1.5	52000	25000
3	32.1	31	37.1	48.9	0	4.5	55000	49000
4	33.8	29.7	35.7	48.9	0	3.5	53000	50200
5	36.2	31	30	48.8	0	0.8	55000	40400
6	34.2	30.7	34.6	48.7	0	1	38900	22200
7	34.5	29.9	33.1	50.9	0	0.1	30500	168100
8	34.2	29	34	51.8	0	0.7	32900	22300
9	34.1	28.3	33.5	52.2	0	3.7	37000	164100
10	34	28.5	32.4	51.4	0	0	3E+05	175800
11	32.4	30.5	35.1	48.7	0	0.3	25000	105000
12	32.5	30.2	34.8	50.7	0	0.3	28000	27200
13	31.7	31.5	34.9	46.5	0	1.3	30000	21000
14	31.3	30.7	36.5	47.5	1.7	2.7	35200	21200
15	31.2	30.6	37.1	48.4	2.3	0	37000	125300
16	31.5	31.7	36.8	47.5	0	0.4	40000	42500
17	32.4	31.9	36	46	0.3	1.6	56100	40900
18	33.7	29	34.8	50.2	0	0.1	55600	35400
19	35	28.1	31.7	54.2	1	0	26000	33000
Máximo	36.2	31.9	40.1	54.2	2.3	4.5	3E+05	175800
Mínimo	30.7	28.1	30	46	0	0	25000	21000
Promedio	32.91	30.21	35.2	49.3	0.265	1.265	58660	63395

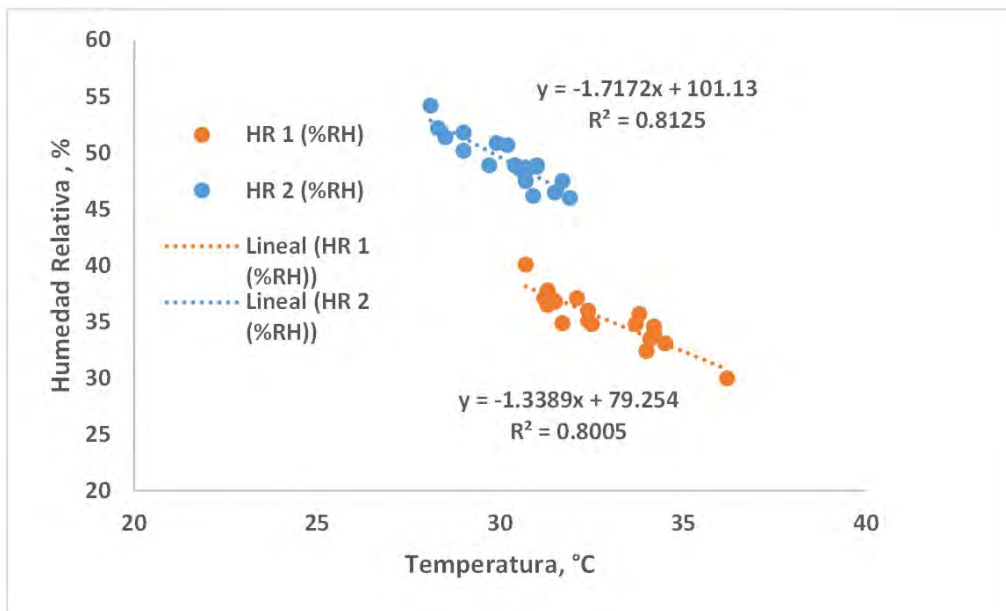
X: parámetro.

Fuente: Elaboración propia, con base en el trabajo de campo.

Como puede observarse, en el verano se alcanzan las temperaturas más altas con una diferencia de 5.5°C entre el máximo y el mínimo; sin embargo, en otoño las temperaturas son ligeramente menores con una diferencia de 3.8°C entre el máximo y el mínimo.

La humedad relativa exhibe un comportamiento diferente ya que los valores registrados en verano son de menor magnitud, con una diferencia de 10.1% entre máximo y mínimo; mientras que en otoño los valores de humedad son más altos, pero con un gradiente menor (8.2%). El comportamiento de este parámetro se puede correlacionar con la presencia de viento, ya que en verano solo 4 puntos registran presencia de viento con un máximo de 2.3 m/s, mientras que en otoño se registró un viento en 16 lugares con un máximo de 4.5 m/s. El análisis estadístico muestra una correlación inversa entre el parámetro ambiental de la temperatura y la humedad relativa (ver Gráfica 2).

Gráfica 2. Correlación puntual de temperatura y humedad relativa



Fuente: Elaboración propia, con base en el trabajo de campo.

En cuanto a la intensidad luminosa registrada se observa que en verano se registran valores más altos (máximo de 334,000 luxes, mínimo de 25,000 luxes) que en otoño (máximo de 175,800 luxes, mínimo de 21,000 luxes); en cambio, en tanto en el máximo (70% mayor) como en el mínimo (20% mayor) durante el verano se registran valores mayores, sin embargo, los valores promedio son similares en magnitud: 58,660 en verano y 63,995 en otoño.

Respecto a la valoración de los elementos de paisaje, se contabilizaron los árboles, y como área verde se considera la presencia de: macetas, pasto, etcétera, que se hallan presentes en las 4 calles que confluyen al cruce donde se realizó la medición. Por el contrario, para

reportar el material del piso solo se consideró lo que está presente en el crucero, incluyendo el material de las banquetas. La distribución de árboles y área verde es muy irregular e insuficiente; además, en los cruceros de medición el material de piso incluyó adoquín en todos los puntos y concreto en 50% de los mismos (ver Cuadro 3).

La distribución de puntos calientes y su movilidad estacional se puede inferir cuando se hacen gráficas de superficie para cada uno de los parámetros ambientales en cada uno de los muestreos. Al comparar las gráficas de superficie de los 2 muestreos realizados, se puede observar el comportamiento estacional de cada parámetro ambiental.

Cuadro 3. Registro de elementos de paisaje

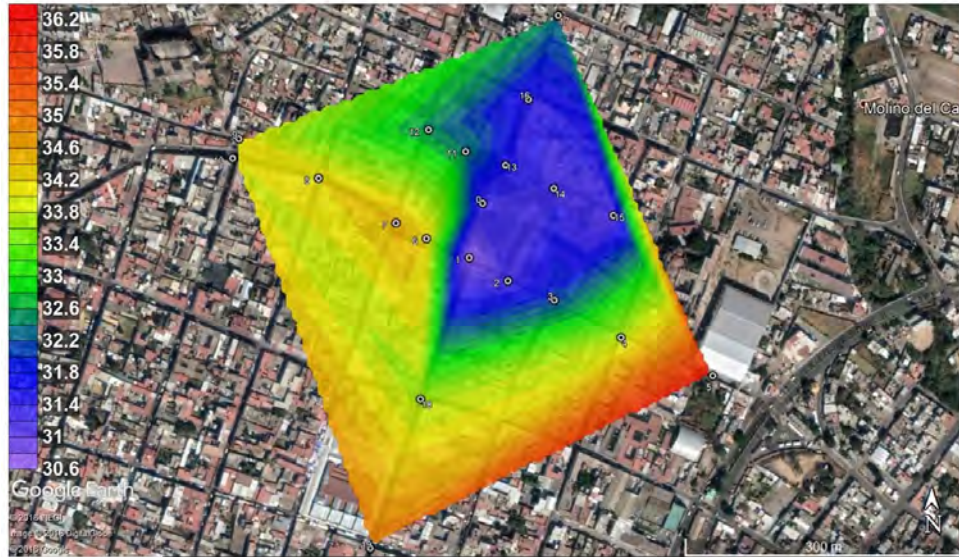
Sitio	Árboles	Área verde	Material de piso	
			Adoquín	Concreto
0	22	8	X	
1	21	39	X	
2	6	8	X	
3	0	0	X	X
4	0	0	X	X
5	0	0	X	X
6	6	1	X	X
7	0	6	X	
8	0	11	X	X
9	3	10	X	X
10	1	5	X	X
11	12	9	X	
12	0	0	X	
13	17	4	X	
14	10	4	X	
15	0	0	X	
16	0	0	X	
17	0	0	X	
18	0	0	X	X
19	0	0	X	X

Fuente: Elaboración propia, con base en el trabajo de campo.

En los mapas 2 y 3 se muestran los datos de temperatura (T, °C). Como puede observarse en el verano (T1, °C), la zona de menor temperatura (azul-morado) comprende 55% de los

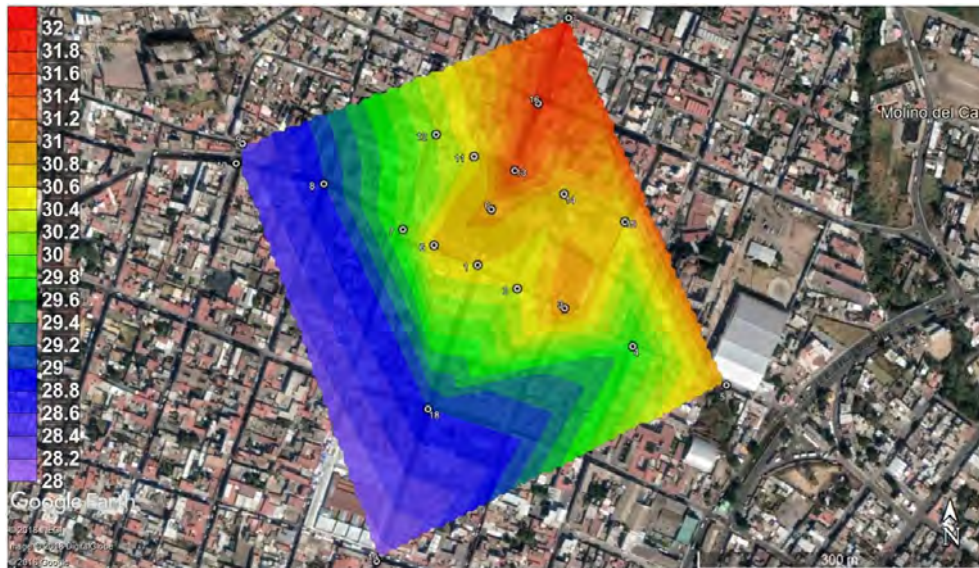
puntos y se halla principalmente en el cuadrante N-E del centro histórico; mientras que la zona de mayor temperatura (amarillo-rojo) se halla distribuida en los cuadrantes N-W, S-W y S-E. La temperatura (verde) se halla en el 20% de los puntos.

Mapa 2. Distribución superficial del registro de Temperatura (T1, °C) en verano



Fuente: Elaboración propia, con base en el trabajo de campo.

Mapa 3. Distribución superficial del registro de Temperatura (T2, °C) en otoño

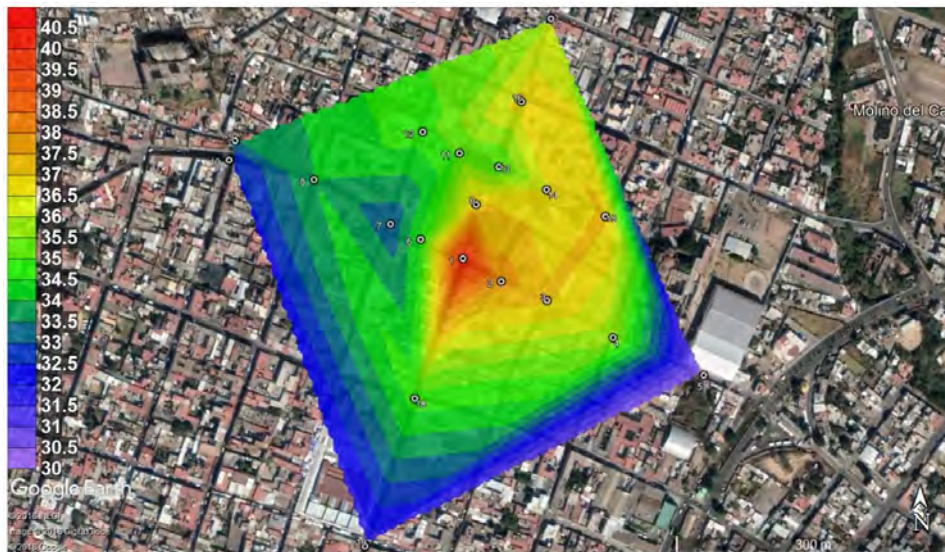


Fuente: Elaboración propia, con base en el trabajo de campo.

En otoño (T_2 , °C), el perfil de temperatura se modifica, ya que la zona de menor temperatura se halla en los cuadrantes N-W y S-W, comprendiendo solamente 25% de los puntos, mientras que la zona cálida está distribuida en los cuadrantes N-E y S-E, lo cual representa el 55 % de los puntos en la zona de transición.

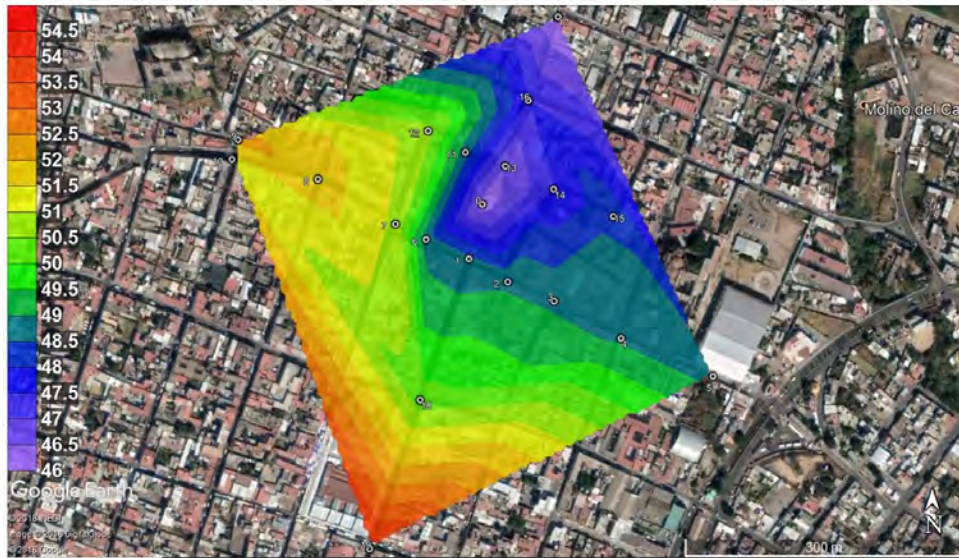
En los mapas 4 y 5 se presentan los datos de humedad relativa (%HR), y como puede observarse se corrobora la proporcionalidad inversa reportada en la gráfica 2; es decir, a mayor temperatura menor humedad. En el caso del verano (HR1%), la zona más fría registra mayor humedad, distribuida en el centro hacia el cuadrante N-E, mientras que la zona menos húmeda se halla en los bordes de los cuadrantes N-W, S-W, y S-E.

Mapa 4. Distribución superficial de humedad relativa (HR1%) en verano



Fuente: Elaboración propia, con base en el trabajo de campo.

Mapa 5. Distribución superficial de Humedad Relativa (HR2%) en otoño



Fuente: Elaboración propia, con base en el trabajo de campo.

El fenómeno se confirma con los datos de otoño (HR2%), donde se observa que el patrón se repite y que la zona de mayor humedad corresponde con la región de menor temperatura, mientras que la zona de menor humedad corresponde a la de mayor temperatura. Los datos de otoño indican que la zona de mayor humedad está distribuida en la zona de los cuadrantes N-W a S-W, mientras que la zona de menor humedad corresponde al cuadrante N-E, pero ejerciendo cierta influencia hacia el cuadrante S-E. Asimismo, existe una zona de transición de humedad media que va de N-W a S-E, donde los valores están en el rango de 48-52 % HR.

El parámetro de viento, no se muestra gráficamente, ya que como se observa en el cuadro 2, los valores registrados en realidad son muy pequeños: en verano para la mayoría de los puntos no se registró viento, mientras que en el muestreo de otoño se incrementó el número de puntos de viento, pero los valores registrados se mantienen muy pequeños. Sin embargo, en el mismo cuadro se puede observar que comparando verano y otoño se tiene que la mayor intensidad se desplaza de los puntos 14 y 15 (V1, m/s) a los puntos 3 y 4 (V2, m/s), considerando que en otoño se registraron intensidades de mayor magnitud, en mayor número de puntos la zona de influencia se amplía.

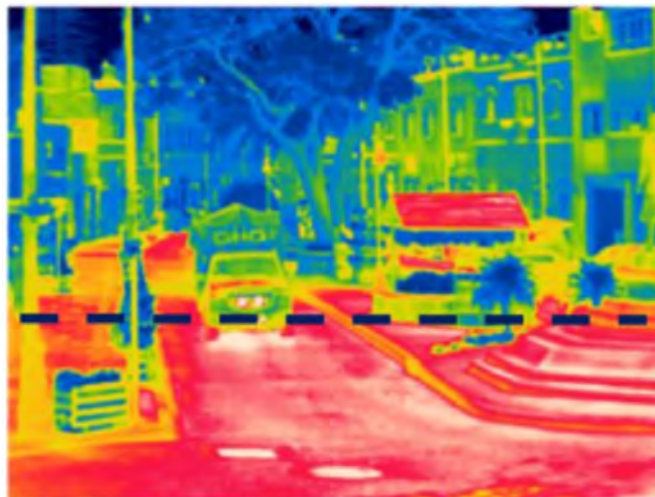
En el caso del ruido, los valores registrados en verano tienen un rango de 60.1-75.1 dB, con un valor promedio de 67.34 dB, mientras que en otoño los valores están en el rango de 46.9-71.7 dB con un valor promedio de 61.91 dB. Si el nivel de ruido de 80 dB es el umbral

entre un ambiente confortable y uno ruidoso (DOF, 2002), ya que un nivel sonoro de 90dB se considera un ruido estable/inestable/impulsivo y el tiempo máximo permitido de exposición (TMPE) es de 8 horas, se puede afirmar que la zona muestreada exhibe valores confortables. Sin embargo, no se puede establecer un diagnóstico en base a muestreos puntuales como los que se reportan en este trabajo.

Para el muestreo de verano se tomaron termofotografías en los puntos seleccionados, con lo cual se pudo corroborar que los componentes antrópicos del ambiente (automóviles, personas), así como los materiales de pavimento, influyen en la temperatura local.

En la figura 1 se muestra la imagen térmica del punto 10, donde se marca una línea de referencia para la cual se extraen los datos de temperatura. En la figura 2 se muestra la imagen real donde se anexa el perfil de temperatura obtenido para la línea de referencia. Si se hace referencia al cuadro 2, en el punto 10 se registró una temperatura ambiente de 34°C, mientras que en la gráfica de la figura 2 se observa que la presencia de un vehículo en movimiento provoca que la temperatura eleve su valor 26 °C, ya que se alcanzan los 60 °C. Asimismo, en el entorno se notan picos que exceden los 40°C, correspondiendo a la presencia de pavimento, banquetas y accesorios metálicos como postes. Por otro lado, es importante resaltar que la presencia de vegetación reduce en 3-4 °C la temperatura ambiente; sin embargo, puede observarse que las plantas corresponden a la clasificación de ornato en macetas y no a especies grandes o frondosas.

Figura 1. Imagen térmica del punto 10, Atlixco, Puebla, Puebla



Fuente: Elaboración propia.

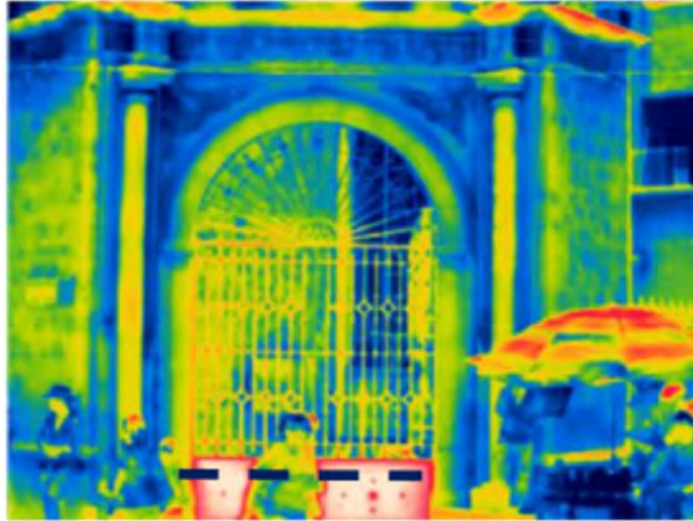
Figura 2. Imagen real con el perfil de temperatura para el punto 10, Atlixco, Puebla, Puebla



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se muestra la fotografía térmica del punto 19, mientras que en la figura 4 se muestra la imagen real con el gráfico de temperatura correspondiente a la línea de referencia. Analizando esta última, se puede afirmar que la presencia de seres humanos produce una afectación mínima en la temperatura ambiente, mientras que los materiales involucrados en las construcciones pueden influir en desviaciones de la temperatura respecto a la temperatura ambiente, por ejemplo, el material metálico de las láminas que forman parte de la reja de la iglesia, así como los colores con los que se pintan las fachadas o la presencia de vendedores. En el perfil de temperatura se puede afirmar que no hay evidencia de cambios drásticos, ya que la temperatura ambiente para este punto fue de 35 °C, mientras que las temperaturas que reporta la termografía indican que en promedio la temperatura oscila entre 30-35°C, y solo en el extremo derecho se aprecia que la temperatura bordea los 40 °C, lo cual implicaría una variación de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ con respecto a valor ambiente registrado.

Figura 3. Imagen térmica del punto 19, Atlixco, Puebla, Puebla



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Imagen real con perfil de temperatura para el punto 19, Atlixco, Puebla, Puebla



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

A partir de los datos obtenidos, se puede observar que el centro histórico de Atlixco, similar a la ciudad de Toluca, presenta una variación estacional en cuanto a los perfiles de temperatura. Asimismo, en ambos muestreos se encontró que la humedad relativa es inversamente proporcional a la temperatura, tal como ha sido reportado por otros autores.

En cuanto al parámetro de viento, los valores registrados son demasiado pequeños, por lo cual no se favorece la dispersión de contaminantes emitidos por vehículos en movimiento.

La intensidad luminosa efectivamente es más alta en verano que en otoño; sin embargo, llama la atención que el valor promedio de la zona estudiada resulte ligeramente menor en verano que en otoño.

En general se considera que el centro histórico de Atlixco está siendo afectado por las condiciones urbanas, ya que los parámetros registrados de paisaje indican muy baja densidad de vegetación y cuerpos de agua, aunado al uso comercial de la mayoría de las viviendas. Se considera que es necesario realizar un estudio sistemático de evolución de temperaturas durante una jornada (mañana, tarde y noche) a fin de poder especificar la presencia de islas de calor.

Referencias

- Clima-Data (2018). *Clima Atlixco*. Recuperado de: <https://es.climate-data.org/location/45283/> [Consultado el 20 de diciembre de 2018]
- Coseo, P. y Larsen, L. (2014). How factors of land use/land cover, building configuration and adjacent heat sources and sinks explain Urban heat Islands in Chicago. *Landscape and Urban Planning*, 125, 117-129.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2002). NOM-011-STPS-2001. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. México: Secretaría de Gobernación.
- Fuentes Pérez, C. A. (2014). Isla de calor urbano en Tampico, México, Impacto del microclima a la calidad del Hábitat. *Revista Electrónica Nova Scientia Universidad Lasalle*, 7(13), 495-515.
- Galindo Estrada, I. G. (2010). Identificación y estudios de las islas urbanas de calor de las ciudades de Guadalajara y Colima. Propuestas de estrategias de mitigación. Proyecto CONAFOVI-2007-66663. Ponencia presentada durante el *Primer encuentro académico CONAVI-CONACYT*. México, D. F. 2 y 3 de febrero, 2010.
- Hendel, M., Pierre Gutiérrez, M. y Colombert, Youssef Diab, L. R. (2016). Measuring the effects of urban heat island mitigation techniques in the field: Application to the case of pavement watering in Paris. *Urban Climate*, 16, 43-58.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2016). *Anuario Estadístico y Geográfico de Puebla*. México: Secretaría de Gobernación.
- Jáuregui Ostos, E. (1979). La Isla de calor en Toluca, Méx. *Investigaciones Geográficas*, 9, 27-37. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111979000100002
- Mirzael, P. A. (2015). Recent challenges in modeling of urban heat islands. *Sustainability Cities and Society*, 19, 200-206.
- Rafée, A., Días, E. y Koomen, E. (2016). Local impact of tree volume on nocturnal urban heat island: A case study in Amsterdam. *Urban Forestry & Urban Greening*, 16, 50-61.
- Xian Xiang, L. y K. Norford, L. (2016). Evaluation of cool roof and vegetation mitigating urban heat island in a tropical city. Singapore. *Urban Climate*, 16, 59-74.