



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences



Evaluación de los efectos microclimáticos que tiene la vegetación en la mitigación de la isla de calor urbana: Parque en la ciudad de Torreón, México

Assessment of the Microclimatic Effects of Vegetation on the Mitigation of Urban Heat Island: Park in the City of Torreon, Mexico

Jesthly Leticia Flores-De la O.^a, Jorge Villanueva-Solis^b, Jaime Andrés Quiroa-Herrera^c

a Arquitecta egresada de la Universidad Autónoma de Coahuila, México, j_flores@uadec.edu.mx

b Experto en planeación y desarrollo sustentable; profesor investigador adscrito a la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón, Universidad Autónoma de Coahuila, México, jorge.villanueva@uadec.edu.mx

c Experto en ciencias de ingeniería ambiental; profesor investigador adscrito a la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón, Universidad Autónoma de Coahuila, México, jquiroa@uadec.edu.mx

Director y Editor:

Dr. Sergio A. Molina-Murillo

Consejo Editorial:

Dra. Mónica Araya, Costa Rica Limpia, Costa Rica

Dr. Gerardo Ávalos-Rodríguez. SFS y UCR, USA y Costa Rica

Dr. Oلمان Murillo Gamboa, ITCR, Costa Rica

Dr. Luko Hilje, CATIE, Costa Rica

Dr. Arturo Sánchez Azofeifa. Universidad de Alberta-Canadá

Asistente:

Joseline Jimenez Brenes

Editorial:

Editorial de la Universidad Nacional de Costa Rica (EUNA)



Los artículos publicados se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (post print) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales, no se generen obras derivadas y se mencione la fuente y autoría de la obra.



Evaluación de los efectos microclimáticos que tiene la vegetación en la mitigación de la isla de calor urbana: Parque en la ciudad de Torreón, México

Assessment of the Microclimatic Effects of Vegetation on the Mitigation of Urban Heat Island: Park in the City of Torreon, Mexico

Jesthly Leticia Flores-De la O.^a, Jorge Villanueva-Solis^b, Jaime Andrés Quiroa-Herrera^c

Recibido: 20 de febrero, 2018. Aceptado: 17 de abril, 2018. Corregido: 08 de mayo, 2018. Publicado: 1 de julio, 2018.

Resumen

La magnitud de los impactos a causa de la variación climática sobre las ciudades dependerá de su capacidad de resiliencia. La literatura sobre el tema identifica las áreas verdes urbanas y sus servicios ambientales como una estrategia para mitigar la isla de calor urbana (ICU), un fenómeno del microclima urbano que repercute en la calidad del aire, la demanda de agua y energía; temas centrales en sustentabilidad urbana. Son diversas las investigaciones que hacen referencia a la consolidación de espacios verdes en las ciudades, con el fin de reducir los riesgos ambientales. De igual manera, estos estudios reconocen la necesidad de evaluar los beneficios ambientales, principalmente en zonas áridas. Este trabajo explora, a través del análisis de ambientes y sus temperaturas correspondientes, el papel que desempeña el parque urbano de mayor jerarquía en la ciudad como resumidero térmico. El análisis se desarrolló en 2 fases, la primera orientada a clasificar los distintos ambientes y su densidad de vegetación; la segunda, corresponde a la campaña de monitoreo, mediante transectos con dispositivos *data logger* HOBO. Los resultados, además de mostrar la conveniencia del método, contribuyen a la evaluación de los beneficios de las áreas verdes como resumideros térmicos y, con ello, a sentar las bases para el establecimiento de una política de planificación urbana orientada a mitigar la ICU en la ciudad, que coadyuve al proceso de adaptación ante el cambio climático en ciudades con clima árido.

Palabras clave: áreas verdes; caracterización microclimática; microclima urbano; servicios ambientales; zonas áridas.

Abstract

The magnitude of the impacts caused by the climate variation over the cities will depend on their capacity for resilience. The literature about this issue identifies the urban green areas and the environmental services as a strategy to mitigate the urban heat island (UHI), a phenomenon of urban microclimate that has an impact on air quality, water, and energy demand: central themes in urban sustainability. Diverse studies refer to the consolidation of urban green areas as a strategy to mitigate climate risks; at the same time, these studies recognize the need of evaluating the environmental benefits, mainly in arid zones. This work explores, through the microclimatic analysis, the performance of the urban park of a greater surface in the city as a thermal sink. The analysis was conducted in two stages. The first one intended to classify the different environments inside the park; later, in the second stage, these environments were measured as microclimates using transects with HOBO data logger devices. In addition to demonstrating the convenience of the method, the results contribute to the evaluation of benefits of the green areas as thermal sink, and with

a Arquitecta egresada de la Universidad Autónoma de Coahuila, México, j_flores@uadec.edu.mx

b Experto en planeación y desarrollo sustentable; profesor investigador adscrito a la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón, Universidad Autónoma de Coahuila, México, jorge.villanueva@uadec.edu.mx

c Experto en ciencias de ingeniería ambiental; profesor investigador adscrito a la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón, Universidad Autónoma de Coahuila, México, [jquroa@uadec.edu.mx](mailto:jquiroa@uadec.edu.mx)



this, to lay the foundations for the establishment of an urban planning policy aimed at mitigating the UHI in the city, contributing to the process of adaptation to climate change in cities with arid climate.

Keywords: arid zones; environmental services; green areas; microclimatic characterization; urban microclimate.

1. Introducción

A medida que la ciudad crece, se agudizan sus problemas ambientales; uno de ellos es la isla de calor urbana (ICU). Este término es utilizado para describir el fenómeno del microclima urbano que compara el calor característico, tanto de la atmósfera como de las superficies en las ciudades, en comparación con los entornos no urbanizados adyacentes.

Según Voogt (2008) y Balázs *et al.* (2009), cuando las ciudades crecen y añaden calles, edificios e industria al entorno urbano, se modifica el medio ambiente, las temperaturas en la ciudad aumentan con respecto a sus entornos rurales, creando así una isla de calor. Entonces, cuando la mancha urbana se desarrolla preferenciando las actividades industriales, los procesos económicos, las rutas de transporte, se da pie a la creación de un microclima artificial que tiene repercusiones en las variables atmosféricas y, por consiguiente, genera la modificación del clima normal de un lugar (Carrasco *et al.*, 2016).

Cada vez son más los estudios que abordan el problema de la isla de calor urbana alrededor del mundo, en ellos se ve reflejado que el impacto principal de este fenómeno se da en el clima. En el estudio llevado a cabo por Fuentes (2014) en la ciudad de Tampico, México, se demuestra cómo es el comportamiento ambiental que tiene dicha ciudad en sus diferentes usos de suelo; el análisis realizado y los resultados obtenidos reflejan que las islas de calor tienen una estrecha relación con aquellos espacios que cuentan con escasa vegetación. Otras investigaciones además de confirmar lo anterior, establecen distintos impactos relacionados con la salud pública, tal es el caso de los trabajos realizados por Córdova (2011), Lindén *et al.* (2016) y Martini *et al.* (2017), quienes establecen que, a raíz del creciente aumento de las temperaturas, se genera un estrés térmico que influye de manera negativa en el bienestar de la población y en donde, paulatinamente, la salud de las personas se ve comprometida, debido al calor excesivo, presentando así diferentes afecciones directamente ligadas a este fenómeno. Las condiciones ambientales modificadas también influyen en el nivel socioeconómico de la población, pues de acuerdo con lo analizado por Romero *et al.* (2010) en distintas zonas de Santiago de Chile, los sectores residenciales con mayores ingresos presentan temperaturas menores, pues cuentan con una densidad de vivienda más baja y, por consecuencia, las áreas verdes existentes son más numerosas; caso contrario sucede con las áreas con una densidad alta que presentan temperaturas más elevadas.

Recurrir a la reforestación es una manera de mitigar los impactos que genera la urbanización y, por ende, reducir la intensidad de las ICU en las ciudades (Lima y Lopes, 2017). De acuerdo con Soto (2011), las áreas verdes urbanas representan un eslabón fundamental en la regulación del microclima urbano; por lo que el valor de la vegetación es relevante, pues no solo cumple con la función ornamental agregando un valor estético a la ciudad, sino que actúa como un regulador climático minimizando las agresiones ambientales (Almeida *et al.*, 2013; Gómez, 2005; Sorensen *et al.*, 1998).



El efecto de la vegetación en el microclima es sumamente importante, el arbolado urbano cumple con funciones muy específicas que influyen significativamente en el clima local; por mencionar solo algunas, se reconoce que, por medio de la evapotranspiración, los árboles producen un efecto de enfriamiento en el microclima, también disminuyen la temperatura del aire, al reducir el nivel de apertura del cielo, proporcionan sombra y reducen el calentamiento de las superficies por radiación solar; todo ello aumenta considerablemente la sensación de confort del ser humano (Jin *et al.*, 2018; Lindén *et al.*, 2016; Martini *et al.*, 2017).

Las investigaciones realizadas por Ruiz *et al.* (2015) en la ciudad de Mendoza, Argentina, y por Vergara (2014) en Santiago de Chile, demuestran y confirman la importancia que tiene la vegetación como un instrumento para controlar el microclima; los servicios ambientales obtenidos por la correcta arborización son igual de valiosos en cada ciudad, a pesar de las diferencias geográficas que estas presenten.

Con base en lo anterior, la finalidad de este estudio fue evaluar el desempeño microclimático del parque urbano de mayor importancia en Torreón (Bosque Venustiano Carranza) ante el fenómeno de la ICU en esta ciudad de clima árido.

1.1 Contexto de la ciudad de Torreón

La ciudad de Torreón, en el Estado de Coahuila, México, se localiza dentro de la región biogeográfica del Desierto Chihuahuense (Cervantes y Franco, 2007), en las coordenadas 25° 32' norte y 103° 27' oeste a una altitud de 1 120 msnm (Figura 1). Región con un clima clasificado como muy seco semicálido. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010), establece que la ciudad cubre una extensión de 15 966 hectáreas y tiene una población de 639 629 habitantes, lo cual resulta en una densidad de 40 hab/ha, que muestra la expansión horizontal de la ciudad.

En cuanto a la estructura del tejido urbano, este se conforma de ocho sectores que caracterizan los espacios de la ciudad desde el punto de vista funcional y de ocupación del suelo; esta distribución se ve reflejada en el Cuadro 1, en donde se presentan los datos correspondientes al año 2003 y su posterior actualización correspondiente al año 2016.



Cuadro 1. Clasificación del uso de suelo en la ciudad de Torreón*

Uso de suelo	Superficie 2003 **	%	Crecimiento 2003-2016	Superficie 2016 **	%	Reserva total (municipal) **	Total **	%
Habitacional	3 305.67	37	1 489.40	4 795.07	36	940.88	5 735.96	39
Comercio y servicios (corredor urbano)	1 500.74	17	252.27	1 753.01	13	360.66	2 113.67	14
Industrial	729.69	8	131.60	861.29	6	68.45	929.74	6
Equipamiento	1 238.25	14	143.15	1 381.40	10	85.66	1 467.06	10
Espacios verdes	269.95	3	148.47	418.42	3	23.25	441.67	3
Infraestructura	100.65	1	9.81	110.46	1	1.88	112.35	1
Vialidades	1 070.04	12	2 251.01	3 321.05	25	-	3 321.05	22
Conservación (reserva ecológica, río Nazas, cerro de las Noas, Vega del Caracol)	736.81	8	-	736.81	6	-	736.81	5
Total	8 951.81	100	4 425.71	13 377.52	100	1 480.79	14 858.30	100

* Elaborado con base en datos del POE (2014) y el Laboratorio de Planeación y Observación del Territorio, de la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón, Universidad Autónoma de Coahuila.

** Las cantidades de superficie dadas para este cuadro están expresadas en hectáreas.

En las últimas dos décadas, la ciudad experimentó una explosión demográfica y económica debido al crecimiento de la industria manufacturera (Miramontes, 2015); la tasa de crecimiento demográfico fue de 1.4-2.0 % durante el periodo 2000-2010 (INEGI, 2010); por otra parte, el porcentaje de participación del sector correspondiente a la industria manufacturera en la producción de la ciudad es del 74.96 %, el cual representa el mayor porcentaje comparado con otros sectores (Vargas, 2016). En contraste, la ciudad cuenta con aproximadamente 4.8 m² de área verde por habitante, esto es, unas 300 hectáreas, superficie que incluye algunas áreas verdes privadas como los campos de golf. Por lo anterior, es posible observar los efectos de los espacios urbanos de alta emisión térmica que se extienden por toda la ciudad. En contraste, espacios de baja emisión térmica o sumideros térmicos representan una mínima superficie, en comparación con el resto del uso del suelo.

1.2 Áreas verdes en la ciudad

Atendiendo a lo que la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 1999) dicta en el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano, tomo V: Recreación y Deporte, las áreas verdes en la ciudad de Torreón se dividen en tres sectores, principalmente: parque urbano, parque de barrio y jardín vecinal. El parque urbano, como su nombre lo indica, es un espacio verde abierto a toda la población de la ciudad, por su extensión cuenta con un programa arquitectónico consistente, que permite cubrir las necesidades del público usuario que lo visita. El parque de barrio se caracteriza por estar abierto a habitantes de determinadas zonas habitacionales; y, por su parte, el jardín vecinal es un espacio de dimensiones menores que atiende a la población de comunidades más pequeñas.

El parque urbano con mayor densidad de vegetación y, por tanto, el de mayor importancia es el Bosque Venustiano Carranza. Fundado hace más de 70 años, alberga un total de 3 707 árboles de 61 especies arbóreas diferentes en una superficie mayor a 19 hectáreas (Cabrera, 2016).



Esta importante área verde urbana se localiza al poniente de la ciudad en la confluencia de dos importantes vialidades, en un sector principalmente con actividades comerciales y de servicios, y en menor medida habitacionales (**Figura 1**).

Son pocas las concentraciones de vegetación en la ciudad, así lo establece el índice de vegetación normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) (Villanueva-Solis, 2016). En este se aprecia claramente al Bosque Venustiano Carranza como el espacio verde público que ofrece mayores servicios ambientales dentro de la mancha urbana de Torreón (**Figura 2**).



Figura 1. Ubicación del Bosque Venustiano Carranza y mapa de localización nacional.

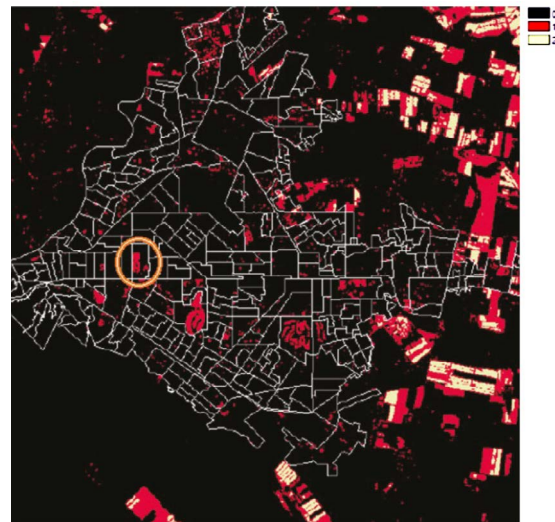


Figura 2. Clasificación del NDVI en Torreón. Fuente: Villanueva-Solis (2016)

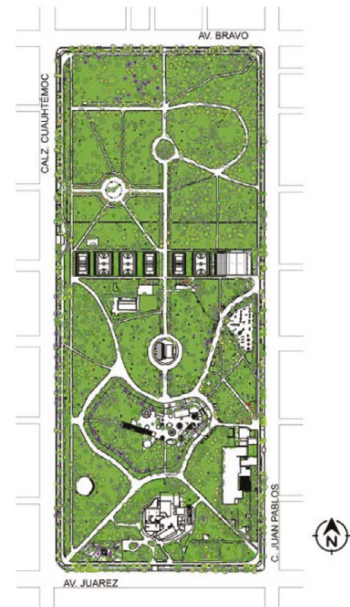
2. Metodología

Para caracterizar el aporte microclimático del Bosque Venustiano Carranza (**Figura 3**) se utilizaron dos técnicas que se describen a continuación.

2.1 Zonificación por medio de la observación

La primera técnica empleada fue la observación directa por medio de la cual se zonificó el parque, a partir de criterios como lo fueron el uso y función al interior del parque, las condiciones de vegetación y sus niveles: cubresuelos, arbustos y árboles, los tipos de material que cubren el suelo de manera artificial, las áreas sombreadas (naturales o artificiales) y los elementos construidos, de esta manera se identificaron zonas con características específicas que se presentan en el **Cuadro 2**.

Figura 3. Plano del Bosque Venustiano Carranza. Fuente: Cabrera, 2016.





Cuadro 2. Descripción de las zonas identificadas dentro del Bosque Venustiano Carranza

Zona	Descripción
Zona 01	Corredores principales con superficies de pavimento sin sombreado artificial alguno. Dentro de estas zona se consideran tres rotondas, debido a que están sobre los corredores principales. La primera (donde se ubica el punto 17) cuenta con árboles, el suelo es de zacate y tierra natural. La segunda (donde se ubica el punto 12) rotonda de los ilustres, presenta pavimento adoquinado y en su centro existe un árbol y un pequeño arbusto. La tercera rotonda (punto 20) alberga al teatro del pueblo, lugar con gradería, superficie con pavimento de concreto y una cubierta de lámina.
Zona 02	Área con una importante cantidad de árboles, está cubierta totalmente de zacate, corredores peatonales con pavimento o tierra natural y uno de arena, la pista para correr es de tierra roja.
Zona 03	Área arbolada con cobertura de zacate en su mayoría y pequeñas secciones cubiertas de tierra natural. Corredores de pavimento, grava y tierra natural, pista para correr con suelo de tierra roja. A esta área la atraviesa, en la parte inferior y de oeste a este, un pequeño canal de agua.
Zona 04	Área arbolada con suelos cubiertos por zacate, corredores de pavimento y tierra natural, pista para correr con suelo de tierra roja. Es atravesada, en medio y longitudinalmente, por un pequeño canal de agua.
Zona 05	Área de canchas, los suelos son de concreto, la única cancha techada es la de frontenis, ubicada al extremo este, la cubierta es de lámina. Existe arbolado entre canchas con suelo de tierra natural y zacate. Corredores de pavimento y pista de tierra roja.
Zona 06	Área arbolada con superficie de zacate. Corredores de pavimento y tierra natural, pista de tierra roja.
Zona 07	Área arbolada y suelo cubierto de zacate, la atraviesa un corredor peatonal con suelo de pavimento. Presenta una parte construida donde se ubica el área de mantenimiento y un edificio en desuso.
Zona 08	Área arbolada con suelo totalmente de zacate, los corredores que la atraviesan son de pavimento. Presenta una pequeña área construida en la esquina superior derecha, así como una serie de locales comerciales.
Zona 09	La mayor parte de esta área es destinada a los juegos infantiles de diferentes tipos, no cuenta con cubiertas, su superficie es de tierra roja. Los corredores son de pavimento y la pista de correr es también de tierra roja. En la parte restante están presentes árboles y un suelo cubierto por zacate. También se encuentran algunos locales comerciales.
Zona 10	Área de árboles y suelos de zacate, es atravesada por corredores de pavimento. Esta zona alberga locales comerciales.
Zona 11	Área de juegos mecánicos, zona con mayor superficie intervenida y con mayor concurrencia a lo largo del día. Presenta suelos adoquinados, de pavimento y de concreto. En ella también se albergan locales comerciales.
Zona 12	Área arbolada con suelo de zacate, es atravesada por un corredor peatonal con suelo de pavimento. En la esquina norte cuenta con un jardín desértico.
Zona 13	Área con árboles, los suelos están cubiertos por zacate. Los corredores son de pavimento y la pista para correr es de tierra roja. Cuenta con una rotonda descubierta con suelo de zacate y tierra roja.
Zona 14	Área arbolada con suelos de zacate. Presenta una intervención en la tercera parte de la superficie, que consta de un área para hacer ejercicio y un área de estar cubierta por un techo de lámina. Los suelos en ambas partes son de tierra roja, en una pequeña parte de la última, se encuentra un suelo cubierto por grava. Corredores de pavimento y tierra roja. Pista para correr de tierra roja.
Zona 15	La mitad de esta área la ocupa el Museo Regional de la Laguna, en donde es posible encontrar adjunto un jardín desértico. El área restante la conforman árboles y suelo de zacate. Los corredores son de pavimento, piedra y concreto, así como de tierra roja, que también se usa en la pista para correr.
Zona 16	Área que presenta espacios construidos como oficinas administrativas, servicios sanitarios y planta tratadora de agua. Tiene una cancha de usos múltiples descubierta con piso de concreto. El área restante es área verde, con árboles y suelo de zacate, también tiene un área cubierta por adoquines. Los corredores son de pavimento y de tierra roja. La pista para correr es de tierra roja.

* La pista para correr se sitúa al interior del Bosque Venustiano Carranza, rodeando al parque. Cuando se hace mención a ella en algunas zonas, es porque estas albergan alguna parte de la totalidad de dicha pista.

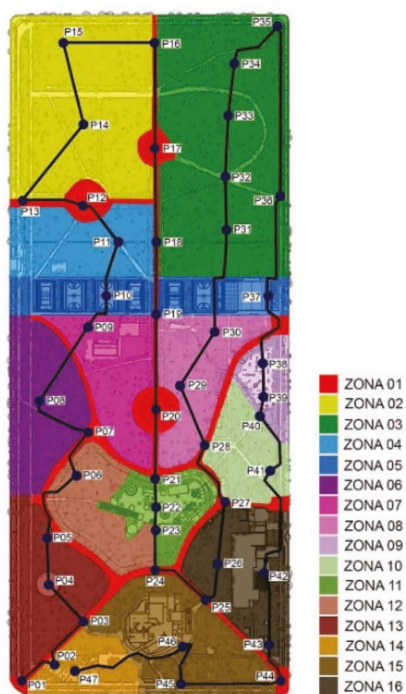


Figura 4. Zonificación, puntos y recorrido de monitoreo.

Una vez analizadas las diferentes zonas, se ubicaron los puntos que aparecen en el mapa de zonificación del Bosque (Figura 4). Se eligieron un total de 47 puntos por ser los más significativos y por representar el microclima predominante, en cada una de las zonas que fueron anteriormente descritas y a las cuales pertenecen.

Por otra parte, estudios realizados demuestran que llevar a cabo campañas de medición por medio de transectos, permite analizar de mejor manera la variabilidad espacial y obtener una densidad considerable de información, necesaria para realizar el procesamiento de datos y conseguir resultados más confiables (Dobrovlný y Krahula, 2015; Fuentes, 2014; Martini *et al.*, 2017; Saz *et al.*, 2003). Considerando lo anterior y de acuerdo con la selección de los 47 puntos, se definió el transecto a través del cual se obtuvo la lectura de las condiciones de temperatura en cada una de las zonas identificadas y con ello la definición de microclimas (Figura 4). A manera de síntesis, el Cuadro 3 integra, en cuatro ambientes distintos, las 16 zonas identificadas en el recorrido.

Cuadro 3. Síntesis de las zonas identificadas en base a los criterios de análisis

Nombre	Características	Zonas	Porcentaje de superficie
Área verde (Área verde al 100 %)	Área arbolada, superficie de zacate, sin elementos construidos.	Zona 02 Zona 03 Zona 04 Zona 06 Zona 12	46.00
Ambiente poco intervenido (Área verde al 75 %)	Área arbolada, superficies de tierra y zacate, pavimentos solo en corredores, sin elementos construidos.	Zona 07 Zona 08 Zona 10 Zona 13 Zona 14	21.50
Ambiente medianamente intervenido (Área verde al 50 %)	Área arbolada, superficies de zacate, pavimentos de concreto y adoquines, con edificaciones.	Zona 15 Zona 16	13.50
Ambiente totalmente intervenido (Área verde menor al 25 %)	Área con poca o nula presencia de árboles, superficies de pavimento de concreto en su mayoría, estructuras para sombreado solo en lugares específicos.	Zona 01 Zona 05 Zona 09 Zona 11	19.00
Superficie total del Bosque Venustiano Carranza = 193 511.72 m ² = 100 %			



2.2 Análisis de temperatura por transectos

La segunda técnica fue el análisis de la temperatura en cada punto establecido; para realizar la medición se hizo uso de tres dispositivos HOBO *data logger* modelo U12-012 de la marca Onset, que ofrecen un rango de medición de temperatura de -20 a 70 °C, los cuales registraron la variable analizada en cada zona. Estos dispositivos se instalaron sobre un poste de metal delgado, a tres niveles de altura distintos; el primero a un nivel bajo, a +0.10 m del suelo, el segundo a un nivel medio, a +1.65 m y el tercero a un nivel alto, a +2.10 m. Estos tres niveles buscan identificar diferencias de temperatura que influyen en el público usuario y al calor percibido por este. Se tomó en cuenta la altura promedio de una persona adulta y se consideró un margen de algunos centímetros sobre su cabeza, de esta manera el nivel máximo resultó en 2.10 m sobre el suelo. El intervalo de adquisición de datos se programó a cada diez segundos, de tal manera que facilitara la identificación de los ambientes durante el recorrido.

La campaña de medición se realizó el 07 de diciembre del 2016 desde las 9:00 de la mañana y hasta las 5:00 de la tarde, un día con condiciones atmosféricas típicas de invierno en la ciudad. Durante este periodo de medición, se efectuaron un total de ocho recorridos a cada hora, siguiendo el transecto establecido en la primera parte de la metodología. Se decidió llevar a cabo el monitoreo de las temperaturas en temporada invernal, debido a que la isla de calor urbana se puede identificar más en invierno que en verano, pues en esta temporada es donde se distingue mejor la amplitud de temperaturas entre las zonas urbanas y las zonas con vegetación. En relación con lo anterior, [Hinkel et al. \(2003\)](#) y [Suomi \(2014\)](#) afirman que el efecto de la isla de calor urbana es más perceptible en invierno, debido a que la contribución solar a la ICU es menor y la transferencia de energía es mínima, por tanto, se pueden observar notablemente los efectos de las islas de calor en las condiciones microclimáticas.

Posterior a la campaña de medición, se realizó el procesamiento de la información almacenada en los registradores *data loggers* con el programa HOBOWare, mediante el cual se exportaron los registros a Excel para su análisis. En un primer análisis se identifica que no existe una diferencia importante entre las temperaturas de los tres niveles de altura monitoreados, por lo tanto, se considera el promedio de los tres niveles para cada uno de los 47 puntos por cada transecto. Posteriormente se conforma una tabla con los datos anteriores y las coordenadas UTM de cada punto y con ello se realiza la interpolación mediante el método *Kriging* en *Surfer 10*, obteniendo ocho mapas de isotermas que representan cada uno de los transectos a lo largo de la campaña de monitoreo. Al respecto [Appelhans et al. \(2015\)](#) y [Shtiliyanova et al. \(2017\)](#), en sus investigaciones, concluyen que el método *Kriging* usado para evaluar parámetros meteorológicos es uno de los más confiables, pues es capaz de realizar la predicción de temperaturas faltantes y obtener resultados más precisos en comparación con otras formas de interpolación.

3. Resultados

Después de realizar el monitoreo de la temperatura se presentan los datos obtenidos, los cuales se recopilaron en ocho gráficas de isotermas que corresponden a cada recorrido realizado. Estas isotermas muestran el comportamiento que tuvo la temperatura a lo largo de todo un recorrido.



3.1 Recorridos 1, 2 y 3

Estos recorridos muestran las primeras tres horas de monitoreo, en ellos es posible observar cómo la temperatura fue aumentando constantemente (**Figura 5**).

El primer recorrido fue realizado de las 9:00 a las 10:00 de la mañana y muestra ya una clara diferencia de temperatura en los distintos ambientes, registra zonas más calientes en la parte sureste del Bosque y más frescas en la parte norte y oeste del parque, con una variación de entre 2 y 3 °C entre ambientes.

En el segundo recorrido (10:00 a 11:00 a.m.) se observa que la temperatura sigue aumentando, y cómo es que los lugares con vegetación abundante presentan menor temperatura en comparación con aquellos que no cuentan con ella. Es interesante notar cómo es el comportamiento de la temperatura, pues en este segundo recorrido analizado, las temperaturas más altas empiezan a ganar terreno sobre el Bosque. La diferencia del gradiente en este recorrido resultó en 4 grados entre el punto más caliente y el más fresco.

Las temperaturas en el tercer recorrido, realizado de las 11:00 a.m. a las 12:00 p.m., son similares al recorrido anterior, dado que el comportamiento del gradiente térmico va en aumento; la diferencia del gradiente de temperatura es de un poco más de 4 grados, caracterizando de esta manera las temperaturas de las áreas que presentan suelos oscuros contra las que tienen suelos naturales.

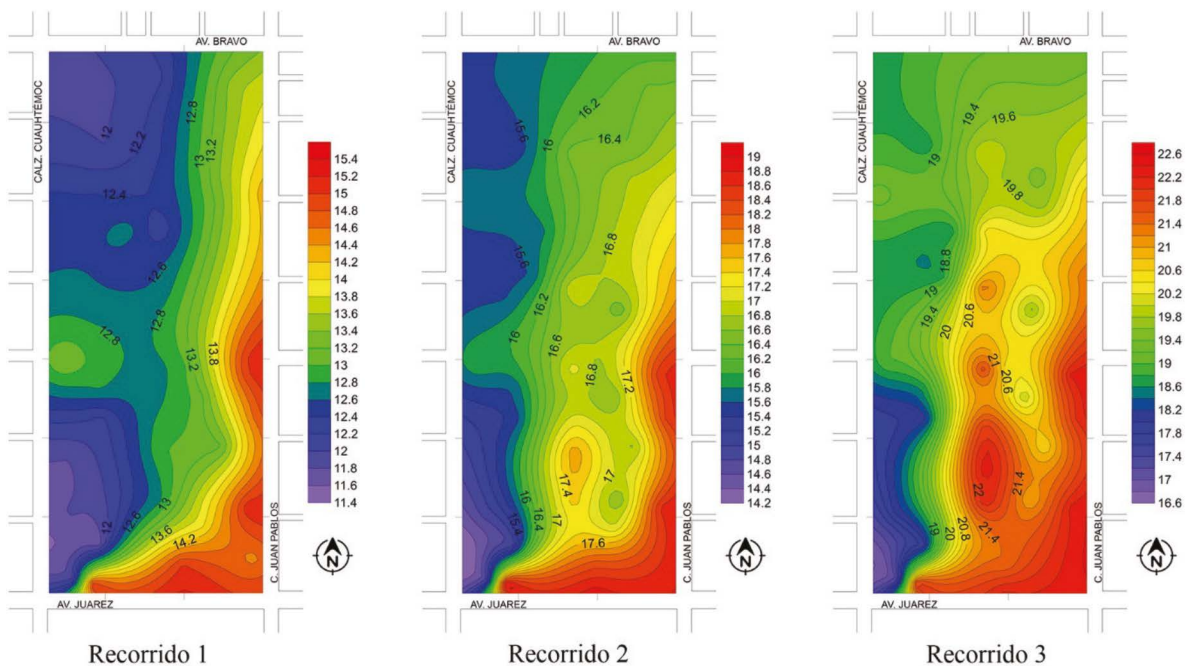


Figura 5. Gráficas correspondientes a los recorridos 1, 2 y 3.



3.2 Recorridos 4 y 5

Estos dos recorridos continúan con la tendencia que tuvieron los recorridos pasados, aunque ya no es mucha la diferencia en el gradiente de temperatura entre ambos, como se podía observar en los anteriores, las temperaturas siguen aumentando (**Figura 6**).

El resultado del cuarto recorrido (12:00 a 01:00 p.m.) muestra que hay un incremento de 2 grados en la zona noroeste, se mantiene el aumento a lo largo del recorrido. También muestra una acentuación de las temperaturas altas y bajas con respecto al tipo de ambiente en donde fueron registradas. Es posible deducir que las zonas más calientes, al centro del parque y en la parte sureste, son todas aquellas áreas que presentan elementos construidos y las áreas con mayor densidad de vegetación son las más frescas.

En el quinto recorrido, que se realizó de 01:00 a 02:00 p.m., la representación de las temperaturas y su comportamiento en esta gráfica son iguales a la anterior. En este recorrido la diferencia de temperatura entre la zona más caliente y la más fresca continúa siendo de 4 grados. Las condiciones presentadas por los distintos ambientes monitoreados provocan la fluctuación de las temperaturas registradas y, por esta razón, es posible observar la gran diferencia de temperatura entre cada zona del Bosque.

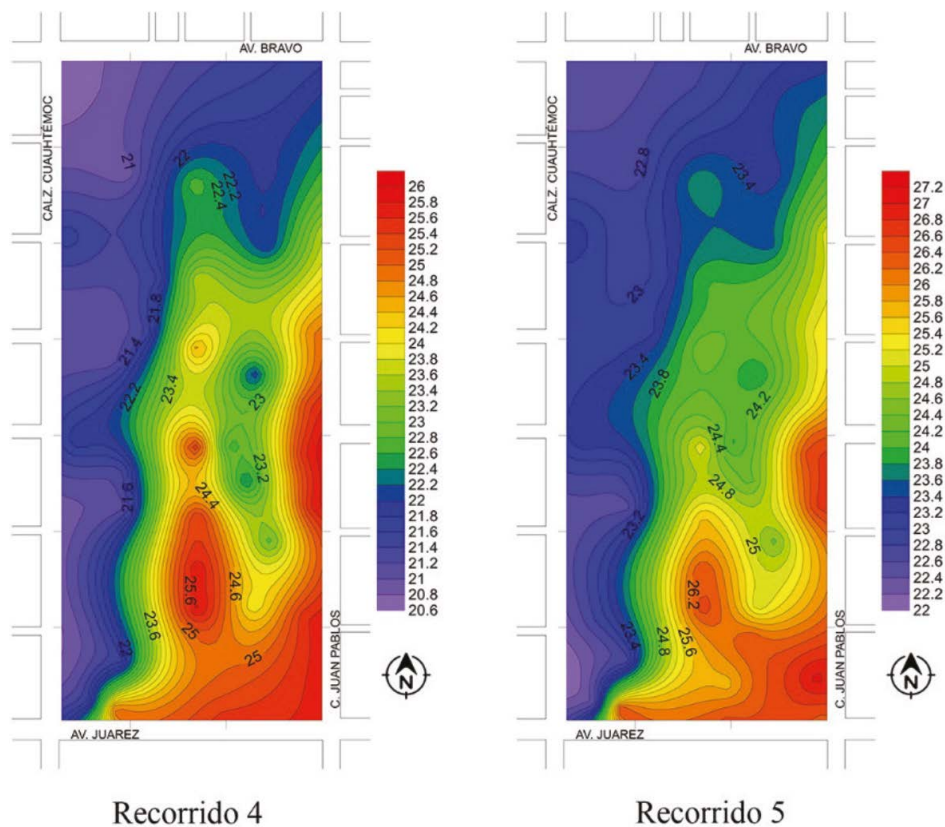


Figura 6. Gráficas correspondientes a los recorridos 4 y 5.



3.3 Recorridos 6, 7 y 8

Estos recorridos muestran cómo fue el comportamiento de la temperatura dentro del parque en las últimas horas de monitoreo (**Figura 7**).

En la gráfica del sexto recorrido se muestran las temperaturas registradas de las 02:00 a las 03:00 p.m.; en ella es posible observar que la totalidad de las temperaturas continúan aumentando en todo el parque, aun así existe una diferencia de 3 grados en el gradiente de temperatura.

La imagen muestra el comportamiento de las zonas más calientes, las cuales son la parte central del Bosque y la parte sureste, este comportamiento se ha venido repitiendo desde gráficas anteriores y se confirma que en este tipo de áreas se tiene una mayor absorción del calor. Las temperaturas frescas se encuentran en el extremo suroeste del Bosque y esta área se considera como la más confortable del recorrido, debido a que presenta una arborización mayor.

El séptimo recorrido monitoreado de 03:00 a 04:00 p.m. muestra, en su gráfica, cómo las temperaturas se homogeneizan y se mantienen altas durante el tiempo de medición; dan como resultado una diferencia de 2 °C entre la zona más caliente y la más fresca.

También es posible observar la caracterización de los ambientes y cómo es que las temperaturas registradas en las zonas con vegetación comienzan a ceder ante las áreas que presentan temperaturas más altas, esto debido a que la concentración de calor en estas zonas es mayor y provoca que las temperaturas confortables registradas en las zonas con área verde se comiencen a elevar, y dan como resultado que el rango de registro sea menor.

El último recorrido realizado comprendió de las 04:00 a las 05:00 p.m., la temperatura general del parque comienza regularizarse manteniendo un rango entre los 24.3 y los 25.3 °C. Aunque la imagen muestra visualmente un contraste fuerte en la representación de las temperaturas, realmente la diferencia del gradiente no es mucha, siendo esta de solo 1 grado, aquí la diferencia de temperatura que anteriormente era notoria ahora ya no lo es, debido a que el calor concentrado en las áreas de más absorción tiene mayor efecto en las superficies con vegetación, haciendo que estas ya no funcionen como regulador climático.

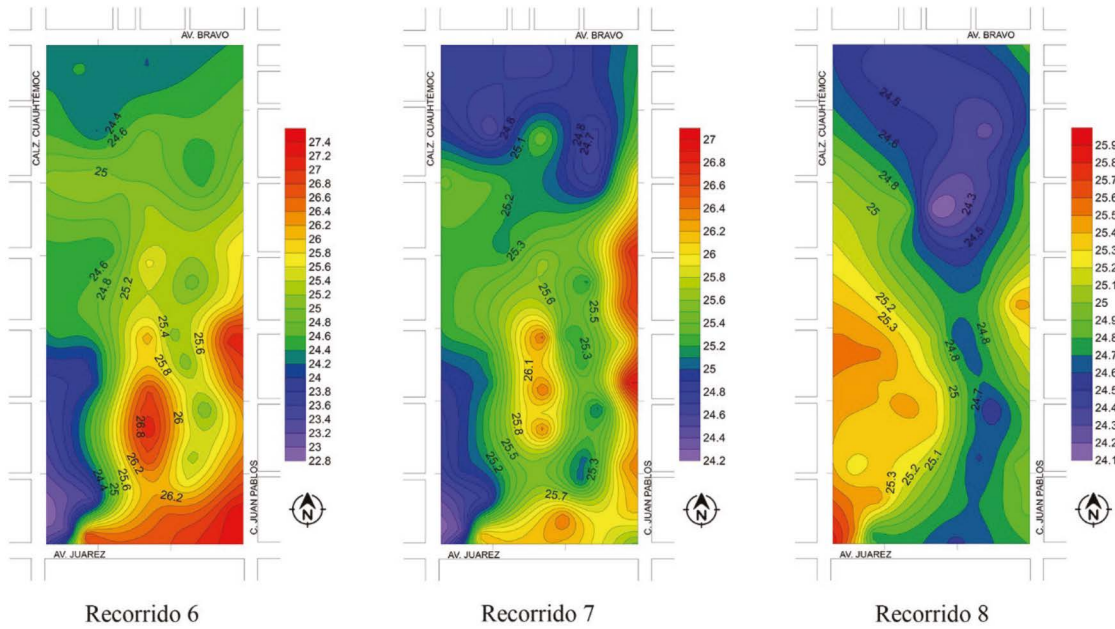


Figura 7. Gráficas correspondientes a los recorridos 6, 7 y 8.

4. Discusión

Al analizar los datos que se presentaron en cada gráfica, es posible observar cómo es el comportamiento del Bosque Venustiano Carranza en un día típico de invierno y cómo aún con sus dimensiones y densidad de vegetación, presenta considerables diferencias microclimáticas en las áreas que conforman su totalidad y en las diferentes horas del día.

En la siguiente imagen (**Figura 8**) se concentraron las gráficas anteriores con el fin de presentar la evolución que tuvieron las temperaturas en cada espacio, a lo largo de toda la campaña de monitoreo.

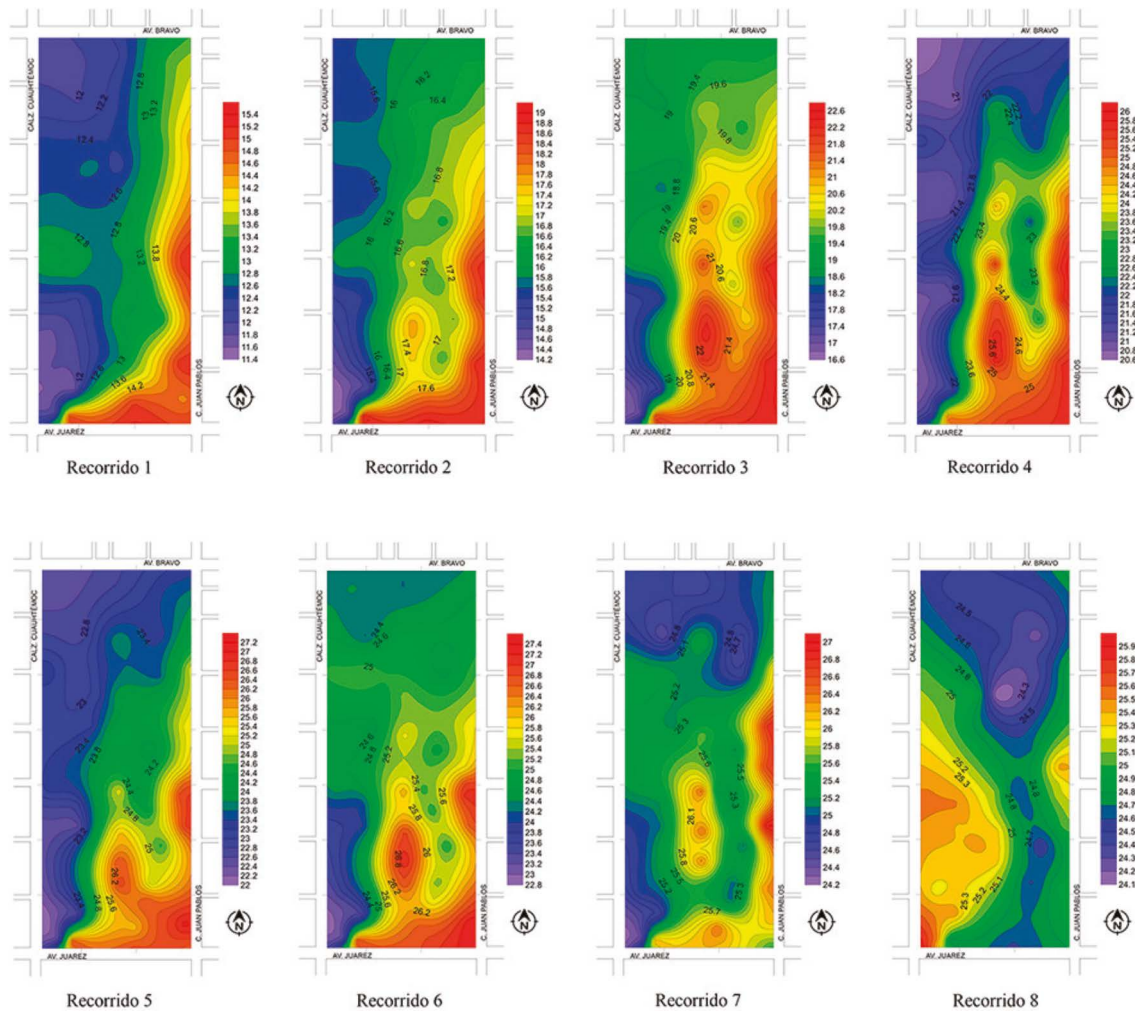


Figura 8. Concentración de gráficas obtenidas de cada recorrido.

Es posible observar cómo en la zona central inferior, que corresponde al área donde se ubican los juegos mecánicos y que por consiguiente presenta la mayor superficie intervenida dentro del parque, se encuentran las temperaturas más elevadas a lo largo de toda la campaña de medición. Este punto presentó una temperatura de 12.9 °C en el recorrido inicial, alcanzando los 27.0 °C como temperatura más alta, para luego establecerse en los 25.3 grados, que fue la última temperatura registrada. De esta forma el gradiente obtenido es de 12.4 grados de diferencia entre la primera y la última medición.

Analizando la contraparte de estas temperaturas altas, se observa que en la zona norte del Bosque Venustiano Carranza se presentaron las temperaturas más frescas, específicamente la parte noroeste presentó una diferencia de 12.5 grados en el gradiente entre la medición realizada al inicio y la realizada al final, a pesar de que esta diferencia es considerable, las áreas verdes fueron las que presentaron una temperatura menor y la más confortable en cada recorrido analizado.



Lo anteriormente expuesto se puede comparar con los resultados encontrados por [Jin et al. \(2018\)](#) al estudiar los efectos de la estructura urbana en el microclima de Singapur, donde concluyó que las áreas correspondientes a los parques se convirtieron en zonas frescas rodeadas por zonas de construcción más calientes, de esta manera el efecto de enfriamiento fue más fuerte en los parques y fue menor en áreas construidas; a pesar de que el Bosque Venustiano Carranza es solo un parque dentro de la zona urbana de Torreón, al analizar cada zona se observaron diferencias de temperaturas similares a las halladas en dicho estudio.

Como se ha venido mencionando, al interior del parque se pueden encontrar zonas con considerable vegetación, otras que han sido medianamente intervenidas y otras más, en donde el espacio construido está totalmente presente. Es en estas últimas zonas donde se marca la diferencia de temperaturas, pues mientras que las áreas con mayor vegetación mantienen un rango de temperatura más bajo, las zonas con edificaciones y suelos de pavimentos o adoquinados tienden a presentar las temperaturas más altas, estos resultados también fueron encontrados por [Dobrovolný y Krahula \(2015\)](#) en su investigación, pues mencionan que la cantidad de vegetación y el porcentaje de áreas urbanizadas definen la distribución de las temperaturas; las áreas densamente urbanizadas y con vegetación baja destacan como zonas más calientes. De esta manera se confirma la influencia positiva de la vegetación dentro del entorno urbano.

Al igual que en los resultados obtenidos de este estudio, investigaciones como las de [Almeida et al. \(2013\)](#), [Jin et al. \(2018\)](#), [Lindén et al. \(2016\)](#) y [Saz et al. \(2003\)](#) encontraron también notables diferencias de temperatura en el microclima causadas por la isla de calor urbana, aunque los estudios se realizaron en distintas ciudades con condiciones geográficas y climáticas totalmente diferentes entre sí, el efecto de la vegetación está presente y su apoyo para la disminución de la ICU es real.

Es notable ver que las temperaturas al interior del Bosque Venustiano Carranza se elevan a partir del mediodía y se mantienen altas durante el resto de la tarde, es por esta razón que este parque, en su papel de regulador climático, solo funciona antes del mediodía.

5. Conclusiones

El estudio realizado al interior del parque urbano “Bosque Venustiano Carranza” permitió conocer, a través de los distintos ambientes caracterizados, el comportamiento térmico que este presenta en un día típico de invierno. Por medio de este estudio se concluye que el efecto de resumidero térmico en temporada invernal disminuye conforme incrementa la temperatura diurna en la ciudad. Esto es, aun cuando el Bosque Venustiano Carranza representa una de las áreas verdes más importantes en la ciudad, su masa vegetal no es suficiente para contrarrestar los efectos de la ICU.

Como se mencionó al inicio de este trabajo, los efectos de la isla de calor urbana son cada vez más frecuentes en las ciudades, no solo en el norte de México, sino también en otras ciudades del mundo. Las investigaciones no tienen como único objetivo determinar las causas y consecuencias de este fenómeno, también buscan establecer formas de hacer frente a las amenazas que produzca el cambio del clima en las localidades; los casos citados en la introducción definen que la correcta arborización de los espacios constituye una de las tantas maneras de controlar el microclima.



Son innegables los beneficios que tiene la vegetación ante el calentamiento de la ciudad, y es correcto aseverar que la reforestación funciona como una estrategia de mitigación ante la ICU, pues ayuda a contrarrestar sus efectos. Sin embargo, como se puede observar en estos resultados, es necesario evaluar la capacidad de la vegetación de regiones áridas para dicho efecto.

Por lo anterior, es importante poner atención en la forma de planificar las ciudades para hacer frente a las islas de calor, dando prioridad a la creación de nuevas áreas verdes urbanas, o bien, reforestar las ya existentes, pues generan un efecto positivo en el microclima y, de esta manera, se potencializan sus beneficios para la ciudad. Como menciona *Martini et al. (2017)*, las áreas verdes se deben ubicar de manera dispersa dentro de las ciudades, pues una mayor distribución de estas zonas produce un efecto atenuante más eficiente. Proponer el arbolado correcto que funcione adecuadamente, cuidar y aprovechar los recursos naturales, como el agua de lluvia y el sol; e implementar soluciones que permitan, en la medida de lo posible, un mantenimiento sostenible de los espacios verdes; todo ello otorgara beneficios irremplazables para el mejoramiento en la calidad ambiental que también supondría una mejora en la calidad de vida de la población.

La experiencia de llevar a cabo este estudio permite afirmar que el procedimiento realizado es una manera adecuada para caracterizar el aporte microclimático de espacios verdes, en donde la única dificultad metodológica presentada fue en la cuestión de los recorridos, ya que al estar limitados en el número de dispositivos de medición, realizar la campaña de monitoreo por transectos resultó sumamente agotador.

Es posible replicar la misma metodología para analizar otros parques urbanos ubicados en esta y en otras zonas geográficas. Como recomendación se propone implementar nuevas mediciones en distintas temporadas del año, con el fin de obtener una caracterización microclimática más completa.

6. Agradecimientos

Al Laboratorio Nacional de Vivienda, perteneciente a la Red de Viviendas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por las facilidades prestadas en la utilización del equipo de monitoreo. Finalmente, agradecemos a la Revista y a las personas revisoras por sus oportunos comentarios en la etapa final del proceso.

7. Referencias

- Almeida, A. R., Leal, L., Biondi, D., Martini, A., y Lima Neto, E. M. (2013). Characterization of the Tingui municipal park microclimate, Curitiba, Paraná State, Brazil, and the occurrence of capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*, Linnaeus, 1766). *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 8(2), 54-66. Recuperado de http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo40sn-publicacao_ingles.pdf
- Appelhans, T., Mwangomo, E., Hardy, D. R., Hemp, A., y Nauss, T. (2015). Evaluating machine learning approaches for the interpolation of monthly air temperature at Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Spatial Statistics*, 14(1), 91-113. doi: 10.1016/j.spasta.2015.05.008



- Balázs, B., Unger, J., Gál, T., Sümeghy, Z., Geiger, J., y Szegedi, S. (2009). Simulation of the mean urban heat island using 2D surface parameters: empirical modelling, verification and extension. *Meteorological Applications*, 16(3), 275-287. doi: [10.1002/met.116](https://doi.org/10.1002/met.116)
- Cabrera, O. E. (2016). Diagnóstico integral del parque Bosque Venustiano Carranza (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón Coahuila.
- Carrasco, C., Palme, M. y Gálvez, M. A. (2016). Factor de cielo visible y el efecto isla de calor en Valparaíso. *Urbano*, 34, 26-33. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19849706004>.Doi:[10.22320/07183607.2016.19.34.3](https://doi.org/10.22320/07183607.2016.19.34.3)
- Cervantes, M. C. y Franco, A. M. (Enero de 2007). Diagnóstico ambiental de la Comarca Lagunera. En Á. López López y R. Carmona Mares (Presidencia), *Foro Interdisciplinario sobre la Comarca Lagunera*. Simposio llevado a cabo en la sede de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, Ciudad de México, México.
- Córdova, K. (2011). Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbano, en el ambiente y la salud humana. Análisis estacional comparativo: Caracas, octubre – 2009, marzo – 2010. *Terra Nueva Etapa*, 27(42), 95-122. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72121706005>
- Dobrovolný, P. y Krahula, L. (2015). The spatial variability of air temperature and nocturnal urban heat island intensity in the city of Brno, Czech Republic. *Moravian Geographical Reports*, 23(3), 8-16. doi: [10.1515/mgr-2015-0013](https://doi.org/10.1515/mgr-2015-0013)
- Fuentes, C. A. (2014). Islas de calor urbano en Tampico, México. Impacto del microclima a la calidad del hábitat. *Nova Scientia*, 7(13), 495-515. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203332667024>
- Gómez, F. (2005). Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. *Ciudad y territorio: Estudios territoriales*, 37(144), 417-436. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2074702>
- Hinkel, K. M., Nelson, F. E., Klene, A. E., y Bell, J. H. (2003). The urban heat island in winter at Barrow, Alaska. *International Journal of Climatology*, 23(15), 1889-1905. doi: [10.1002/joc.971](https://doi.org/10.1002/joc.971)
- INEGI, (2010). Censo de población y vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 15 de enero de 2017, de <http://www.inegi.org.mx/>
- Jin, H., Cui, P., Wong, N. H., y Ignatius, M. (2018). Assessing the effects of urban morphology parameters on microclimate in Singapore to control the urban heat island effect. *Sustainability*, 10(1), 206. doi: [10.3390/su10010206](https://doi.org/10.3390/su10010206)
- Lima, E. D., y Lopes, A. (2017). The urban heat island effect and the role of vegetation to address the negative impacts of local climate changes in a small Brazilian city. *Atmosphere*, 8(2), 18. doi: [10.3390/atmos8020018](https://doi.org/10.3390/atmos8020018)



- Lindén, J., Fonti, P., y Esper, J. (2016). Temporal variations in microclimate cooling induced by urban trees in Mainz, Germany. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 198-209. doi: [10.1016/j.ufug.2016.09.001](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.001)
- Martini, A., Biondi, D., y Batista, A. C. (2017). Urban forest components influencing microclimate and cooling potential. *Revista Árvore*, 41(6), e410603. doi: [10.1590/1806-90882017000600003](https://doi.org/10.1590/1806-90882017000600003)
- Miramontes, J. (03 de febrero de 2015). *Crecimiento histórico de Torreón, mapa de cómo ha crecido la ciudad de Torreón año tras año*. Torreón, Coahuila: IMPLAN. Recuperado el 04 de septiembre de 2016, de <http://www.trcimplan.gob.mx/sig-mapas-torreon/crecimiento-historico-torreon.html>
- POE, (2014). Plan Director de Desarrollo Urbano del municipio de Torreón, Coahuila. Periódico Oficial del Estado Independiente de Coahuila de Zaragoza. Sección I, Tomo CXXI, N.º13, 14 febrero de 2014.
- Romero H., Salgado, M. y Smith, P. (2010). Cambios climáticos y climas urbanos: Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile. *Revista INVI*, 25(70), 151-179. doi: [10.4067/S0718-83582010000300005](https://doi.org/10.4067/S0718-83582010000300005)
- Ruiz, M. A., Correa, E. N. y Cantón, M. A. (2015). Incidencia de la selección de la especie forestal en el confort térmico de cañones urbanos de zonas áridas: El caso de Mendoza, Argentina. *Urbano* 18(32), 60-70. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19844017007>
- Saz, M. A., Serrano, V. S. M., y Prats, C. J. M. (2003). Spatial patterns estimation of urban heat island of Zaragoza (Spain) using GIS. En T. R. Oke (Presidencia), *Fifth International Conference on Urban Climate*. Simposio llevado a cabo en International Association for Urban Climate, Lodz, Poland.
- Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL]. 1999. Sistema Normativo de Equipamiento Urbano. México, D.F. Recuperado de <http://www.inapam.gob.mx/es/SEDESOL/Documentos>
- Shtiliyanova, A., Bellocchi, G., Borrás, D., Eza, U., Martín, R., y Carrère, P. (2017). Kriging-based approach to predict missing air temperature data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142, 440-449. doi: [10.1016/j.compag.2017.09.033](https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.033)
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K. y Williams, J. (1998). *Manejo de las áreas verdes urbanas*. Washington D.C., E.U.
- Soto, J. A. (02 de septiembre de 2011). *Las áreas verdes urbanas: Una alternativa para mejorar el microclima urbano*. Otro mundo es posible. Recuperado el 02 de octubre de 2016, de <http://www.otromundoesposible.net/las-areas-verdes-urbanas-una-alternativa-para-mejorar-el-microclima-urbano/>
- Suomi, J. (2014). *Characteristics of urban heat island (UHI) in a high-latitude coastal city – a case study of Turku, SW Finland*. Recuperado de <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-5912-9>



- Vargas, A. (25 de abril de 2016). *Torreón y su riqueza industrial*. Torreón, Coahuila: IMPLAN. Recuperado el 23 de abril de 2018, de <http://www.trcimplan.gob.mx/blog/torreon-y-su-riqueza-industrial.html>
- Vergara, J. A. (2014). Evaluación de servicios ecosistémicos y sus “trade-offs” a lo largo del corredor verde Balmaceda – Uruguay (memoria de título). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Villanueva-Solis, J. (Octubre de 2016). Expansión urbana, uso del suelo y áreas verdes, análisis para mitigar la isla de calor en la ciudad de Torreón. En M. E. Torres Pérez (Presidencia), *Hacia una evaluación de las ciudades contemporáneas: Diagnósticos y estrategias para la habitabilidad sostenible y calidad de vida*. Simposio llevado a cabo en el XXXIX Encuentro RNIU de la Red de Investigación Urbana A.C., Mérida Yucatán, México.
- Voogt, J. A. (Diciembre 2008). *Islas de calor en zonas urbanas: Ciudades más calientes*. McLean Virginia, E.U.: ActionBioscience. Recuperado de <http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/voogt.html>