

LA VEGETACIÓN COMO SISTEMA DE CONTROL PARA LAS ISLAS DE CALOR URBANO EN CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA.

THE VEGETATION AS A CONTROL SYSTEM FOR THE URBAN HEAT ISLANDS IN CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA.

MARIA GORETTI SALAS ESPARZA
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez- Instituto de
Arquitectura, Diseño y Arte, Juárez, México
goretti.salas88@gmail.com

LUIS CARLOS HERRERA SOSA
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez- Instituto de
Arquitectura, Diseño y Arte, Juárez, México
carlos.herrera@uacj.mx

RESUMEN

A nivel mundial, el territorio ha experimentado un proceso de urbanización, el cual ha modificado las condiciones físicas y climatológicas como consecuencia de la densificación y construcción de las zonas urbanas, sobre todo a partir de la utilización de materiales que retienen el calor y que propician el fenómeno de isla de calor urbano (ICU), término establecido por Gordon Manley en 1958 (Fernández, 1996). Este trabajo evalúa el impacto que tienen las áreas verdes para actuar como sistema de control de isla de calor sobre Ciudad Juárez, Chihuahua, durante el verano del 2016. La metodología consistió en analizar cuatro áreas verdes para determinar la diferencia de temperatura que existe entre las zonas arboladas y las no arboladas, registrando temperaturas con sensores Hobo®, cada 15 minutos. Los resultados obtenidos demostraron que existe una diferencia de temperatura de 3,82 °C entre los lugares arbolados y no arbolados en el área verde con mayor nivel de vegetación, mientras que el área verde con menor nivel de vegetación se encontró una diferencia de 0,53 °C. Sin embargo, el impacto que tendrán sobre la zona urbana dependerá de la configuración y características de la misma área verde.

Palabras clave

áreas verdes, islas de calor urbano, microclima urbano.

ABSTRACT

Globally the territory has undergone a process of urbanization, which has modified the physical and climatological conditions as a consequence of the densification and construction of the urban areas, above all with the use of materials that retain the heat and that favor the phenomenon of Urban heat island (ICU), a term established by Gordon Manley in 1958 (Fernandez, 1996). This work evaluates the impact of green areas to act as a heat island control system over Ciudad Juárez, Chihuahua, during the summer of 2016. The methodology consisted of analyzing four green areas to determine the temperature difference between Wooded areas and non-wooded areas, recording temperatures with Hobo® sensors every 15 minutes. The results obtained showed that there is a temperature difference of 3.82 °C between the wooded and non-wooded areas in the green area with the highest vegetation level, while the green area with the lowest vegetation level found a difference of 0, 53 °C. However, the impact they will have on the urban area will be based on the configuration and characteristics of the same green area.

Keywords

green areas, urban heat island, urban microclimate.

INTRODUCCIÓN

Ciudad Juárez se localiza a los 31°44' de latitud norte, 106°29' de longitud oeste, al norte del Estado de Chihuahua en México, frontera con la ciudad de El Paso, Texas, en Estados Unidos. Se ve delimitada por el Río Bravo al norte, una sierra montañosa al poniente y una extensión desértica de arenales hacia el sur. La mancha urbana de la ciudad ocupa hasta el año 2016, 32.119,57 hectáreas, con una población de 1.391.180 habitantes y una densidad de ocupación de 41,82 hab/ha, además de presentar un proceso de crecimiento urbano donde existen baldíos y zonas residenciales desconectadas del centro de la ciudad, lo que habla de un crecimiento disperso y desorganizado (Instituto Municipal de Investigación y Planeación, 2016).

La ciudad se caracteriza por ser una zona semidesértica con un clima seco árido extremo, con veranos muy calurosos, con temperatura máxima de hasta 46°C y con una temperatura mínima en la temporada invernal de -27°C (CONAGUA, 2016). El promedio anual de humedad relativa es de 46 %, sin embargo, los niveles más bajos de humedad se dan en mayo y junio con 29%, mientras que en los meses de enero alcanzan el 80%.

En cuanto a la disponibilidad de agua, la ciudad cuenta con dos embalses subterráneos, el Bolsón del Huevo y el bolsón de Mesilla, de los cuales se extraen aproximadamente 156 millones de metros cúbicos por año (JMAS, 2016).

La cantidad de áreas verdes en la ciudad es de 1,783, las cuales ocupan una superficie de 7.478.012,67m², teniendo así un indicador de 5.66 m² por habitante (IMIP, 2016). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), esta densidad es baja considerando que el estándar que propone es de 9m² por habitante para mantener la calidad de vida de la población (Reyes y Figueroa, 2010). Sin embargo, del total de áreas verdes, solo el 32.1% se encuentra atendida por las autoridades, mientras que el resto no lo está, lo que implica que se halla en mal estado de mantenimiento, riego, poda e infraestructura.

En la ciudad ya existe la presencia de islas de calor urbano (ICU): Sandoval (2014) logró identificar el cambio de la temperatura superficial del suelo con la utilización de sistemas de percepción remota e identificó el aumento de temperatura promedio de 11°C entre los años 2000 y 2010, así como también pudo determinar que el aumento de las temperaturas se dio en aquellas áreas donde se sustituyeron las áreas vegetales por superficies construidas.

En las últimas tres décadas se han desarrollado estudios sobre el reconocimiento de las islas de calor urbano, sus impactos y efectos sobre el ambiente, clima y la salud humana, pero también sobre las medidas que se pueden utilizar para revertir sus efectos, así como el desarrollo de políticas y programas que resuelvan dicha problemática. Algunos de los avances que se han logrado en el campo de la investigación han sido el desarrollo de los materiales



Figura 1. Ubicación de las áreas verdes elegidas para el monitoreo en el verano de Ciudad Juárez, Chihuahua. Fuente: Elaboración de los autores.

altamente reflectivos, techos fríos y verdes, pavimentos fríos y áreas verdes urbanas (Akbari et al., 2016).

Varias de las aportaciones más importantes sobre este problema han conducido a que la mejor alternativa para reducir el efecto de las islas de calor urbano son las áreas verdes, ya que "son la medida más ecológica para combatir estos problemas" (Wong y Yu, 2005), pues, según Ángel (2010), la morfología e intensidad de las ICU están determinadas por la distribución y composición de las áreas verdes. Esto es porque la vegetación actúa como un factor modificador del clima local, alterando el balance energético y provocando variaciones en la radiación solar, la velocidad del viento, la temperatura del ambiente y en la humedad del aire; contribuyendo de esta manera a mejorar el confort en los espacios exteriores urbanos (Ochoa de la Torre, 1999). Sin embargo, la contribución de las áreas verdes para mitigar los efectos de la ICU dependerá del tamaño y la estructura del parque, las condiciones del clima local, el tipo de plantas utilizadas, la frecuencia de riego y el balance térmico de la zona adyacente al mismo.

Por los citados argumentos, el propósito de este estudio es evaluar el impacto que puede generar la vegetación en



Figura 2. Parque Hermanos Escobar, Ciudad Juárez, Chihuahua. Fuente: Fotografías de los autores.

las zonas urbanas para controlar las islas de calor urbano durante el verano del 2016 en Ciudad Juárez, Chihuahua. La evaluación se realizó por medio de un monitoreo *in situ* de cuatro áreas verdes con distintos niveles de vegetación y diseños, utilizando sensores de temperatura y humedad relativa HOB0® U-12 para interiores de la compañía Onset Corporation, los cuales se adecuaron para su uso en espacios exteriores.

METODOLOGÍA

Para la selección de las áreas verdes que deben ser monitoreadas en función del cumplimiento de los objetivos de este trabajo, se adoptaron los siguientes criterios: a. que las áreas verdes pertenezcan a parques vecinales de un entorno habitacional altamente urbanizado, con alto tráfico vehicular y peatonal; b. que estén establecidas en zonas con elevadas temperaturas de suelo (Sandoval, 2014); y c. que posean un área aproximada de 0,80 ha y un mínimo de 50 metros ya que, según Kurbán y Cúnsulo (2015), estas son las medidas mínimas sugeridas para que puedan modificarse las condiciones higrotérmicas del entorno urbano.

Considerando los criterios anteriores, se eligió: el Parque Hermanos Escobar, el Parque Segunda Burócrata, el Parque Rincón del Valle y el Parque Hidalgo (ver Figura 1), todos en orden descendente, en cuanto a sus niveles de vegetación. Estos parques fueron analizados en torno a las siguientes características: el tipo de vegetación existente, los materiales de la infraestructura y mobiliario,

las actividades que se realizan en sus espacios, la densidad de ocupación de la zona, las características de las avenidas y la estructura urbana circundante.

La recolección de los datos se llevó a cabo por la medición de la temperatura con los sensores HOB0, instalados entre el 02 y el 06 de septiembre de 2016, en los parques Hermanos Escobar y Segunda Burócrata, y entre el 09 y el 11 de septiembre de 2016, en los parques Rincón del Valle y Parque Hidalgo. Fueron dos días de medición, por cuestiones de seguridad, y en los cuatro casos la medición se efectuó durante día y noche. Posteriormente, se eligieron tres lugares de medición dentro de cada área verde; en sombra, semisombra y sol, a una altura de 2 metros para que fuera posible registrar la temperatura ambiente que es percibida por el ser humano (Puliafito, Bochaca y Allende, 2013).

ANÁLISIS DE LAS ÁREAS VERDES Y RESULTADOS

El Parque Hermanos Escobar cuenta con el mayor nivel de vegetación, con una superficie de 7.809 m². Este parque se ubica en la Colonia Hidalgo, cuya densidad de ocupación es de 61.97 hab/ha, en un entorno habitacional donde las manzanas suelen ser de 7.000 m² aproximadamente, con calles de entre 8 y 10 metros de ancho (ver Figura 2).

Las instalaciones de este parque se encuentran en buen estado: los materiales de construcción más comunes son

el adoquín y concreto para los caminos, la piedra para el monumento y material metálico para el mobiliario. En cuanto a las especies vegetales, el parque cuenta con 1.127 árboles, los cuales tienen una cobertura 6,9 m² por cada árbol, en su mayoría olmos, moros, fresnos, lilas, y pinos como el álamo plateado, ciprés italiano y piramidal.

Como se mencionó previamente, se seleccionaron tres lugares para instalar los sensores de acuerdo a los niveles de protección solar: en sombra, se evaluó el camino de concreto que se encuentra en completa sombra por olmos de gran tamaño, arbustos rosa laurel y pasto de tipo bermuda; en semisombra, se evaluó otro camino de concreto con un nivel de sombreado parecido al lugar en sombra, ya que los niveles de vegetación en el parque son muy equitativos; finalmente, en sol, se evaluó el camino de concreto y adoquín que se encuentra a completa exposición del sol durante todo el día (ver Figura 3).

Los resultados del monitoreo mostraron que el lugar en sombra registró una temperatura máxima de 35,58°C, a las 4:15 horas de la tarde, y una temperatura mínima de 22,08°C, a las 6:45 horas de la mañana. Mientras que la humedad relativa registró el porcentaje más alto durante la noche, con 75,25%, y un mínimo de 33,94%, durante las horas pico de calor.

En el lugar de semisombra se evidenció una temperatura máxima de 34,81°C a las 3:30 horas de la tarde y una mínima de 21,81 °C a las 6:15 horas de la mañana, con una humedad relativa máxima de 77,32% y una mínima de 35.50%. Debe considerarse aquí la orientación del parque, que permite que el sombreado después de las 4:00 de la tarde en este lugar específico sea mayor.

Por último, el sector ubicado al sol registró una temperatura máxima de 39,40°C a las 4:00 horas de la tarde y una mínima de 21,46°C a las 6:00 de la mañana, mientras que la humedad relativa máxima fue de 79,38 % y una mínima de 25,09 % (ver Figura 4).

El promedio de temperatura que se registró durante este periodo comprueba que aquellos lugares en sombra con condiciones de vegetación y buena distribución contribuyen a disminuir la temperatura, que en este caso es por 1°C, mientras que las condiciones de humedad relativa son favorables cuando existe vegetación, teniendo una diferencia promedio de 3,38%, en este mismo caso. Sin embargo, existe una diferencia de temperatura de 3,82°C y 4,13% de humedad relativa entre las zonas con vegetación y las que se encuentran expuestas al sol en las horas pico de calor (ver tabla 1).

El Parque Segunda Burócrata tiene un área de 7.972 m² y está ubicado en la Colonia Segunda Burócrata, cerca de la Acequia Madre, que servía como un cauce del río Bravo para los cultivos agrícolas que existían. La zona



Figura 3. Puntos de medición en el Parque Hermanos Escobar. Fuente: Elaboración de los autores.

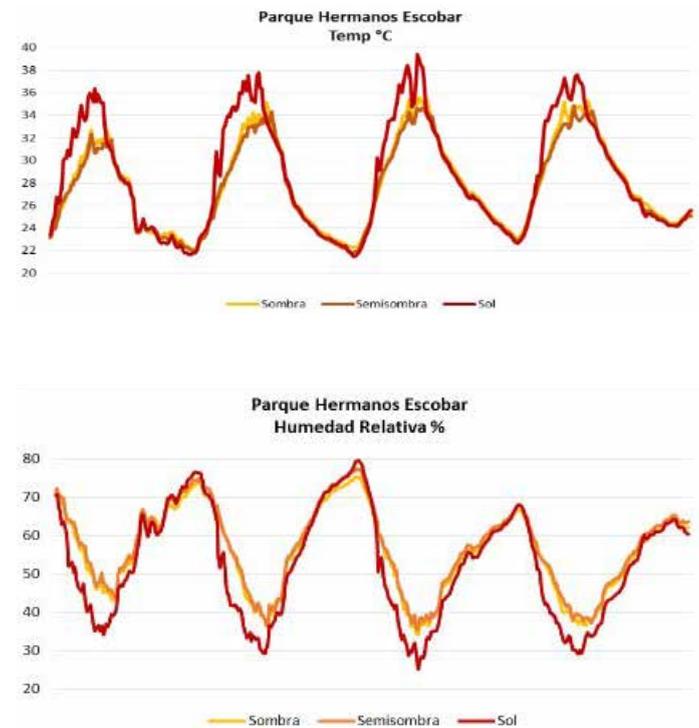


Figura 4. Gráficas de resultados del monitoreo en el Parque Hermanos Escobar. Fuente: Elaboración de los autores.

Lugar	Temp °C Máxima	Temp °C Mínima	Temp °C Promedio	HR% Máxima	HR% Mínima	HR% Promedio
Sombra	35,58	22,08	27,84	75,25	33,95	55,69
Semisombra	34,81	21,81	27,56	77,32	35,50	56,74
Sol	39,40	21,46	28,56	79,38	25,09	52,31

Tabla 1. Registros de temperatura y humedad relativa del Parque Hermanos Escobar. Fuente: Elaboración de los autores.



Figura 5. Parque Segunda Burócrata, Ciudad Juárez, Chihuahua. Fuente: Fotografías de los autores.

tiene una densidad de ocupación de 35.94 hab/ha, en un contexto habitacional residencial de nivel medio y medio alto donde las manzanas tienen una superficie de 7.000 m² aproximadamente y un ancho de calles entre 8 y 14 metros (ver Figura 5).

Este parque se encuentra en buen estado y los niveles de vegetación son un poco más diferenciados por las distintas actividades que se dan, los materiales más utilizados son el concreto para la cancha de basquetbol, los caminos y las banquetas, mientras que para el mobiliario se utiliza la madera y material metálico. Cuenta, además, con 1.127 árboles, los cuales tienen una cobertura de 7m² por árbol, sin embargo y a diferencia del parque anterior donde se da una distribución equitativa, el diseño de éste agrupa los árboles en determinados lugares. Las especies vegetales más representativas son los pinos afganos y alepos y también los árboles de gran tamaño, como el álamo lombardi, eucalipto, fresno, moro macho, olmo y trueno.

De acuerdo a los niveles de sombra que produce la vegetación, se eligieron los tres lugares de medición: en sombra, se evaluó el piso recubierto por bermuda y dedo, alrededor de árboles de tipo olmo y algunos pinos alepos, los cuales conforman una sombra sólida; en semisombra, se evaluó el suelo recubierto por bermuda, así como la cercanía de la cancha, rodeado de árboles como el moro y el eucalipto, que producen una sombra media. Por último, en sol se evaluó el suelo cubierto de bermuda en completa exposición al sol durante todo el día (ver Figura 6).

Los resultados del monitoreo mostraron que el lugar en sombra alcanzó una temperatura máxima de 35,39°C



Figura 6. Puntos de medición en el Parque Segunda Burócrata. Fuente: Elaboración de los autores.

a las 3:30 de la tarde, mientras que la temperatura mínima alcanzada fue de 21,24 °C a las 7:00 de la mañana. El porcentaje de humedad relativa máximo fue de 77,14%, en tanto que el mínimo fue de 32,91%. El sector en semisombra alcanzó una temperatura máxima de 36,09°C a las 5:30 de la tarde y una mínima de 21,91°C. En cuanto a la humedad relativa, la máxima fue de 81,50 % y de 31,50 % la mínima.

Finalmente, en la zona soleada la temperatura máxima y mínima fue de 37,75°C a las 3:30 de la tarde y 20,12°C a las 6:00 de la mañana, respectivamente. Y la humedad relativa fue de 85,55%, la máxima, y de 29,14 %, la mínima (ver Figura 7).

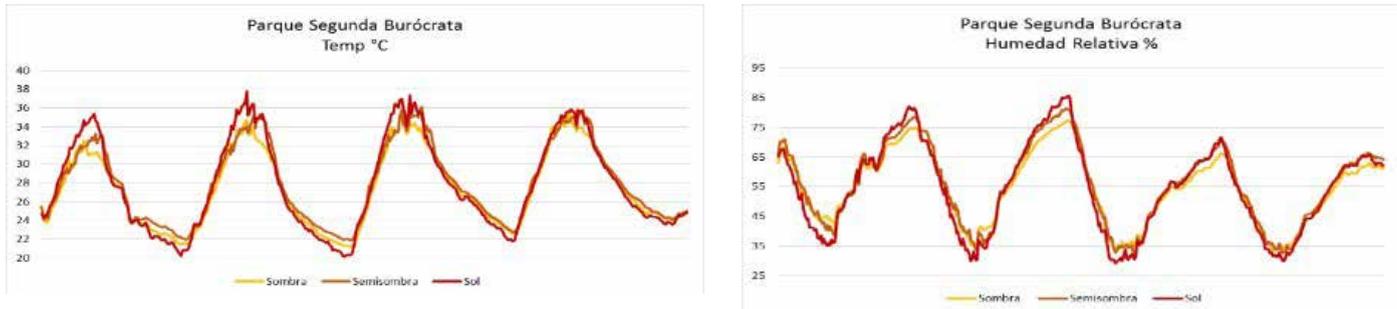


Figura 7. Gráficas de resultados del monitoreo en el Parque Segunda Burócrata. Fuente: Elaboración de los autores.

Lugar	Temp °C Máxima	Temp °C Mínima	Temp °C Promedio	HR% Máxima	HR% Mínima	HR% Promedio
Sombra	35,39	21,24	27,46	77,14	32,91	54,42
Semisombra	36,08	21,91	27,99	81,50	31,50	55,78
Sol	37,75	20,12	27,83	85,55	29,14	54,37

Tabla 2. Registro de temperatura y humedad relativa del Parque Segunda Burócrata. Fuente: Elaboración de los autores.

Este parque mostró un aumento de la temperatura promedio de 0,36°C entre las zonas vegetadas y las expuestas al sol, mientras que la humedad relativa promedio aumentó en 0,10 %. Por otra parte, las mediciones mostraron una diferencia de temperatura máxima de 2,17°C entre el lugar en sombra y el sol, y una diferencia de 8,41 % de humedad relativa durante las horas pico de calor (ver Tabla 2).

El Parque Rincón del Valle tiene un área de 8,342 m² y se ubica en el Fraccionamiento Rincón del Valle, cerca de una de las vialidades principales de la ciudad. La zona tiene una densidad de ocupación de 138.95 hab/ha, esto porque el fraccionamiento es de viviendas adosadas con medidas mínimas. Las manzanas suelen ser de 5,500 a 7,500 m², mientras que el ancho de las calles interiores del fraccionamiento es de 8 metros, sin embargo, la vialidad principal tiene un ancho de 34 metros (ver Figura 8).

El parque se encontraba en remodelación durante el trabajo de campo, por lo que se agregó una cancha multiusos y un área de juegos, las cuales se instalaron en planchas de concreto, mientras que el mobiliario instalado fue de madera y metal.

En cuanto a la vegetación existente, cuenta con 150 árboles en total, teniendo una cobertura de 55,61m² por árbol. Las especies más representativas son: álamo plateado, eucalipto, fresno, lila, moro macho, olmo y trueno, pero también existen pinos como el afgano, alepo, elevador y el ciprés italiano.

De acuerdo a los niveles de protección solar se eligieron los siguientes sitios para ubicar los sensores: en sombra, se evaluó una jardinera con árboles de tipo olmo y pinos afganos, el suelo se encontraba cubierto por bermuda y otros tipos de cubresuelos, por lo que la combinación de vegetación provocaba una sombra



Figura 8. Parque Rincón del Valle, Ciudad Juárez, Chihuahua. Fuente: Fotografías de los autores

Lugar	Temp °C Máxima	Temp °C Mínima	Temp °C Promedio	HR% Máxima	HR% Mínima	HR% Promedio
Sombra	35,82	17,39	25,75	83,77	20,80	52,54
Semisombra	33,78	18,86	25,63	73,95	27,60	52,62
Sol	38,20	18,34	25,54	77,42	16,44	50,75

Tabla 3. Registros de temperatura y humedad relativa en el Parque Rincón del Valle. Fuente: Elaboración de los autores.

densa que impedía la entrada de sol y de viento al lugar. En semisombra, se evaluó uno de los bordes del parque donde se encontraban jardineras con filas de árboles de tipo lila, el piso estaba recubierto de bermuda y la banqueta circundante de concreto. Y, en sol, se evaluó el centro del parque sobre el camino central de concreto, entre el pozo de absorción y la cancha multiusos (ver Figura 9).

Los resultados del monitoreo mostraron que en el lugar con sombra la temperatura máxima alcanzada fue de 35,82°C a las 4:00 de la tarde, mientras que la mínima alcanzó los 17,39°C a las 6:45 de la mañana; en cuanto a la humedad relativa máxima y mínima alcanzada fue de 93,7% y 20,8% respectivamente. En semisombra, se registró una temperatura máxima de 33,78°C a las 5:00 de la tarde y una mínima de 18,86°C a las 7:00 de la mañana, mientras que la humedad relativa máxima fue de 73,9 % y la mínima, de 27,6%. Por último, en el sector expuesto al sol se registró una temperatura máxima de 38,20°C a las 5:30 de la tarde y una mínima de 18,34°C a las 7:00 de la mañana. Asimismo, se evidenció una humedad relativa máxima de 77,42 % y de 16,44, como mínima (ver Figura 10).

La diferencia de temperatura máxima es aquí de 2,38°C entre las zonas con mayor vegetación y las expuestas al sol, no obstante, la temperatura promedio habla de valores similares alrededor de los 25°C, al igual que el parque anterior. En cuanto a la humedad relativa, se registró una diferencia de 6,35% entre la sombra y el sol, y una diferencia de 1,79 % de humedad relativa promedio (ver Tabla 3).

El Parque Hidalgo tiene un área de 7.500 m² y está ubicado en la Colonia Hidalgo, en una zona habitacional de nivel medio donde se dan algunos casos de abandono de vivienda y deterioro. Esta colonia tiene una densidad de 61.97 hab/ha, las manzanas son de 7,200 m² y el ancho de las calles es de entre 10 y 12 metros (ver Figura 11).

Los materiales de los caminos del parque son de concreto y adoquín, mientras que el monumento es de cantera rosa y el mobiliario suele ser de material metálico. Este parque se encuentra en mal estado a pesar de que cuenta con el mantenimiento del municipio, pues suelen darse casos de inseguridad, lo que dificulta las gestiones respectivas.

El nivel de vegetación en este parque es muy bajo ya que contaba con 176 árboles, sin embargo, durante el trabajo de



Figura 9. Puntos de medición para el monitoreo en el Parque Rincón del Valle. Fuente: Elaboración de los autores.

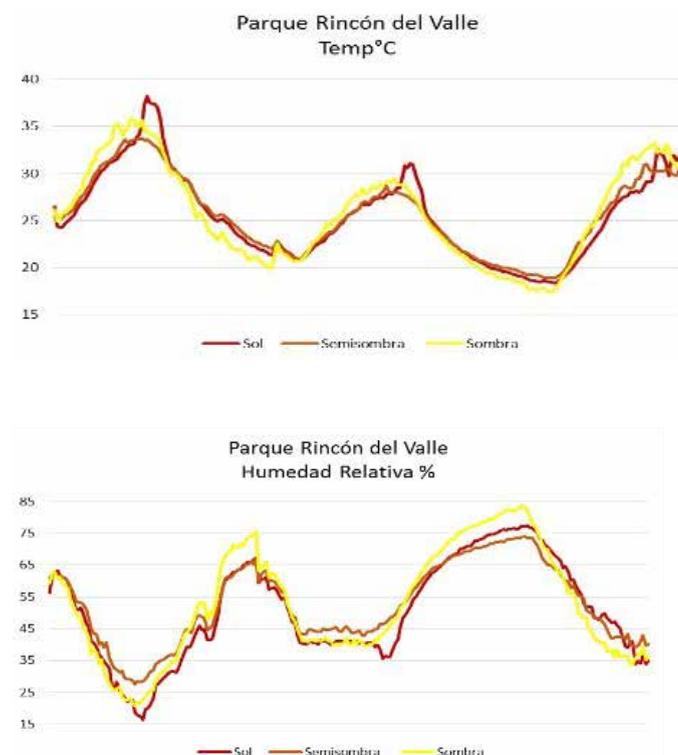


Figura 10. Gráficas de resultados del monitoreo en el Parque Rincón del Valle. Fuente: Elaboración de los autores.

Lugar	Temp °C Máxima	Temp °C Mínima	Temp °C Promedio	HR% Máxima	HR% Mínima	HR% Promedio
Sombra	34,70	18,93	25,72	71,27	23,42	48,69
Sol	35,23	18,65	25,66	75,78	19,25	48,67

Tabla 4. Registros de temperatura y humedad relativa en el Parque Hidalgo. Fuente: Elaboración de los autores.

campo realizado, un cuarto de árboles tuvo que ser podado por el mal estado en el que se encontraban, quedando solo 132 árboles, los cuales representan una cobertura de 56.81 m² por árbol. Aquí se pueden encontrar algunos árboles dispersos como el ocotillo, moro macho, fresno, olmo, trueno, algunas palmas abanico y pinos afganos y ciprés italiano.

De acuerdo a los niveles de protección solar, solo se eligieron dos lugares para monitorear: en sombra, donde se evaluó una de las jardineras de bermuda con un pino afgano de gran tamaño que genera una sombra sobre el lugar en distintas horas del día; y en sol, que evaluó el centro del parque donde solía estar una lila de gran tamaño, pero al ser podada el lugar quedó en completa exposición al sol, junto a la plancha de adoquín cerca del monumento (ver Figura 12).

Los resultados del monitoreo muestran que la temperatura máxima registrada en sombra es de 34,70°C a las 5:00 de la tarde, mientras que la temperatura mínima registrada fue de 18,93 °C a las 6:15 de la mañana; en cuanto a la humedad relativa, se registró una máxima de 71,27% y una mínima de 23,42%. Por otra parte, en sol se alcanzó una temperatura máxima de 35,23°C a las 3:30 de la tarde, mientras que la mínima registrada fue de 18,65°C a las 6:30 de la mañana. Respecto a la humedad relativa, la máxima y mínima fueron de 75,78% y 19,25%, respectivamente (ver Figura 13).

El parque tiene un comportamiento similar en los distintos sectores analizados, dados los bajos niveles de vegetación. Así, puede observarse que entre sombra y sol solo hay 0,53°C de diferencia, en la temperatura máxima, mientras que en la humedad relativa máxima existe una diferencia de 4%. Sin embargo, los valores promedio tanto de temperatura como de humedad relativa son los mismos, solo presentan unas décimas de diferencia (ver Tabla 4).

CONCLUSIONES

Las áreas verdes representan una de las mejores medidas para revertir los efectos de las islas de calor urbano, no obstante, esto se dará solo si las condiciones de las mismas son las adecuadas al clima de la ciudad, así como también habrá una influencia directa de la estructura y diseño del parque, las especies utilizadas y su distribución, y la frecuencia de riego. Ahora bien, aun cumpliendo con los requerimientos adecuados para su buen funcionamiento, el impacto que cause en la zona donde se ubica el parque dependerá además de la morfología de esta, de su composición de materiales y de las avenidas circundantes, ya que el funcionamiento de la zona influirá directamente del balance energético que este tenga.



Figura 11. Parque Hidalgo, Ciudad Juárez, Chihuahua. Fuente: Fotografías de los autores.

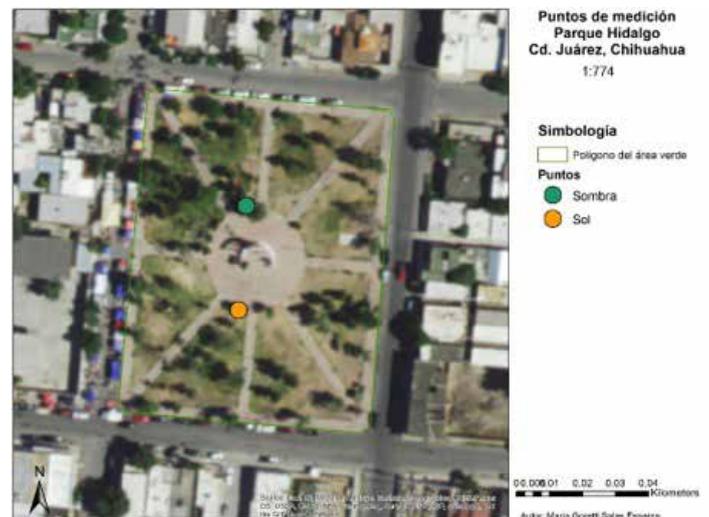


Figura 12. Puntos de medición para el monitoreo en el Parque Hidalgo. Fuente: Elaboración de los autores.

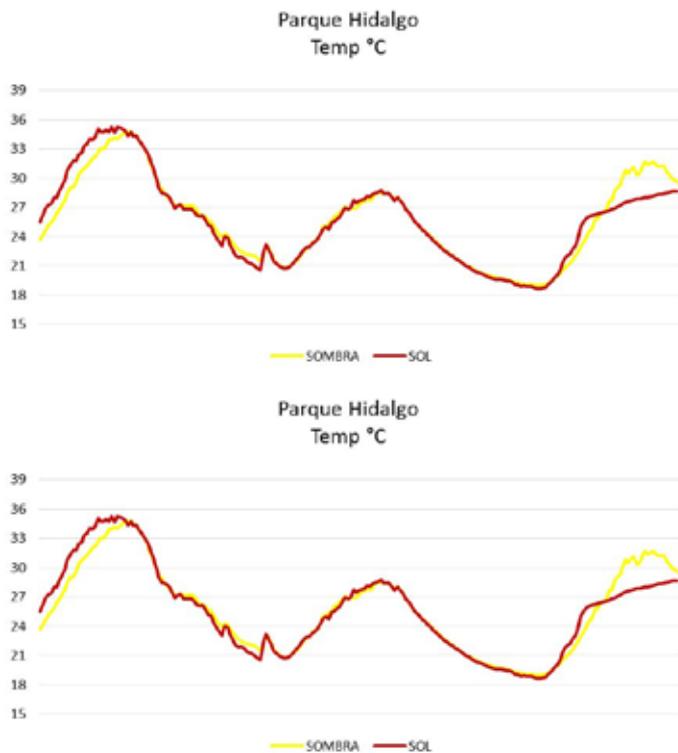


Figura 13. Gráficas de temperatura y humedad relativa registrada en el Parque Hidalgo. Fuente: Elaboración de los autores.

De los parques analizados, el Parque Hermanos Escobar es el que tiene potencial para actuar como un catalizador del clima en su entorno urbano, gracias a la diferencia de temperatura de 3,82°C entre las zonas vegetadas y las expuestas al sol, como también al diseño y composición del área verde, a la vegetación utilizada, al balance existente entre áreas construidas y vegetación, pero sobre todo a la cobertura de 6,9 m² por árbol.

El Parque Segunda Burócrata actúa igualmente como un catalizador del clima en esta zona, ya que contribuye a disminuir la temperatura en 2,17°C, y aunque existe el mismo balance entre las zonas construidas y vegetadas, la vegetación tiene una cobertura de 7m² por árbol. Sin embargo, esta suele concentrarse en lugares específicos dentro del parque, lo que disminuye el impacto que crea en la temperatura.

El Parque Rincón del Valle ayuda a aminorar la temperatura en 2,38°C, pero esta área verde tiene una gran descompensación de vegetación, ya que solo cuenta con una gran jardinera, y el nivel de cobertura del total de los arboles es de 55,61 m² por árbol, lo que dificulta que esta disminución de temperatura tenga un impacto sobre las distintas zonas del parque y sus alrededores.

Por último, el Parque Hidalgo contribuye a reducir la temperatura solo en 0,53°C, por la falta de vegetación, pues al contar con solo 132 árboles tiene una cobertura de 56.81 m² por árbol. Esto significa que la poca vegetación existente apenas tiene un impacto sobre las zonas expuestas al sol, lo que dificulta que este parque funcione como un mecanismo de control para las islas de calor en la zona.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los distintos parques, se puede concluir que la morfología e intensidad de las islas de calor dependerá directamente de las características del área verde, el nivel de vegetación, el tipo de especies, el mantenimiento, frecuencia de riego, el tipo de materiales de construcción y el balance energético de la zona en la que se encuentren, ya que esto determinará el impacto que tendrán sobre las ICU.

Lo anterior supone que al momento de planificar las ciudades no solo se debe incluir el espacio para recreación y área verde, sino crear lineamientos y normativas que vayan de acuerdo al diseño correcto de dichos espacios y que respondan a las condiciones climáticas de cada ciudad, así como a las condiciones de la zona urbana en la que se instalen para que, en definitiva, la urbanización minimice el impacto de las ICU.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁNGEL, Laura; RÁMIREZ, Alberto y DOMÍNGUEZ, Efraín. Islas de calor y cambios espacio-temporales de la temperatura en la ciudad de Bogotá. *Ciencias de la Tierra*, 2010, vol. 34, pp.173-183.

AKBARI, Hashem; CARTALIS, Constantinos; KOLOKOTSA, Denia; MUSCIO, Alberto; PISELLO, Anna Laura y ROSSI, Federico. Local climate change and urban heat island mitigation techniques. The estate of the art. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2016, vol. 22, pp. 1-16.

CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. *Servicio Meteorológico Nacional*, 2016. Obtenido de Normales Climatológicas por Estación. Disponible en: www.smn.cna.gob.mx

FERNÁNDEZ, Felipe. El clima urbano. En: Fernández García, F. *Manual de climatología aplicada*. Madrid: Síntesis, 1996, pp. 253-273.

INSTITUTO MUNICIPAL DE INVESTIGACIÓN Y PLANEACIÓN (IMIP). *Plan de Desarrollo Urbano Sostenible*, 2016.

JMAS. *Junta Municipal de Agua y Saneamiento Juárez*. Agosto de 2016. Disponible en: <http://www.jmasjuarez.com/fuentes.php>

KURBÁN, Alejandra y CÚNSULO, Mario. Estudio del efecto térmico de espacios verdes urbanos del árido con sensores urbanos. *Hábitat Sustentable*, 2015, vol. 5, n° 2, pp. 42-55.

OCHOA DE LA TORRE, José Manuel. *La vegetación como instrumento para el control microclimático*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 1999.

PULIAFITO, Salvador; BOCHACA, Fabián y ALLENDE, David. Mitigación de la isla de calor urbana en ciudades de zonas áridas. *Proyecciones*, 2013, vol. 11, n° 2, pp. 29-45.

REYES, Sonia y FIGUEROA, Isabel. Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *Eure*, 2010, vol. 36, n° 109, pp. 89-110

SANDOVAL, Jose Luis. *Efectos del crecimiento urbano sobre el sistema ambiental en la región Paso del Norte*. Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2014.

WONG, Nyuk Hien y YU, Chen. Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat Internacional*, 2005, vol. 29, pp. 547-558.