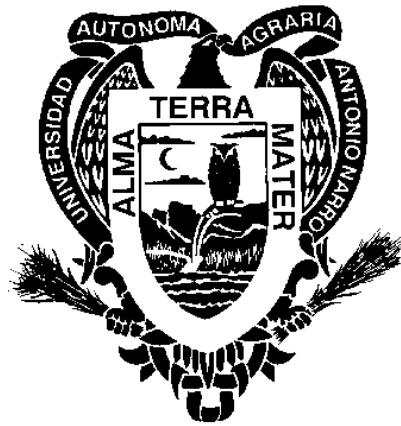


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



La influencia de las condiciones ambientales en la generación de isla de calor en una ciudad y factores que las propician.

Por:

ALEJANDRA YESSENIA LANDEROS RAMIREZ

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Torreón, Coahuila, México.

Septiembre 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

La influencia de las condiciones ambientales en la generación de isla de calor
en una ciudad y factores que la propician

Por:


ALEJANDRA YESSENIA LANDEROS RAMIREZ

TESIS


Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

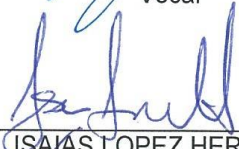
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Aprobada por:


M.A.G.A. JOEL LIMONES AVITIA
Presidente


DR. EDUARDO ARON FLORES HERNANDEZ
Vocal


DRA. NATALIA BELEN ORTEGA MORALES
Vocal


DR. ISAIAS LOPEZ HERNANDEZ
Vocal Suplente


DR. ISAIAS DE LA CRUZ ALVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México
SEPTIEMBRE 2021

LRA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

**La influencia de las condiciones ambientales en la generación de isla de calor
en una ciudad y factores que la propician**

Por:

ALEJANDRA YESSENIA LANDEROS RAMIREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

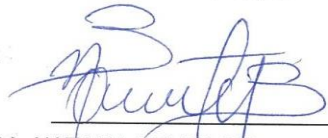
Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.A.G.A. JOEL LIMONES AVITIA
Asesor Principal



DR. EDUARDO ARON FLORES HERNANDEZ
Coasesor



DRA. NATALIA BELEN ORTEGA MORALES
Coasesor



DR. ISAIAS LOPEZ HERNANDEZ
Coasesor



DR. ISAIAS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México
SEPTIEMBRE 2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Le doy gracias a Dios por a verme ayudado en todo momento de mi vida tanto a nivel personal, como profesional al darme el entendimiento necesario para concluir mis estudios superiores.

A mi familia

Al igual agradezco todo el apoyo de mi familia muy especialmente al de mi padre José Alejandro Landeros Orona, al de mi madre Lorena Araceli Ramírez Benavides quienes me dieron la oportunidad de seguirme preparando. A mi primo Miguel Ángel Holguín Ramírez por haberme ayudado con algunos problemas técnicos.

A mis maestros

También quiero agradecerles por todas sus enseñanzas y los conocimientos que me dieron a lo largo de mi formación académica. Especialmente a mi tutor y asesor de tesis el ing. Joel Limones Avitia. Quien me apoyo en la elaboración de mi tesis para el cumplimiento de mi titulación, así como a mis coasesores el Dr. Aron Flores, la Dra. Natalia Ortega y el Dr. Isaías López

DEDICATORIA

A Dios

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Él ya que es la fuente de mi inspiración y motor de vida para continuar con mis metas en vida.

“Pues bien, yo les digo: pidan y se les dará, busquen y hallaran, llamen a la puerta y les abrirán. Porque todo el que pide recibe, el que busca halla y al que llame a la puerta se le abrirá” Lc. 11:9,10.

A mis padres

José Alejandro Landeros Orona y Lorena Araceli Ramírez Benavides por inspirarme a seguir adelante siempre y por su apoyo a lo largo de mi vida a pesar de las dificultades.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la existencia de isla de calor urbano en la ciudad de Torreón Coahuila. Los datos fueron obtenidos de la página meteored, después de tomar los datos diarios del año 2015 hasta el 2020 (excepto por el 2016 el cual no se registró por a una falla del sistema) de las dos estaciones meteorológicas, se obtuvo la temperatura media de cada mes en tres horarios matutino (1:40 aproximadamente), vespertino (12:40 aproximadamente.) y nocturno (22:40 aproximadamente), posteriormente en una tabla se registraron los resultados finales de los 12 meses de cada año, donde se pudo obtener: El aumento de temperatura de la ciudad de Torreón de los últimos 6 años según la estación meteorológica, las diferencias de temperatura entre la estación meteorológica de Torreón y Durango del año 2015 y 2020, así como el mes, la estación del año y el horario. Los resultados evaluados indican que la radiación que incide sobre la ciudad de Torreón es más fuerte que la de Durango por la diferencia de altitud, y la falta de vegetación, lo más probable es que el fenómeno suceda en el horario matutino ya que fue el segundo resultado con más alta temperatura y el cual no se ve influenciado por la radiación solar entrante, lo mismo pasa con la estación del año. En cuanto al aumento de temperatura, entre ambas estaciones meteorológicas, (Durango-Torreón), de los últimos seis años, se puede observar que existe una diferencia de + 1.08°C, para el área de la ciudad de Torreón.

Palabras clave: Isla de calor urbano, Estación meteorológica, Altitud, Radiación sol.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.- OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GENERAL.	3
2.2 Hipótesis	3
III REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Clima	4
3.2 Estación del año y hora del día	6
3.3 Relieve	7
3.4 Vegetación	10
3.5 Cuerpos de agua	16
3.6 Factores antropogénicos	18
3.7 Cobertura terrestre.....	20
3.8 Altura de los edificios.....	23
3.9 Distancia entre un edificio y otro	24
3.10 Pavimento	27
3.11 Albedo	30
3.12 Consecuencias	32
IV MATERIALES Y METODOS.....	34
Área de estudio.	34
Estación	36
Ubicación	36
Uso de suelo.....	36
Clima.....	36
Vegetación	37

V RESULTADOS.....	39
VI DISCUSIÓN	46
VII CONCLUSIÓN	47
VIII. LITERATURA CITADA	50

ÍNDICE DE CUADROS.

cuadro 1 Resumen de tipos de pavimentos fríos (Qin. Y, 2015).....	29
cuadro 2 Uso de suelo y vegetación	36
cuadro 3 Estaciones meteorológicas	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Influencia de vientos anabáticos y catabáticos (De la Luz. G, Hernández. A, Castro. M, García. J, & Zuri. I, 2015).	8
Figura 2. Representación esquemática de la ventilación eólica de drenaje nocturno en ciudades con diferentes paisajes circundantes y escenarios urbanísticos (Stephan F. J. De Wekker & Zardi, 2018).	9
Figura 3. Características de los árboles para enfriar islas de calor urbanas: un metaanálisis (L. M. F. S. Mohammad A. Rahman, Astrid Moser-Reischl, Teresa & Zölch, 2019).....	13
Figura 4. Esquema del transporte de energía térmica dentro de un dosel urbano, con sombreado radiativo por árboles de sombra y enfriamiento de ET por césped urbano (Zhi-Hua Wang, 2016).....	14
Figura 5. Esquema de variables controlables y no controlables en la generación de la isla de calor urbano (Ahmed. R, Leung. D, & Chunho. L, 2008).	19
Figura 6. Efecto del viento en vialidades formando "Cañón Urbano" (Hernández, Cárdenas, Peña, & Villaseñor, 2015).	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Temperatura media de cada mes, en horario matutino (M), vespertino (V) y nocturno (N), de Torreón y Durango	39
Tabla 2 Temperatura media de cada mes, en horario matutino (M), vespertino (V) y nocturno (N), de Torreón y Durango	40
Tabla 3 Temperatura media de cada mes, en horario matutino (M), vespertino (V) y nocturno (N), de Torreón y Durango	40
Tabla 4 Aumento de temperatura de la estación de Torreón de los últimos 6 años	41
Tabla 5 Aumento de la temperatura de la Cd. de Torreón en comparación con la Cd. de Durango.....	41
Tabla 6 Diferencia de temperatura entre Torreón y Durango.	42
Tabla 7 Diferencia de temperatura entre Torreón y Durango.	42
Tabla 8 Diferencia de temperatura entre Torreón y Durango.	43
Tabla 9 Diferencia de temperatura entre Torreón y Durango.	43
Tabla 10 Mes y estación del año con la temperatura más alta.....	44
Tabla 11 Horario donde aumento más la temperatura en los últimos 6 años ..	44

I. INTRODUCCIÓN

Desde que se describió por primera vez hace unos dos siglos y debido a sus impactos adversos en la ecología urbana, medio ambiente y la habitabilidad general de las ciudades, el fenómeno de la isla de calor urbano (UHI) ha sido, y sigue siendo un tema de investigación importante en varios campos de estudio. (Ronald. C, Estoque. A, & Yuji. M, 2017). El primero en reconocer el efecto que tienen las áreas urbanas en el clima local. Fue Luke Howard en 1833, cuando descubre el impacto de Londres sobre su clima cuando comparo sus registros de temperatura frente a los realizados por la Royal Society en Somerset House. Concluye que “La temperatura de la ciudad no debe considerarse como la del clima; participa demasiado de un calor artificial, inducido por su estructura, por una población hacinada, y el consumo de grandes cantidades de combustible en los incendios”. El análisis de Howard se basa en registros de temperatura recopilados en tres sitios diferentes fuera de Londres y un sitio (Royal Society) dentro de Londres (Howard. L, 1833).

Una isla de calor urbana se refiere al exceso de calidez del ambiente urbano en comparación con el entorno no urbanizado. El calor atmosférico de las islas de calor urbano se expresa mejor en condiciones tranquilas y despejadas en la noche cuando se maximizan las diferencias de enfriamiento radiativo entre zonas urbanas y rurales circundantes. Las islas de calor atmosférico pueden definirse en capa dosel (UCL), esta capa de la atmósfera urbana va extendiéndose hacia arriba desde la superficie hasta aproximadamente media altura del edificio, y la capa límite urbana (UBL), la capa que está por encima de UCL está influenciada por la subyacente superficie urbana (Voogta. J.A & Oke. T.R, 2003). Una se rige por procesos que actúan a microescala; el otro por aquellos a nivel local o meso escala. El dosel urbano es un concepto a microescala, su clima está dominado por la naturaleza del entorno inmediato (especialmente los materiales y la geometría del sitio). En espacio grande y abierto puede estar completamente ausente, la profundidad de esta capa también puede estar en función de la

velocidad del viento, encogiéndose a medida que el flujo de aire más fuerte permite la influencia al penetrar desde arriba. La parte superior de la capa límite urbana suele estar cubierta por una inversión de temperatura que da cierta correspondencia con el límite superior de la contaminación urbana (Oke. T.R, University of British Columbia, & Vancouver. B.C, 1976). Los controles meteorológicos en la isla de calor se han estudiado con cierto detalle. Estudios estadísticos puede señalar brevemente el papel de otros controles. Por ejemplo, la ubicación geográfica de una ciudad impone una amplia gama de posibles efectos especialmente relacionados con la presencia de masas de agua, características topográficas y la naturaleza de los suelos, la vegetación y el uso de la tierra en la región. Las combinaciones posibles son casi tan grandes como el número de ciudades (OKE. By. T. R, 1980). Las ciudades con mayor número de habitantes exhiben signos más extremos de urbanización en sus áreas centrales y, por lo tanto, mayores modificaciones térmicas. Por ejemplo, a medida que la población de una ciudad crece, el tamaño de los edificios en el núcleo aumenta; los factores de vista del cielo para la radiación de onda larga, disminución de enfriamiento; aumenta la capacidad calorífica de los materiales de construcción y la inercia térmica de las estructuras; aumenta la densidad de emisión de calor antropogénico; la cantidad de vegetación disminuye, etc. (Oke & University of British Columbia, 1976). En términos de impactos en la salud de UHI, la mayoría de los problemas de salud e incidentes fatales ocurren durante épocas de temperaturas extremas. En particular, las personas con enfermedades preexistentes, especialmente enfermedades cardiovasculares y respiratorias, se ven afectadas con mayor frecuencia (Leal. W, Echevarria. L, Omeche. V, & Quasem. A, 2017). También las altas temperaturas del aire afectan fuertemente el uso de energía y calidad del aire de una ciudad (Arthur. H et al., 1995). El desafío para mitigar la UHI es enorme y complejo es un problema multidisciplinario que requiere contribuciones de urbanistas, ecologistas, arquitectos, ingenieros, climatólogos, geógrafos, sociólogos, etc. La falta de

información en muchas partes del mundo puede agravar este problema (Ballinas. M & Barradas. V, 2016)

II.- OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar la existencia de isla de calor urbano en la ciudad de Torreón, Coahuila y los factores que más contribuyen a la formación de estas.

2.2 Hipótesis

Torreón es una ciudad en constante crecimiento con un clima semidesértico y alta contaminación atmosférica, ideal para la formación de isla de calor urbano.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Clima

La formación UHI se puede asociar con las formas urbanas construidas en la ciudad, caracterizadas por edificios poco espaciados, pocos o ningún árbol, y materiales de construcción que no son apropiados para el clima de la región, mientras que su intensificación también depende de las condiciones climáticas estables (Ranhao Sun, 2018; Sun. R, Lü. Y, Yang. X, & Chen. Y, 2018).

El clima urbano de cada región está influenciado por características regionales. como la geografía urbana, el tráfico urbano y la forma urbana, etc. Dado que no hay dos ciudades que sean completamente idénticas en ubicación geográfica, condiciones climáticas y espacio morfología, las sugerencias efectivas varían de una región a otra (Rambara. R, Zarghamib. E, & Bryant. M, 2019; Zhou. W, Coa. F, & Wang. G, 2019). Los factores que influyen en el clima de fondo local incluyen precipitación, aire temperatura, viento y elevación relativa de las áreas urbanas (Cardoso & Amorim, 2018; Dos Santos. R, Margarete. C, De Costa. C, & Amorim. T, 2018; Ranhao Sun, 2018).

En las regiones costeras, el clima marítimo está influenciado por masas de aire cargadas de humedad que se forman sobre el océano. Por lo tanto, cuanto más cerca está una región del océano, mayor es la humedad del aire, precipitación y, en consecuencia, menores variaciones de temperatura diarias (Serra. J, Marques. R, & Santos, 2018).

La variabilidad en climas secos radica en la sensibilidad de la distribución de energía superficial de la variabilidad de precipitación. Un régimen árido con humedad limitada puede exhibir una mayor variación de temperatura porque los cambios en la precipitación afectan fuertemente la partición de los flujos de calor latentes / sensibles (Liao. W et al., 2018).

La presencia de la vegetación afecta la isla de calor urbano superficial (SUHI), debido al enfriamiento evaporativo durante el día. Las diferencias diurnas en los valores de intensidad SUHI (SUHII) ocurrieron en ciudades con áreas rurales cubiertas por bosques. Debido al efecto de transpiración más fría. Sin embargo, se encontró una relación inversa en las regiones áridas. La temperatura de la superficie terrestre (LST) en las áreas urbanas son generalmente más bajas que los de las áreas rurales, lo que provoca una SUHII diurno anual negativo, otros factores que pueden influir en el SUHII, son la humedad del suelo y la configuración del paisaje (Wen Zhou, 2019).

En un estudio realizado en China hizo una comparación de tres aglomeraciones urbanas, se encontró que la mayoría de las ciudades dentro de la misma aglomeración urbana generalmente presentan las mismas características de intensidad SUHI, mientras que las ciudades en diferentes aglomeraciones urbanas no poseen la misma variación de SUHI. La razón más probable de esto es que el clima es un factor determinante en las variaciones estacionales de SUHI dentro de diferentes aglomeraciones. Por ejemplo, en este estudio, Tianjin (que se encuentra en un clima templado, semiárido) y Guangzhou (que se encuentra en un clima templado subtropical del sur) son mega ciudades con poblaciones urbanas y producto interior bruto (PIB) relativamente similares; sin embargo, las experiencias anteriores un significativo efecto de isla fría durante el día en invierno, y sus islas de calor más intensas aparecen en verano durante el día, mientras que Guangzhou no en ningún momento del año experimenta un efecto

isla fría, y su calor más intenso las islas aparecen en otoño, por la noche. Además, aunque la aglomeración del delta del río Yangtze y la aglomeración del delta del río Perla están situados en un subtropical, húmedo y zona climática monzónica, la primera está situada en el norte parte de esta zona climática, mientras que esta última se sitúa en el parte sur. Como tal, este último es susceptible a la influencia de tifones, que es una causa potencial de la evidente disparidad en islas de calor en las dos aglomeraciones. Además, incluso cuando se encuentran dentro del mismo clima, las islas de calor urbanas pueden también varían debido a la topografía local, la presencia de océanos o grandes lagos y tipos de uso de la tierra. Por ejemplo, el YRD es ubicado en la parte baja del río Yangtze, cerca de muchos lagos y ríos, así como el océano. Por lo tanto, al investigar islas de calor en ciudades a gran escala, no solo es necesario considerar el clima características, también es necesario tener en cuenta las numerosos factores naturales y geográficos propios de cada ciudad (Liu. Y, Fang. X, Xu. Y, Zhang. S, & Luan. Q, 2017).

3.2 Estación del año y hora del día

En verano, con sus días largos, la intensidad del UHI está determinada principalmente por el albedo de la superficie, la evaporación reducida y la cantidad de radiación solar entrante. En invierno, con sus bajas temperaturas y poca radiación solar, la intensidad del UHI está determinada por la contaminación térmica antropogénica (Miles. V & Esau. I, 2017).

Además, la actividad de la vegetación es considerablemente mayor en verano que en invierno y la evapotranspiración de la vegetación se produce durante el día. Por lo tanto, las influencias de la disminución de la cobertura vegetal en el SUHI son más evidentes en verano. En segundo lugar, las crecientes superficies

impermeables pueden absorber más calor durante el día en verano que en invierno debido a la mayor duración de la insolación y mayor radiación solar directa (Yang. J, Wang. Z, Kaloush. K, & Dylla. H, 2016). La isla de calor urbano (UHI) es principalmente un fenómeno nocturno, pero también aparece durante el día (Barradas, 2016).

En días de cielo despejado, durante el día, la superficie se calienta por la radiación solar y la capa límite se vuelve inestable, favoreciendo la convección y la mezcla turbulenta. Esta mezcla dificulta la formación de un fuerte UHI cerca de la superficie, ya que una gran cantidad de aire caliente se transporta hacia la atmósfera (Chapman. S, Thatcher. M, Salazar. A, Watson. J, & Mcalpine. C, 2018).

En las horas de la mañana, la uniformidad espacial de la radiación entrante da como resultado temperaturas superficiales más homogéneas y minimiza la diferencia entre las áreas urbanas y rurales (Ramamurthy & Bou-Zeid, 2017). La formación de UHI durante el día es impulsada en gran medida por un calor más sensible y menos calor latente debido a la reducción de espacios verdes en las áreas urbanas. Comparativamente, el UHI nocturno generalmente resulta de un mayor almacenamiento de energía en áreas urbanas (atrapado durante el día y liberado durante la noche) (Zhou. D, Zhang. L, Li. D, Huang. D, & Zhu. C, 2016).

3.3 Relieve

El intercambio de calor, masa y momento en la atmósfera sobre terreno montañoso se ve afectado por turbulencias, circulaciones de meso escala impulsadas térmicamente y dinámicas de escala sinóptica (Serafin. S et al., 2018).

Las regiones montañosas exhiben una fuerte variabilidad en la cobertura vegetal, la nieve, el suelo, la humedad del suelo, y los afloramientos rocosos que abarcan una amplia gama de escalas, desde metros hasta cientos de kilómetros. El albedo, la pendiente, el aspecto, el sombreado del terreno, el factor de vista del cielo y la elevación crean una variabilidad significativa en la radiación de onda corta y larga, posteriormente, en la cantidad de energía disponible para impulsar los procesos de intercambio atmosférico (De Wekker. S et al., 2018).



Figura 1. Influencia de vientos anabáticos y catabáticos (De la Luz. G, Hernández. A, Castro. M, García. J, & Zuri. I, 2015).

La interacción de procesos micro climáticos generados tanto por uso del suelo / cobertura del suelo (LU / LC) urbano como por relieve crea una complicada estructura espacial de la temperatura del aire (Bokwa. A et al., 2019).

En condiciones sinópticas tranquilas, los sistemas de viento de montaña impulsados térmicamente son el mecanismo de intercambio esencial entre las atmósferas urbana y rural para proporcionar alivio a una ciudad.

Los procesos de la superficie terrestre, la capa superficial y la capa límite en el terreno montañoso interactúan en muchas escalas espaciales y temporales, existen muchas reacciones. Algunas de estas interacciones y retroalimentaciones son conocidas, pero muchas aún se desconocen o solo se han formulado hipótesis (De Wekker. S et al., 2018).

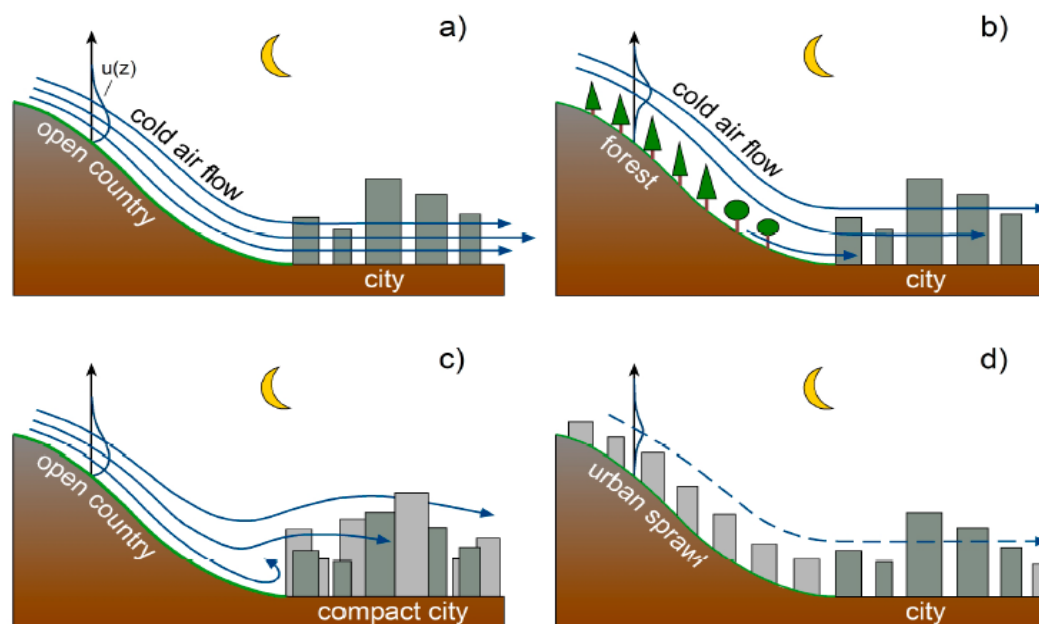


Figura 2. Representación esquemática de la ventilación eólica de drenaje nocturno en ciudades con diferentes paisajes circundantes y escenarios urbanísticos (Stephan F. J. De Wekker & Zardi, 2018).

También se sabe que las montañas evitan que el aire circule mejor y las montañas de gran altura hacen que los contaminantes se queden atrapados por más tiempo, este efecto se empeora aún más cuando existen edificios de gran altura.

En si la complejidad de los procesos de intercambio sobre las montañas todavía se comprende solo en parte, y es necesario realizar mucha investigación para mejorar la representación de estos procesos en los modelos meteorológicos y climáticos destinados a aplicaciones (Stephan F. J. De Wekker & Zardi, 2018).

3.4 Vegetación

La conversión del paisaje con vegetación natural en estructuras antropogénicas o superficies impermeables (IS) da como resultado cambios en la atmósfera local y un aumento en temperatura media de la superficie terrestre (LST) en comparación con las áreas abiertas circundantes, lo que se conoce como el fenómeno SUHI (Ranagalage. M et al., 2018).

Varios estudios han demostrado que la vegetación en el entorno urbano es beneficiosa para reducir la temperatura ambiente y proporcionar sombra, lo que resulta en confort térmico. Por lo tanto, aumentar las áreas con vegetación en áreas urbanas puede ser una forma eficaz de mitigar el efecto UHI (Al-Amin, 2017). Además, los espacios verdes urbanos son importantes porque pueden ayudar a mejorar la calidad del aire en las zonas urbanas, sirven como "pulmones" para ciudades y pueblos, ya que liberan oxígeno, absorber gases nocivos y contaminantes (a & 2017). En consecuencia, mejorar la calidad ecológica y ambiental de los núcleos urbanos (Al-Amin, 2017).

Sin embargo, los espacios verdes urbanos pueden mitigar los problemas de calentamiento urbano hasta cierto punto. El efecto de enfriamiento de las plantas difiere espacial y temporalmente, con las características de la planta.

Los efectos de enfriamiento de tales áreas verdes están determinados en gran medida por el tipo de planta, la densidad del dosel y las formas del parque (Wu. H et al., 2017).

Formas en las que la vegetación influye en las UCI.

- ✚ Sombreado. La sombra de la vegetación es el factor dominante del efecto de enfriamiento. Al afectar la sombra, la ventilación y el área foliar índice, la configuración espacial influye en el efecto de enfriamiento de las áreas verdes en el microclima y confort termal humano (Sodoudi. S, Zhang. H, Chi. X, Müller. F, & Li. H, 2018). La sombra de los árboles reduce el corto entrante radiación de ondas y la temperatura radiante media, muestra una relación directa con el confort térmico (Sahar Sodoudi & Müller, 2018). Podría reducir el almacenamiento de calor durante el día, y esta reducción conduce a una menor temperatura del aire (T_a) en la noche (Wanga & Akbari. H, 2016).

Los árboles urbanos regulan su entorno térmico principalmente a través de las copas de los árboles, con multicapas (Mohammad. A, Rahman, Moser. A, Rötzer. T, & Pauleit. S, 2017). En cuanto al color de la hoja, las hojas de color verde oscuro mejorarán el sombreado y refrigeración por transpiración (Mohammad. A et al., 2019)

- ✚ Transpiración. Una hoja responde al flujo de energía, material hacia y desde su entorno ambiental al alcanzar una cierta temperatura y una cierta tasa de transpiración. La temperatura de la hoja se modifica por el enfriamiento transpiratorio debido al consumo de calor latente de evaporación. La transpiración juega un papel importante en la producción de enfriamiento de los árboles en la atmósfera. Además, la tasa de transpiración también está influenciada por la temperatura atmosférica ambiental. Sin embargo, las diferentes especies de árboles se desempeñan de manera diferente en el proceso de enfriamiento debido a la variación en su funcionamiento físico y fisiológico debido a la diferencia en las propiedades estructurales y anatómicas (Gupta. S, Ram. J, & Singh. H, 2018).

En la literatura y los libros de texto ecológicos, a menudo se afirma que las plantas del desierto están específicamente adaptadas para reducir la transpiración mediante una combinación de un control estomático particularmente eficiente y la presencia de una barrera de transpiración cuticular con una permeabilidad muy baja (Schuster. A et al., 2016).

La vegetación de "copa de árbol grande" genera mayor efecto de enfriamiento, seguido en orden descendente por el dosel de árboles pequeños, setos, hierba 50 cm y hierba 10 cm (Sahar Sodoudi & Müller, 2018).

Dado que la transpiración tiene lugar a través de los estomas que normalmente se encuentran en el lado ventral de la hoja, esta reducción de temperatura se experimenta más debajo de la copa del árbol. Así, una mayor transpiración por la copa del árbol implica una mayor reducción de la temperatura del aire dentro de la sombra de la copa y, en consecuencia, se produce más enfriamiento por la copa del árbol (S. K. Gupta¹, 2018)

El aumento de la copa del árbol podría aumentar el volumen de hojas de los árboles para la transpiración, aumentar el área de sombra, y es más eficaz para bloquear el viento en zonas urbanas. Es decir, los árboles con mayor diámetro de copa podrían aportar una mayor contribución a la reducción del UHI durante el día y de noche (Yupeng Wanga, 2016). Aunque la tasa de transpiración es mayor al amanecer hasta la tarde y luego va disminuyendo gradualmente. Debido a que, por la noche, los estomas se cierran por falta de radiación y la vegetación no tiene efecto refrescante de la transpiración (Yang. Q, Huang. X, & Jiayi. Li, 2017). Por lo tanto, las tasas de transpiración son diferentes entre las especies de plantas y los individuos de la misma especie pueden presentar variaciones de la tasa de transpiración dependiendo de la prevalencia de condiciones ambientales (Barradas, 2016).





























Enfriamiento por		Sombreado	Transpiración
Condiciones del sitio			
Clima	 	(Mediterráneo)	(Oceánico)
Superficie	 	{Asfalto}	{Césped}
Origen			
Cultivo	 	NA	{Cultivo}
Hábitat	 	{Rico en especies}	{Rico en especies}
Rasgos de la hoja			
Espesor de la hoja	 	{Delgado}	{Delgado}
Vellosidad de la hoja	 	NA	{Algunos}
Color de la hoja	 	{Verde oscuro}	{Verde oscuro}
Forma de hoja	 	{Aguja}	{Sencillo}
Densidad de follaje	 	{Alto}	NA
Otros rasgos			
Forma de corona	 	{Pirámide}	NA
Tamaño creciente	 	{Pequeña}	{Alto}
Planta tipo funcional	 	{Conífero}	NA
Anatomía de la madera	 	{Impropio}	{Poroso difuso}

Figura 3. Características de los árboles para enfriar islas de calor urbanas: un metaanálisis (L. M. F. S. Mohammad A. Rahman, Astrid Moser-Reischl, Teresa & Zölch, 2019).

La vegetación urbana juega un papel crucial creando un ambiente de vida confortable, especialmente para ciudades ubicadas en regiones áridas o semiáridas. El estudio realizado en la Universidad Estatal de Arizona, Tempe, EE. UU. Encontró que el enfriamiento de evapotranspiración (ET) por el césped disminuye la temperatura máxima durante el día durante el período de simulación de 45,7 C a 43,3 C mientras que el sombreado reduce la temperatura máxima de 45,7 C a 40,2 C (Wang. Z, Zhao. X, Yang. J, & Song. J, 2016).

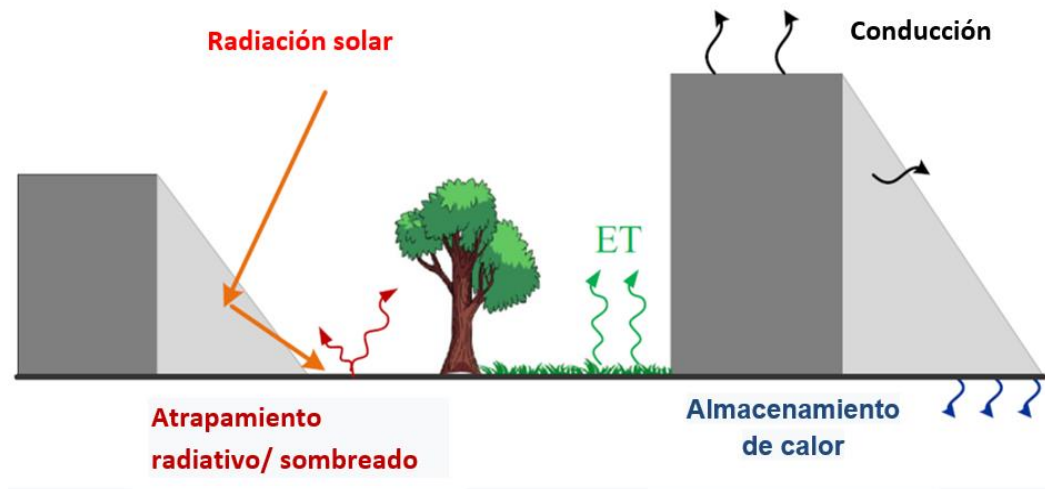


Figura 4. Esquema del transporte de energía térmica dentro de un dosel urbano, con sombreado radiativo por árboles de sombra y enfriamiento de ET por césped urbano (Zhi-Hua Wang, 2016).

El aporte de la evaporación nocturna proviene principalmente de la evaporación del suelo. Debido a la falta comparativa de agua de evaporación en el suelo urbano creado por el hombre, el enfriamiento por evaporación del suelo en las áreas rurales contribuye con una fracción significativa al UHI nocturno en el clima templado. En el clima seco, la contribución de la evaporación al UHI nocturno es muy pequeña (Zhou, Zhang, Li, & Zhu, 2016).

Los árboles también inhiben el enfriamiento radiativo nocturno de onda larga debido al factor de vista del cielo más pequeño, mientras que el exceso de humedad aumenta la temperatura de capacidad del suelo y ralentiza el enfriamiento de la superficie (Sahar Sodoudi & Müller, 2018).

Dado que UHI es más prominente durante la noche, el efecto de enfriamiento de la vegetación urbana proporciona un medio eficaz para la mitigación del UHI en la ciudad del desierto (Hongyu Du, 2016).

- ✚ Albedo. El albedo es la porción de energía del Sol que se refleja en la superficie de la tierra, por lo tanto, siendo una variable importante que controla los procesos climáticos y energéticos en la Tierra. (De Oliveira. T, Rangel. T, Amorim. L, Gaio. D, & De Souza. J, 2018).

La calidad del paisaje, como la evapotranspiración, el albedo de la vegetación y el suelo subyacente, es altamente significativo para la eficiencia de la mitigación de la temperatura en zonas urbanas de espacios verdes (Sun. R & Chen. L, 2017). Por lo general, más vegetación conduce a menos albedo. Si bien cabe señalar, factores como el tipo de planta, concentración de clorofila y densidad de vegetación pueden hacer muchos cambios en el albedo (Akbar. A, Mousavi. S, & Torabzadeh. H, 2020).

Algunos procesos naturales también pueden afectar los patrones de albedo (Khorasani, 2020). La fenología de la vegetación estacional puede alterar significativamente el albedo de la superficie, lo que a su vez afecta al balance energético y retroalimentaciones de calentamiento / enfriamiento del albedo que impactan el cambio climático (Wanga. Z et al., 2017). El albedo de superficie es un parámetro clave en el balance energético de la tierra y los estudios del cambio climático global. En este aspecto, la variación en la vegetación es uno de los problemas más críticos que afectan el balance energético global (Khorasani, 2020).

- ✚ Convección. La temperatura del aire cerca del suelo será afectado por el calor de convección en áreas soleadas en contraste con el aire debajo del árbol que tienen un intercambio de calor menos turbulento debido a la sombra de los árboles y al efecto de techo de la copa (A. M. Mohammad A. Rahman, Thomas Rötzer, Stephan Pauleit, 2017). Crea una cierta resistencia al flujo de aire y al reducir la velocidad del viento. Este es un factor que reduce el enfriamiento, efecto del viento en la superficie que es proporcionado por convección. En segundo lugar, absorben cierta parte de la radiación en la superficie del cuerpo y esto permite temperaturas más bajas del aire y de la superficie alrededor los árboles (Gültena. A, Teoman. U, & Öztop. H, 2016).

El diseño de la plantación debe ser específico para el clima y el lugar. Eso significa que, en ciudades de latitudes más bajas con contenido de humedad del suelo durante los días calurosos de verano, se pueden preferir los beneficios de la sombra, mientras que ciudades de latitud con menos estrés hídrico para los árboles podrían beneficiarse de las ventajas de la transpiración y sombreado. El índice de área foliar (LAI) es la característica central que mejora los tres mecanismos: sombreado, transpiración y humano confort térmico (HTC) de los beneficios del enfriamiento de árboles. Por lo tanto, árboles con mayor densidad de copa y / o mezcla de diferentes árboles se deben preferir especies en configuraciones de racimo para crear dosel de múltiples capas, especialmente sobre construidas y secas superficies (L. M. F. S. Mohammad A. Rahman, Astrid Moser-Reischl, Teresa & Zölch, 2019).

3.5 Cuerpos de agua

Las ciudades suelen contener menos vegetación y cuerpos de agua que áreas rurales, el espacio verde y azul que existente a menudo se ve amenazado por la creciente densidad de población (Gunawardena. K.R, Wells. M.J, & Kershaw. T, 2017). La liberación antropogénica de calor, el grado de limitación del agua en la ciudad juega un papel clave en la determinación de los efectos sinérgicos diurnos de isla de calor urbano-olas de calor (UHI-HW) en regiones templadas y, secas bajo climas actuales y futuros (Zhao. L et al., 2018).

Los procesos evaporativos dependen de muchos parámetros, sin embargo, está determinado principalmente por el contenido de agua de la atmósfera y su capacidad para incluir vapor de agua adicional. Los procesos convectivos dependen de la diferencia de temperatura entre la superficie del agua y el aire ambiente. La temperatura de la superficie del agua está determinada por la temperatura equilibrio del estanque y principalmente su capacitancia térmica total. Estanques con baja capacitancia térmica expuestos a la radiación solar puede presentar una temperatura superficial superior a la del entorno ambiental (Santamouris. M et al., 2016).

Los cuerpos muy poco profundos utilizan toda la capacidad térmica de su columna de agua para los intercambios climáticos, mientras que las masas de agua más profundas normalmente no lo hacen. Si masas de agua poco profundas como estanques, cunetas y jardines de agua, que utilizan toda su capacidad térmica disponible, se distribuyen a lo largo de un área urbana, estos pueden demostrar ser de mayor beneficio en términos de enfriamiento urbano que los cuerpos individuales más localizados, pero más grandes / más profundos.

Una limitación potencial de masas de agua poco profundas como componentes de refrigeración eficaces de espacio azul es que requieren aportes frecuentes de agua para retener una columna de agua; puede estar seco y no proporcionar

evaporación durante el día enfriamiento cuando más se necesita, como durante una ola de calor de verano. Por otro lado, tampoco proporcionarán calefacción ni aumentarán la humedad por la noche como lo haría un cuerpo de agua urbano más grande.

También la morfología urbana circundante puede influir en esta distribución de enfriamiento al sombrear el cuerpo de agua y / o la obstrucción del flujo del viento el sombreado afecta el balance de radiación neto, para reducir el gradiente de temperatura y la disponibilidad de energía para evaporar el agua la obstrucción de los flujos de viento reduce la posibilidad de advección atmosférica y mezcla superficial de las olas. Discutido en relación con el espacio verde, la morfología también juega un papel en dirigir o bloquear la distribución advecida del enfriamiento del cuerpo y en la mejora de la mezcla turbulenta. Donde se colocan arboledas junto a espacio azul, existe la posibilidad de que el aire húmedo quede atrapado debajo el dosel en el viento protegió la zona tranquila, reduciendo así evapotranspiración tanto del espacio verde como del espacio azul, produciendo Condiciones ambientales incómodas. En tales casos, la morfología urbana debe organizarse de manera que los vientos dominantes puedan dirigirse a través de estas áreas.

Más allá de estas observaciones limnológicas, la investigación que considera la temperatura del cuerpo de agua urbano estructuras, particularmente en relación con tan pequeñas estructuras artificiales poco profundas los cuerpos de agua siguen siendo claramente limitados (Gunawardena, , & 2017).

3.6 Factores antropogénicos

Las personas acuden a la ciudad en busca de importantes oportunidades socioeconómicas y una mejor calidad de vida. Sin embargo, una urbanización tan rápida ha tenido algunos efectos negativos sobre el medio ambiente natural (Zhao. H, Zhang. H, Miao. C, Ye. X, & Min. M, 2018). Las actividades humanas en las ciudades resultan en emisiones antropogénicas que potencian el aumento de la cantidad de energía térmica liberada en el clima urbano, mientras que el clima, las características urbanas y geográficas sirven para variar la intensidad y distribución de este lanzamiento (Gunawardena et al., 2017).

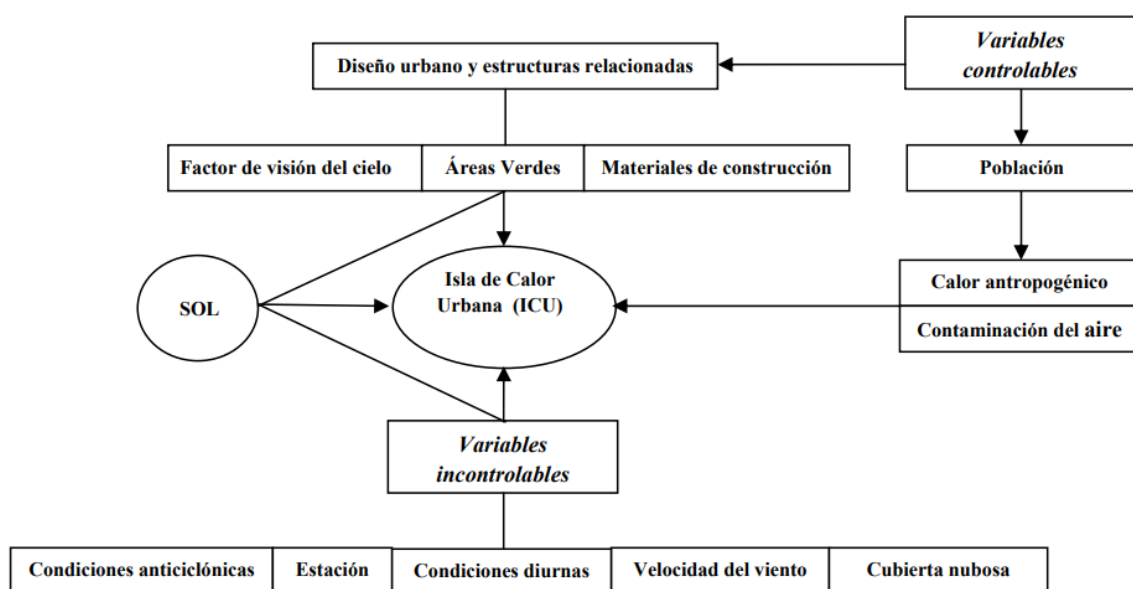


Figura 5. Esquema de variables controlables y no controlables en la generación de la isla de calor urbano (Ahmed. R, Leung. D, & Chunho. L, 2008).

El calentamiento solar indirecto y el calor antropogénico que genera en el medio urbano indirectamente son las principales causas de las islas de calor. Las áreas urbanas generan una intensa isla de calor del dosel urbano debido a sus propiedades físicas que incluyen: estructura urbana, tamaño de la ciudad (población, densidad de edificada), relación entre la altura del edificio y la distancia con ellos, el ancho de las calles, los materiales de construcción, materiales de la superficie y factor de vista del cielo (M. Santamouris, 2016). En

este contexto, la geometría urbana es generalmente asociado a la formación de factores de islas de calor urbanas. La variación de la geometría en los entornos urbanos puede influir: el aumento o disminución de los valores de temperatura del aire en comparación con los datos medidos en las afueras de una ciudad; la velocidad y dirección de los vientos; largo e intercambios de radiación de onda corta (Mayumi. C, Lucas. L, & Souto. D, 2018).

Los veranos extremadamente calurosos en conjunto con una población densa y una morfología urbana excepcionalmente compacta han tenido como resultado fuertes efectos UHI y un uso extensivo de energía para enfriar (Aflaki. A et al., 2016). Por ejemplo, el efecto de calentamiento diurno puede aumentar la carga pico de electricidad y la demanda de refrigeración del edificio, que es desfavorable para las ciudades especialmente en veranos (Scott. A, Waugh. D, & Zaitchik. B, 2018).

El acceso solar varía según la ubicación geográfica (latitud y longitud), diurna y por día del año, pero también depende de la limitación del horizonte impuesta por el entorno construido (Ranhao Sun, 2018). Aparte de su ubicación geográfica, las magnitudes de SUHI observadas también están relacionadas con el tamaño y las características de elevación de la ciudad, aumenta sistemáticamente con el tamaño de la ciudad y disminuye con el aumento de la elevación de la ciudad.

Las características de elevación de las ciudades gobiernan su comportamiento SUHI y la relación entre ellos es incluso más pronunciada que la relación bien explorada entre la magnitud SUHI y el tamaño de la ciudad (Gaur. A, Kalev. M, Slobodan. P, & Simonovic, 2018).

3.7 Cobertura terrestre

Con la rápida urbanización, la expansión invade las áreas urbanas con vegetación y son reemplazadas en gran medida por extensos materiales de

construcción y pavimentos impermeables de bajo albedo en gran medida (Wen Zhou, 2019). Una expansión tan rápida de la urbanización ha llevado a un efecto ambiental térmico urbano más prominente que en las áreas circundantes (Hongbo Zhao & 2018).

La temperatura de la superficie, y la variación está altamente correlacionada con las propiedades de la tierra (Hua. Y et al., 2019). Las superficies urbanas como el hormigón, el asfalto y el acero tienen una alta inercia térmica y retienen significativamente más energía térmica que el terreno con vegetación. Este calor almacenado se disipa como calor sensible, lo que resulta en diferencias de temperatura de superficie más fuertes (Ramamurthy. P & Bou-Zeid. E, 2016).

El UHI nocturno está dominado por la liberación de calor del tejido urbano y a medida que el aire se mueve a través del paisaje urbano, se calienta con el calor de UCL. Como tal, es probable que el centro de una ciudad y sus áreas a favor del viento sean comparativamente más cálidas. Al introducir una mayor rugosidad en el centro de la ciudad, el flujo turbulento que es más eficiente en el transporte de masa y calor es alentado (Gunawardena et al., 2017). Para ciudades más grandes, el aire se calienta más y es menos capaz de extraer calor de la superficie; una fracción mayor del flujo de radiación neto debe destinarse al almacenamiento en el suelo. Sin embargo, la diferencia en el flujo de calor de almacenamiento (G) también está relacionada con el tamaño de la ciudad (P. Ramamurthy, 2016).

Mientras que las propiedades de la tierra rural están muy influenciadas por la humedad del suelo (Yonghong Hua et al., 2019). Por ejemplo, los árboles y otras plantas transpiran agua, que se evapora y enfría el aire circundante. Al mismo tiempo, los árboles más grandes crean sombra y dan como resultado áreas de suelo más frescas (Leal. W, Echevarria. L, Neht. A, Klavins. M, & Morgan. E, 2017).

En un estudio realizado en la capital de Irán Teherán se hizo una comparación de variaciones de temperatura de diferentes clases de uso de la tierra / cobertura de la tierra (LULC). La comparación de los valores de temperatura estimados y el mapa LULC reveló la variación térmica en diferentes clases de LULC. Según el cual, la temperatura más baja corresponde a los cuerpos de agua y áreas cubiertas por revestimientos naturales como espacios verdes, parques forestales y parques urbanos, mientras que el máximo de temperatura se registró en terrenos desnudos y superficies impermeables, como áreas pavimentadas con asfalto y otros revestimientos artificiales, así como usos industriales, comerciales, residenciales y de transporte.

Las Fábricas industriales, aeropuertos, terrenos baldíos y zonas residenciales densas son los usos del suelo más afectados por la UHI. Además, la densidad de población en diferentes partes del área de estudio refleja el impacto de las actividades humanas en el consumo de energía e intensificación de islas de calor. (Bokaie. M, Kheirkhah. M, Daneshkar. P, & Hosseini. A, 2016).

Los impactos de UHI de la capa de dosel sobre el aumento de temperaturas causan un efecto negativo en el medio ambiente de la comunidad, que puede conducir degradando de la calidad de vida (Kotharkar. R & Surawar. M, 2016). El riesgo de enfermedades respiratorias y cardíacas entre los residentes dificulta las condiciones de la vida cotidiana, especialmente para los ancianos y los niños (Zarkesh & Hosseini, 2016). Por lo tanto, los cambios en el uso del suelo / cobertura del suelo de cualquier parcela de tierra específica, su cobertura vegetal y la densidad de población juega el papel más vital en la formación de una capa de dosel UHI (Surawar, 2016).

3.8 Altura de los edificios

La temperatura del aire en las áreas urbanas puede variar mucho de un lugar a otro, lo que se conoce como islas de calor locales. Las ubicaciones de la isla de calor local dependen en gran medida de la topología de la altura del edificio.

Las temperaturas al rededor del edificio de gran altura son significativamente más bajas en comparación con las temperaturas en los alrededores de edificios. El edificio de gran altura desvía el aire a una temperatura más baja desde arriba del nivel del techo del edificio de poca altura a los edificios en el entorno urbano. Por lo tanto, los edificios de gran altura provocan una disminución local de la temperatura del aire en las áreas urbanas, pero al mismo tiempo aumentan las velocidades de flujo local.

Para mejorar el microclima en las áreas urbanas, hay que entender cómo las islas de calor (locales o urbanas) se forman, y cómo se puede mitigar esta formación. Las estructuras de flujo deben estudiarse en detalle, porque el viento puede transportar tanto aire frío como caliente y, por tanto, puede tener un potencial de enfriamiento o calentamiento. Cabe señalar que el calor no solo se transporta por convección, sino también por turbulencia (Allegrini. J & Carmeliet. J, 2017).

Con base en lo anterior, el potencial de ventilación está determinado por el factor de vista del cielo (SVF) y la longitud de rugosidad. Por ejemplo, si un área tiene un factor de vista del cielo alto pero una rugosidad baja, el nivel de potencial de ventilación de esta área es relativamente alto, lo que es adecuado para el diseño de pasillos de ventilación. El volumen de ventilación de una ciudad puede determinar el grado de reducción de temperatura, y el ancho del corredor puede influir en el volumen de ventilación hasta cierto punto.

Debido a la falta de uniformidad de la altura de la superficie subyacente de la ciudad, especialmente la existencia de un gran número de edificios con diferentes alturas, es difícil evaluar la ventilación en la escala capa límite urbana (UBL). Por tanto, la rugosidad de la superficie, un indicador cuantitativo, se introduce como factor clave de evaluación para caracterizar la influencia de la altura y la cobertura del edificio en la ventilación urbana. Mientras tanto, la rugosidad de la superficie se combina con otro factor importante: el factor de vista del cielo para definir el potencial de rugosidad de la superficie de una ciudad.

Los parámetros clave que se deben extraer para estimar la longitud de rugosidad en áreas urbanas son principalmente la cobertura y la altura de los edificios. Debido a que la rugosidad de la superficie urbana es causada principalmente por los edificios, la distribución espacial de la longitud de la rugosidad de la superficie.

Además, los diferentes criterios en el modelo planificación del corredor de ventilación (VCP) se afectarán entre sí. Cuando se aumenta el valor del índice de potencial de ventilación, tendrá un impacto positivo en los otros dos criterios (el entorno del viento de fondo y la intensidad de la isla de calor) y mejorará en cierta medida el entorno climático de la región (Gu. K, Fang. Y, Qian. Z, Sun. Z, & Wang. A, 2020).

Otro aspecto de los edificios altos es que forman fácilmente sombras, lo que reduce la cantidad de radiación de onda corta, disminuyendo el LST en zonas urbanas (Hongyu Du, 2016). La elevación, la altura de los edificios, la cobertura del suelo, el uso del suelo y los parámetros geométricos pueden influir hasta en un 70% del UHI (Ali. J, Marsh. S, & Smith. M, 2016).

3.9 Distancia entre un edificio y otro

Dos tipos de densidad afecta de manera diferente la tendencia de la temperatura urbana en la estación fría, a saber, la "densidad horizontal" y la "densidad vertical". La densidad horizontal es sinónimo de compacidad urbana, es decir, indica qué tan cerca están los edificios en un área urbana; entonces, la densidad horizontal aumenta proporcionalmente al valor del índice de cobertura del sitio.

"Densidad vertical" indica la cantidad de superficies verticales (fachadas) en un área urbana, que obviamente depende de la altura media del edificio, sino también en la tipología del edificio. Por eso la "densidad vertical" es proporcional tanto a la altura promedio del edificio como a la relación fachada-sitio de una textura urbana.

A la luz de los resultados, un aumento de la densidad horizontal de las texturas urbanas determina un aumento de la intensidad de UHI en invierno, mientras que un aumento de la densidad vertical conlleva un aumento de la intensidad de UHI en verano.

En texturas urbanas compactas, es más probable que el calor liberado por los edificios permanezca dentro la capa del dosel, porque la velocidad del viento se reduce considerablemente en el cañón y por lo tanto el tipo de cambio con la capa superior de la atmósfera. Entonces, cuanto más cerca están los edificios (o mayor es la densidad horizontal) menor es el transporte turbulento de calor hacia afuera del cañón y, en consecuencia, el máximo es la diferencia de temperatura con respecto a ambientes rurales sin obstrucciones (Salvati. A, Monti. P, Coch. H, & Cecere. C, 2018).

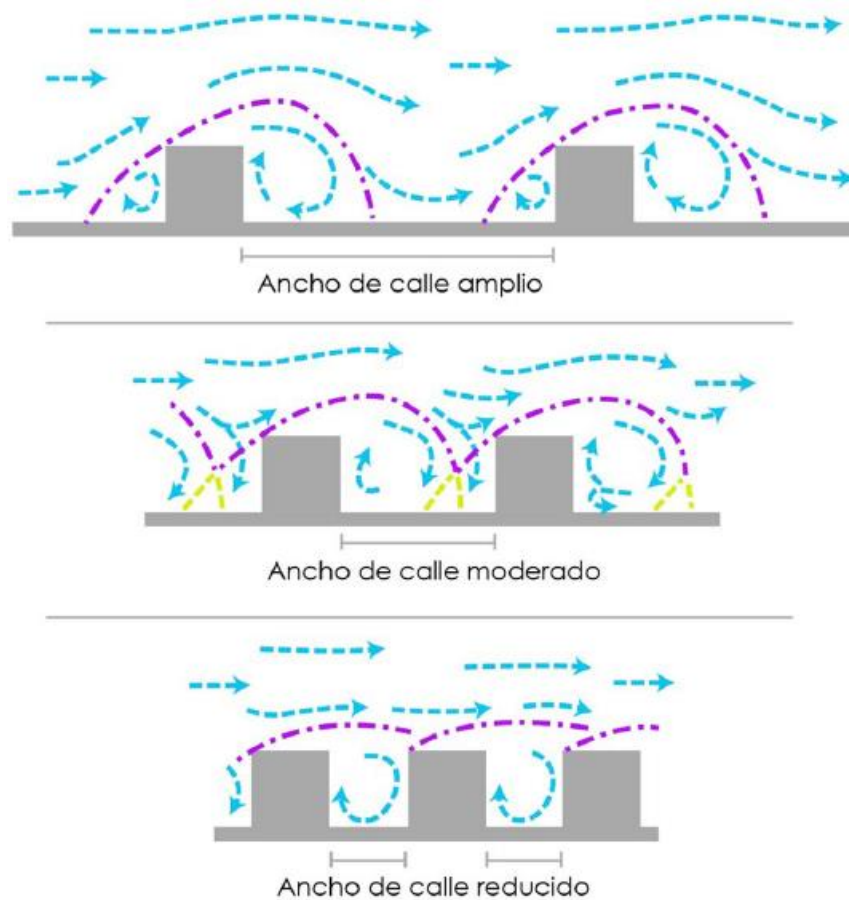


Figura 6. Efecto del viento en vialidades formando "Cañón Urbano" (Hernández, Cárdenas, Peña, & Villaseñor, 2015).

Mas sin embargo las calles estrechas y los edificios altos son algunas características específicas de tejidos urbanos en climas cálidos. Esta configuración proporciona más sombra en comparación con calles más anchas. Debido a que los edificios están unidos, su sombra depende del cañón de la calle, orientaciones, anchos, alturas y ángulos solares (Ramyar. R, Zarghamib. E, & Bryanta. M, 2019).

Estos estudios han demostrado que determinadas características morfológicas, principalmente la geometría y orientación de los espacios abiertos, influyen

condiciones más que otras, ya que estas determinan el grado de exposición a la radiación solar. La radiación solar ha sido considerada como uno de los aspectos más importantes en la planificación y el diseño sensibles al clima, especialmente dado que la temperatura media radiante tiene un efecto significativo en la temperatura comodidad de los seres humanos, particularmente en las tierras áridas calientes donde el verano la sombra y la calefacción en invierno mediante una planificación adaptada al clima es esencial.

El acceso solar se define como la proporción del área de un edificio fachada o de un espacio abierto, que está expuesto al sol durante un tiempo definido en el período de calefacción, o sombreado en los períodos cálidos del año. Está representado tanto por la geometría como por la orientación de un edificio o de un espacio abierto y, por lo tanto, actúa como un indicador para la planificación urbana sensible al clima. Un método para evaluar la extensión del acceso solar es examinando la relación de altura / ancho (H / W) y la exposición solar se pueden utilizar para evaluar el alcance de planificación urbana y diseño arquitectónico sensibles al clima (Peeters, 2016).

3.10 Pavimento

El efecto UHI, que es causado en parte por pavimentos que absorben y almacenan más calor que la vegetación natural, puede representar un grave problema en las zonas urbanas. Esto se ve agravado aún más por la forma urbana densa que restringe el flujo natural del viento, disminuyendo así la velocidad del viento y aumento de la temperatura del aire (Sen. S & Roesler. J, 2016).

Las propiedades del asfalto varían ampliamente, dependiendo de factores como la capacidad de vacío y contenido de la mezcla. Sin embargo, se ha confirmado ampliamente que los pavimentos asfálticos contribuyen a la UHI.

La mayoría de los estudios se centran en el albedo, la densidad, la permeabilidad y retención de agua de la capa superior del pavimento porque estas propiedades se ha demostrado que tienen una fuerte influencia en el pavimento temperatura de la superficie. Sin embargo, la estructura y el propósito de un pavimento afectará las estrategias de mitigación utilizadas. Por lo tanto, es importante comprender toda la estructura del pavimento para evaluar adecuadamente la viabilidad de las estrategias de mitigación de UHI.

Los pavimentos se clasifican en flexibles o rígidos y se componen de varias capas. El pavimento flexible tiene una superficie de desgaste, típicamente asfalto, colocada sobre una base y luego una sub base. Juntas, estas tres capas y sub capas forman la estructura del pavimento que se asienta sobre la subrasante. El pavimento rígido generalmente tiene una capa gruesa de hormigón que se asienta sobre una sub base y luego la subrasante. Un pavimento rígido puede dejar el hormigón expuesto como la superficie de desgaste o puede revestirse con una fina capa de asfalto. Los pavimentos flexibles están diseñados para desviarse bajo cargas como deformaciones horizontales de tracción y compresión que se producen en las capas del pavimento. Los pavimentos rígidos tienen una alta flexión fuerza y distribuye la carga sobre un área más amplia del pavimento. Por tanto, los pavimentos rígidos no transfieren la deformación de las capas.

Se han desarrollado muchas medidas a lo largo del tiempo, y algunas de las medidas clave se describen en esta revisión. Estos incluyen el diseño de pavimentos fríos aumentando el albedo de las superficies y haciéndolas más reflectantes, permeables, poroso y retentivo de agua; la mayor utilización de verde se encontró que el pavimento de cemento Portland puede ser más fresco debido al hecho de que es un mineral que atrae en lugar de repeler el agua, a diferencia del aglutinante de asfalto a base de aceite. El agua tiene un efecto de enfriamiento pasivo sobre el pavimento, que se debe principalmente a la evaporación.

Se ha encontrado que las propiedades térmicas del hormigón asfáltico es un factor que contribuye fuertemente al efecto UHI en las ciudades. Existe una necesidad constante de reducir los efectos del UHI, debido al efecto adverso que tiene sobre la habitabilidad, el bienestar y la salud en entornos urbanos. La naturaleza en constante expansión de las ciudades y el mayor uso de sustancias duras que absorben el calor contribución significativa a la UHI. Varias medidas de mitigación se han propuesto dentro de la literatura, que incluyen reflexiones pavimentos, pavimentos evaporativos, haciendo que el medio ambiente más ecológico y aprovechando los efectos refrescantes del viento y el agua.

cuadro 1 Resumen de tipos de pavimentos fríos (Qin. Y, 2015)

Modificaciones	Técnicas frescas	Categoría	Construcción
Absorción	Reducir la absorción de calor reflejando la radiación solar del cielo.	<ul style="list-style-type: none"> • Pavimento asfáltico reflectante. • Pavimento hormigón reflectante. 	Tratamientos superficiales o Reconstrucción.
Evaporación	Que la superficie sea reflectante en el clima cálido y absorbente con el tiempo frío. Aumentar después de la liberación de calor.	<ul style="list-style-type: none"> • Pavimento termocrómico con pigmentos reflectantes. • Pavimento poroso, pavimento permeable • Pavimento que retiene el agua 	Reconstrucción
Almacenamiento	Extraer el calor de la compactación y reducir la	<ul style="list-style-type: none"> • Pavimento recolector de calor. 	Reconstrucción de

temperatura de superficie.	• Cambio de fase del pavimento. impregnado de material y alto
Reducir la temperatura de la superficie aumentando el calor de la conductividad.	Pavimento conductor.

Se están investigando muchos métodos y se están realizando más estudios necesarios para estas medidas en todas las estaciones del año, para garantizar que se encuentre la mejor solución posible para la mitigación de la UHI. El mayor problema con respecto a la UHI es que las condiciones no son idénticas en todos los entornos urbanos. Las ciudades de todo el mundo son muy diferentes, y se deben encontrar soluciones que cumplan y superen las necesidades de cada ciudad individual en todo el mundo (Mohajerani, A, Bakaric, J, & Jeffrey-Bailey, T, 2017).

3.11 Albedo

En general, el proceso de transición de un pueblo a una ciudad implica la sustitución de superficies naturales (por ejemplo, tierras agrícolas y bosques) con superficies impermeables (por ejemplo, cemento y asfalto). Los cambios de albedo pueden ser interpretado como una remoción natural de la cubierta terrestre (generalmente áreas con vegetación), y en el siguiente intervalo de tiempo, uno de los nuevos cambios puede ser nuevas áreas de construcción (De Oliveira, M et al., 2019; Michele Laurentino de Oliveira & Brito, 2019).

El albedo es la medida de la energía de irradiación, que proviene del entorno reflectante. La ubicación, el tiempo, la geometría y las condiciones climáticas

influyen en el valor del albedo. Al alterar cualquiera de los parámetros antes mencionados, aunque sea un poco, el valor del albedo cambia (Hesan. Z, Furkan. S, Olindo. I, & Miro. Z, 2019). El albedo de superficie está directamente relacionado con las características de los materiales de la superficie de la Tierra, lo que la convierte en una herramienta útil de parámetro para evaluar los efectos del reemplazo de la cubierta original del suelo debido a la ocupación humana (De Oliveira. T, Rangel. T, Amorim. L, Carlos. D, & De Souza. J, 2018).

Los materiales del pavimento en el área urbana tienen un efecto significativo sobre las diferencias de temperatura diurnas en el entorno urbano. Se informa que un alto albedo de pavimento urbano reduce la intensidad de UHI durante el día, pero no afecta las temperaturas nocturnas (Gültena. A et al., 2016). El albedo de un pavimento está determinado por el color de su superficie y su rugosidad (Ferraria, Kubilayb, Deromec, & Carmeliet, 2019).

Uno de los métodos de mitigación de UHI es el aumento del albedo, sin embargo, si se amplía solo esta estrategia puede afectar localmente el confort térmico humano. Un estudio realizado en Phoenix Arizona encontró que el aumento de la radiación reflejada, los pavimentos reflectantes aumentaron el estrés térmico de peatones dentro del cañón urbano considerablemente, mientras que otros pavimentos no causaron este efecto adverso (Yang. J et al., 2016).

Esto se debe a que las radiaciones solares son recibidas por los elementos del distrito, se reflejan en los materiales de alto albedo que producen un aumento en la temperatura radiante que siente el peatón. Un valor alto de SVF (factor de vista del cielo) conduce a un aumento de radiante de la temperatura especialmente durante las horas soleadas. Por lo tanto, para crear una isla fresca urbana se propone mejorar el confort térmico al aire libre, ambiente de bajo SVF.

Los resultados han demostrado claramente que las variantes blancas provocan molestias externas adicionales. En consecuencia, es importante combinar variantes blancas con otros escenarios como azul y verde para obtener una

solución adecuada y contrarrestar los efectos radiantes de los materiales de alto albedo. El uso de materiales de alto albedo es crítico y debe optimizarse ya que los modelos basados en el reemplazo de material de bajo albedo por materiales de mayor albedo produjeron un efecto contradictorio al aumentar la temperatura radiante. Por lo tanto, el uso de albedo alto no se recomiendan en los espacios donde la actividad de los peatones es importante (Fahed. J, Kinab. E, Ginestet. S, & Adolphe. L, 2019).

3.12 Consecuencias

Posiblemente, la variación en la distribución de la temperatura sea el cambio más significativo generado por la urbanización. Este elemento del clima de la ciudad afecta el desempeño de las personas en sus actividades diarias y agrava los problemas relacionados con la calidad ambiental. Pero tal proceso de calentamiento en la parte baja de la atmósfera tiene impactos en la humedad atmosférica, las condiciones de confort humano, la estabilidad atmosférica que permite el desarrollo de nubes profundas, y por lo tanto en la ocurrencia de eventos de lluvia intensa o en la falta de ellos (De Lima. G & Magaña. V, 2018).

En términos de impactos en la salud de UHI, la mayoría de los problemas de salud e incidentes fatales ocurren durante épocas de temperaturas extremas. En particular, las personas con enfermedades preexistentes, especialmente enfermedades cardiovasculares y respiratorias, se ven afectadas con mayor frecuencia (Al-Amin, 2017).

La acción combinada de urbanización (cambio de uso del suelo) y el aumento de las emisiones vehiculares intensifica el efecto de isla de calor urbano (UHI) en muchas ciudades de los países desarrollados. El calentamiento urbano (UHI) aumenta las enfermedades relacionadas con el estrés por calor y el ozono (O_3) debido a una reacción fotoquímica. A un que la intensidad de UHI depende de la

velocidad del viento, la dirección del viento y el flujo solar, las propiedades termodinámicas de los materiales de la superficie pueden acelerar los perfiles de temperatura a escala local. Este mecanismo modifica la estructura de la capa límite atmosférica (ABL) y la altura de mezcla en las regiones urbanas (Ayc, a Gültena, 2016).

El aumento de temperatura en las ciudades provoca que se utilice sistemas de enfriamiento. Sin embargo, el aumento de calor antropogénico por sistemas de enfriamiento es relevante solo en verano. El uso de aire acondicionado con temperaturas bajas del punto de ajuste de enfriamiento puede causar un aumento de la intensidad UHI (Salvati. A, Monti. P, Coch. H, & Cecere. C, 2019).

Aparte de los sistemas de calefacción natural en las zonas urbanas, las emisiones de calor de fuentes antropogénicas como el sector del transporte, la calefacción interior, el aire acondicionado y otras actividades domésticas desempeñan un papel importante en el aumento de los perfiles de temperatura local (Arthur H. Rosenfeld, 1995). Esto contribuye a la contaminación del aire por otro lado. La contaminación del aire, especialmente por aerosoles, puede reducir la radiación solar de onda corta que llega al espacio urbano, desempeñando un papel en aliviar los efectos de UHI. Sin embargo, en algunas situaciones específicas, los aerosoles pueden, por el contrario, mejorar la absorción de ondas largas, la radiación solar, aumentando el calor urbano en gran magnitud y provocando efectos de UHI agravados. Los gases de efecto invernadero pueden promover más radiación solar de onda larga para llegar a las ciudades, lo que intensifica los efectos del UHI. Además, las variaciones de la contaminación del aire son responsable de los efectos estacionales sobre el fenómeno UHI. También, cuanto más árida es la ciudad, más intensos son los impactos agravados. En general, la construcción irrazonable de ciudades conducirá a la pérdida de agua de lluvia y la fuerza del viento para penetrar el espacio urbano, en consecuencia, fortalecerá los efectos de UHI (He, 2018).

El riesgo de calor urbano aumentará, no obstante, porque la temperatura climatológica de fondo está aumentando (calentamiento de GEI). El calentamiento de GEI y UHI son aditivos. Aumentar la vulnerabilidad, como el envejecimiento de la población y un mayor número de personas con enfermedades crónicas que aumentan su susceptibilidad (Lei Zhao, 2018).

IV MATERIALES Y METODOS

Área de estudio.

El municipio de Torreón se localiza en la parte oeste del sur del estado de Coahuila, en las coordenadas 103°26 '33" longitud oeste y 25°32 '40" latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte y al este con el municipio de Matamoros; al sur y al oeste con el estado de Durango. Se localiza a una distancia aproximada de 265 kilómetros de la capital del estado.



Extensión

Cuenta con una superficie de 1,947.70 kilómetros cuadrados, que representan el 1.29% del total de la superficie del estado.

Orografía

Física y geográficamente está conformado por una planicie semidesértica con un clima caluroso y un alto grado de aridez. Esta planicie con grandes llanuras resacas, bolsones y valles muy extensos, cuenta con pocas prominencias orográficas, pero que tienen mucha importancia no obstante que son sierras y cerros de mediana elevación.

Hidrografía

El río Aguanaval entra por el sur del municipio, desplazándose hasta el oeste, sirviendo como límite estatal entre Coahuila y Durango.

El río Nazas-Aguanal se localiza en el norte del municipio y también llega a servir como límite con el estado de Durango; este río se emplea para irrigar a la zona agrícola más importante de la entidad.

cuadro 2 Uso de suelo y vegetación

Uso de suelo	Agricultura (15%) y zona urbana (5%)
Vegetación	Matorral (77.8%), pastizal (2%) y bosque (0.2%)
	Otros: mezquite, pinabete, huizache, palmas y gobernadora. (Coahuila, Mayo, 2021)

cuadro 3 Estaciones meteorológicas

Estación		
Ubicación	Calle Carr. a San Pedro km 9, Aeropuerto Internacional Francisco Sarabia Tinoco, Torreón, Coah. 25°33'56.3"N 103°24'19.4"W	Autopista Durango - Gómez Palacio Km., 34319 Dgo. 24°07'27.1"N 104°31'40.9"W
Uso de suelo	Agricultura (15%) y zona urbana (5%)	Agricultura (11.1%), zona urbana (0.9%) y no aplicable (0.1%)
Clima	Rango de temperatura 14 – 22°C Rango de precipitación 100 – 400 mm Muy seco semicálido (89%) y seco templado (11%)	Rango de temperatura 08 – 22°C Rango de precipitación 400 – 1200 mm Semiseco templado (35.4%). semicálido subhúmedo con lluvias en verano

Vegetación	Matorral (77.8%), pastizal (2%) y bosque (0.2%) Otros; mezquite, pinabete, huizache, palmas y gobernadora.	Bosque (59.4%), pastizal (19.6%), matorral (8.4%) y selva (0.1%)
-------------------	---	--

Los datos fueron obtenidos de la página meteored la cual toma sus datos de la siguiente forma; utilizando los datos de estaciones meteorológicas en superficie, globos meteorológicos (globos aerostáticos que eleva instrumentos a la atmósfera para suministrar información) e imágenes de Satélite Geoestacionario Operacional Ambiental (GOES) . Se hace un análisis inicial y un diagnóstico de los patrones atmosféricos que dominan dentro de la región dada. Las variables que se analizan principalmente son la presión atmosférica, vientos, humedad y temperatura.

Una vez teniendo clara la situación inicial de la atmósfera, el meteorólogo recurre a Modelos de Predicción Numérica (NWP, por sus siglas en inglés), estos se ejecutan en supercomputadoras y proporcionan predicciones sobre variables atmosféricas como la temperatura, presión, humedad, lluvia, viento, etc.

Los meteorólogos analizan y examinan cómo los datos previstos por los modelos en la computadora interactúan para producir un estimado de lo que podría ocurrir en el estado del tiempo, en plazos inmediatos, cortos, medianos y largos. Una técnica eficaz es comparar las condiciones iniciales de la atmósfera observadas con lo que el modelo ve, y así hacer ajustes y modificaciones al pronóstico para hacerlo más preciso (Palma. J, Marzo, 2020).

Después de obtener los datos diarios del año 2015 hasta el 2020 (excepto por el 2016 el cual no se registró por a una falla del sistema) de las dos

estaciones meteorológicas, se obtuvo la temperatura media de cada mes en tres horarios matutino (1:40 aproximadamente), vespertino (12:40 aproximadamente.) y nocturno (22:40 aproximadamente), utilizando al siguiente formula:

$$\text{Media aritmética} = \frac{\sum_1^N x_i}{N} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_n}{N}$$

X: Donde x es el valor de la observación i

N: Donde representa el número total de observaciones.

Posteriormente en una tabla se registraron los resultados finales de los 12 meses de cada año, donde se pudo obtener:

- el aumento de temperatura de la ciudad de Torreón de los últimos 6 años según la estación meteorológica
- Las diferencias de temperatura entre la estación meteorológica de Torreón y Durango del año 2015 y 2020, así como el mes, la estación del año y el horario.

V RESULTADOS

Tabla 1 Temperatura media de cada mes, en horario matutino (M), vespertino (V) y nocturno (N), de Torreón y Durango

Año	Estacion	Invierno								
		Enero			Febrero			Marzo		
		M	V	N	M	V	N	M	V	N
2015	Durango	14.29	5.48	18.84	15.68	5.11	21.36	16.06	6.23	20.90
	Torreón	15.58	10.03	18.61	18.93	10.57	23.04	20.71	17.16	23.71
2017	Durango	15.00	3.26	20.84	16.93	3.54	23.11	19.42	5.48	23.74
	Torreón	20.87	11.61	25.00	22.96	12.96	27.57	26.23	15.87	29.48
2018	Durango	13.97	0.84	20.81	16.50	6.84	21.29	21.87	6.06	26.48
	Torreón	17.77	8.81	28.16	24.50	16.89	27.71	27.00	16.94	29.16
2019	Durango	14.52	3.03	20.26	18.07	5.54	23.54	20.84	5.29	26.23
	Torreón	19.23	10.48	22.97	23.86	14.00	28.36	25.71	15.90	29.52
2020	Durango	13.55	2.45	18.81	16.48	5.14	22.45	21.61	8.87	26.03
	Torreón	18.68	11.42	22.55	21.86	13.07	25.69	28.29	19.13	31.65

Tabla 2 Temperatura media de cada mes, en horario matutino (M), vespertino (V) y nocturno (N), de Torreón y Durango

Primavera											
Abril			Mayo			Junio			Julio		
M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N
21.00	8.43	25.53	23.74	11.77	27.84	21.23	15.07	24.57	32.23	24.00	34.35
27.10	18.80	29.83	30.87	21.84	33.90	30.37	23.17	32.67	19.90	14.26	24.45
22.20	7.30	27.43	24.97	10.61	29.48	26.73	14.87	30.70	20.55	14.61	23.45
30.07	19.23	32.97	32.58	22.32	35.35	34.63	24.70	36.23	31.26	24.26	32.65
23.03	8.50	27.53	25.16	12.58	29.71	23.07	15.33	27.00	20.42	13.16	24.23
29.63	19.03	31.60	33.23	23.58	36.03	32.70	24.57	35.50	31.16	23.29	32.71
21.47	7.57	26.20	24.16	10.52	28.68	24.83	14.97	28.67	20.10	13.84	24.32
28.37	17.83	32.60	32.87	22.42	35.84	32.77	24.40	35.47	32.26	24.06	34.94
17.63	9.30	29.03	13.03	12.58	29.03	21.03	15.33	24.93	18.35	15.39	24.90
30.03	20.23	33.77	32.29	23.23	35.29	32.90	24.40	34.90	31.06	24.35	33.48

Tabla 3 Temperatura media de cada mes, en horario matutino (M), vespertino (V) y nocturno (N), de Torreón y Durango

Verano						Otoño								
Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N
22.00	13.65	26.52	21.10	13.33	26.43	18.68	10.13	23.74	17.80	6.67	24.43	13.74	3.23	20.55
32.81	24.06	35.23	31.17	22.83	33.63	27.29	19.65	30.26	23.97	16.43	27.90	20.19	11.52	23.68
21.19	14.87	24.16	18.37	13.83	22.03	17.77	10.13	24.16	16.43	3.20	24.97	13.45	4.68	18.97
31.13	23.87	32.74	28.57	22.37	31.53	27.06	19.03	29.94	23.73	14.17	28.20	17.23	11.19	20.84
20.81	13.29	25.29	18.40	13.80	22.30	17.68	10.77	22.55	14.70	4.07	21.23	12.29	1.35	18.61
31.71	24.16	34.29	27.03	21.33	29.43	23.61	17.90	26.55	19.47	12.07	24.50	16.97	10.26	20.17
20.87	14.10	24.65	18.23	12.70	22.47	18.97	9.68	24.90	16.27	7.53	22.23	14.23	1.65	21.35
33.74	25.06	35.97	29.73	23.07	32.57	27.29	19.42	30.65	22.33	16.13	26.43	19.65	11.68	23.90
24.65	14.16	26.87	18.43	13.27	23.23	18.16	5.84	26.58	16.33	4.67	23.77	12.13	0.61	20.52
33.19	24.16	35.23	28.07	20.93	31.03	27.23	17.00	31.61	22.87	13.90	27.03	17.19	8.71	21.94

Posteriormente se tomaron las temperaturas únicamente de la estación de Torreón, obteniendo la diferencia de temperatura, restando el segundo número por el primero $N_2 - N_1$ y así obtener el aumento de temperatura de la ciudad en los últimos años.

Tabla 4 Aumento de temperatura de la estación de Torreón de los últimos 6 años

Temperatura	2015	2020	Aumento
Matutina	25.94	26.97	1.03
Vesperina	18.34	18.38	0.04
Nocturna	28.9	30.35	1.45

Según los resultados obtenidos el aumento de temperatura de los últimos 6 años fue mayor en el turno nocturno.

De acuerdo a las tablas uno, dos y tres se obtuvieron la media anual de los últimos 6 años.

Tabla 5 Aumento de la temperatura de la Cd. de Torreón en comparación con la Cd. de Durango.

2015		Diferencia	Aumento
Durango	17.33	7.07	1.08
Torreón	24.39		
2020		8.15	
Durango	17.09		
Torreón	25.23		

Posteriormente se obtuvo la diferencia de temperatura por horario de los 12 meses del 2015 y 2020 de ambas estaciones, restando el primer número por el segundo, señalando también cuando comienza cada estación del año y cuando finaliza.

Tabla 6 Diferencia de temperatura entre Torreón y Durango.

Año	Estacion	Invierno								
		Enero			Febrero			Marzo		
		M	V	N	M	V	N	M	V	N
2015	Durango	14.29	5.48	18.84	15.68	5.11	21.36	16.06	6.23	20.90
	Torreón	15.58	10.03	18.61	18.93	10.57	23.04	20.71	17.16	23.71
2020	Durango	13.55	2.45	18.81	16.48	5.14	22.45	21.61	8.87	26.03
	Torreón	18.68	11.42	22.55	21.86	13.07	25.69	28.29	19.13	31.65

Tabla 7 Diferencia de temperatura entre Torreón y Durango.

Primavera								
Abril			Mayo			Junio		
M	V	N	M	V	N	M	V	N
21.00	8.43	25.53	23.74	11.77	27.84	21.23	15.07	24.57
27.10	18.80	29.83	30.87	21.84	33.90	30.37	23.17	32.67
17.63	9.30	29.03	13.03	12.58	29.03	21.03	15.33	24.93
30.03	20.23	33.77	32.29	23.23	35.29	32.90	24.40	34.90

Tabla 8 Diferencia de temperatura entre Torreón y Durango.

Verano								
Julio			Agosto			Septiembre		
M	V	N	M	V	N	M	V	N
32.23	24.00	34.35	22.00	13.65	26.52	21.10	13.33	26.43
19.90	14.26	24.45	32.81	24.06	35.23	31.17	22.83	33.63
18.35	15.39	24.90	24.65	14.16	26.87	18.43	13.27	23.23
31.06	24.35	33.48	33.19	24.16	35.23	28.07	20.93	31.03

Tabla 9 Diferencia de temperatura entre Torreón y Durango.

Otoño								
Octubre			Noviembre			Diciembre		
M	V	N	M	V	N	M	V	N
18.68	10.13	23.74	17.80	6.67	24.43	13.74	3.23	20.55
27.29	19.65	30.26	23.97	16.43	27.90	20.19	11.52	23.68
18.16	5.84	26.58	16.33	4.67	23.77	12.13	0.61	20.52
27.23	17.00	31.61	22.87	13.90	27.03	17.19	8.71	21.94

Después se obtuvo la media de los 12 meses de los años 2015 y 2020 de ambas estaciones, esto para poder observar la diferencia de temperatura y posteriormente determinar en qué estación del año aumento más el calor en los últimos años

Tabla 10 Mes y estación del año con la temperatura más alta

Mes	2014/2015	2019/2020	Diferencia	Estacion del año
Diciembre	3.93	6.58	2.65	invierno
Enero	1.87	5.95	4.08	
Febrero	3.46	5.52	2.06	
Marzo	8.37	7.85	-0.52	primavera
Abril	6.92	9.36	2.44	
Mayo	7.75	12.06	4.31	verano
Junio	5.06	9.33	4.27	
Julio	10.66	10.08	-0.58	
Agosto	9.98	8.97	-1.01	otoño
Septiembre	9.00	7.67	-1.33	
Octubre	8.22	8.42	0.2	
Noviembre	6.47	6.34	-0.13	
Diciembre	5.61	5.39	-0.22	

Por último, se calculó la media de los seis años de cada horario de la estación de Torreón y Durango para saber en qué horario aumento más la temperatura en la ciudad de Torren en relación con Durango

Tabla 11 Horario donde aumento más la temperatura en los últimos 6 años

Turno	M	V	N
Durango	18.84	8.99	24.25
Torreón	26.74	18.41	29.97
Resultados	7.9	9.42	5.72

Los resultados obtenidos indican que la temperatura de Torreon comparada con la de Durango aumenta mas en el horario vespertion que en el noctruno.

Mientras que los resusltados de la comparacion echa unicamente de la estacion de Torreon del 2015 y 2020 muestra un aumento de temeratura mas alto en el horario nocturno que en el vepsetino.

VI DISCUSIÓN

Según la literatura el calor atmosférico de las islas de calor urbano se expresa mejor en condiciones tranquilas y despejadas en la noche cuando se maximizan las diferencias de enfriamiento radiativo entre zonas urbanas y rurales circundantes.

Esto explica el aumento de temperatura de la estación de Torreón, donde el aumento mayor fue en el horario nocturno, sin embargo, la literatura también indica que una isla de calor urbana, se refiere al exceso de calidez del ambiente urbano en comparación con el entorno no urbanizado. Al hacer la comparación de temperaturas con otra estación, la más cercana que se encontró fue la estación de la Cd. de Durango, la cual indico que el mayor aumento sucedió en el turno vespertino y no en nocturno como lo muestra la estación de Torreón, esto podría de verse según la literatura, a que la formación de UHI durante el día es impulsada en gran medida por un calor más sensible (ósea que va aumentando por la intensidad del sol) y menos calor latente debido a la reducción de espacios verdes que son los que ayudan a regular la temperatura con la evaporación y transpiración, esto además de que Durango tiene una altitud de 1,890 metros y Torreón 1,120 metros, con una diferencia de 770 metros, como bien se sabe a mayor altura la presión y temperatura disminuyen por lo tanto Durango es más fresco, por esta razón aunque la estación de Torreón indique que a medio día no existe un aumento considerable siendo esta hora en que menos se siente calor, comprada con Durango, donde en esta hora la sensación térmica se siente más alta. En otras palabras, la radiación que incide sobre la ciudad de Torreón es más fuerte que la de Durango por la diferencia de altitud, y la falta de vegetación, lo más probable es que el fenómeno suceda en el horario matutino ya que fue el segundo resultado con mas alta temperatura y el cual no se ve influenciado por la radiación solar entrante, lo mismo pasa con la estación del año, según los

resultados nos dice que el calor aumenta más en primavera, aunque la literatura indica que debería ser en verano puesto que la intensidad del UHI está determinada principalmente por el albedo de la superficie, la evaporación reducida y la cantidad de radiación solar entrante.

Esto se puede explicar por la precipitación que existe en Torreón, ya que la lluvia cae alrededor del 21 de mayo al 25 de octubre ósea la mayor parte es en la estación de verano (junio-septiembre), y sus meses de sequía son 25 de octubre al 21 de mayo, esto quiere decir que primavera es la estación más calorosa realizado en comparación con Durango, lo que quiere decir que el aumento de temperatura que se presenta en primavera es más proporcionado por factores naturales como la diferencia de altitud de ambas estaciones, la precipitación de lluvias en diferentes tiempos y la diferencia de vegetación.

Así que por esta razón se podría decir que no hay fenómeno de isla de calor en primavera y si existe, es mínimo, lo que si puede suceder es que se dé en invierno, ya que fue la segunda estación del año, donde se elevó más la temperatura y según la literatura, en invierno con sus bajas temperaturas y poca radiación solar, la intensidad del UHI está determinada por la contaminación térmica antropogénica.

En cuanto al aumento de temperatura, entre ambas estaciones meteorológicas, (Durango-Torreón), de los últimos seis años, se puede observar que existe una diferencia de + 1.08°C, para el área de la ciudad de Torreón.

VII CONCLUSIÓN

La falta de estaciones meteorológicas en México dificulta la investigación del fenómeno de islas de calor por lo cual solo se puede hacer una estimación aproximada de dicho fenómeno. Según los resultados y la literatura en las ciudades áridas el fenómeno se presenta en las noches sobre todo en invierno, aunque los primeros resultados arrojan que, el fenómeno se presentó en más en primavera y en el horario vespertino, en la ciudad de Torreón, esto más que nada se puede ver influenciado por condiciones naturales y en dado caso por la falta de vegetación. Por otro lado, los segundos resultados, se ven más afectados por la contaminación antropogénica, y la falta de vegetación por lo tanto se podría decir que la isla de calor se aprecia más en invierno y en el horario matutino, lo anterior se puede verificar por las lecturas que fueron tomadas en el horario de la 1:40 am aproximadamente.

La razón de la toma de lectura a esa hora se debió a que eran menos variables las horas de registro de las estaciones meteorológicas, algo importante para conocer en que horario se presenta más la isla de calor y poder conocer las causas que la pudieran estar ocasionando, así como posibles formas de mitigación.

Respecto a su mitigación se tendría que utilizar una estrategia de aumento de albedo utilizando colores más claros y un aumento de vegetación para que sea más efectivo ya que si solo se utiliza el albedo puede tener un efecto contrario se aumentaría la temperatura radiante, por lo tanto se vería afectado el confort de las personas, en cambio sí solo se utiliza el aumento de vegetación sería igual o más beneficioso, solo que en una ciudad como Torreón donde las lluvias son escasas y el agua es poca habría problemas para mantener la vegetación, así que lo ideal sería utilizar un aumento de albedo combinado con un aumento de

vegetación, en cuanto al tipo de vegetación de preferencia se recomienda utilizar árboles de hojas perenes, de preferencia de hojas de color oscuro, de amplio diámetro, y mayor densidad de copa o una mezcla de diferentes especies para crear una especie de vegetación multicapas.

VIII. LITERATURA CITADA

- a, R. C. E., & , Y. M. (2017). *Monitoring surface urban heat island formation in a tropical mountain city using Landsat data (1987–2015)*.
- Aflaki. A, Mirnezhad. M, Ghaffarianhoseini. A, Ghaffarianhoseini. A, Omrany. H, Zhi-HuaWang, & Akbari f. H. (2016). *Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong*.
- Ahmed. R, Leung. D, & Chunho. L. (2008). *A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island*.
- Akbar. A, Mousavi. S, & Torabzadeh. H. (2020). *Long-term changes of surface albedo and vegetation indices in north of Iran*.
- Al-Amin, W. L. F. L. E. I. V. O. E. a. A. Q. (2017). *An Evidence-Based Review of Impacts, Strategies and Tools to Mitigate Urban Heat Islands*.
- Ali. J, Marsh. S, & Smith. M. (2016). *Modelling the spatiotemporal change of canopy urban heat islands*.
- Allegrini. J, & Carmeliet. J. (2017). *Coupled CFD and building energy simulations for studying the impacts of building height topology and buoyancy on local urban microclimates*.
- Arthur H. Rosenfeld, H. A., Sarah Bretz, Beth L. Fishman, Dan M. Kurn, David Sailor, Haider Taha. (1995). *Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates*.
- Arthur. H, Rosenfeld, Akbari. H, Bretz. S, Beth. L, Fishman, . . . Taha. H. (1995). *Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates*.

- Ayc, a Gültena, U. Teoman Aksoy b, Hakan F. Öztop. (2016). *Influence of trees on heat island potential in an urban canyon.*
- Ballinas. M, & Barradas. V. (2016). *The Urban Tree as a Tool to Mitigate the Urban Heat Island in Mexico City: A Simple Phenomenological Model.*
- Barradas, M. B. a. V. L. (2016). *The Urban Tree as a Tool to Mitigate the Urban Heat Island in Mexico City: A Simple Phenomenological Model.*
- Bokaie. M, Kheirkhah. M, Daneshkar. P, & Hosseini. A. (2016). *Assessment of Urban Heat Island Based on the Relationship between Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover in Tehran.*
- Bokwa. A, Geleti. J, Lehnert. M, Žuvela-Aloise. M, Hollósi. B, Gál. T, . . . Garaj. M. (2019). *Heat load assessment in Central European cities using an urban climate model and observational monitoring data.*
- Cardoso, R. d. S., & Amorim, M. C. d. C. T. (2018). *Urban heat island analysis using the 'local climate zone' scheme in Presidente Prudente, Brazil.*
- Coahuila, E. d. (Mayo, 2021). Datos municipales.
- Chapman. S, Thatcher. M, Salazar. A, Watson. J, & Mcalpine. C. (2018). *The Effect of Urban Density and Vegetation Cover on the Heat Island of a Subtropical City.*
- De la Luz. G, Hernández. A, Castro. M, García. J, & Zuri. I. (2015). *Estudio de condiciones y requerimientos para regular edificaciones con criterio de bioclimatismo en la ciudad de Leon, Gto. .*
- De Lima. G, & Magaña. V. (2018). *The urban growth of the metropolitan area of Sao Paulo and its impact on the climate.*
- De Oliveira. M, Alves. I, De Brito. J, Cunha. L, Rochele. V, & Costa. H. (2019). *Urban growth dynamics based on surface Albedo changes in Petrolina, Brazil.*

- De Oliveira. T, Rangel. T, Amorim. L, Carlos. D, & De Souza. J. (2018). *Surface albedo in different land-use and cover types in Amazon forest region.*
- De Oliveira. T, Rangel. T, Amorim. L, Gaio. D, & De Souza. J. (2018). *Surface albedo in different land-use and cover types in Amazon forest region.*
- De Wekker. S, Kossmann. M, Knierim. J, Ethan. L, Gutmann. D, & Zardi. D. (2018). *Meteorological Applications Benefiting from an Improved Understanding of Atmospheric Exchange Processes over Mountains.*
- De Wekker. S, Kossmann. M, Knierim. J, Giovannini. L, Gutmann. E, & Zardi. D. (2018). *Meteorological Applications Benefiting from an Improved Understanding of Atmospheric Exchange Processes over Mountains.*
- Dos Santos. R, Margarete. C, De Costa. C, & Amorim. T. (2018). *Urban heat island analysis using the 'local climate zone' scheme in Presidente Prudente, Brazil.*
- Du. H, Wang. D, Wang. Y, Zhao. X, Qin. F, Jiang. H, & Cai. Y. (2016). *Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration.*
- Fahed. J, Kinab. E, Ginestet. S, & Adolphe. L. (2019). *Impact of urban heat island mitigation measures on microclimate and pedestrian comfort in a dense urban district of Lebanon.*
- Ferraria, A., Kubilayb, A., Deromec, D., & Carmeliet, J. (2019). *The use of permeable and reflective pavements as a potential strategy for urban heat island mitigation.*
- Gaur. A, Kalev. M, Slobodan. P, & Simonovic. (2018). *Analysis and modelling of surface Urban Heat Island in 20 Canadian cities under climate and land-cover change.*
- Gu. K, Fang. Y, Qian. Z, Sun. Z, & Wang. A. (2020). *Spatial planning for urban ventilation corridors by urban climatology.*
- Gültena. A, Teoman. U, & Öztop. H. (2016). *Influence of trees on heat island potential in an urban canyon.*

- Gunawardena, K. R., , M. J. W., & , T. K. (2017). *Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity.*
- Gunawardena. K.R, Wells. M.J, & Kershaw. T. (2017). *Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity.*
- Gupta. S, Ram. J, & Singh. H. (2018). *Comparative Study of Transpiration in Cooling Effect of Tree Species in the Atmosphere.*
- He, B.-J. (2018). *Potentials of meteorological characteristics and synoptic conditions to mitigate urban heat island effects.*
- Hernández, A. G. d. I. L. A., Cárdenas, A. M. E. C., Peña, L. J. P. G., & Villaseñor, A. P. I. Z. J. (2015). *estudio de condiciones y requerimientos para regular edificaciones con criterio de bioclimatismo en la ciudad de Leon, Gto. .*
- Hesan. Z, Furkan. S, Olindo. I, & Miro. Z. (2019). *A comprehensive albedo model for solar energy applications: Geometric spectral albedo.*
- Hongbo Zhao, H. Z., & , C. M., Xinyue Ye and Min Min (2018). *Linking Heat Source–Sink Landscape Patterns with Analysis of Urban Heat Islands: Study on the Fast-Growing Zhengzhou City in Central China.*
- Hongyu Du, D. W., Yuanyuan Wang, Xiaolei Zhao, Fei Qin, Hong Jiang, Yongli Cai *. (2016). *Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration.*
- Howard. L. (1833). *The Climate of London By Luke Howard* (G. Mills Ed. IAUC 2006 ed.).
- Hua. Y, Houc. M, Jiad. G, Zhaob. C, Zhenb. X, & Xue. Y. (2019). *Comparison of surface and canopy urban heat islands within megacities of eastern China.*
- Khorasani, A. A. S. S. M. M. G. H. T. (2020). *Long-term changes of surface albedo and vegetation indices*

in north of Iran.

Kotharkar. R, & Surawar. M. (2016). *Land Use, Land Cover, and Population Density Impact on the Formation of Canopy Urban Heat Islands through Traverse Survey in the Nagpur Urban Area, India.*

Leal. W, Echevarria. L, Neht. A, Klavins. M, & Morgan. E. (2017). *Coping with the impacts of Urban Heat Islands A literature based study on understanding urban heat vulnerability and the need for resilience in cities in a global climate change context.*

Leal. W, Echevarria. L, Omeche. V, & Quasem. A. (2017). *An Evidence-Based Review of Impacts, Strategies and Tools to Mitigate Urban Heat Islands.*

Lei Zhao, M. O., Qing Zhu, JaneWBaldwin, Kristie L Ebi, Elie Bou-Zeid, Kaiyu Guan and Xu Liu. (2018). *Interactions between urban heat islands and heat waves.*

Liao. W, Liu. X, Dan, Luo. M, Wang. D, Wang. S, . . . Yang. X. (2018). *Stronger Contributions of Urbanization to Heat Wave Trends in Wet Climates.*

Liu. Y, Fang. X, Xu. Y, Zhang. S, & Luan. Q. (2017). *Assessment of surface urban heat island across China's three main urban agglomerations.*

M. Santamouris, L. D., Fiorito, Oldfield, Paul Osmond, R. Paolini, D. Prasad, A. Synnefa. (2016). *Passive and active cooling for the outdoor built environment – Analysis*

and assessment of the cooling potential of mitigation technologies using performance data from 220 large scale projects.

Mayumi. C, Lucas. L, & Souto. D. (2018). *THIS – Tool for Heat Island Simulation: A GIS extension model to calculate urban heat island intensity based on urban geometry.*

Michele Laurentino de Oliveira, I. A. A. R., John Elton de Brito Leite Cunha,, & Brito, R. S. V. a. H. C. d. (2019). *Urban growth dynamics based on surface Albedo changes in*

Petrolina, Brazil.

- Miles. V, & Esau. I. (2017). *Seasonal and Spatial Characteristics of Urban Heat Islands (UHIs) in Northern West Siberian Cities.*
- Mohajerani. A, Bakaric. J, & Jeffrey-Bailey. T. (2017). *The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete.*
- Mohammad A. Rahman, A. M., Thomas Rötzer, Stephan Pauleit. (2017). *Within canopy temperature differences and cooling ability of Tilia cordata trees grown in urban conditions.*
- Mohammad A. Rahman, L. M. F. S., Astrid Moser-Reischl, Teresa, & Zölch, K.-H. H., Thomas Rötzer, Hans Pretzsch, Stephan Pauleit. (2019). *Traits of trees for cooling urban heat islands: a meta-analysis.*
- Mohammad. A, Rahman, Laura. M, Stratopoulos, Moser-Reischl. A, Zölch. T, . . . Pauleit. S. (2019). *Traits of trees for cooling urban heat islands: a meta-analysis.*
- Mohammad. A, Rahman, Moser. A, Rötzer. T, & Pauleit. S. (2017). *Within canopy temperature differences and cooling ability of Tilia cordata trees grown in urban conditions.*
- Oke, T. R., & University of British Columbia, V., B.C. (1976). *The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands.*
- OKE. By. T. R. (1980). *The energetic basis of the urban heat island.*
- Oke. T.R, University of British Columbia, & Vancouver. B.C. (1976). *The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands.*
- P. Ramamurthy, a. E. B.-Z. (2016). *Heat waves and urban heat islands: A comparative analysis of multiple cities.*
- Palma. J. (Marzo, 2020). El trabajo de un meteorólogo operativo. doi: <https://www.meteored.mx/noticias/actualidad/el-trabajo-de-un-meteorologo-operativo.html>

- Peeters, A. (2016). *A GIS-based method for modeling urban-climate parameters using automated recognition of shadows cast by buildings.*
- Qin. Y. (2015). *A review on the development of cool pavement to mitigate urban heat island effect.*
- Ramamurthy, & Bou-Zeid. (2017). *Heatwaves and urban heat islands: A comparative analysis of multiple cities.*
- Ramamurthy. P, & Bou-Zeid. E. (2016). *Heat waves and urban heat islands: A comparative analysis of multiple cities.*
- Ramyar. R, Zarghamib. E, & Bryanta. M. (2019). *Spatio-temporal planning of urban neighborhoods in the context of global climate change: Lessons for urban form design in Tehran, Iran.*
- Ramyara. R, Zarghamib. E, & Bryant. M. (2019). *Spatio-temporal planning of urban neighborhoods in the context of global climate change: Lessons for urban form design in Tehran, Iran.*
- Ranagalage. M, Dissanayake, Murayama. Y, Zhang. X, Estoque. R, Perera, & Morimoto. T. (2018). *Quantifying Surface Urban Heat Island Formation in the World Heritage Tropical Mountain City of Sri Lanka.*
- Ranhao Sun, Y. L., Xiaojun Yang, Liding Chen. (2018). *Understanding the variability of urban heat islands from local background climate and urbanization.*
- Ronald. C, Estoque. A, & Yuji. M. (2017). *Monitoring surface urban heat island formation in a tropical mountain city using Landsat data (1987–2015).*
- S. K. Gupta¹, J. R., Hukum Singh³. (2018). *Comparative Study of Transpiration in Cooling Effect of Tree Species in the Atmosphere.*
- Sahar Sodoudi, H. Z., Xiaoli Chi, Felix, & Müller, H. L. (2018). *The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort.*

- Salvati. A, Monti. P, Coch. H, & Cecere. C. (2018). *Climatic performance of urban textures: Analysis tools for a Mediterranean urban context.*
- Salvati. A, Monti. P, Coch. H, & Cecere. C. (2019). *Climatic performance of urban textures: Analysis tools for a Mediterranean urban context.*
- Santamouris. M, Ding. L, Fiorito, Oldfield, Osmond. Paul, Paolini. R, . . . Synnefa. A. (2016). *Passive and active cooling for the outdoor built environment – Analysis and assessment of the cooling potential of mitigation technologies using performance data from 220 large scale projects.*
- Scott. A, Waugh. D, & Zaitchik. B. (2018). *Reduced Urban Heat Island intensity under warmer conditions.*
- Schuster. A, Burghardt. M, Alfarhan. A, Bueno. A, Hedrich. R, Leide. J, . . . Riederer. M. (2016). *Effectiveness of cuticular transpiration barriers in a desert plant at controlling water loss at high temperatures*
- Sen. S, & Roesler. J. (2016). *Coupled Pavement-Urban Canyon Model for Assessing Cool Pavements.*
- Serafin. S, Adler. B, Cuxart. J, De Wekker. S, Gohm. A, Grisogono. B, . . . Zardi. D. (2018). *Exchange Processes in the Atmospheric Boundary Layer Over Mountainous Terrain.*
- Serra. J, Marques. R, & Santos. (2018). *Spatiotemporal impact of land use/land cover changes on urban heat islands: A case study of Paço do Lumiar, Brazil.*
- Sodoudi. S, Zhang. H, Chi. X, Müller. F, & Li. H. (2018). *The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort.*
- Stephan F. J. De Wekker , M. K., Jason C. Knierim³, Lorenzo Giovannini , & Zardi, E. D. G. a. D. (2018). *Meteorological Applications Benefiting from an Improved Understanding of Atmospheric Exchange Processes over Mountains.*
- Sun. R, & Chen. L. (2017). *Effects of green space dynamics on urban heat islands: Mitigation and diversification.*

- Sun. R, Lü. Y, Yang. X, & Chen. Y. (2018). *Understanding the variability of urban heat islands from local background climate and urbanization.*
- Surawar, R. K. a. M. (2016). *Land Use, Land Cover, and Population Density Impact on the Formation of Canopy Urban Heat Islands through Traverse Survey in the Nagpur Urban Area, India.*
- Voogta. J.A, & Oke. T.R. (2003). *Thermal remote sensing of urban climates.*
- Wang. Z, Zhao. X, Yang. J, & Song. J. (2016). *Cooling and energy saving potentials of shade trees and urban lawns in a desert city.*
- Wanga, Y., & Akbari. H. (2016). *The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal.*
- Wanga. Z, Schaaf. C, Sunb. Q, Kimd. J, Erbb. A, Gaoe. F, . . . Papuga. S. (2017). *Monitoring land surface albedo and vegetation dynamics using high spatial and temporal resolution synthetic time series from Landsat and the MODIS BRDF/NBAR/albedo product.*
- Wen Zhou, F. C. a. G. W. (2019). *Effects of Spatial Pattern of Forest Vegetation on Urban Cooling in a Compact Megacity.*
- Wu. H, Wang. T, Riemer. N, Chen. P, Li. M, & Li. S. (2017). *Urban heat island impacted by fine particles in Nanjing, China.*
- Yang. J, Wang. Z, Kaloush. K, & Dylla. H. (2016). *Effect of pavement thermal properties on mitigating urban heat islands: A multi-scale modeling case study in Phoenix.*
- Yang. Q, Huang. X, & Jiayi. Li. (2017). *Assessing the relationship between surface urban heat islands and landscape patterns across climatic zones in China.*
- Yonghong Hua, b., , M. H., , G. J., *, , C. Z., , X. Z., & , Y. X. (2019). *Comparison of surface and canopy urban heat islands within megacities of eastern China.*

- Yupeng Wang, b., *, Hashem Akbari. (2016). *The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal.*
- Zarkesh, M. B. M. K., & Hosseini, P. D. A. A. (2016). *Assessment of Urban Heat Island Based on the Relationship between Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover in Tehran.*
- Zhao. H, Zhang. H, Miao. C, Ye. X, & Min. M. (2018). *Linking Heat Source–Sink Landscape Patterns with Analysis of Urban Heat Islands: Study on the Fast-Growing Zhengzhou City in Central China.*
- Zhao. L, Oppenheimer. M, Zhu. Q, Baldwin. J, Ebi. K, Bou-Zeid. E, . . . Liu. X. (2018). *Interactions between urban heat islands and heat waves.*
- Zhi-Hua Wang, X. Z., Jiachuan Yang, Jiyun Song. (2016). *Cooling and energy saving potentials of shade trees and urban lawns in a desert city.*
- Zhou, D., Zhang, L., Li, D., & Zhu, D. H. a. C. (2016). *Climate–vegetation control on the diurnal and seasonal variations of surface urban heat islands in China.*
- Zhou. D, Zhang. L, Li. D, Huang. D, & Zhu. C. (2016). *Climate–vegetation control on the diurnal and seasonal variations of surface urban heat islands in China.*
- Zhou. W, Coa. F, & Wang. G. (2019). *Effects of Spatial Pattern of Forest Vegetation on Urban Cooling in a Compact Megacity.*