



# La Isla de Calor Urbana en barrios de Arboledas, Puebla, México, un análisis de sus causas

Urban heat island in barrios de Arboledas neighborhoods of Puebla, Mexico: an analysis of its causes

CYNTHIA GONZÁLEZ MEZA

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México  
cynthia.gonzalezmeza1@alumno.buap.mx

GLORIA CAROLA SANTIAGO AZPIAZU

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México  
carola.azpiazu@correo.buap.mx

MARÍA LOURDES GUEVARA ROMERO

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México  
lourdes.guevara@correo.buap.mx

JULIA JUDITH MUNDO HERNÁNDEZ

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México  
julia.mundo@correo.buap.mx

**RESUMEN** Actualmente, la humanidad está viviendo momentos complicados en materia ambiental debido al cambio climático y a la Isla de Calor Urbana (ICU). Esta investigación se realiza en el fraccionamiento Barrios de Arboledas, Puebla, México, en el cual se pretende identificar las causas de la ICU a nivel barrial para el establecimiento de estrategias de mitigación basadas en el desarrollo de competencias para la sostenibilidad en los habitantes del fraccionamiento. Se partió del análisis del sitio para identificar, mediante encuestas y levantamientos fotográficos y geoespaciales, las causas y factores asociados a la ICU. Los resultados muestran que la contaminación del aire, el uso de materiales bajos en albedo, el desplazamiento de áreas verdes y el calor antropogénico, están presentes. Como estrategias de mitigación se implementaron programas gubernamentales para manejo de residuos, impartición de talleres y actividades socioculturales para la concientización ambiental.

Recibido: 16/03/2024  
Revisado: 19/09/2024  
Aceptado: 07/10/2024  
Publicado: 26/01/2026

**PALABRAS CLAVE** isla de calor urbana, educación ambiental, competencias para la sostenibilidad, estrategias de mitigación, barrios sostenibles

**ABSTRACT** Currently, humanity is facing complicated environmental challenges due to Climate Change and Urban Heat Island (UHI) effects. This research is conducted in the Barrios de Arboledas neighborhood in Puebla, Mexico. The aim is identifying the causes of UHI at the neighborhood level and developing mitigation strategies based on building sustainability competencies among residents. The study began with a site analysis to identify the causes and factors associated with UHI through residents' surveys and photographic and geospatial information. Results indicate that the presence of air pollution, the use of low-albedo materials, the reduction of green areas, and anthropogenic heat are causing UHI. As mitigation strategies, government programs for waste management were implemented, along with workshops and sociocultural activities to raise environmental awareness.

**KEYWORDS** urban heat island, environmental education, sustainability competencies, mitigation strategies, sustainable neighborhoods



**Cómo citar este artículo/How to cite this article:** González Meza, C., Santiago Azpiazu, G., Guevara Romero, M. y Mundo Hernández, J. (2025). La isla de calor urbana en barrios de Arboledas, Puebla, México, un análisis de sus causas. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 15(29), 52-65. <https://doi.org/10.18537/estv015.n029.a04>

## 1. Introducción

En los últimos 80 años la ciudad de Puebla, México, ha crecido de manera exponencial, el desarrollo urbano del territorio ha desplazado las áreas verdes por la construcción de infraestructura, zonas habitacionales, fraccionamientos, plazas comerciales y la demanda de energía eléctrica, alcantarillado y agua, lo que ha generado la Isla de Calor Urbana (ICU).

A finales de los años ochenta, al sur de la ciudad, se creó un proyecto habitacional que conformaba tres fraccionamientos: Arboledas de San Ignacio, Vista Alegre y Barrios de Arboledas. Con la llegada de estas urbanizaciones hubo un crecimiento en infraestructura y servicios públicos y privados, además de la construcción de otros fraccionamientos en la zona.

Barrios de Arboledas fue diseñado con un predominio de vialidades y edificaciones sobre áreas verdes, se visualizan materiales que contribuyen a la absorción de la radiación solar y el cambio de áreas permeables por impermeables. Además, se observa que algunas actividades cotidianas de los colonos contribuyen a la contaminación atmosférica. Todo esto generó cambios morfológicos en el sitio de estudio, desestabilizando la biodiversidad existente y causando problemas de salud en los habitantes.

En este estudio se observan e identifican las causas de la ICU a escala de barrio a partir del desarrollo de competencias para la sostenibilidad en los habitantes de Barrios de Arboledas - Puebla que contribuyan al establecimiento y apropiación de estrategias que mitiguen este fenómeno.

## 2. La Isla de Calor Urbana, un problema ambiental que requiere atención

El fenómeno de la ICU es actualmente un problema ambiental que está presente en las urbes de todo el mundo y que es importante atender por las afectaciones que provoca a la biodiversidad y a la salud del ser humano.

### 2.1. El origen de los impactos en el medio ambiente

La discusión científica respecto al evidente impacto del ser humano sobre el planeta Tierra inició en la Universidad de Princeton (1955) con la conferencia *El papel del hombre en el cambio de la faz de la Tierra*. Desde entonces, se estableció un giro en las investigaciones sobre la interacción entre el ser humano y su entorno natural basadas en estudios antropológicos y arqueológicos, en ellos se resaltó el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas. En 1987 el Programa Internacional

Geosfera-Biosfera (IGBP) impulsó un trabajo colaborativo sobre ciencias naturales entre varios países que aportó nuevos métodos científicos comparativos y mediciones sobre el cambio ambiental global (Arizpe, 2019).

En una exposición para el boletín informativo del IGBP (2000), fue presentado por primera vez el término "Antropoceno" por P. Crutzen y E. Stoermer (Arizpe, 2019); en él se menciona el impacto que tienen las actividades humanas en la Tierra y la atmósfera a nivel global, se resalta que el crecimiento poblacional y la urbanización han provocado el agotamiento de recursos naturales, la extinción de especies en las selvas tropicales, las emisiones de gases con efecto invernadero y la liberación de sustancias tóxicas al medio ambiente (Crutzen y Stoermer, 2000). Por su parte, Segovia (2017), se refiere al Antropoceno como "una época geológica que inicia cuando las actividades humanas empiezan a tener un impacto negativo en el equilibrio global y los ecosistemas" (p. 56) debido al uso excesivo de los recursos naturales que ha generado desastres ambientales.

### 2.2. La presencia de la Isla de Calor Urbana

El calentamiento de nuestro planeta es un hecho, de acuerdo con cifras de la COP26 (2021) y el (IPCC, 2023) la temperatura superficial global ha aumentado 1,1 °C entre 2011 y 2020 en comparación con el período 1850-1900, y se estima que llegará a 1,5 grados en 2032, con mayores incrementos sobre la superficie terrestre (1,59°C) que sobre el océano (0,88°C). Si no atendemos la generación de emisiones de gases con efecto invernadero (GEI<sup>1</sup>) para su reducción a nivel global, al menos 50% para el 2030, no se alcanzarán las emisiones netas cero (global net zero) en 2050, con el riesgo de llegar al valor crítico de dos grados centígrados (Arellano-Ramos et al., 2022).

Un fenómeno relacionado con el calentamiento global son las olas de calor, Rosas y Pérez (2024) mencionan que las altas temperaturas por períodos prolongados generan estrés y daños a la salud humana y los ecosistemas. De acuerdo con Chen et al. (2023), el calor urbano se ha convertido en un gran problema para los habitantes de las ciudades, su cuantificación se conoce como Isla de Calor Urbana (ICU) y debido a su incidencia, intensidad y cobertura, tiene efectos negativos en la salud humana, en los ecosistemas y en la calidad del aire.

La ICU también se define como la presencia de temperaturas del aire más altas en zonas urbanas y suburbanas que en las periferias. Este fenómeno detectado en ciudades de todo el mundo ha sido

<sup>1</sup> De acuerdo con el IPCC (2023), las concentraciones de GHGs se han incrementado rápidamente desde 1850. Las emisiones netas de GHG incluyen CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

Causas de la Isla de Calor Urbana							Causa identificada
1995	2008	2015	2016	2019	2020	2020	
Oke	Gartland	Tzoni	Lemus	Kelbaugh	Herbel	Cuesta	Incremento Retención Solar
Incremento de retención solar	Aumento de radiación neta			Mayor retención, menor apertura al cielo, menor ventilación natural			
Aumento de radiación de onda larga del cielo		Contaminación atmosférica					Contaminación del aire
Disminución de pérdida neta de radiación de onda larga		Geometría de calles y edificaciones		Mayor absorción y liberación retardada de calor solar por edificios y calles	Geometría urbana		Cañón Urbano
Calor antropogénico	Aumento de calor antropogénico	Producción de calor	Calor antropogénico	Calor residual por quema de combustibles	Calor antropogénico	Calor antropogénico	Calor Antropogénico
Mayor almacenamiento de calor sensible	Almacenamiento de calor	Materiales usados en la construcción	Poco albedo de los materiales	Mayor absorción superficies oscuras y geométricas atrapantes en edificios	Geometría urbana		Materiales de construcción bajos en albedo
Disminución de la evapotranspiración	Reducción en la evaporación	Desplazamiento de áreas verdes	Materiales impermeables impiden que la humedad disipe el calor del sol	Mayor proporción de radiación solar absorbida convertida en calor sensible	Características de las superficies urbanas	El proceso creciente de urbanización	Desplazamiento de áreas verdes
Disminución del transporte de calor turbulento total	Reducción de la convección	Convección urbana por el calentamiento de la ciudad			Geometría urbana		Reducción de la velocidad del viento
Mayor absorción de radiación de onda corta		Aportación de los gases de efecto invernadero y calentamiento global	Efecto invernadero			Radiación devuelta a la por reflexión en la capa de impurezas atmosféricas	Mayor absorción de Radiación de Onda Corta

Tabla 1: Causas de la Isla de Calor Urbana. (2024)

estudiado desde hace tiempo (Gartland, 2008) y se considera como un ejemplo de la modificación climatológica involuntaria, causada por el ser humano y el crecimiento de las ciudades (Oke et al., 2017).

El mecanismo de generación de la ICU se debe a los cambios en el balance energético superficial (Oke, 1995; Oke et al., 2017), este desequilibrio determina la transferencia y almacenamiento de la energía en el sistema urbano (calles, muros, techos, entre otros), y entre este y los elementos urbanos inmersos en su atmósfera (el ser humano y las edificaciones).

La primera investigación sobre la ICU fue realizada por el climatólogo inglés Luck Howard en 1818, en 1855 el climatólogo francés E. Renou evidenció un aumento de temperaturas en el centro de París. La ICU fue identificada en la ciudad de México en 1899 por el climatólogo Manuel Moreno y Anda (Jáuregui, 1993), en la ciudad de Puebla, en 1970, Günther Michael Gäb de la Universidad de Bonn, registró su presencia en el Centro Histórico (Tzoni, 2015). Posteriormente, Balderas, (1998); Tzoni, (2015) y Lemus, (2016), confirmaron su existencia, además de identificar un creciente aumento de la temperatura exterior al sur de la capital.

El crecimiento de la ciudad de Puebla ha sido acelerado, actualmente se extiende a otros municipios y a otro Estado constituyendo la denominada Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT), delimitada en el año 2000. En los últimos cincuenta años, la población de la ZMPT se incrementó cuatro veces y la superficie construida 6,5 veces (Balderas y Luyando, 2021). Se estima que la superficie urbana asciende actualmente a casi el 50% del territorio municipal, lo que implica un cambio importante de superficies permeables por impermeables (Tzoni, 2015) que favorecen dicho incremento.

Las alteraciones del clima en zonas urbanas son el resultado de los cambios en la morfología del territorio de la ZMPT y de las actividades antropogénicas. Ambas contribuyen a la generación de problemas ambientales como el Cambio Climático y fenómenos asociados, la Isla de Calor Urbana, entre ellos.

Como se mencionó anteriormente, en 1970 Gáb identificó la presencia de la ICU en el centro histórico de la ciudad de Puebla mediante recorridos de transectos urbanos. Veintiocho años después, Balderas (1998) utilizando el mismo método, además de confirmar su existencia, identifica un núcleo caliente en la colonia Jardines San Manuel. Para 2015 Tzoni corrobora, a través de imágenes satelitales, la presencia de la ICU superficial en el centro de la ciudad y otras zonas con temperaturas altas que estableció como de atención prioritaria, entre ellas Barrios de Arboledas. Un año después Lemus (2016) concluye mediante su estudio (transectos urbanos) que efectivamente en la ciudad de Puebla se define claramente la presencia de la ICU.

### **2.3. Causas de la Isla de Calor Urbana**

La Isla de Calor Urbana tiene su origen, entre otras causas, en los cambios de las propiedades térmicas y reflectivas de la infraestructura urbana, edificios, calles y aceras, que generan un incremento en la temperatura del aire. Para poder reducir los impactos negativos de la ICU en las personas y su entorno, como lo son el incremento del consumo de energía, daños y malestares a la salud humana, incremento de la contaminación y deterioro de la calidad del aire, deben analizarse las causas asociadas a ella.

Algunos autores han realizado estudios para identificar y entender dichas causas para plantear soluciones a corto y mediano plazos. A partir de un análisis bibliográfico se identificaron ocho causas que generan la ICU (Oke, 1995; Gartland, 2008; Tzoni, 2015; Lemus, 2016; Kelbaugh, 2019; Herbel, 2020 y Cuesta, 2020), el incremento de retención solar, la contaminación del aire, el cañón urbano, el calor antropogénico, el uso de materiales de construcción bajos en albedo, el desplazamiento de áreas verdes, la reducción de la velocidad del viento y una mayor absorción de radiación de onda corta (Tabla 1).

En la Tabla 1 se muestra que el calor antropogénico y el desplazamiento de áreas verdes son dos causas que se identifican claramente en la bibliografía. El calor antropogénico resulta de las actividades humanas en las urbes y modifica el balance energético por los patrones de uso y consumo de la energía. La segunda causa, ocasiona una reducción en la evapotranspiración al existir un predominio de superficies impermeables (edificaciones y vialidades) sobre las superficies permeables, afectando la regulación de los microclimas locales.

Otra causa reconocida es el uso de materiales bajos en albedo, estos materiales tienen una mayor capacidad calorífica y térmica que les permite almacenar el calor en las edificaciones. Algunos autores consideran que tiene una relación con la

geometría urbana (cañón urbano) por la radiación que queda atrapada en las construcciones al ser reflejada varias veces en los edificios y vialidades, esto ocasiona el aumento de la temperatura del aire.

El cañón urbano y la reducción de la velocidad del viento son otras dos causas vinculadas, ya que ambas resultan de la geometría de la traza urbana. En algunas ciudades la presencia de edificaciones altas y calles estrechas impide que el calor se disperse, quedando atrapado debido al bloqueo del libre flujo de aire.

Las tres últimas causas: incremento de la retención solar, contaminación del aire y mayor absorción de radiación de onda corta, se asocian a ciertos gases presentes en la atmósfera que impiden reflejar la radiación y queda atrapada incrementando la temperatura ambiente.

### **2.4. Educación ambiental como agente de cambio**

Un aspecto clave para hacer frente a la crisis ambiental que se padece actualmente, sobre todo ante la preocupante presencia de las Islas de Calor Urbana, es la educación ambiental. Se le puede considerar como una estrategia ante la crisis ambiental que se vive actualmente. La formación de una conciencia ambiental se establece, a través de ella, como un proceso de aprendizaje que ayuda a comprender el deterioro ambiental y socio - histórico para sensibilizar al ser humano sobre su estilo de vida, el valor de los recursos naturales y con ello elevar el nivel de conocimiento e información (Matos y Flores, 2016).

La UNESCO (2017) plantea una Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) con el propósito de que las generaciones presentes y futuras, sean capaces de tomar decisiones conscientes y actuar responsablemente ante la integridad ambiental, la viabilidad económica y la justicia social. Este organismo establece que para llegar a una ciudadanía sostenible se necesita adquirir competencias clave en el marco contextual de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 y la educación ambiental orientada a la sostenibilidad (Murga, 2018).

Se considera que el ser humano es el principal responsable de los problemas ambientales, por ello debe trabajarse de manera más cercana con la sociedad y en nichos más pequeños, es decir, a nivel barrial. La creación de organismos que atiendan esta escala constituye mecanismos para el acceso a programas para el desarrollo sostenible que actúan como promotores del cambio hacia conductas más responsables con el medio ambiente.

### 3. Metodología

La metodología utilizada en este estudio es un método mixto basado en el proceso de recolección, análisis y conexión de datos cuantitativos y cualitativos para sustentar el problema planteado (Hernández-Sampier y Mendoza, 2018). Este método integra sistemáticamente la información obtenida para obtener una imagen más completa de la situación analizada.

El proceso metodológico se abordó en cuatro apartados, en el primero toma relevancia la mirada de diferentes autores que abordan el origen del impacto en el medio ambiente, la presencia de la isla de calor y sus causas, así como la educación ambiental como agente de cambio, lo que fue la base para conocer las diferentes acepciones acerca del objeto de estudio.

En el segundo apartado se presentan los resultados, iniciando con las características de la población, nivel socioeconómico y tipos de vivienda del fraccionamiento Barrios de Arboledas ubicado al sur de la ciudad de Puebla. También se discute la importancia del uso de materiales de construcción bajos en albedo porque son una alternativa para absorber la radiación solar, así como de datos de áreas permeables e impermeables y de la importancia de la disminución de áreas verdes en el fraccionamiento.

Posteriormente se muestran datos sobre el calor antropogénico y su contribución al aumento de la temperatura ambiental, por lo que, para determinar las actividades antropogénicas asociadas a la ICU, se aplicaron dos tipos de encuestas con opción múltiple y escala likert, la primera encuesta fue general sobre actividades antropogénicas y sobre movilidad dentro del fraccionamiento, muestra fue de 56 personas, la segunda aborda actividades antropogénicas de energía eléctrica y gas, también sobre la movilidad a lugares cercanos a Barrios de Arboledas y sobre el consumo de productos y generación de residuos, muestra de 25 casas.

En la tercera etapa se presenta la conclusión de la investigación donde se resalta la importancia de mostrar las causas relacionadas con los factores que dan origen a dichas causas. Entender las causas y factores que generan la ICU en Barrios de Arboledas permite determinar las estrategias de mitigación más adecuadas. Como eje transversal se realizaron acercamientos con los habitantes del barrio con base en la investigación-acción participativa (IAP) de (Fals, 2009) que parte del establecimiento de canales de comunicación con los colonos, la Mesa Directiva y el Ayuntamiento Municipal para el envío de información a través de WhatsApp y la página web del fraccionamiento.

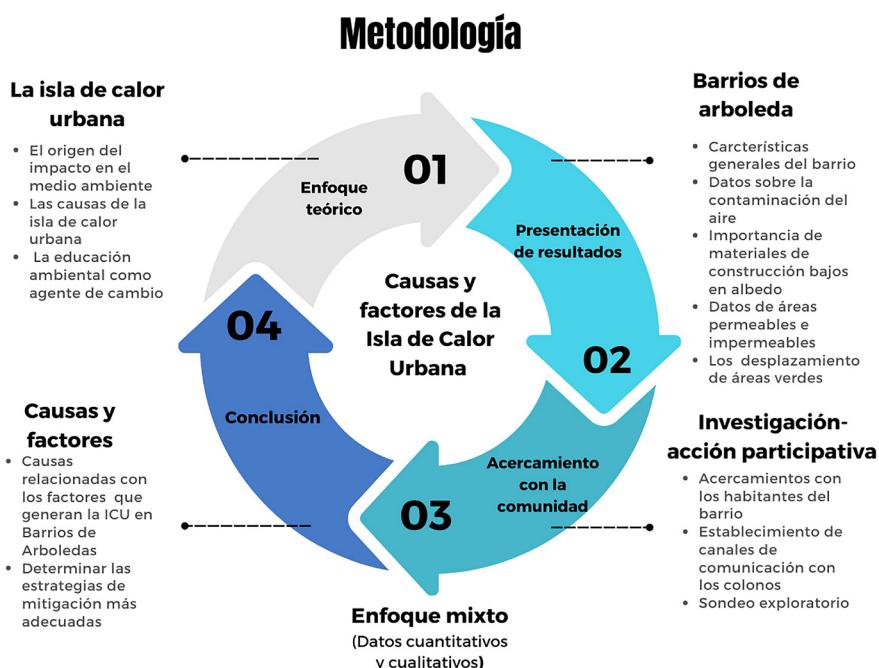
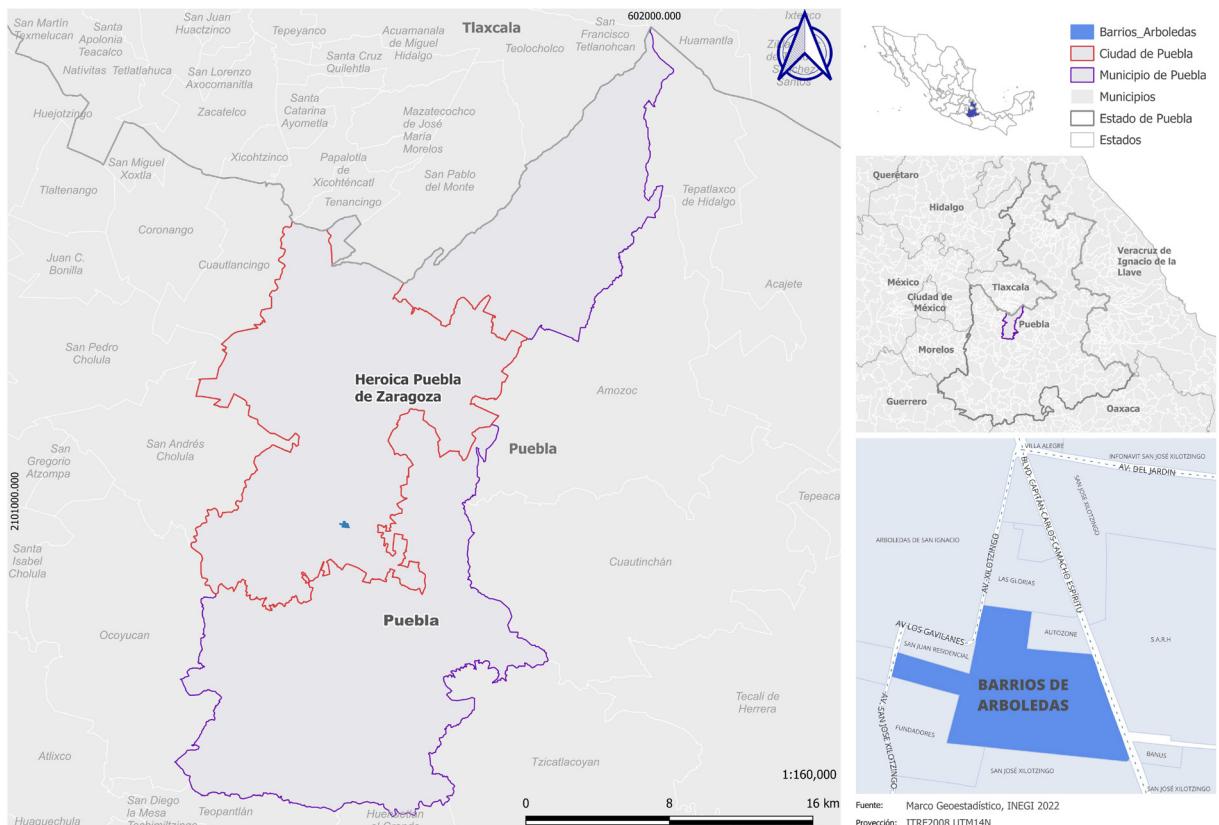


Figura 1: Proceso metodológico. (2024)



**Figura 2: Localización de la zona de estudio.** Autoras en base al Marco Geoestadístico, INEGI (2022)

Además, se conformó el Comité para el Desarrollo Sostenible. Finalmente, en el cuarto apartado se abordan las conclusiones donde se presentan las causas relacionadas con factores que generan la ICU en el barrio de Arboledas, lo que ayudó a determinar las estrategias de mitigación.

#### 4. Resultados

La presente investigación se llevó a cabo en el fraccionamiento Barrios de Arboledas ubicado al sur de la ciudad de Puebla, México, próximo a la junta auxiliar de San Francisco Teotimihuacán. Actualmente colinda al oriente con el Boulevard Capitán Carlos Camacho Espíritu, una de las vialidades primarias más importantes de la urbe (Figura 2).

El fraccionamiento surgió entre 1979 y 1981; tiene una superficie de 105 966,47 m<sup>2</sup>, con un total de 341 terrenos, 315 ya edificados y con 327 viviendas unifamiliares (dos niveles), estas cifras corresponden al 92,38% de la superficie total. El fraccionamiento solo cuenta con tres áreas verdes que ascienden a 6 784,60 m<sup>2</sup>, equivalente a 6,40% de su superficie total. A través de un levantamiento en campo y el Censo Poblacional y de Vivienda 2020 se estimó una población aproximada de 889 habitantes y de acuerdo con la Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI), el nivel socioeconómico promedio es "C+", al cumplir con más del 69% de jefes de familia con estudios mínimos de preparatoria, más del 53% tienen tres dormitorios en sus viviendas, el 13% con al menos dos computadoras y el 98% con internet.

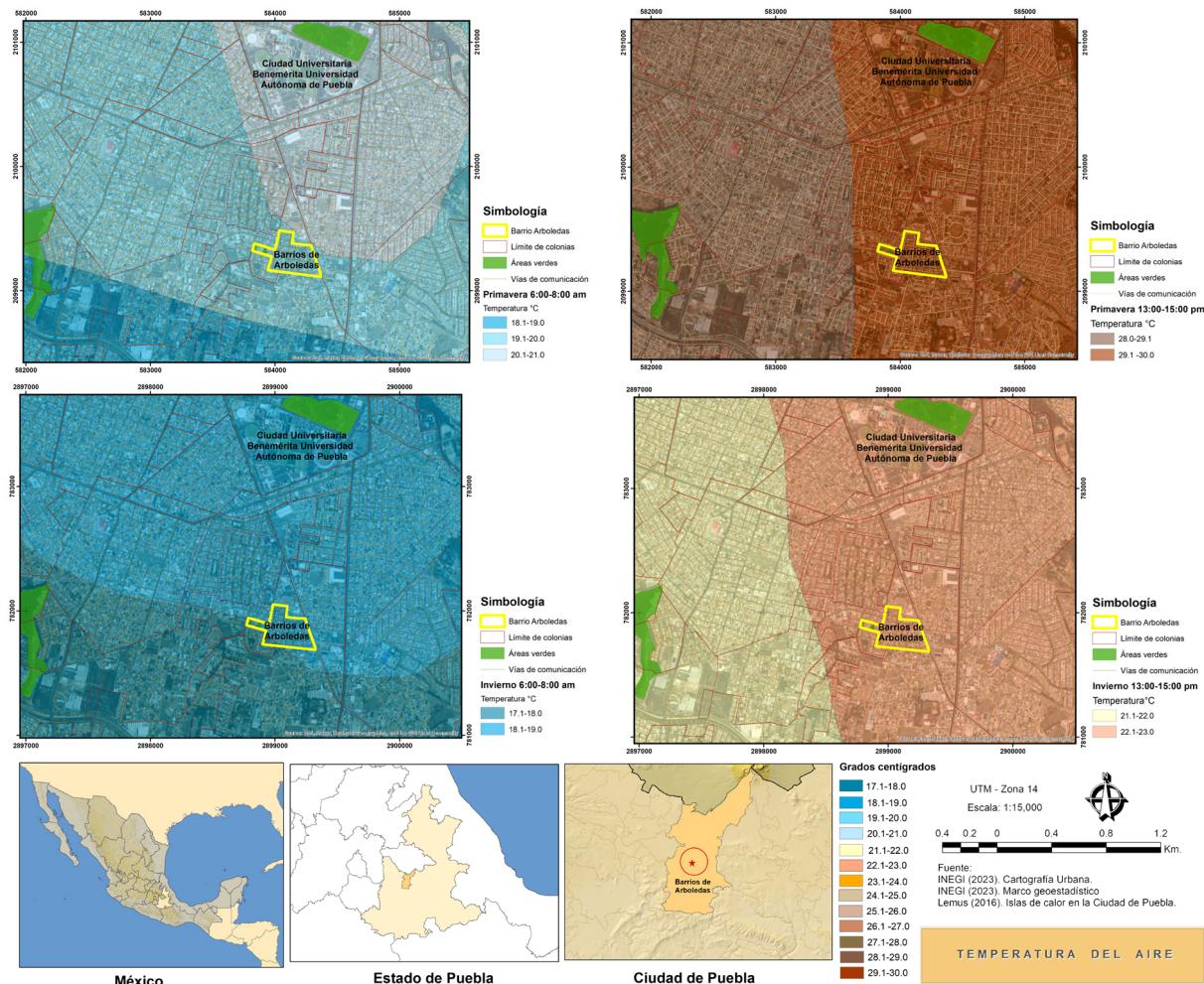


Figura 3: Temperatura del aire. (2024)

A partir de los estudios sobre la isla de calor superficial de Tzoni (2015), se identificaron en la ciudad de Puebla 168 colonias como zonas con altas temperaturas, entre ellas el fraccionamiento Barrios de Arboledas. A través de la plataforma Landsat OIL TIRS y fotografías satelitales, estableció zonas de atención prioritaria correspondientes a las áreas más densificadas de la mancha urbana de la ciudad. En el estudio también se determina que aproximadamente el 33% de la ciudad requiere intervención.

Por otra parte, Lemus (2016) en su estudio sobre la evolución de la temperatura del aire estableció, mediante el método de transeptos, un incremento de dicha temperatura en la ciudad de Puebla. Además, encontró que había diferencias entre el medio urbano y el medio rural que van desde 1,8 °C en primavera hasta 2,4 °C en invierno, en la zona suroeste, y 0,8 °C en primavera hasta 1,1 °C en otoño para la zona sureste. Estos valores corresponden a la intensidad de la isla de calor.

En el fraccionamiento Barrios de Arboledas se realizó un análisis con base en Lemus (2016) de la temperatura del aire en dos períodos, primavera e invierno. En el mes de abril (primavera) se presentan temperaturas entre 18°-21°C, mientras en enero (invierno) oscilan entre los 17°-19°C, en un horario de 6:00 a 8:00 am. Por otro lado, entre las 13:00 y 15:00 horas, los valores de la temperatura del aire en abril (primavera) son de 28°-30°C y en enero (invierno) de 21°-23°C. Derivado de lo anterior podemos comentar que la temperatura del aire varía al menos dos grados en cada período debido a la variación estacional en ambos períodos. También se identificaron diferentes rangos de temperatura en la zona donde se encuentra el fraccionamiento, como se muestra en la Figura 3.

Aunado a lo anterior, se realizó un estudio de la evolución de la temperatura del aire del 2006 al 2024, los datos fueron proporcionados por la Red Automática de Monitoreo Meteorológico (RAMM), del Departamento de Investigaciones

Arquitectónicas y Urbanísticas (DIAU) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), integrada por 24 estaciones ubicadas en los diferentes puntos de la ZMPT, las cuales registran las condiciones meteorológicas.

Específicamente se analizó información de la RAMM BUAP CU San Manuel, próxima al sitio de estudio, en funcionamiento hasta la fecha. En los resultados se muestran los datos normalizados de la evolución de la temperatura de enero de 2006 a junio de 2024, descartando dos años (2008 y 2021) por datos perdidos. Es importante considerar que por la pandemia de COVID-19, en el 2020, la BUAP cerró sus instalaciones y no se tuvo acceso a esta estación hasta noviembre de 2021. En la Figura 4 se observa un incremento en los valores de la temperatura mínima, media y máxima en 19 años. La temperatura mínima aumentó, en dicho periodo, 4,61°C, la media, 1,89°C y la máxima 1,94°C, estos datos confirman que las temperaturas mínimas se han incrementado significativamente, lo cual es una característica de la presencia de la ICU.

A continuación, se muestran los resultados que arrojó el análisis de cada una de las cuatro causas identificadas en el sitio de estudio.

#### 4.1. Contaminación del aire

De acuerdo con la SEMARNAT (2019), las actividades humanas han provocado índices negativos en la biodiversidad y en la salud del ser humano. Para controlar la contaminación atmosférica y evitar estos problemas las autoridades estatales y federales han establecido normativas y programas que regulan las emisiones y concentraciones de contaminantes atmosféricos a través de un sistema de monitoreo de calidad de aire que recaba datos para la evaluación de impacto y toma de decisiones (INECC, 2020). La evaluación de la calidad del aire y establecimiento de riesgos a la salud en la

población se realiza mediante el Índice de Calidad de Aire (ICA), a través de una escala de colores y números (SEDEMA, 2018).

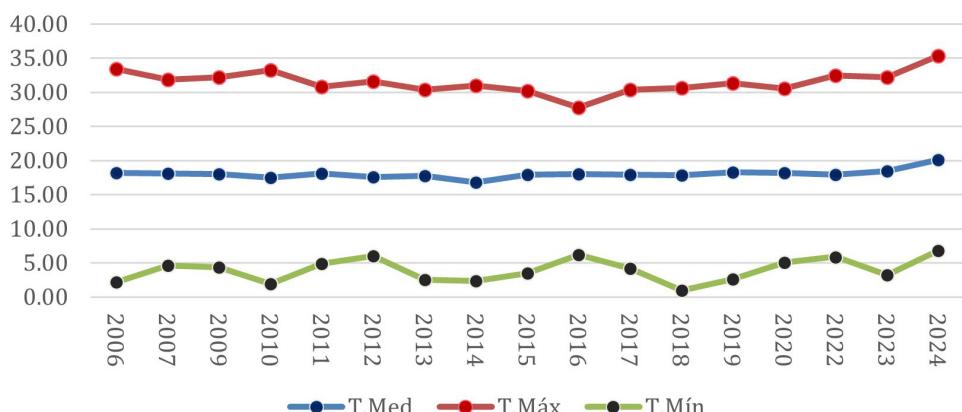
El estado de Puebla cuenta con la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA), a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Gobierno de Puebla. Está conformada por ocho estaciones, cuatro en la ciudad de Puebla, una en Coronango, una en Atlixco, una en San Martín Texmelucan y una en Tehuacán.

Cerca de la zona de estudio se encuentran las estaciones de Agua Santa (STA) y NINFAS (NIN), debido al alcance de las mediciones de calidad de aire se extrajo información de estas dos estaciones publicada en el Informe Nacional de la Calidad de Aire de 2014 a 2020. Los datos indican que el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) no presentan índices altos por lo que se considera la calidad de aire como "buena". En el caso del Ozono ( $\text{O}_3$ ) y principalmente las partículas suspendidas, muestran un incremento en sus índices de calidad del aire.

Las partículas suspendidas PM10 en ambas estaciones (NINFAS y Agua Santa) presentan un índice de calidad promedio "regular" entre 2015 y 2018. Es importante mencionar que, en el año 2020, debido a la pandemia, es posible que en la estación de Agua Santa haya sido difícil la recolección de datos o incluso muestren una mejora en la calidad de aire por la cuarentena. En la de NINFAS hay datos que indican una mejora en la calidad de aire de "mala" a "regular".

Las partículas suspendidas PM2.5 por su tamaño pueden ingresar a zonas profundas del sistema respiratorio y provocar un incremento en las afectaciones a nivel cardiovascular o pulmonar (SEMARNAT, 2019). Igual que con las PM10

Figura 4: Evolución de la temperatura máxima, media y mínima. Autoras en base de la RAMM BUAP CU San Manuel (2006 – 2024)



es difícil determinar si hay un incremento en la calidad de aire por el periodo de observación. Las PM2.5 no presentan un incremento importante en la calidad del aire, en su mayoría se registran días con "buena" calidad del aire.

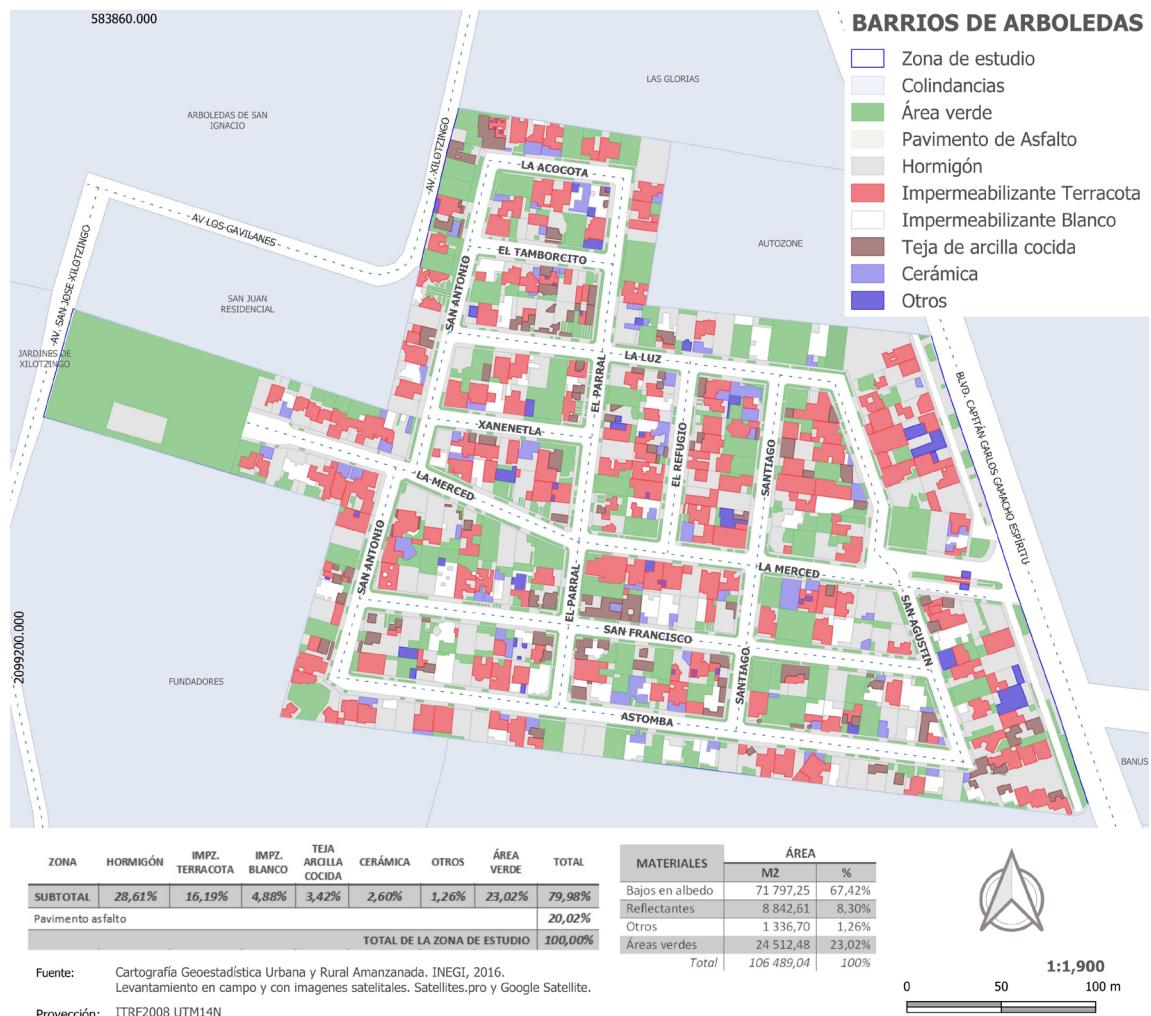
El ozono es un gas natural de la atmósfera que, al tener una reacción química entre la luz solar y otros gases, puede aumentar considerablemente convirtiéndose en un contaminante ambiental (SEMARNAT, 2019). Según la OMS (2021) este gas también puede ocasionar problemas cardiovasculares y respiratorios de gravedad al provocar infartos al miocardio o asma.

Según los registros, a partir del 2015 se ha incrementado su presencia afectando la calidad del aire de "buena" a "regular", disminuyéndola a partir de 2017 a "mala".

#### 4.2. Materiales de construcción bajos en albedo

Barrios de Arboledas se caracteriza por el predominio de superficies impermeables en vialidades y edificaciones (calles, banquetas, techos y muros) y por el uso de materiales bajos en albedo que absorben la radiación solar. Esto modifica la temperatura exterior por el incremento del calor cedido al aire durante la noche lo que provoca un aumento en el consumo energético, principalmente durante la temporada de altas temperaturas.

Figura 5: Caracterización de materiales en superficies horizontales. (2023)





### BARRIOS DE ARBOLEDAS

- █ Zona de estudio
- Colindancias
- █ Área Permeable
- █ Área Impermeable
- Área Impermeable (calles)



1:1,800

0 50 100 m

Fuente:

Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amazanada. INEGI, 2016.

Levantamiento en campo y con imágenes satelitales. Satellites.pro y Google Satellite.

Proyección: ITRF2008 UTM14N

Figura 6: Áreas permeables e impermeables. (2023)

Los materiales de construcción identificados en el fraccionamiento son de baja reflectancia en comparación con los materiales vegetales, por lo tanto, absorben calor. Los recorridos realizados confirman la utilización de materiales bajos en albedo (acerro, concreto, ladrillo, pinturas en tonos oscuros, entre otros), para la construcción, remodelación y mantenimiento de las viviendas. Algunos de estos materiales, usados principalmente en las envolventes, pueden aumentar la temperatura del aire, tener mayor conductividad térmica y capacidad calorífica, por la propiedad emisiva térmica y reflectancia solar que contribuyen a absorber la radiación solar y no a reflectarla.

Para identificar los materiales utilizados en superficies horizontales (azoteas, vialidades, banquetas y patios) de Barrios de Arboledas se realizó un levantamiento geoespacial a través de QGIS utilizando la Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amenazada (INEGI, 2016) con el apoyo de imágenes satelitales de Google Satellite (QGIS 3.32) y satélite Mapa del Mundo (OpenStreetMap, s. f.). En la Figura 5 se observa que los materiales predominantes en superficies horizontales son: el hormigón (28,61%), presente en azoteas sin impermeabilizar, banquetas y cocheras; pavimento de asfalto, en calles (20,02%) e impermeabilizante terracota, en azoteas (16,19%). Otros materiales identificados, pero menos utilizados son: la teja de arcilla

cocida y barnizada de color 3,42% y los cerámicos, entre otros. Solo en el 4,88 % de la superficie total de azoteas se usa impermeabilizante blanco, el material más recomendado por su alta reflectancia.

#### 4.3. Desplazamiento de áreas verdes

Con más de 40 años el fraccionamiento Barrios de Arboledas ha sufrido modificaciones en las viviendas y espacios de uso público existentes, vialidades, aceras, áreas verdes y acceso. El predominio de áreas impermeables sobre las permeables es evidente, a través de recorridos a pie se documentó la sustitución de las franjas verdes en algunas aceras, por hormigón. Estas alteraciones ocurren por la falta de un reglamento interno, algunos habitantes del fraccionamiento consideran las aceras como una extensión de su propiedad y esto los ha llevado a tomar decisiones, al margen de la Mesa Directiva, que disminuyen las escasas áreas permeables.

No solo han sido los habitantes de Barrios de Arboledas quienes han provocado el desplazamiento de áreas verdes, durante la construcción de la línea 3 del sistema RUTA (Red Urbana de Transporte Articulado), se utilizó la franja verde de la acera correspondiente al fraccionamiento para ampliar de dos a tres carriles el Boulevard Capitán Carlos Camacho Espíritu.

Para determinar el porcentaje de superficies permeables e impermeables y demostrar que existe un desplazamiento de áreas verdes se realizó un levantamiento geoespacial a través de QGIS utilizando la Cartografía Geoestadística Urbana y

Rural Amenazada (INEGI, 2016) con el apoyo de imágenes satelitales de Google Satellite (QGIS 3.32) y Satélite Mapa del Mundo (OpenStreetMap, n.d.). En la Figura 6 se puede apreciar un predominio de superficies impermeables que asciende al 76,98% sobre las superficies permeables que solo alcanzan el 23,02% de la superficie total. Más de la mitad, el 56,37%, del área total del fraccionamiento corresponde a banquetas y manzanas; una cuarta parte a las vialidades (20,02%) y la otra pertenece a las áreas permeables (23,02%).

También se aprecia que en algunas manzanas predominan las superficies impermeables sobre las permeables, casi el 80%. Entre ellas están las manzanas M01, M02, M03, M05, M15, M18 y M20, estas cuatro últimas se encuentran edificadas al 100% y solo dos manzanas, la M10 y M13, tienen arriba del 50% de superficie permeable, es importante mencionar que aún existen tres terrenos no edificados.

#### 4.4. Calor antropogénico

El calor antropogénico en Barrios de Arboledas resulta del análisis de los patrones de uso y consumo de gas, productos y de la generación de residuos sólidos urbanos en los hogares, además de la movilidad en el fraccionamiento y lugares aledaños.

El resultado que arrojó la aplicación del instrumento a 25 hogares muestra que el 70% de los encuestados en Barrios de Arboledas utiliza gas natural y un 30% gas LP (licuado del petróleo). El uso del gas en los hogares es: el 52% usa tapas

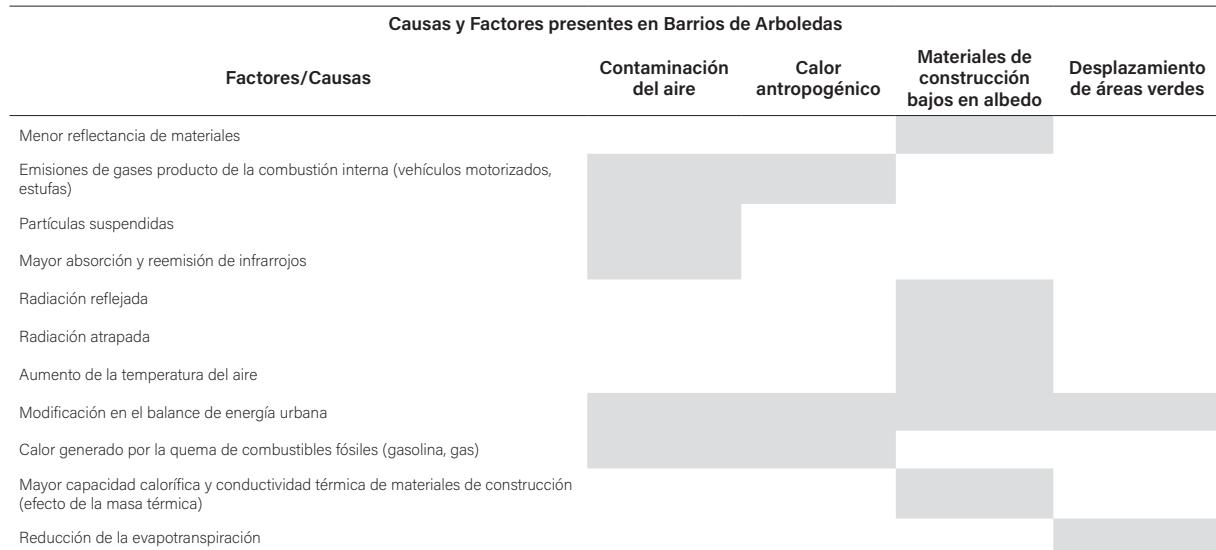


Tabla 2: Causas y Factores presentes en Barrios de Arboledas. (2024)

para reducir el tiempo de cocción de alimentos y el 40% las usa a veces, esta es una buena práctica que disminuye el consumo de energía, pero el 33% deja el calentador encendido durante el día y la mayoría usa agua tibia para el lavado de platos (68%), manos (84%) y dientes (92%), y las cuatro últimas, son prácticas no recomendadas ya que implican mayor consumo de combustibles fósiles.

Con respecto a la generación y uso de agua caliente sanitaria (ACS), solo el 16% tiene calentador solar, el otro 84% utiliza calentadores convencionales, eléctricos o de paso. El tiempo que utilizan el ACS en la ducha es variable, diez minutos (44%), veinte minutos (40%) y treinta minutos (16%). Para la cocción de alimentos, el 92% de los encuestados hace uso del gas durante dos horas como máximo.

En relación con la movilidad en el fraccionamiento, de los 56 habitantes, los resultados arrojaron un gran uso del automóvil, pero la mayoría camina y un bajo porcentaje utiliza la bicicleta. Para ir a tiendas localizadas dentro del fraccionamiento, el 30% utiliza siempre el automóvil y el 44% lo hace caminando, para visitar a familiares o vecinos, el 10% utiliza siempre el automóvil y el 57% lo hace caminando. Se subraya que el tiempo utilizado para desplazarse caminando de un extremo a otro del fraccionamiento es de diez minutos.

Según la cartografía de movilidad a lugares cercanos, los habitantes de Barrios de Arboledas usan el automóvil a pesar de tener un paradero del sistema de transporte público RUTA muy cerca de la entrada del fraccionamiento, el tiempo de traslado, utilizando este medio, toma 16 minutos de media. Los trasladados en distancias cortas se realizan caminando.

Los hábitos de consumo de productos de los colonos de Barrios de Arboledas se deben en gran medida a la industrialización, que por el proceso de fabricación de productos genera emisiones de combustión interna y tienen un impacto negativo en el medio ambiente. En este caso los colonos

contribuyen en la generación de la ICU a nivel local (ciudad de Puebla). El consumo de productos es variado, algunos lo hacen por necesidad y otros por gusto. El agua y alimentos perecederos (legumbres, azúcar, carne, pollo, pescado, frutas y verduras), se reportan como consumos necesarios. En menor medida, pero aún considerados como necesarios, están refrescos, dulces, harina, café, leche, yogurt, té, sal y hierbas para cocinar. En esta categoría también se encuentran la computadora, el celular y la tablet. Los productos consumidos por gusto son revistas/periódicos, cuadros, maquillaje, televisión y libros.

Es importante mencionar que el embalaje de muchos de estos productos acaba convirtiéndose en residuo y termina en la basura. La estrategia de las 4 R's tiene como fin, orientar a la población sobre la gestión adecuada de los residuos, su distintivo es Reciclar, Reducir, Reutilizar y Recuperar (Albina, 2004). En los resultados obtenidos de las 25 casas encuestadas se observa que la mayoría de los habitantes de Barrios de Arboledas tiene como hábito el reciclado y la reutilización de los residuos que generan, los menos practicados son la recuperación y la reutilización. Un porcentaje bajo tiene como destino final el vertedero.

El análisis integrado de resultados tanto cualitativos como cuantitativos confirma que en Barrios de Arboledas están presentes cuatro de las ocho causas asociadas a la generación de la ICU. En la zona de estudio existe un deterioro en la calidad de aire ocasionado por el incremento de partículas PM10, PM 2,5 y Ozono ( $O_3$ ), presenta un alto porcentaje (67,42%) de materiales de construcción bajos en albedo, el porcentaje de área verde desplazada es de 76,98% y la generación de calor antropogénico está evidenciado por los patrones de uso de gas, productos de consumo general, movilidad y destino final de residuos.

La síntesis de los resultados se muestra en la Tabla 2, en ella se observa que el factor que explica la ocurrencia de las cuatro causas identificadas es

Estrategias para la mitigación de la ICU en Barrios de Arboledas			
Causas identificada	Acciones	Estado	Resultado
Contaminación del aire	Curso – taller, módulo II. Energías y Huella de carbono	En proceso	
	Campaña informativa sobre el uso eficiente de energías y de vehículos	En proceso	
	Campaña informativa sobre el consumismo	En proceso	
Calor antropogénico	Programa de recolección de reciclado	Aplicado	Bueno
	Taller de manualidades con reciclado	Aplicado	Regular
Materiales de construcción bajos en albedo	Crear el Reglamento Interno del Fraccionamiento (realizar una campaña informativa)	En proceso	
Desplazamiento de áreas verdes	Taller Construye tu Huerto Familiar	Aplicado	Regular
	Adopta un árbol	Pendiente	Malo

Tabla 3: Educación ambiental como estrategia de mitigación de la ICU. (2024)

la modificación del balance de energía en las urbes, seguido del calor generado por la quema de combustibles fósiles (gasolina, gas) y las emisiones de gases generados por dicha quema. La reflectancia de los materiales utilizados, los diferentes tipos de radiación, y las partículas suspendidas, también se encuentran manifiestas.

Considerando las causas de la ICU identificadas en Barrios de Arboledas, el tipo de educación ambiental (no formal e informal) y las competencias para la sostenibilidad en el fraccionamiento, se proponen como estrategias la realización de actividades, eventos socioculturales, campañas informativas sobre programas sostenibles y talleres, como acciones a corto plazo que permitirán desarrollar las cuatro competencias mencionadas (Tabla 3).

## 5. Conclusión

Entender las causas y factores que generan la ICU en Barrios de Arboledas permite determinar las estrategias de mitigación más adecuadas a cada zona de estudio y formar una ciudadanía sostenible. Se asume que el ser humano es el principal causante de los problemas ambientales, por ello se propone que se generen competencias clave para la sostenibilidad en los habitantes del fraccionamiento. De las competencias establecidas por la UNESCO, se identificaron como prioritarias cuatro de ellas, el pensamiento complejo, la competencia colaborativa, la competencia para la resolución integrada de problemas y el sentido de la responsabilidad con las generaciones presentes y futuras.

De manera indirecta, la generación de residuos es parte de los factores que generan emisiones GEI a nivel local. En Barrios de Arboledas, cada año, se realiza una campaña informativa sobre la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y el Programa de Recolección de Reciclados, promovido por el Ayuntamiento de Puebla a través del Organismo Operador del Servicio de Limpieza. Este programa ha tenido una buena respuesta de parte de los colonos, desde su integración en agosto de 2021, inició con una participación de 39 casas, según el censo en mayo de 2022 y aumentó a 70 casas en septiembre de 2023.

Los talleres de manualidades con reciclado y el de huertos familiares fomentó la ciudadanía y el desarrollo sostenibles al generar entornos sociales, económicos y ambientales equitativos y viables. Los talleres han despertar cierto interés, pero aún hace falta trabajar en su planeación y promoción, por lo que se está reestructurando en el curso - taller sostenible.

El Ayuntamiento de Puebla trató de integrar el Programa adopta un árbol, pero al considerar de su propiedad la franja verde que abarca la fachada,

esto complicó la participación de los colonos en este programa por lo que se ha quedado pendiente.

Las acciones que están en proceso son: un curso - taller para la sostenibilidad que aborda la calidad de aire, el calor antropogénico y el desplazamiento de áreas verdes. Además, se incluye la implementación de tres campañas informativas sobre el uso eficiente de la energía, el uso y cuidado eficiente de vehículos y el impacto del consumo indiscriminado de productos.

Para fomentar el uso de materiales de construcción bajos en albedo se ha estado trabajando con la Mesa Directiva entrante para elaborar el reglamento interno que pueda implementar un apartado sobre Cambio Climático e Islas de Calor Urbana.

Para fortalecer la convivencia y colaboración vecinal y establecer una participación activa que fomente una ciudadanía ecológicamente responsable, desde el 2021 se iniciaron diversas actividades socioculturales, entre ellas, la colocación de la ofrenda en Día de Muertos, el concurso de disfraces para niños y mascotas, el Bazar Navideño, la Kermés y la búsqueda del tesoro.

Pese a que no se percibe una fuerte organización vecinal, hay interés por las actividades socioculturales lo que ha permitido incidir en la formación de la competencia colaborativa. Esto ha generado una participación activa en el ámbito económico a través de un grupo de WhatsApp de ventas entre colonos que funciona desde diciembre de 2022, además de la recolección de aceite vegetal, a partir de diciembre de 2023.

En Barrios de Arboledas se han logrado establecer estrategias de mitigación para cada causa identificada a escala barrial a través de una educación ambiental. Finalmente, la generación de competencias básicas para la sostenibilidad se encuentra en proceso de apropiación por parte de los colonos, cabe resaltar que hay avances significativos en la competencia colaborativa, así como un avance insípiente en el pensamiento complejo, la resolución integrada de problemas y el sentido de la responsabilidad con las generaciones presentes y futuras.

**Conflictos de intereses.** Las autoras declaran no tener conflictos de intereses.

© **Derechos de autor:** Cynthia González Meza, Gloria Carola Santiago Azpíazu, María Lourdes Guevara Romero y Julia Judith Mundo Hernández, 2026.

© **Derechos de autor de la edición:** Estoa, 2026.

## 6. Referencias bibliográficas

- Albina, M. (2004). *Gloria Acuña, Gestión Integral de residuos sólidos, Ciudad Saludable*. Pearson.
- Arellano-Ramos, B., Roca-Cladera, J., Serra, C., Martínez, M. D., Lana, X. y Biere-Arenas, R. (2022). Olas de Calor en la ciudad de Barcelona. 1971-2020. *Architecture, City and Environment*, 17(50). <https://doi.org/10.5821/ace.17.50.11684>
- Arizpe, S. (2019). *Cultura, transacciones internacionales y el Antropoceno*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Balderas, G. y Luyando, E. (2021). Clima y urbanización en el Valle de Puebla. *Saberes y Ciencias – La Jornada de Oriente*, 114, 1-16. <https://www.atmosfera.unam.mx/clima-y-urbanizacion-en-el-valle-de-puebla/>
- Chen, K., Boomsma, J. & Holmes, H. A. (2023). A multiscale analysis of heatwaves and urban heat islands in the western U.S. during the summer of 2021. *Scientific Reports* 2023, 13(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35621-7>
- Crutzen, P. J. & Stoermer, E. F. (2000). The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, 41, 17–18.
- Cuesta, J. (2020). Caracterización de la Isla de Calor Urbana (ICU) mediante el uso de imágenes obtenidas por satélite, procesadas mediante software de código abierto QGIS. Aplicación al caso de Valencia. Universitat Politècnica de Valencia.
- Fals, B. O. (2009). La investigación acción en convergencias disciplinarias. *Revista Paca*, 1, 7-21. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8686837>
- Gartland, L. M. (2008). *Heat islands: understanding and mitigating heat in urban areas* (1st Edition). Routledge.
- Hernández-Sampier, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, Mc Graw Hill Education. [https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6](https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6)
- Herbel, I. (2020). *Urban Heat Island: Assessment techniques, mitigation and applications in a post-socialist city*. Presa Universitara Clujeana.
- INECC. (2020). *Informe Nacional de la Calidad del Aire 2020*. <https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/informes.php>
- INEGI. (2016). *Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amanzanaada*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825218881>
- INEGI. (2022). *Marco Geoestadístico*. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#mapas>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.14350/rig.59016>
- Jáuregui, E. (1993). *La isla de calor urbano de la ciudad de México a finales del siglo XIX*.
- Kelbaugh, D. (2019). *The urban fix: Resilient cities in the war against climate change, heat islands and overpopulation*. Routledge.
- Matos, B. B. y Flores, M. A. (2016). *Educación ambiental para el desarrollo sostenible del presente milenio* (333.707 M433e). Ecoe Ediciones.
- Murga, M. A. (2018). La Formación de la Ciudadanía en el Marco de la Agenda 2030 y la Justicia Ambiental. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social (RIEJS)*, 7(1), 37–52. <https://doi.org/10.15366/riejs2018.7.1.002>
- Oke, T. R. (1995). The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects. En *Wind* Climate in Cities (pp. 81–107). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-3686-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-017-3686-2_5)
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A. & Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.
- OpenStreetMap. (s. f.). *Satélite mapa del Mundo // Mapa de la Tierra servicio en línea*. [https://satellites.pro/Mapa\\_del\\_Mundo](https://satellites.pro/Mapa_del_Mundo)
- SEDEMA. (2018). *NADF-009-AIRE-2017*. <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/NADF-009-AIRE-2017.pdf>
- Segovia, A. (2017). *Antropoceno: Una mirada desde la historia humana y la ética ambiental*. 12. <https://doi.org/10.20517>
- SEMARNAT. (2019). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2018*. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>
- Tzoni, M. C. (2015). *Áreas verdes urbanas: una alternativa para mitigar la isla de calor en la Ciudad de Puebla* [Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. [https://ruldb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000738813](https://ruldb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000738813)
- UNESCO. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>