



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Arquitectura

Doctorado en Procesos Territoriales

Tesis para obtener el grado de Doctora en Procesos Territoriales

“Estrategias socioambientales para mitigar la isla de calor urbana en Barrios de Arboledas, Puebla: una propuesta comunitaria sostenible”

Presenta

Mtra. Cynthia González Meza

Matrícula: 221570012 CVU: 548618

Directora Dra. Gloria Carola Santiago Azpiazu

ID: 100128911 CVU: 73344

Codirectora Dra. Julia Judith Mundo Hernández

ID: 100467500 CVU: 371167

Asesora Dra. María Lourdes Guevara Romero

ID: 100521886 CVU: 336949

Asesora Dra. Ana Cecilia Conde Álvarez

CVU: 204314

Asesora Dra. Valentina Campos Cabral

CVU: 100386

DEDICATORIA

A mis padres, a mi hermano y cuñada por todo el apoyo durante este tiempo.

A Kyra y Keani que fueron la razón principal por la cual realice este estudio.

A Kaban mi compañero de cuatro patas que durante su larga vida solo entrego mucho amor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al CONAHCYT, a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y a la Facultad de Arquitectura por brindarme la oportunidad de realizar estos estudios.

A la Dra. Gloria Carola Santiago Azpiazu, por todo el apoyo y la confianza depositada en mí; por sus observaciones y explicaciones, que enriquecieron significativamente mi conocimiento e investigación.

A la Dra. Julia Judith Mundo Hernández y a la Dra. María Lourdes Guevara Romero, cuyo ejemplo y guía fueron fundamentales para continuar trabajando con esfuerzo y dedicación.

A la Dra. Ana Cecilia Conde Álvarez y a la Dra. Valentina Campos Cabral, mis asesoras externas, quienes con sus conocimientos especializados, según sus áreas de investigación, contribuyeron de manera valiosa al fortalecimiento de este trabajo.

A la Mesa Directiva, sin cuyo apoyo no habría sido posible llevar a cabo esta investigación, y de manera especial a Gabriela Moreno Vega, quien siempre fue mi contacto directo y, desde el primer día que conversamos, confió plenamente en mí y en el tema de investigación para su desarrollo.

A mi hermano Edwin, que siempre fue una voz de superación para seguir creciendo profesionalmente. A mis padres, por su incondicional apoyo, que hizo posible este proceso. A mi cuñada Moria y a mis sobrinas Kyra y Keani, quienes, de distintas formas, me regalaron momentos de distracción que me permitieron desconectarme cuando fue necesario.

A toda mi familia, que se interesó y se preocupó por saber cómo avanzaba en este camino.

Y a Kaban, mi compañero de vida de cuatro patas durante 16 años, quien me brindó momentos de alivio, ayudándome a calmar la ansiedad y el estrés justo cuando más lo necesitaba, hasta que se le durmió en noviembre de 2024.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Metodología	7
1. EL SER HUMANO ANTE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES: LA ISLA DE CALOR URBANA	14
1.1 El Antropoceno como origen de los problemas ambientales contemporáneos	14
1.2 La isla de calor urbana como síntoma del modelo urbano actual	18
1.2.1 Clasificación de las islas de calor urbanas	20
1.2.2 La ciudad de Puebla ante el fenómeno de la isla de calor urbana.....	21
1.2.3 Causas y factores determinantes de la isla de calor urbana.....	23
1.2.4 Temperatura de las superficies urbanas: impacto de los materiales de construcción.....	25
1.2.5 Impacto de la isla de calor urbana en la salud humana	27
1.3 Ciudades resilientes y resiliencia urbana: fundamentos conceptuales y estrategias de adaptación	28
1.4 La mitigación de problemas ambientales como parte fundamental del desarrollo sostenible.....	30
1.5 Educación ambiental y competencias clave para la sostenibilidad	33
1.6 Ciudadanía ambientalmente responsable como alternativa para la mitigación de la isla de calor urbana	38
2. EL DÉBIL PESO POLÍTICO PARA GARANTIZAR UNA JUSTICIA SOCIAL Y AMBIENTAL	42
2.1 La preocupación global por el deterioro ambiental.....	42
2.2 Políticas ambientales frente al cambio climático y la isla de calor urbana	47
2.3 Iniciativas de buenas prácticas para la mitigación de la isla de calor urbana ..	61
2.4 Estructura vecinal y vacíos normativos en Barrios de Arboledas.....	70
3. BARRIOS DE ARBOLEDAS COMO ZONA DE ATENCIÓN PRIORITARIA ANTE LA MITIGACIÓN DE LA ISLA DE CALOR URBANA.....	73
3.1 Demografía	73

3.2 El medio natural actual.....	77
3.3 El medio construido y materiales bajos en albedo	81
3.4 Temperatura ambiente	86
3.5 Contaminación atmosférica y la influencia de los gases de efecto invernadero.....	89
3.6 Causas y factores locales que ocasionan la isla de calor urbana	97
3.7 Contraste con otros asentamientos urbanos de atención no prioritaria	98
4. LAS PRÁCTICAS DE LOS HABITANTES DE BARRIOS DE ARBOLEDAS QUE TIENEN UN EFECTO EN EL ENTORNO SOCIAL Y AMBIENTAL.....	102
4.1 Los habitantes de Barrios de Arboledas y su relación con el entorno natural	103
4.2 La influencia de los conflictos internos en la baja participación	109
4.3 Las prácticas antropogénicas que contribuyen a los problemas ambientales	113
5. LA FORMACIÓN DE LA CIUDADANÍA SOSTENIBLE COMO BASE PARA LA MITIGACIÓN DE LA ISLA DE CALOR URBANA.....	125
5.1 Comité para el Desarrollo Sostenible de Barrios de Arboledas. Un punto de partida	126
5.2 El desarrollo de las competencias para la sostenibilidad	129
5.3 La participación activa de diferentes actores de Barrios de Arboledas	135
5.4 Como llegar a la formación de ciudadanos ambientalmente responsables para la mitigación de la Isla de Calor Urbana	138
CONCLUSIONES.....	147
RECOMENDACIONES	151
REFLEXIÓN EPISTEMOLÓGICA.....	153
BIBLIOGRAFÍA	156
Índice de Figuras.....	168
Índice de Tablas.....	170

Introducción

Los estudios en el territorio cobran relevancia considerando que la mayoría de la población mundial, 4,200 millones de personas, actualmente habita en áreas urbanas (Dodman et al., 2022). Se estima que, solo entre 2015 y 2020, la población urbana creció en más de 397 millones de personas a nivel mundial, y se proyecta que para el 2050 otros 2,500 millones vivirán en esas áreas.

Si bien las zonas urbanas ocupan alrededor del 1 % al 3 % de la superficie terrestre, las ciudades generan directamente más del 50 % de las emisiones que contribuyen al cambio climático global antropogénico (Oke et al., 2017).

Existen riesgos asociados a ese crecimiento urbano, como la intensificación y/o multiplicación de la isla de calor urbana (ICU), las ondas de calor y la carencia de disponibilidad de agua, entre otros. Por tanto, las propuestas para mejorar las condiciones climáticas urbanas y transitar hacia modos de vida más sostenibles resultan urgentes para la mayoría de la población mundial.

El desarrollo de las ciudades ha traído consigo una sobreexplotación de los recursos naturales, contaminación atmosférica y uso de grandes cantidades de energía, que con el paso del tiempo han causado uno de los más grandes problemas ambientales que enfrenta el mundo: el cambio climático (Greenpeace, 2010). Los efectos de dicho cambio climático tienen una relación con los procesos de pérdida de biodiversidad y de suelo fértil, además de estar interrelacionado con fenómenos como la ICU y el incremento de las llamadas olas de calor. Este fenómeno está vinculado con las altas temperaturas locales, principalmente en zonas urbanas en períodos de días y noches extremadamente calurosos. Las temperaturas locales pueden ser entre 5 °C y 10 °C superiores a las de zonas rurales, lo que puede intensificar las olas de calor (World Meteorological Organization, 2025).

Debido al cambio climático existen efectos, tales como el incremento en las temperaturas globales, la elevación del nivel del mar, la alteración en los patrones de las precipitaciones y la expansión de los desiertos subtropicales. Se espera que el calentamiento se presente más en las masas continentales que en los océanos, siendo los Árticos un ejemplo debido al deshielo de los glaciares, el permafrost y la banquisa. Otros efectos globales son los fenómenos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes, tales como lluvias torrenciales, fuertes nevadas, así como la acidificación del océano, olas de calor, sequías, y extinción de especies debido a las

temperaturas cambiantes. Entre los impactos significativos que afectan al ser humano están la amenaza a la seguridad alimentaria, debido a la disminución en la producción agrícola, y la pérdida de asentamientos por inundaciones (IPCC, 2021). Todos estos efectos se han convertido en uno de los desafíos más importantes que enfrenta la humanidad en la actualidad al desestabilizar los ciclos y dinámicas tanto naturales como sociales de todo el mundo (González Gaudio & Meira Cartea, 2020).

El ser humano desempeña un papel crucial en la generación de problemas ambientales, ya que muchas de las actividades que realiza diariamente para cubrir sus necesidades básicas y mejorar su calidad de vida tienen un impacto directo en el entorno. Entre las más esenciales destacan las necesidades fisiológicas, como la alimentación, la vestimenta, la vivienda y la salud. Por otro lado, se suman aquellas orientadas al confort y bienestar, como el entretenimiento, la comunicación y la movilidad, que, si bien no son indispensables para la supervivencia, se han integrado a la vida moderna. Además, el crecimiento poblacional ha impulsado el cambio en el uso del suelo y una creciente demanda de recursos naturales, lo que ha derivado en su sobreexplotación. Si bien los avances científicos y tecnológicos han facilitado una vida más cómoda, también han contribuido, en amplios casos, a intensificar el impacto ambiental.

Los factores que están afectando el medio ambiente contribuyen al establecimiento de una nueva época geológica llamada Antropoceno, como concluyen Crutzen y Stoermer (2000). Este concepto surge a partir del impacto negativo que las actividades humanas ejercen sobre el territorio, al romper el equilibrio ecológico global y alterar los ecosistemas. La industrialización, impulsada por modelos económicos centrados en el crecimiento y el desarrollo industrial, ha sido uno de los principales motores de esta transformación (Segovia Cuéllar, 2017).

En este contexto, los efectos del Antropoceno también se manifiestan a nivel nacional, como puede observarse en el caso de México, donde el crecimiento urbano ha generado transformaciones significativas en el territorio. El país ha experimentado cambios paulatinos asociados al aumento de la población urbana: entre 1990 y 2020, la proporción de habitantes que viven en las ciudades pasó del 57.2 % al 63.5 %. En consecuencia, seis de cada diez personas residen en zonas urbanas, distribuidas en las 401 ciudades registradas por el Sistema Nacional Urbano. Este crecimiento demográfico acelerado contribuye a modificar las condiciones climáticas de diversas

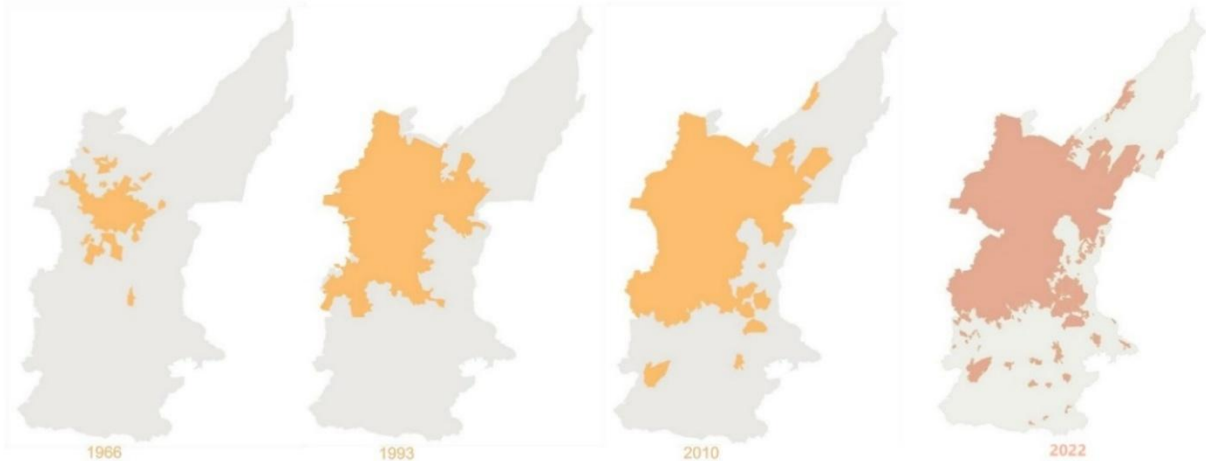
urbes mexicanas (Ramírez Hernández, 2024). De acuerdo con el censo de INEGI 2020, la ciudad de Puebla (Puebla) es el cuarto municipio más poblado del país, solo por debajo de Tijuana (Baja California), la alcaldía de Iztapalapa (CDMX) y León (Guanajuato).

De acuerdo con el estudio de Ramírez Hernández (2024), las ciudades ubicadas en el centro y norte de México registran temperaturas medias relativamente bajas en comparación con las del sur, donde el clima es más cálido. Esta variación se explica por las características climáticas propias de cada región: mientras el sur experimenta temperaturas más elevadas, el resto del país tiende a mantener condiciones templadas o frías. Con base en los datos del proyecto europeo *GHS Urban Centre Database 2015*, Ramírez Hernández documenta que, tan solo en la Ciudad de México, la temperatura media aumentó 0.39 °C en un período de 25 años (1990–2015).

La temperatura media del aire en México ha aumentado aproximadamente 1.69 °C, al comparar el período de referencia 1900–1930 con los datos de 2022. Este incremento, que oscila entre 1.59 °C y 1.81 °C, supera el promedio global de 1.23 °C para el mismo período. A nivel global, la tasa promedio de calentamiento por siglo es de 1.90 °C, mientras que en México alcanza los 2.88 °C, lo que indica una tendencia hacia un calentamiento más acelerado en las próximas décadas. Además, entre 1975 y 2021, el país ha registrado una tasa de calentamiento que varía entre 2 °C y 4 °C por siglo, según lo reportado por (Estrada Porrúa et al., 2023).

En los últimos 50 años, Puebla capital ha tenido un acelerado crecimiento poblacional generando una importante demanda de vivienda, infraestructura y servicios. Como resultado se observa un crecimiento desordenado de su mancha urbana, reduciendo por tanto la cubierta vegetal e invadiendo los límites territoriales de otros municipios de la zona metropolitana del Estado (Figura 1). Estas circunstancias modifican la morfología del territorio con la consecuente reducción de áreas permeables debido al predominio de edificaciones y vialidades sobre las áreas verdes que, aunado al incremento de las actividades antropogénicas, contribuyen a la generación de problemas ambientales como el cambio climático y agrava el fenómeno de la ICU.

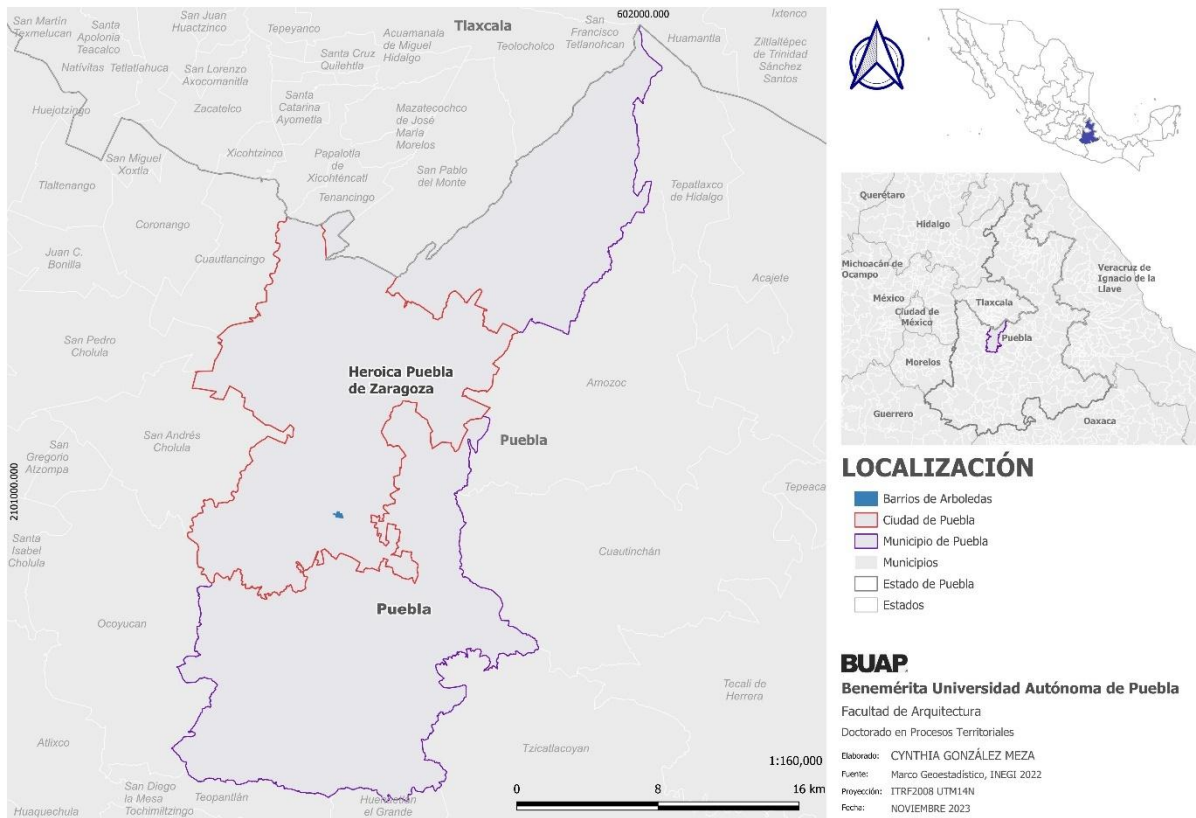
Figura 1. Crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Puebla.



Fuente: 1966, 1990, 2010 (Tzoni Barranco, 2015); 2022, Elaboración propia con base en el Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2022).

La ICU es un fenómeno que se presenta exclusivamente en las ciudades y está estrechamente relacionado con el cambio de uso de suelo. Consiste en un aumento de la temperatura en áreas urbanizadas, lo que provoca alteraciones en el clima local en comparación con las zonas rurales o periféricas. Este fenómeno fue estudiado por primera vez en 1818 por Luke Howard en Londres, Inglaterra; en México, las primeras investigaciones fueron realizadas por Moreno y Anda entre 1895 y 1896 (Jáuregui, 1993). En la ciudad de Puebla, diversos estudios han documentado la presencia de la ICU en el centro urbano, siendo el primero de ellos realizado por Gaeb en 1970. Más recientemente, Tzoni Barranco (2015) confirmó, a partir de imágenes satelitales, un incremento de temperatura en 168 colonias de la ciudad, las cuales fueron identificadas como zonas de atención prioritaria por representar aproximadamente el 33 % de la mancha urbana. Entre estas colonias se encuentra el Fraccionamiento Barrios de Arboledas, ubicado al sur de la ciudad de Puebla (véase Figura 2).

Figura 2. Localización del Fraccionamiento Barrios de Arboledas.



Fuente: Elaboración propia con base en el Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2022).

El *problema* en el Fraccionamiento Barrios de Arboledas es el predominio de vialidades y edificaciones sobre las áreas verdes. Esta situación se agrava por la ausencia de un reglamento interno, lo que ha permitido que algunos colonos sustituyan superficies permeables por materiales impermeables en banquetas. En varias fachadas y azoteas se observan materiales que favorecen la absorción de radiación solar, contribuyendo al aumento de la temperatura superficial. Además, se percibe una escasa conciencia e interés por los problemas ambientales, como las ICU, por parte de los habitantes. Esta falta de implicación se vincula en parte al distanciamiento social entre vecinos, que evidencia una desintegración vecinal.

Como resultado, el barrio ha experimentado transformaciones en su morfología urbana que han alterado el microclima local, con posibles consecuencias negativas para la salud de la población. Estas modificaciones también afectan a los ecosistemas, ya que provocan el desplazamiento o la reducción de especies animales. Asimismo, el aumento de las temperaturas puede generar una mayor demanda de agua y energía eléctrica destinada a la climatización de los espacios interiores.

Estas consecuencias evidencian la urgencia de abordar las causas del alza de temperatura, particularmente en el marco del Antropoceno y en relación con el Fraccionamiento Barrios de Arboledas. En este contexto, surge la siguiente interrogante: *¿cómo mitigar la ICU en el sitio de estudio, considerando la participación de todos los actores involucrados en su generación?*

A partir de lo expuesto, se propone como *hipótesis causal* que la presencia de la ICU en zonas de atención prioritaria de la ciudad de Puebla, como el Fraccionamiento Barrios de Arboledas, está relacionada con alteraciones en el balance energético entre la superficie terrestre y la atmósfera, producto del proceso de urbanización. A ello se suma la falta de conocimiento e interés, tanto por parte de las autoridades de los distintos niveles de gobierno como de los propios habitantes, para atender este fenómeno, el cual contribuye de forma significativa al cambio climático.

Como *hipótesis de solución* se establece que la mitigación de la ICU requiere la formación de ciudadanos socialmente responsables con el medio ambiente que comprendan la complejidad del problema, colaboren y actúen para generar cambios positivos en el hábitat y la salud humana por medio de una educación ambiental no formal y comunitaria sobre el desarrollo sostenible que los concientice y sensibilice sobre los efectos que el Antropoceno ha provocado en Barrios de Arboledas.

El *objetivo general* de este estudio es evaluar por medio de diagnósticos participativos los factores y causas específicas que ocasionan la ICU, las afectaciones a la población y a la biodiversidad en Barrios de Arboledas para establecer las estrategias de mitigación que contribuyan a la disminución del fenómeno de estudio, a la mejora del hábitat y a la calidad de vida.

Este objetivo se logrará a partir de cinco *metas específicas*:

1. Analizar los conceptos de Antropoceno, su relación con la ICU, ciudadanía ecológica, educación ambiental y las competencias para la sostenibilidad por medio de una revisión bibliográfica, para establecer las bases teóricas que sustenten las estrategias de mitigación del fenómeno bajo estudio.
2. Evaluar el marco legal y normativo local, nacional e internacional sobre el cambio climático y regulación existente sobre la ICU mediante una revisión documental que permita identificar su pertinencia en la atención de este fenómeno.

3. Identificar los factores físico-espaciales, sociales y ambientales que provocan la ICU en Barrios de Arboledas mediante un diagnóstico participativo.
4. Realizar un diagnóstico participativo sobre las actividades antropogénicas que contribuyen a la ICU y la percepción que tienen los habitantes de este fenómeno, a partir de encuestas y entrevistas, para mostrar su nivel de interés y conocimiento.
5. Diseñar estrategias de mitigación comunitaria de la ICU a partir de la formación de competencias clave para la sostenibilidad y de ciudadanos ecológicos que incidan en la mejora de las condiciones de vida.

Estos objetivos buscan no solo comprender las causas y efectos de la ICU, sino también proponer acciones concretas para su mitigación desde un enfoque participativo y sustentable. Sin embargo, alcanzar estos propósitos implica enfrentar desafíos profundamente arraigados en la cultura contemporánea. La falta de conocimiento y la apatía frente a las problemáticas ambientales representan obstáculos significativos para garantizar la sostenibilidad y el bienestar de las generaciones futuras. Esta desconexión con el entorno natural ha favorecido la sobreexplotación de los recursos, así como un modelo de desarrollo urbano que prioriza el crecimiento tecnológico y científico sin considerar sus impactos ecológicos. Si bien estos avances han facilitado la vida cotidiana, también han contribuido a una creciente desvinculación del ser humano con la naturaleza.

Desde finales de la década de 1960 y durante los años setenta principalmente, las afectaciones al medio ambiente se hicieron cada vez más evidentes, lo que generó una creciente preocupación a nivel mundial. Esta situación dio lugar a conferencias y convenciones internacionales orientadas a establecer acuerdos y tratados en materia ambiental. Sin embargo, aunque diversos gobiernos —entre ellos el de México— han suscrito dichos compromisos, en muchos casos persiste la falta de acciones concretas para cambiar o aplicar las nuevas normativas necesarias frente al cambio climático.

Metodología

Esta investigación se desarrolla bajo el enfoque de los sistemas complejos de (García, 2006). Para analizar la problemática en Barrios de Arboledas se identificaron cinco ámbitos vinculados que interactúan entre sí: el físico-espacial, el sociocultural, el

económico, el institucional y el medioambiental. La Figura 3 presenta la primera aproximación al sistema bajo estudio.

Figura 3. Ámbitos de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

La relación entre estos cinco ámbitos de estudio y la ICU se fundamenta en las causas que originan este fenómeno. En el caso del ámbito físico-espacial, la zona analizada —ubicada al sur de la ciudad de Puebla— ha experimentado un crecimiento acelerado, caracterizado por el predominio de vialidades y edificaciones, lo cual ha provocado el desplazamiento de áreas verdes. En el pasado, estos espacios correspondían a tierras de cultivo, zonas arboladas y cuerpos de agua. A medida que avanzaron los procesos de urbanización, impulsados por la venta de terrenos y el desarrollo habitacional, se promovió la instalación de servicios e infraestructura como escuelas, plazas comerciales, tiendas de autoservicio, restaurantes y el sistema de transporte RUTA, lo que incrementó la demanda de nuevas vialidades.

En el ámbito sociocultural, el crecimiento poblacional en la zona ha traído consigo un mayor impacto ambiental, considerando que el ser humano es el principal

agente generador de fenómenos como la ICU, a través de sus actividades y hábitos cotidianos. En Barrios de Arboledas, además de las acciones antropogénicas, se observa una escasa conciencia sobre este fenómeno, así como una limitada participación vecinal en su mitigación. Prácticas como sembrar especies arbóreas inadecuadas en las franjas verdes de las banquetas o sustituirlas por superficies impermeables reflejan no solo la falta de cultura ambiental, sino también una débil organización vecinal. Esta situación se ha visto agravada por el distanciamiento social sostenido a lo largo del tiempo, derivado de diversos factores, entre ellos el propio crecimiento urbano, la ausencia de iniciativas por parte de las mesas directivas y las diferencias ideológicas entre los habitantes.

En el ámbito económico, los hábitos de consumo de los habitantes de Barrios de Arboledas han generado gastos excedentes relacionados con el uso de energía eléctrica, gas y agua, muchas veces por encima de sus necesidades reales, lo que conduce al desperdicio de recursos y al deterioro del medio ambiente. Este patrón de consumo también se refleja en la cantidad de residuos sólidos que generan, evidentes al momento de sacar la basura doméstica. En diversos casos, los productos adquiridos no responden a necesidades básicas, sino a decisiones motivadas por el gusto o el hábito de consumo. Además, se observa una limitada cultura de reutilización, reciclaje, recuperación y, especialmente, de reducción de residuos. Lo anterior apunta a una forma de vida no sustentable.

Desafortunadamente, hasta la fecha la ICU sigue siendo un fenómeno poco atendido a nivel gubernamental, lo que ha derivado en una notoria ausencia de leyes y políticas públicas específicas para su regulación y mitigación. Si bien existen marcos legales ambientales —particularmente en materia de cambio climático— persisten dudas sobre su aplicación efectiva en los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal), así como sobre su vigencia y pertinencia. En el caso específico del Fraccionamiento Barrios de Arboledas, el reglamento vecinal original, elaborado en la década de 1990, consistía únicamente en una lista de diez puntos que, para 2009, ya se consideraba obsoleta y había sido extraviada.

En 2019, con la conformación de una nueva mesa directiva avalada por autoridades municipales, se elaboró un nuevo reglamento interno. No obstante, este documento omitió cualquier disposición relacionada con el cuidado del medio ambiente o la mitigación de la ICU. Además, durante gran parte del siglo pasado, los habitantes

del fraccionamiento mantuvieron una relación conflictiva con las administraciones municipales de Puebla, lo que provocó un prolongado distanciamiento entre ambos actores. Fue hasta la intervención del gobierno municipal en 2019, con el reconocimiento oficial de la mesa directiva, que comenzó a reconstruirse el vínculo institucional. Por estas razones, se consideró pertinente incluir el ámbito institucional en el análisis del fenómeno.

El ámbito medioambiental ha resultado afectado por el desplazamiento de áreas verdes y por los hábitos antropogénicos de los habitantes de Barrios de Arboledas, los cuales están relacionados con la falta de educación ambiental. Esta carencia fomenta un consumo excesivo de productos y servicios, lo que ha provocado alteraciones en la flora y fauna de la zona de estudio, así como cambios en su microclima.

De manera indirecta, este consumo desmedido también genera la sobreexplotación de los recursos naturales y un aumento en la contaminación, tanto por los procesos de producción industrial como por la generación de grandes volúmenes de residuos sólidos. Desafortunadamente, no existen normativas internas —dentro del marco legal de los tres niveles de gobierno— que regulen este fenómeno de forma efectiva.

La *metodología* de este trabajo se basa en la investigación-acción participativa (IAP) de Fals-Borda (2008). Se inició con recorridos a pie en el sitio de estudio para establecer los primeros contactos con los diferentes actores involucrados: colonos, mesa directiva y ayuntamiento. En estos recorridos también se realizó un levantamiento fotográfico y físico-espacial. Posteriormente con el apoyo de la mesa directiva se establecieron mecanismos de comunicación impresos y digitales: circulares, página web de Barrios de Arboledas y un grupo de WhatsApp.

Para comprender mejor las percepciones y hábitos de la comunidad respecto a las ICU, se llevó a cabo un proceso de consulta vecinal como parte del trabajo de campo. A través de una convocatoria abierta distribuida en febrero de 2021, se invitó a los colonos de Barrios de Arboledas a conocer los objetivos del proyecto de investigación que se iniciaba en la zona. La participación fue limitada ya que solo asistieron seis vecinos y tres representantes de la mesa directiva, incluido el presidente.

Se aplicaron tres encuestas basadas en un muestreo no probabilístico accidental, empleando la población disponible, con el fin de recopilar opiniones,

comentarios y sugerencias sobre el tema de estudio. Los resultados obtenidos son de carácter orientativo.

La primera encuesta, aplicada de forma digital¹ entre febrero y abril de 2021 a 56 personas, fue un sondeo exploratorio diseñado para conocer el grado de conocimiento de la población sobre las ICU, su percepción de la sensación térmica, las actividades antropogénicas relacionadas y su disposición a participar en acciones de mitigación.

A partir de sus resultados, se aplicaron dos instrumentos adicionales en mayo de 2022 y en septiembre de 2023, con 25 cuestionarios cada uno. El primero recopiló información sobre hábitos de movilidad, uso de energía, consumo de productos, gestión de residuos sólidos y un registro más sobre la percepción térmica. El segundo, se enfocó en los patrones de uso del automóvil y el manejo de residuos orgánicos.

Finalmente, se promovieron diversas actividades socioculturales, como convivios durante el Día de Muertos y las fiestas decembrinas. Asimismo, desde agosto de 2021, el Organismo Operador del Servicio de Limpieza del Municipio de Puebla ha implementado acciones de recolección de residuos sólidos reciclables en la zona.

En conjunto con las estrategias sociales y ambientales, se incorporó un enfoque geoespacial para observar la dimensión física del fenómeno. En paralelo, se llevó a cabo un análisis espacial para evaluar la generación de las ICU en Barrios de Arboledas. Este análisis consideró distintos niveles geográficos mediante la localización y distribución del espacio.

Para ello, se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG), específicamente el software QGIS 3.32, como herramienta principal. Con base en el Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2022), se delimitó la zona de estudio e identificaron posibles causas y factores asociados a las ICU. Se emplearon insumos cartográficos y estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, incluyendo la Cartografía Geoestadística Urbana y Rural, así como el Censo de Población y Vivienda.

El trabajo documental se complementó con recorridos a pie para realizar un levantamiento *in situ*, además del uso del plano catastral del fraccionamiento y de

¹ El instrumento se aplicó de manera digital debido al contexto de la pandemia.

imágenes satelitales de Satélite Mapa del Mundo obtenidas a través de OpenStreetMap (n.d.) y Google Satellite, integradas en el entorno QGIS.

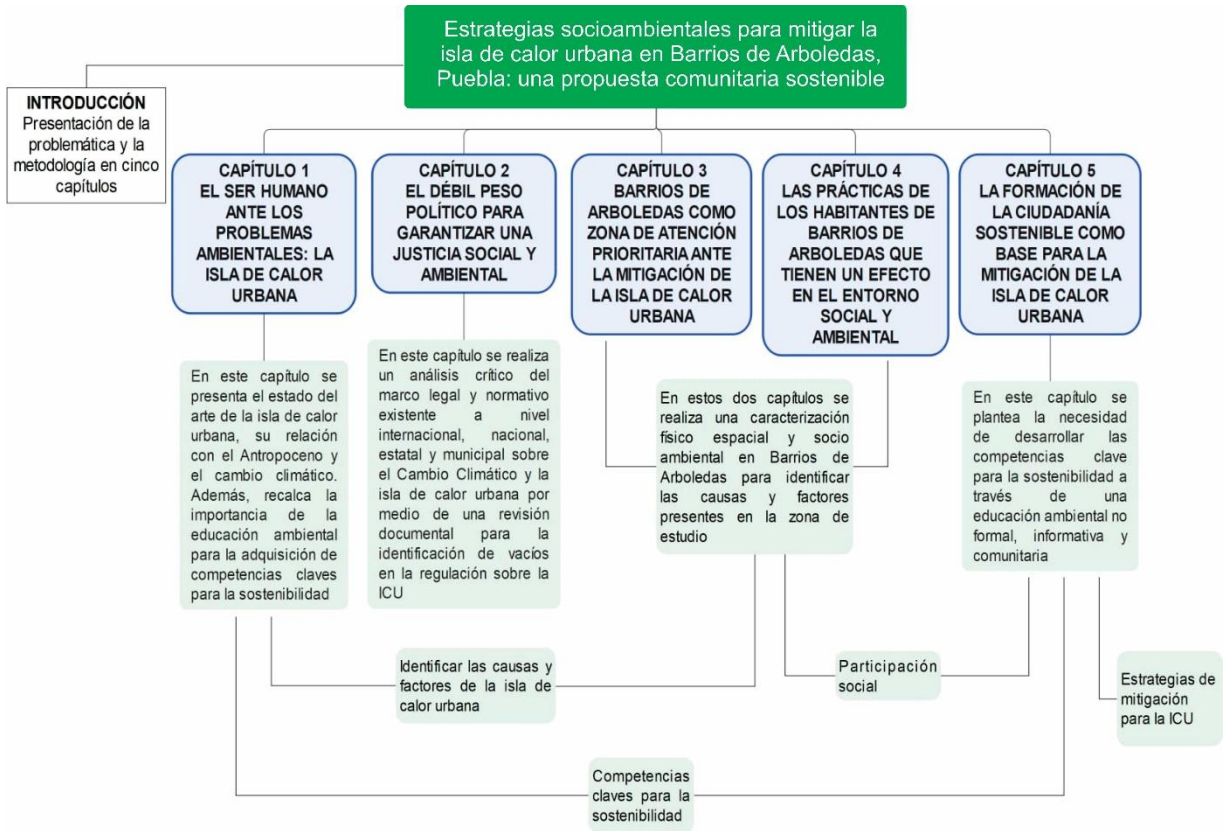
Todo este proceso se enmarca bajo el enfoque de la geomática en la era del *big data*, entendido como una especialidad multidisciplinaria que integra datos espacio-temporales para relacionar objetos físicos con las actividades humanas (Li et al., 2018). Esta perspectiva permite establecer un vínculo técnico entre el mundo digital y el mundo real, mediante bases matemáticas, coordenadas espaciales y tecnologías de procesamiento de información (Li et al., 2018).

Complementariamente a este enfoque técnico, se han promovido acciones comunitarias orientadas a la organización vecinal y la educación ambiental. En la actualidad, se está impulsando la conformación del Comité para el Desarrollo Sostenible, cuyo propósito es atender problemas ambientales mediante procesos de concientización, sensibilización y fomento de la ciudadanía y el desarrollo sostenible a través de talleres y actividades.

A partir de la problemática identificada y del enfoque metodológico adoptado, se estructura la presente tesis en cinco capítulos que abordan de manera integral los diversos factores que inciden en la formación de las ICU y las posibles estrategias para su mitigación, con énfasis en la participación comunitaria y la educación para la sostenibilidad. La Figura 4 sintetiza la organización temática del trabajo, evidenciando cómo cada capítulo contribuye a identificar causas, analizar marcos normativos, caracterizar territorialmente la zona de estudio, reconocer prácticas sociales relevantes y proponer herramientas educativas para la acción colectiva.

Esta estructura busca articular el conocimiento científico, legal y social con la práctica comunitaria, a fin de construir una propuesta de mitigación ambiental contextualizada, participativa y sostenible. En este sentido, el primer capítulo ofrece el punto de partida conceptual para comprender el fenómeno de las ICU desde una perspectiva crítica, que lo relaciona con el Antropoceno, el cambio climático y la urgencia de fortalecer competencias ciudadanas en materia ambiental.

Figura 4. Esquema del documento.



Fuente: Elaboración propia.

1. EL SER HUMANO ANTE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES: LA ISLA DE CALOR URBANA

En este capítulo se presenta un análisis crítico sobre los conceptos fundamentales para comprender el origen de los impactos ambientales generados por las actividades antropogénicas, su evolución, su relación con el cambio climático y con el fenómeno de la isla de calor urbana (ICU). Paralelamente, se analiza la importancia y el papel de la educación ambiental, de carácter no formal, para la adquisición de competencias básicas de sostenibilidad que aseguren el cuidado del medio ambiente, a partir de la formación de una ciudadanía sostenible.

1.1 El Antropoceno como origen de los problemas ambientales contemporáneos

Desde la mitad del siglo XX, han surgido cuestionamientos sobre el impacto del ser humano en el planeta Tierra. Muchos de ellos se plantearon en la conferencia fundamental “El papel del hombre en el cambio de la faz de la Tierra” por la Universidad de Princeton (1955). El evento marcó un hito en la investigación entre las interacciones humanas y ambientales que establecieron las bases de los estudios antropológicos y arqueológicos, al grado de poner en evidencia la magnitud y diversidad de las actividades humanas y su impacto a los ecosistemas. De igual manera, el Programa Internacional Geosfera-Biósfera (IGBP) impulsó un trabajo colaborativo de las ciencias naturales entre varios países, aportando nuevos métodos científicos comparativos y mediciones sobre el cambio global en el ambiente (Arizpe S., 2019).

El término de “Antropoceno” fue presentado por primera vez por Crutzen y Stoermer (2000) en una exposición para un boletín informativo del IGBP para referirse a las ideas iniciadas por el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC) (actualmente World Science Organization) mediante el IGBP en 1986 y el programa del Consejo Internacional de Ciencias Sociales (CICS) (Arizpe S., 2019, p. 376). En dichos documentos se menciona el impacto que generan las actividades humanas a nivel global, tanto en la Tierra como en su atmósfera. El crecimiento poblacional y, por lo tanto, la urbanización acelerada, provocan el agotamiento de recursos naturales, la extinción de especies y la liberación de varios gases de efecto invernadero y otras sustancias tóxicas al medio ambiente (Crutzen & Stoermer, 2000).

Por su parte, Segovia Cuéllar se refiere al Antropoceno como una “[...] época geológica que comienza cuando las actividades del ser humano empiezan a tener un

impacto negativo en el equilibrio global y los ecosistemas” (2017, p. 56), debido al excesivo uso de recursos naturales que pueden generar desastres ambientales y afectaciones globales a gran escala sobre el territorio, causados principalmente por los modelos económicos y el desarrollo urbano.

Pocos años después de que se propusiera el término Antropoceno, la comunidad geológica inició investigaciones para evaluar las pruebas científicas, revisando potenciales marcadores y periodizaciones de la nueva época. Investigadores de otras disciplinas consideran el Antropoceno como un concepto cultural, lo que ha dado lugar a un debate y análisis para definir si es una era geológica o, más bien, una corriente cultural (Trischler, 2017). La Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS, por sus siglas en inglés), de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS, por sus siglas en inglés), no ha aceptado este concepto debido a la división histórica y geológica que se ha determinado como su comienzo (Segovia Cuéllar, 2017), de la cual sobresalen tres propuestas:

- a) La primera considera su inicio en el Holoceno (Cuaternario) debido al comienzo de la agricultura y la revolución neolítica, así como los inicios de la colonización, urbanización y calentamiento global, con cambios de uso de suelo y la composición atmosférica (Segovia Cuéllar, 2017). Aunque no provocó un cambio súbito en el orden social, este proceso de unos 5,000 años transformó significativamente los paisajes mediante la intervención en los suelos para el cultivo, la domesticación de animales y el desarrollo de tecnologías como la cerámica, la mejora de herramientas y nuevos métodos de construcción para asentamientos permanentes. La revolución neolítica dejó huellas geológicas de la intervención humana iniciada en la Edad de Piedra tardía y continuada en las edades de Bronce y Hierro (Trischler, 2017).
- b) La segunda propuesta sitúa el inicio del Antropoceno en la Revolución Industrial al vincular los problemas sociales y ecológicos con la industrialización y el abuso de la energía natural mundial (Segovia Cuéllar, 2017). Crutzen y Stoermer sitúan el inicio del Antropoceno en la etapa de la industrialización, marcada por la invención de la máquina de vapor de Watt a finales del siglo XVIII. Esto ocasionó una transformación social acelerada e impulsada por la innovación tecnológica, la mecanización de la mano de obra, la producción masiva y el aprovechamiento de la energía creada por la máquina de vapor, lo

que llevó a la sobreexplotación de recursos como el carbón y el hierro. Las consecuencias ambientales y sociales fueron de gran magnitud, en comparación con el neolítico. Desde la década de 1830 comenzaron a surgir debates ambientales al observarse cómo la tecnología había alterado el paisaje y el medio ambiente. En los siglos XIX y XX, se produce un cambio profundo en la relación entre la naturaleza y la sociedad, caracterizado por la creciente tecnificación, explotación intensiva de los ecosistemas y el sometimiento de los ciclos naturales a intereses económicos y productivos. Este proceso, además, intensificó los conflictos en torno a la distribución desigual de los recursos naturales a nivel global (Trischler, 2017).

c) La tercera propuesta conocida como la “Gran Aceleración”, surgió a mediados del siglo XX, cuando se registró un crecimiento exponencial en múltiples indicadores a escala global como el uso de recursos naturales, la construcción de presas, vehículos, teléfonos e indicadores económicos (Trischler, 2017). El consumo de energía fósil, el aumento de la urbanización en ciudades, la necesidad de nuevas redes de transporte y el aumento demográfico son factores que se convirtieron en prioridades político-económicas en los siglos XX y XXI (Segovia Cuéllar, 2017).

Esta interpretación ha sido cuestionada desde diversas disciplinas, particularmente por parte de la antropología, donde se señala que el concepto de Antropoceno generaliza la responsabilidad ambiental al conjunto de la humanidad, sin considerar las desigualdades históricas, sociales y geográficas responsables en la generación del daño ecológico. Desde esta perspectiva, se propone entender el Antropoceno como un fenómeno cultural que refleja modos específicos de habitar y transformar el planeta, más que una condición universal homogénea. Bajo la mirada antropológica, se argumenta que son un grupo pequeño de personas de países industrializados los responsables de los problemas ambientales actuales (Trischler, 2017).

Desde otro enfoque, el Grupo de Trabajo del Antropoceno (GTA), Juan Zalasiewicz y sus colegas consideran que los principales factores que explican los cambios hechos a la Tierra por el ser humano son la desaparición de las megafaunas, la agricultura, la deforestación, que han elevado los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera y el desarrollo de asentamientos permanentes en pueblos y ciudades

(Arizpe S., 2019). En la actualidad existe evidencia de la fuerza global que ejerce la humanidad al expandirse por el planeta, afectando al sistema terrestre y a la biósfera (Folke et al., 2021).

El Antropoceno no solo influye en la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas, sino que también es un factor determinante en el cambio climático. Esto se debe al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el uso de combustibles fósiles en el sector energético y el incremento de la temperatura atmosférica. La biodiversidad es especialmente sensible a estos cambios climáticos que alteran el sistema Tierra (Nath et al., 2021). Por esta razón, resulta fundamental comprender la interdependencia entre los seres humanos y la naturaleza, ya que acciones locales pueden desencadenar efectos de gran escala, como ocurre con la globalización, que amplifica los riesgos sistémicos. En este contexto, la mitigación del cambio climático antropogénico ya no basta; es imprescindible también regenerar la biósfera y su diversidad para sostener el desarrollo social y asegurar un entorno habitable para todas las formas de vida (Folke et al., 2021).

La temperatura media de la Tierra se determina por el balance energético y variables de los gases de efecto invernadero, la insolación solar y el albedo². El calor en la superficie puede ser modificado al grado de fortalecer los gases de efecto invernadero y generar cambios en el albedo. Esto, a largo plazo, ocasiona cambios en el clima terrestre y, por lo tanto, al ciclo del carbono y la biósfera (Steffen et al., 2016). Diversos estudios recientes (IPCC, 2023) han mostrado cómo los factores humanos contribuyen en la alteración de la biósfera, ocasionando un deterioro en los ecosistemas y disminuyendo la biodiversidad. La contaminación ambiental también representa un impacto creciente y dañino, con implicaciones directas en la salud humana y la extinción de especies (Tong et al., 2023).

Ante estos desafíos, la humanidad tiene la responsabilidad de mantener y restaurar el sistema Tierra, lo cual exige una solidaridad intrageneracional, que implique trabajo entre personas, instituciones, sociedades y naciones, fomentando la confianza, la justicia, la transparencia y la responsabilidad colectiva frente a los problemas sociales y ambientales. También se requiere una solidaridad entre especies, que permita construir estabilidad y resiliencia para todos los seres vivos,

² El albedo es la medida de la reflectividad de una superficie. Indica qué tan brillante es una superficie y cuánto de la luz que recibe es devuelta al espacio.

incluyendo al ser humano. Finalmente, es indispensable la solidaridad con las generaciones futuras, pues si no se abordan las crisis ambientales actuales, serán los niños y las generaciones venideras quienes sufran las consecuencias (Tong et al., 2023).

Una de las propuestas más relevantes en este contexto es trabajar con la resiliencia en la biodiversidad. Un ecosistema —compuesto por especies y comunidades humanas— debe tener la capacidad de responder, adaptarse y regenerarse ante riesgos, de manera que pueda sostener el bienestar de todo ser vivo (Folke et al., 2021).

En este marco, luego de 15 años de trabajo, el Grupo de Trabajo del Antropoceno (GTA) presentó en octubre de 2023 su informe a la Subcomisión de Estratigrafía Cuaternaria (SQS por sus siglas en inglés). Propusieron que el Antropoceno fuera reconocido como una nueva unidad cronoestratigráfica de rango serie/época, con inicio en la década de 1950, marcada por la llamada "Gran Aceleración" del impacto humano. No obstante, en febrero de 2024, la SQS rechazó la propuesta, decisión que fue validada por el Comité Ejecutivo de la IUGS y respaldada por los presidentes de las 17 subcomisiones del ICS (IUGS, 2024).

1.2 La isla de calor urbana como síntoma del modelo urbano actual

Las ciudades son uno de los mayores contribuyentes al cambio climático por la cantidad de recursos naturales que utilizan. Esto ocasiona no solo la sobreexplotación de dichos recursos, sino la destrucción de la biodiversidad y la contaminación ambiental. Además, está acompañado de otros problemas como el crecimiento poblacional en las ciudades y el incremento del calor extremo que se relacionan directamente con el fenómeno de la ICU (Kelbaugh, 2019).

Desde hace tiempo se han observado ICU en áreas urbanas y suburbanas, donde la temperatura del aire y de la superficie son más altas que en las zonas rurales. Este fenómeno ha sido detectado en diversas ciudades de todo el mundo (Gartland, 2008).

La primera investigación documentada sobre el tema se realizó en 1818 por el climatólogo inglés Luke Howard, quien en su publicación *El clima en Londres* advirtió la contaminación del aire causada por las emisiones de la ciudad. En 1820, Howard

observó que la temperatura del aire era más cálida por la noche y más fresca durante el día en comparación con el campo, lo cual atribuyó a la quema de combustibles.

Posteriormente, en 1885, el climatólogo francés E. Renou detectó una diferencia térmica de entre 1 °C y 2 °C entre el centro de París y sus suburbios. Atribuyó esta variación al calor metabólico generado por la población y a las chimeneas activas en la ciudad.

En 1899, en México, el climatólogo Manuel Moreno y Anda publicó *Una comparación de los climas de México y Tacubaya*, en la que utilizó datos de dos estaciones meteorológicas —una urbana (Ciudad de México) y otra rural (Tacubaya)— y advirtió que el aire en la capital era más tibio que en el entorno rural, enfatizando el contraste entre ciudad-campo (Jáuregui, 1993).

El término “isla de calor” fue empleado por primera vez en 1958 por el geógrafo inglés Gordon Manley (Tzoni Barranco, 2015).

A partir de este reconocimiento conceptual, en 1968, la Organización Meteorológica Mundial llevó a cabo el primer Simposio Internacional sobre Climas Urbanos. Más adelante, en 1970, se impulsaron los estudios en climatología urbana, y se identificó la presencia de las ICU en diversas ciudades del mundo (Lemus Flores, 2016).

La ICU es causada por el cambio en el balance energético, originado principalmente por el desarrollo urbano de las ciudades (Oke, 1995). Para comprender los microclimas y los climas de la capa límite atmosférica, se debe partir del balance energético superficial, ya que este permite determinar la transferencia y almacenamiento de la energía en el sistema urbano, y entre este y la atmósfera. En este sentido, se debe considerar que dicho sistema está conformado por superficies como techos, muros, calles, etcétera, y por elementos inmersos en la atmósfera, como cuerpos humanos y edificios (Oke et al., 2017, p. 156).

La ICU es un fenómeno característico de las ciudades. Este efecto surge de las modificaciones climáticas involuntarias que el ser humano provoca, lo que hace que los entornos urbanizados sean casi siempre más cálidos que las zonas rurales o periféricas (Oke et al., 2017). Su manifestación es más evidente durante la noche, especialmente en los centros urbanos, donde la densidad de las construcciones y las actividades diarias elevan las temperaturas. La formación de este fenómeno es responsable de los cambios climáticos a nivel local (Tzoni Barranco, 2015).

Dependiendo del tamaño, la urbanización y la población, una ciudad puede presentar una o varias islas de calor. Este contraste térmico se acentúa con el crecimiento urbano y la disminución de las zonas verdes (Lemus Flores, 2016).

Figura 5. Reflejo y absorción de la radiación solar en áreas rurales y urbanizadas.



Fuente: Imagen basada de William R. Lowy citado por Tzoni Barranco, 2015.

El cambio de superficies naturales a materiales como el concreto y el asfalto convierte áreas permeables en impermeables. Estos materiales absorben grandes cantidades de radiación solar (Figura 5), lo que genera un aumento en la temperatura del aire (Tzoni Barranco, 2015). Se invierte una considerable cantidad de dinero en la construcción y mantenimiento de edificios e infraestructura, en la gestión del agua, la eliminación de residuos, y el incremento del uso de energía. Además, las técnicas de construcción actuales, que fomentan las ICU, suelen ser poco saludables para la flora y fauna local (Gartland, 2008). Esta situación ha hecho que las ciudades sean menos hospitalarias para vivir e incluso peligrosas para la salud humana, debido a la relación entre el cambio climático, la ICU y las olas de calor. En 2017, el Programa de Investigación del Cambio Global de E.E.U.U.³ declaró que las ICU se intensifican por la estructura, extensión espacial y densidad poblacional de las áreas urbanas cambiantes y en crecimiento (Kelbaugh, 2019).

1.2.1 Clasificación de las islas de calor urbanas

A partir de la diferencia de temperaturas entre las zonas urbanas y su periferia se determinan los siguientes tipos:

- 1) ICU subterránea. Cuando hay una variedad en los patrones de temperaturas del subsuelo de las ciudades, que incluyen a las construcciones subterráneas (Oke et al., 2017).

³ U.S. Global Change Research Program.

- 2) ICU superficial. El contacto de la atmósfera exterior con los materiales sólidos de las ciudades y el contacto de aire–tierra presentan un incremento en las temperaturas (Oke et al., 2017).
- 3) Capa dosel urbano (CDU). Límites desde los tejados hacia abajo, la atmósfera se ve influenciada por las actividades del ser humano. El viento y la temperatura sufren cambios importantes en espacios reducidos que favorecen la aparición de microclimas causados por la traza de calles, uso de suelo y la orientación en el espacio urbano. Esta escala usa datos de estaciones meteorológicas o recorridos de transectos urbanos que es un automóvil equipado con instrumentos de medición (Oke, 2006, como se citó en Tzoni Barranco, 2015).
- 4) Capa límite urbana (CLU). Se desarrolla desde la altura de los tejados hacia arriba, su estado atmosférico está condicionado por la topografía y características físicas del entorno (Oke, 2006, como se citó en Tzoni Barranco, 2015).

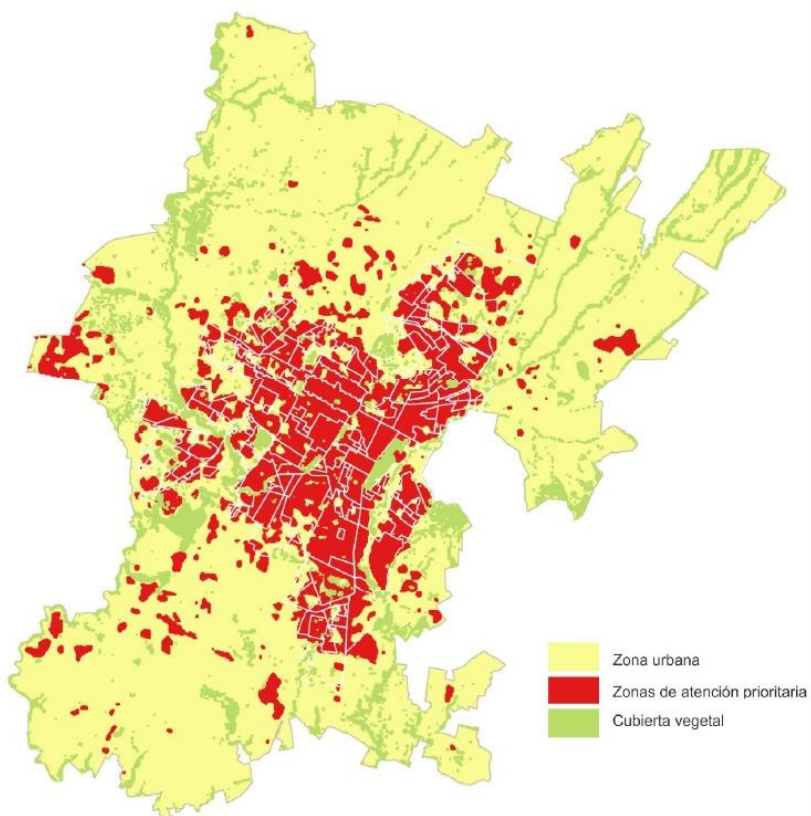
1.2.2 La ciudad de Puebla ante el fenómeno de la isla de calor urbana

A partir de los años sesenta, Puebla capital ha tenido un desarrollo urbano acelerado, que con el tiempo ha provocado varios problemas ambientales como el incremento de la temperatura de 1 °C durante los últimos 100 años. Con una superficie urbana cercana al 50 %, el cambio de áreas permeables por impermeables es la causa principal de la ICU y de las modificaciones en el clima local (Tzoni Barranco, 2015).

Se han realizado diversas investigaciones sobre la ICU en la ciudad de Puebla. El primer estudio documentado fue en 1970, cuando Guenther Michael Gaeb, de la Universidad de Bonn, realizó recorridos en automóvil equipado con sensores y registró altas temperaturas en el centro histórico. Posteriormente, en 1998, el maestro Gabriel Balderas del Departamento de Investigaciones Arquitectónicas y Urbanísticas (DIAU-BUAP) también investigó el tema. En su estudio titulado *El clima urbano de Puebla*, Balderas realizó recorridos nocturnos en automóvil, identificando la formación de núcleos calientes en el centro de la ciudad y en la colonia San Manuel. Además, su investigación recabó datos de estaciones meteorológicas y confirmó la presencia de la ICU diurna y estacional. Sus resultados —altamente similares a los recorridos— mostraron concentraciones de calor en el centro de la ciudad, un fenómeno atribuido a las construcciones masivas, de gran altura y a las zonas más densificadas (Tzoni Barranco, 2015).

En este sentido, un estudio de Tzoni Barranco (2015) sobre la isla de calor superficial, utilizó imágenes satelitales de la plataforma Landsat OIL TIRS para corroborar hallazgos anteriores. Las imágenes, tomadas el 14 de abril y el 17 de julio de 2014, a las 16:53:42 hora de Ecuador (15:53:42 hora local), fueron capturadas en momentos de máxima radiación solar, lo que facilitó la localización de la ICU. Este análisis confirmó la presencia de la ICU en el centro de la ciudad, especialmente en áreas con pocas zonas verdes y con predominio de superficies impermeables. Además, el estudio identificó zonas de atención prioritaria (con altas temperaturas), que corresponden a las áreas más densificadas de la mancha urbana de Puebla (Figura 6). Tzoni Barranco concluyó que aproximadamente el 33 % de la ciudad (168 colonias) requiere intervención, destacando zonas como Universidades, Tres Cruces, Infonavit San José Xilotzingo, Vista Alegre y Barrios de Arboledas, en el sur de la ciudad.

Figura 6. Zonas de atención prioritaria de la ciudad de Puebla.



Fuente: Tzoni Barranco, 2015.

1.2.3 Causas y factores determinantes de la isla de calor urbana

Oke (1995) establece que las causas y factores de la ICU son generados por el cambio en el balance energético, el cual es provocado por el desarrollo urbano. Basándose en un análisis bibliográfico, se han identificado ocho causas y factores que contribuyen a la generación de la ICU: Oke (1995), Gartland (2008), Tzoni Barranco (2015), Lemus Flores (2016), Kelbaugh (2019), y Herbel (2020), Cuesta (2020).

Tabla 1. Síntesis de causas y factores de las islas de calor urbanas.

CAUSAS	FACTORES
<i>Cambios en el balance energético acompañado del proceso de desarrollo urbano</i>	
CALOR ANTROPOGÉNICO	Calor generado por actividades humanas dentro de las ciudades y modificación del balance de energía urbana: utilización de combustibles para vehículos motorizados, procesos industriales, calefacción, aire acondicionado, uso de estufas y de luz eléctrica. Todas estas emisiones se agrupan y arrojan calor al ambiente.
DESPLAZAMIENTO DE ÁREAS VERDES (reducción de la evapotranspiración)	Reducción de la evapotranspiración, reducción de sumideros de dióxido de carbono, generación de poca sombra, disminución de la permeabilidad del suelo que interrumpe el ciclo hidrológico y genera mayor sequía, además del incremento en la temperatura ambiente.
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN BAJOS EN ALBEDO (mayor almacenamiento de calor sensible)	Mayor capacidad calorífica y mayor conductividad térmica. Retención de la radiación solar en las construcciones. Almacenamiento del calor durante el día y liberación lenta durante la noche.
CAÑÓN URBANO	La radiación solar incidente se refleja varias veces en los edificios y calles antes de regresar a la atmósfera. Al mismo tiempo, parte de esta radiación es retenida y propicia el aumento de la temperatura del aire. La configuración del cañón influye directamente en el factor de cielo visible.
REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO (geometría urbana)	Morfología urbana.
INCREMENTO DE RETENCIÓN SOLAR	Menor reflectancia solar de los materiales urbanos, la geometría urbana restrictiva (cañón urbano).
CONTAMINACIÓN DEL AIRE	Emisiones de gases de combustión interna, uso de vehículos motorizados y la industria. La gran carga de partículas sólidas, gases y contaminantes líquidos presentes en la atmósfera urbana, retardan el flujo exterior del calor (mayor absorción y reemisión de radiación infrarroja).
MAYOR ABSORCIÓN DE RADIACIÓN DE ONDA CORTA (gases con efecto invernadero)	Gases de efecto invernadero

Fuente: Elaboración propia con base en fuentes documentales de Oke (1995), Gartland (2008), Tzoni Barranco (2015), Lemus Flores (2016), Kelbaugh (2019), Herbel (2020) y Cuesta (2021).

La Tabla 1 muestra cómo la ICU es consecuencia de múltiples causas interrelacionadas que modifican el balance energético urbano como resultado del proceso de urbanización. La presente investigación comparó las causas de la ICU y

determinó que entre las más mencionadas y por tanto las principales se encuentran: el calor antropogénico y el desplazamiento de las áreas verdes.

En el caso del calor antropogénico, se genera por actividades humanas en la ciudad, ya que modifican el balance energético debido a los patrones de uso de la energía. Estas fuentes contribuyen directamente al aumento de la temperatura ambiente al liberar calor al entorno urbano.

La segunda causa relevante es el desplazamiento de áreas verdes. En este factor existe el predominio de áreas impermeables —vialidades y construcciones— sobre áreas permeables. Este fenómeno reduce significativamente la evapotranspiración, que afecta la regulación de los climas locales.

Dentro de las otras causas se encuentra el uso extendido de materiales de construcción con bajo albedo —como el asfalto o ciertos tipos de concreto—. Estos materiales favorecen la retención de la radiación solar. Esto deriva en el almacenamiento de calor durante el día y su liberación paulatina durante la noche, prolongando las temperaturas elevadas incluso en horas nocturnas.

Por otra parte, la configuración morfológica de la ciudad también influye. Por ejemplo, el denominado "cañón urbano", caracterizado por calles estrechas flanqueadas por edificaciones altas, provoca múltiples reflexiones de la radiación solar antes de que esta escape a la atmósfera, atrapando calor y elevando la temperatura del aire. Asimismo, la estructura del cañón urbano influye directamente en el factor de cielo visible (FCV): un cañón urbano con edificios altos y calles resultará en un FCV bajo, mientras que un cañón urbano con edificios bajos y calles anchas tendrá un FCV más alto.

La geometría urbana también es responsable de la reducción en la velocidad del viento, lo que limita la circulación del aire y contribuye a la acumulación de calor. De forma complementaria, el incremento en la retención solar ocurre por la baja reflectancia de los materiales urbanos y las características morfológicas ya mencionadas.

Finalmente, la contaminación del aire, derivada de emisiones provenientes de vehículos y procesos industriales, introduce grandes cantidades de partículas y gases que retardan el flujo de calor hacia el exterior. Estos contaminantes, junto con los gases de efecto invernadero, aumentan la absorción y reemisión de radiación infrarroja y de onda corta, intensificando, así, el calentamiento atmosférico local.

1.2.4 Temperatura de las superficies urbanas: impacto de los materiales de construcción

Las ciudades del mundo presentan un predominio de superficies impermeables (muros, techos, calles y banquetas), correspondientes a vialidades y edificaciones construidas con materiales en su mayoría bajos en albedo. Estos materiales tienen mayor capacidad calorífica y mayor conductividad térmica, generando la absorción de la radiación solar en lugar de reflejarla. Este fenómeno produce que el calor se conserve en la construcción durante el día y lo desprenda durante la noche, modifique la temperatura exterior al calentar el aire que las rodea y es una de las causas de las ICU. Además, las altas temperaturas provocan el aumento en el consumo energético de enfriamiento para la climatización de los hogares que generan una demanda en la energía eléctrica, principalmente en verano.

Cada superficie tiene un balance energético único, por lo que se tiene una temperatura única al entrar en contacto con el aire. Esto provoca un flujo de calor en la atmósfera y al sustrato, que afectan la temperatura de las superficies y las propiedades térmicas de los materiales. De acuerdo con Oke et al. (2017) se establecen cinco propiedades superficiales que influyen en su temperatura:

1. Propiedades geométricas. La orientación, la apertura del sol y el cielo intervienen en la temperatura de la superficie.
2. Propiedades radiativas (*radiative properties*). Controlan la capacidad de reflejar la radiación de onda corta (albedo) y larga, además de emitir radiación de onda larga (emisividad).
3. Propiedades térmicas. Las propiedades térmicas de los materiales, la conductividad térmica y la capacidad calorífica generan la aptitud de conducir y difundir el calor dentro y fuera del material.
4. Propiedades de humedad. La disponibilidad de humedad superficial y cercana a la superficie del suelo, así como la proveniente del agua contenida en las plantas, constituye un factor clave para la evaporación, lo que activa un mecanismo de pérdida de calor a través del flujo latente.
5. Propiedades de aerodinámica. Las características aerodinámicas de un entorno, en particular la longitud de rugosidad y su grado de exposición al viento, influyen directamente en la temperatura de las áreas expuestas. Las zonas lisas, con baja turbulencia, además de resguardadas del viento, tienden a registrar temperaturas

más elevadas, mientras que aquellas con superficies rugosas, que permiten un mejor intercambio de aire, favorecen una mayor disipación del calor.

Las superficies de las edificaciones y vialidades en las ciudades están compuestas por diferentes materiales, entre ellos los envolventes o recubrimientos. Estos influyen directamente en el microclima local debido a su comportamiento energético, el cual está determinado por sus propiedades térmicas y ópticas. También tienen diferentes capacidades de reflectancia solar (albedo), lo que altera la cantidad de radiación solar absorbida por las construcciones (Alchapar & Correa, 2015). Además, disipan parte del calor acumulado mediante procesos de convección y radiación hacia la atmósfera, influyendo significativamente en el balance térmico de la ciudad al incrementar la temperatura ambiente (Santamouris et al., 2011, como se citó en Alchapar et al., 2005, p. 108). Se debe tomar en cuenta que muchos de estos materiales tienen una baja reflectancia solar en comparación con los materiales vegetales, los cuales además absorben CO₂, de manera que la interacción entre las construcciones y el medio ambiente se ve afectada por los materiales que componen a los envolventes urbanos de las edificaciones, al provocar alteraciones en la temperatura de las ciudades. (Alchapar & Correa, 2015).

La reflectancia solar y la emisividad térmica de los materiales afectan directamente la temperatura de las superficies y del aire circundante. Aquellas con baja reflectancia absorben una mayor cantidad de energía, tanto en el suelo como en las edificaciones. Parte de esta energía se transfiere al aire por convección, provocando un aumento en la temperatura ambiente, mientras que otra parte se irradia hacia el cielo. Sin embargo, cuando los materiales presentan baja emisividad, retienen el calor por más tiempo en lugar de disiparlo, lo que contribuye al calentamiento del entorno (Alchapar et al., 2011).

En este contexto, el Índice de Reflectancia Solar (IRS) adquiere un papel clave en el desarrollo urbano, ya que permite evaluar las propiedades térmicas y ópticas de los materiales y su influencia en la temperatura del aire y de las edificaciones (Lira Oliver & Guevara Mon, 2017). Este índice resulta útil para seleccionar materiales locales de forma eficiente, considerando la reflectancia solar, la emitancia térmica y la temperatura relativa de referencia en superficies completamente blancas (100 %) y negras (0 %). Su aplicación permite optimizar el uso de la radiación solar en las construcciones y, por ende, contribuir al control térmico urbano

Además, la cantidad de radiación solar que reflejan o absorben los elementos envolventes de los edificios determina la proporción de calor que se transfiere hacia el interior o se libera al exterior (Lira Oliver & Guevara Mon, 2017) . En este sentido, una estrategia pasiva eficaz consiste en el uso de materiales fríos, es decir, aquellos con alta reflectancia solar. Estos materiales ayudan a mejorar el microclima local al reducir la demanda de energía para enfriamiento durante las temporadas cálidas (Santamouris et al., 2011, como se citó en Alchapar et al., 2005, p. 108).

Este enfoque pasivo también contribuye al confort térmico y a la habitabilidad de los edificios, al disminuir la temperatura de las superficies expuestas y, en consecuencia, la transferencia de calor hacia el interior y el entorno urbano. Así, los materiales con alta reflectancia se posicionan como una alternativa relevante para mitigar el aumento de temperaturas en las ciudades (Secretaría de Economía, 2016; Alchapar et al., 2012).

1.2.5 Impacto de la isla de calor urbana en la salud humana

El fenómeno de las ICU impacta negativamente al ser humano por la exposición prolongada al calor extremo sin intervalos de enfriamiento significativo. Las consecuencias para la salud humana son críticas, ya que ocasionan estrés, tensión fisiológica, deshidratación, fatiga e incapacidad para transpirar o enfriar el cuerpo. De la misma manera, la exposición prolongada al calor puede interrumpir las actividades diarias de las personas y el goce de los espacios al aire libre (Health Canada, 2020).

Por otra parte, el incremento de la contaminación atmosférica, posiblemente asociada a las altas temperaturas, también puede provocar enfermedades respiratorias. Las olas de calor pueden ocasionar la muerte (Tzoni Barranco, 2015), ya que la sobreexposición al calor llega a provocar erupciones, calambres e insolación, además de las ya citadas enfermedades respiratorias y cardiovasculares que pueden causar derrames cerebrales y aumentar la susceptibilidad a enfermedades infecciosas. Los sectores más vulnerables son los niños pequeños, las personas con enfermedades crónicas, los grupos de trabajadores como aquellos dedicados a la construcción, personas físicamente activas, indigentes, personas que habitan en viviendas precarias y adultos mayores (Health Canada, 2020).

El cambio climático ha aumentado el número de personas expuestas al calor extremo. De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (2024), entre

los períodos de 2000–2004 y 2017–2021, la mortalidad relacionada con el calor se incrementó aproximadamente en un 85 % entre personas mayores de 65 años. Asimismo, entre los años 2000 y 2019, se registró un promedio anual de 489,000 muertes atribuibles al calor, concentrándose el mayor porcentaje en Asia (45 %) y Europa (36 %).

1.3 Ciudades resilientes y resiliencia urbana: fundamentos conceptuales y estrategias de adaptación

Recientemente, la resiliencia urbana y la ciudad resiliente se están convirtiendo en herramientas de planificación para hacer frente a los riesgos que surgen en las ciudades que pueden ser del ámbito social, económico o ambiental.

La ICU es un fenómeno que se presenta únicamente en las zonas urbanizadas (ciudades) y se ha relacionado con uno de los grandes problemas ambientales, el cambio climático, que muestra la importancia de que las ciudades se involucren para hacer frente a estos problemas a través de la resiliencia.

Para entender la resiliencia, se aborda el concepto desde la visión propuesta por las Naciones Unidas (2020), Rufato Machado (2021), ONU-Habitat (2018), Kelbaugh (2019) y (Amirtahmasebi et al., 2020). De acuerdo a las Naciones Unidas (2020) se define como:

... la capacidad que tienen los individuos, los hogares, las comunidades, las ciudades, las instituciones, los sistemas y las sociedades para prevenir, resistir, absorber, adaptarse, responder y recuperarse de forma positiva, eficiente y eficaz cuando se enfrentan a una amplia gama de riesgos, manteniendo un nivel aceptable de funcionamiento sin comprometer las perspectivas a largo plazo de desarrollo sostenible, paz y seguridad, derechos humanos y bienestar para todos. (p. 81)

Por su parte Rufato Machado (2021) entiende la resiliencia urbana como:

... la capacidad para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de efectos de manera oportuna y eficaz en cada sistema, comunidad o sociedad expuestos a algún peligro, lo que también incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas ya que todos los asentamientos humanos sufren impactos diariamente. (p. 159)

Según la ONU-Habitat, (2018), la ciudad resiliente evalúa, planea y actúa ante cualquier impacto para proteger y mejorar la calidad de vida del ser humano, asimismo, para promover un cambio positivo en el entorno. Esta visión integral busca no solo la

supervivencia frente a los riesgos, sino también el fortalecimiento de capacidades para adaptarse y transformarse ante futuras amenazas.

En este contexto, la Nueva Agenda Urbana, publicada por ONU-Habitat, en alineación con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) promueven que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Asimismo, se debe fomentar la resiliencia en los habitantes a través de la adaptación basada en ecosistemas, la cual debe contar con un proceso de planificación a mediano y largo plazo. Además, debe existir una evaluación de vulnerabilidad ante el clima y sus repercusiones para establecer planes de adaptación, desarrollo de políticas, programas y actividades. A través de esta Agenda se busca incrementar la resiliencia en las ciudades ante riesgos de desastres relacionados con el cambio climático como las olas de calor (Amirtahmasebi et al., 2020).

Por su parte, Kelbaugh (2019) establece la importancia de implementar la resiliencia en las ciudades al tener la capacidad de recuperarse, adaptarse y crecer ante cualquier crisis. De manera que recomienda que las ciudades diseñen, planifiquen y desarrollen políticas urbanas a través de la resiliencia para contrarrestar problemas ambientales como el cambio climático y la ICU.

Aunque la resiliencia pueda percibirse como una inversión costosa, resulta fundamental para afrontar las crisis ambientales, ya que permite equilibrar la eficiencia, la adaptación y la mitigación. En este sentido, se propone una estrategia de mitigación adaptativa frente al fenómeno de la ICU. Si bien esta no resolverá por completo el cambio climático, puede ofrecer tiempo valioso para implementar soluciones más profundas. Desarrollar resiliencia en las ciudades implica abordar de forma interrelacionada tres de los principales desafíos urbanos actuales: el cambio climático, la ICU y la sobrepoblación, con el objetivo de contrarrestar los efectos de la crisis ambiental.

Paralelamente, se propone una estrategia de mitigación y adaptación integradas, tanto pasiva como activa, que puede aplicarse junto con otras estrategias climáticas. La modalidad pasiva se centra en la responsabilidad climática a través del uso de superficies reflectantes, ventilación natural y orientación adecuada, en estrecha relación con el diseño pasivo en arquitectura. Por su parte, la modalidad activa implica la incorporación de sistemas de construcción e infraestructuras avanzadas, como la

gestión energética en edificaciones, el uso de energías renovables, el almacenamiento de energía, el reciclaje, el uso responsable del agua y el tratamiento de aguas residuales, todo ello con el objetivo de reducir el impacto energético y climático (Kelbaugh, 2019, pp. 247–248).

Las ciudades, junto con sus habitantes, deben estar preparadas y contar con la capacidad de adaptarse ante cualquier situación de riesgo, lo que permitirá una respuesta y recuperación eficientes. La recuperación, rehabilitación y reconstrucción tras un desastre son fundamentales para reducir los riesgos durante el desarrollo urbano. Esto contribuirá a la formación de comunidades más resilientes mediante el uso de herramientas que faciliten la evaluación, planificación y monitoreo de la resiliencia urbana, la cual, además, debe ser revisada y actualizada de forma continua de acuerdo con el estado y evolución de la ciudad (Rufato Machado, 2021).

1.4 La mitigación de problemas ambientales como parte fundamental del desarrollo sostenible

La Organización de las Naciones Unidas ha manifestado su interés en el impacto que las actividades humanas tienen sobre el equilibrio global y la sostenibilidad. Entre sus objetivos se encuentra promover una educación mundial que fomente una conducta ética orientada al fortalecimiento del desarrollo sostenible, garantizando tanto la conservación del entorno como una calidad de vida en armonía con los sistemas ecológicos. Esta ética debe también respetar los principios que rigen el funcionamiento del planeta, en concordancia con el desarrollo global. Además, debe superar barreras sociales y acompañar los avances tecnológicos y de salud pública, entre otros. Se plantea así una ética del desarrollo sostenible que prioriza la preservación de los valores ecológicos por encima de los intereses humanos, con el fin de revertir las consecuencias del Antropoceno (Segovia Cuéllar, 2017).

De acuerdo con la Asamblea General de las Naciones Unidas (1987), el término desarrollo sostenible, también denominado desarrollo duradero, fue introducido por primera vez en el informe *Nuestro futuro común* (Comisión Brundtland), elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, integrada por representantes de distintas naciones y presidida por la primera ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland. En este informe se define el desarrollo sostenible como:

... el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias

necesidades. Encierra en sí dos conceptos fundamentales: el concepto de “necesidades”, en particular las necesidades esenciales de los pobres, a las que se debería otorgar prioridad preponderante; la idea de limitaciones impuestas por la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras. (p. 59)

Según esta definición, el desarrollo sostenible no se limita únicamente a la protección del entorno, sino que busca un equilibrio entre la preservación ambiental, la equidad social y el crecimiento económico. Sin embargo, se ha señalado que en la práctica este tipo de desarrollo a veces relega las verdaderas necesidades humanas, al subordinar la conservación ambiental a los intereses de la industrialización y el avance tecnológico global (Segovia Cuéllar, 2017).

El concepto de desarrollo duradero promueve la conservación de la vida con el propósito de mantener la capacidad de la Tierra para sostener un equilibrio entre el bienestar social y económico, al tiempo que se consideran los límites de los recursos naturales y la capacidad de los ecosistemas. Sin embargo, el crecimiento acelerado de la población ha derivado en una explotación excesiva de dichos recursos, lo que ha incrementado la vulnerabilidad del planeta frente a múltiples riesgos y desastres. Entre las consecuencias más visibles se encuentran la erosión del suelo, la contaminación, la deforestación, la degradación y destrucción de ecosistemas, así como la extinción de especies, entre otros efectos negativos (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN), 1980).

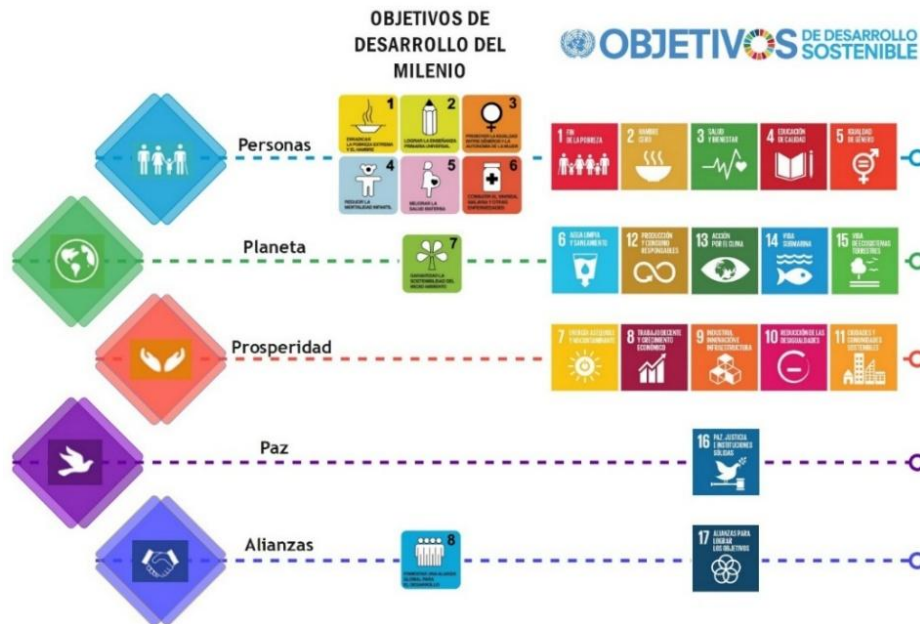
Actualmente, se busca que los modelos económicos mantengan una producción y consumo continuos de bienes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Para lograr que estos modelos se alineen con los principios de la sustentabilidad, se propone la definición de indicadores que consideren la complejidad de los problemas actuales y las distintas dimensiones de la sustentabilidad, más allá de las ya establecidas —como la ecológica, social y política—. Cada dimensión requiere indicadores específicos. Por ejemplo, en el ámbito social, deben contemplarse aspectos como la justicia social, la equidad, la calidad de vida, la salud y la educación, a fin de garantizar el bienestar de todos los grupos sociales. El objetivo es fortalecer la capacidad de decisión de la ciudadanía en su vida socioproductiva mediante la participación activa, permitiendo así la formulación de estrategias orientadas al desarrollo sostenible (Montero Peña & Hernández Pérez, 2020).

La comunidad internacional, a través del programa *Armonía con la Naturaleza* de la ONU, busca fortalecer lo que denomina *educación para el desarrollo sostenible*, promoviendo tanto la preservación ambiental como la formación social, a partir de una ética de base antropocéntrica. Sin embargo, según Kopnina y Cherniak (como se citan en Segovia Cuéllar, 2017), este enfoque educativo, centrado en el desarrollo sostenible, refleja una mentalidad neoliberal global. Critican que dicha visión reduce la preocupación por la estabilidad ambiental a un problema de equidad socioeconómica, lo cual consideran incompleto. En su lugar, proponen que “la protección de la naturaleza provocada antropocéntricamente es insuficiente ya que el ecocentrismo moral y el reconocimiento del valor intrínseco de la naturaleza son necesarios” (Kopnina & Cherniak, 2016, p. 830).

En el 2015, dando continuidad a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó el documento llamado *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Este instrumento plantea 17 objetivos y 169 metas que se conjugan en tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental. La Agenda 2030 es un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Será puesto en marcha por todos los países y partes interesadas mediante alianzas de colaboración, tanto en naciones desarrolladas como en vías de desarrollo. Este plan se sustenta en objetivos y metas universales y transformativas, de gran alcance y centrados en las personas (Asamblea General, 2015).

Como se muestra en la Figura 7, los objetivos y metas de la Agenda 2030 se agrupan en cinco esferas clave para el bienestar humano y del planeta: personas, planeta, prosperidad, paz y alianzas. Cada una de estas esferas integra distintos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales guardan relación con los anteriores Objetivos de Desarrollo del Milenio (OMS) (Asamblea General, 2015).

Figura 7. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la relación con los Objetivos de Desarrollo del Milenio.



Fuente: ONU-México, Objetivos de Desarrollo del Milenio.

1.5 Educación ambiental y competencias clave para la sostenibilidad

En la actualidad es necesaria una transformación profunda en la forma de pensar y actuar de los seres humanos para convertirse en ciudadanos ecológicos o sostenibles. Se requieren diversos conocimientos, habilidades, valores y actitudes para generar entornos más sostenibles. Esto implica que la educación puede ser un medio para poder alcanzar tal fin. La UNESCO ha desarrollado y consolidado la 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 (UNESCO, 2017).

La educación forma parte de la integración de una vida socioeconómica, política y ambiental, que puede considerarse como una solución para contribuir a la mitigación de los problemas ambientales, mediante la incorporación de dinámicas en los diferentes niveles educativos (básico, medio superior, superior). Como parte de la formación integral del ser humano, la educación ambiental puede considerarse una estrategia frente a la crisis ecológica, mediante el desarrollo de una conciencia crítica y responsable hacia el entorno. Resulta necesario contar con un proceso de aprendizaje para percibir la realidad de nuestro medio ambiente y el proceso socio-histórico que ha ocasionado su deterioro. Este aprendizaje puede considerarse el primer paso hacia la motivación y sensibilización del ser humano para cambiar su estilo

de vida, valorar los recursos naturales y elevar el nivel de conocimiento e información (Matos Meléndez & Flores Guerrero, 2016).

De manera específica, la educación ambiental surge en la década de los setenta del siglo XX, como respuesta a la creciente preocupación mundial por la desestabilización de los sistemas naturales y el evidente desarrollo industrial insostenible. A partir de entonces, la comunidad internacional planteó la necesidad de transformaciones en el conocimiento científico, incluyendo el ámbito educativo (Matos Meléndez & Flores Guerrero, 2016).

En la Tabla 2 se muestra el desarrollo de la educación ambiental desde su creación en 1971, a través del programa *El hombre y la biósfera (Man and the Biosphere)* con el propósito de mejorar la relación del ser humano con el ambiente.

Tabla 2. Historia de la educación ambiental.

FECHA	LUGAR	EVENTO/PROGRAMA	OBSERVACIONES
1971	París, Francia	Man and the Biosphere	Reunión con varios países y organismos (FAO, OMS, IUCN y UNESCO) para diseñar estrategias con el objetivo de proporcionar los conocimientos de las ciencias naturales y sociales necesarios para el uso responsable y racional de los recursos de la biósfera y fortalecer la relación global entre el hombre y el ambiente.
1972	Estocolmo, Suecia	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano	La importancia para cambiar el modelo del desarrollo. Se constituye el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), una entidad internacional a favor de la protección del entorno y se incluye la educación ambiental. También se crea el Programa Internacional de Educación Ambiental (PIEA) para difundir el conocimiento recabado de las investigaciones.
1977	Tbilisi, antigua URSS	Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental (UNESCO y PNUMA)	Se logran acuerdos para incorporar la educación ambiental a los sistemas educativos mediante la cooperación internacional. Se promueven principios básicos y se incentiva la enseñanza de los nuevos conocimientos y los cambios pedagógicos tomando en cuenta el medioambiente.
1992	Río de Janeiro, Brasil	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente	AGENDA 21, Capítulo 36. Fomento y orientación de la educación hacia el desarrollo sostenible.
		Cumbre de la Tierra	Se aprueban 33 tratados entre ellos el “Tratado de Educación Ambiental hacia Sociedades Sostenibles y de Responsabilidad Global”
	Guadalajara, México	Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental	Establece la importancia de los procesos políticos sobre la educación ambiental. Afianza la legislación para la obtención de una sociedad organizada legalmente en busca del desarrollo sostenible. Considera la participación social y comunitaria.

Tabla 2. Historia de la educación ambiental.

FECHA	LUGAR	EVENTO/PROGRAMA	OBSERVACIONES
1995	Caracas, Venezuela	Conferencia Mundial de Educación Ambiental	Se establecen estrategias para el paso hacia una sociedad más sostenible por medio de la aplicación y desarrollo de proyectos educativos.
2009	Bonn, Alemania	Conferencia Mundial de la UNESCO sobre la EDS	Busca que el conocimiento se convierta en acción en pro del desarrollo sostenible y un compromiso con la educación para que las personas cambien su estilo de vida. Se reconoció la existencia de conocimiento, tecnología y competencias necesarias para cambiar el modelo de desarrollo no sostenible.
2012	Río de Janeiro, Brasil	Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible Río+20	Declaración de <i>El futuro que queremos</i> . Recalcó la importancia de promover la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), su integración en todos los niveles y las fases de la educación y sistemas de enseñanza. Reconoció una economía verde.

Fuente: Elaboración propia basada en (Matos Meléndez & Flores Guerrero, 2016).

En la actualidad, la educación ambiental se fundamenta en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, los cuales pueden difundirse como parte del conocimiento general a través de la sensibilización de la población sobre su relevancia y la promoción de una educación integral en todos los niveles y modalidades. El objetivo es formar una ciudadanía comprometida con el cumplimiento de estos principios (Murga-Menoyo, 2018). Esta formación puede implementarse en diversas estructuras educativas, por lo que se clasifica en cuatro modalidades: formal, no formal, informal y comunitaria (véase Tabla 3).

Tabla 3. Tipos de educación ambiental.

TIPO	CONCEPTO	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Formal	Se establece en programas académicos obligatorios de enseñanza formal.	Sistema de enseñanza básica, superior u otros centros de enseñanza. Se realiza en un lugar y tiempo determinados, con horarios establecidos y evaluaciones.	Enfatizar en los primeros niveles la sensibilización hacia los recursos naturales y antrópicos. En niveles superiores se recomienda el desarrollo de un pensamiento crítico y responsable (valores ambientales).
No formal	Se llevan a cabo por distintas motivaciones y se desarrollan mediante talleres formativos, seminarios y eventos.	Educación no obligatoria, se aplica a público voluntario y sin límite de edad. Se trabaja con horarios programados y flexibles, siendo no necesario aplicar evaluaciones.	Buscar la capacidad y formación de promotores ambientales que tengan la aptitud de transmitir el mensaje. Fomentar la participación activa y toma de decisiones. Pasar del pensamiento y sentimiento a la acción.

Tabla 3. Tipos de educación ambiental.

TIPO	CONCEPTO	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Informal	Se realiza por mecanismos de difusión y comunicación social o pública.	Televisión, radio, diarios, revistas, digitales y otros medios afines.	Informar sobre asuntos ambientales.
Comunitaria	Plantea que la comunidad llegue a ser un grupo organizado.	Diversos sectores: instituciones estatales, privados, entre otros.	Desarrollar conciencia sobre su historia, valores y capacidades para los retos vinculados con su propio desarrollo.

Fuente: Elaboración propia basada en (Matos Meléndez & Flores Guerrero, 2016).

La UNESCO (2017) señala que la sociedad contemporánea enfrenta una lucha constante impulsada por los avances tecnológicos y la globalización. Esta confrontación ha dado lugar a nuevos desafíos caracterizados por una creciente complejidad e incertidumbre, mayor individualización y diversidad social, expansión de la homogeneidad económica y cultural, así como el deterioro de los servicios ecosistémicos de los que depende. Esta situación también ha incrementado la vulnerabilidad y la exposición a desastres naturales y tecnológicos. Como consecuencia, las sociedades actuales enfrentan una realidad que sobrepasa los procesos tradicionales para resolver problemas ambientales, lo que exige acciones creativas y autónomas. Es indispensable, por tanto, que las personas comprendan la complejidad del mundo en que viven para poder colaborar y actuar frente a estas problemáticas, con el objetivo de formar ciudadanos sostenibles.

La organización señala que, para formar una ciudadanía comprometida con el desarrollo sostenible, es necesario adquirir competencias clave en el contexto de los ODS, siendo la educación ambiental un elemento fundamental para alcanzarlo. Esta formación debe incluir objetivos de aprendizaje específicos en tres dominios: cognitivo, socioemocional y conductual. El campo cognitivo se enfoca en adquirir conocimientos y habilidades para comprender los ODS. Mientras que el ámbito socioemocional se concentra en consolidar capacidades interpersonales que permitan promover los ODS. Por su parte, el dominio conductual forma competencias prácticas orientadas a la sostenibilidad a través de la educación (Murga-Menoyo, 2018).

Estas competencias clave se distinguen por ser transversales, multifuncionales y aplicables en distintos contextos. Dado que los problemas ambientales —como la ICU— constituyen fenómenos socioambientales complejos, es esencial desarrollar competencias para la sostenibilidad que incluyan la acción y la participación activa de

los diversos actores involucrados. La Tabla 4 resume estas competencias junto con las capacidades que implican. Un análisis cuidadoso, contextualizado, permitirá determinar cuáles deben aplicarse y en qué momento dentro de los distintos procesos formativos. Esto facilitará la identificación de las capacidades a desarrollar, así como el examen de sus componentes: habilidades, conocimientos, valores y actitudes necesarias (Murga-Menoyo, 2018).

Tabla 4. Competencias clave para la sostenibilidad.

COMPETENCIAS CLAVE	CAPACIDADES
Pensamiento complejo (Unesco, 2017)	Capacidad de reconocer y entender las relaciones; analizar sistemas complejos; comprender cómo los sistemas se insertan en diferentes dominios y escalas; y afrontar la incertidumbre.
Pensamiento anticipatorio (escenarios futuros) (Unesco, 2017)	Capacidad para comprender y evaluar múltiples escenarios futuros —posibles, probables y deseables—; concebir una visión de futuro propia y alternativa; aplicar el principio de precaución; evaluar las consecuencias de las acciones; y enfrentar los riesgos y los cambios.
Competencia normativa (Unesco, 2017)	Capacidad para comprender las normas y valores que subyacen a la propia conducta; consensuar valores, principios, objetivos y metas de sostenibilidad, en contextos de conflicto de intereses, concesiones recíprocas, conocimiento incierto y contradicciones.
Competencia estratégica (Unesco, 2017)	Capacidad para desarrollar y ejecutar, de forma colectiva, acciones innovadoras que fomenten la sostenibilidad a nivel local y global.
Competencia colaborativa (Unesco, 2017)	Capacidad para aprender de los demás; comprender y respetar sus necesidades, perspectivas y acciones (empatía); establecer relaciones y mostrar sensibilidad hacia los demás (liderazgo empático); afrontar los conflictos de grupo; y facilitar la colaboración y la resolución participativa de problemas.
Pensamiento crítico (Unesco, 2017)	Capacidad para cuestionar prácticas, opiniones y normas; reflexionar sobre los propios valores, percepciones y acciones; y posicionarse respecto al discurso de la sostenibilidad.
Conciencia de sí mismo (Unesco, 2017)	Capacidad para reflexionar sobre el propio papel en la comunidad local y en la sociedad —global—; valorar y motivar continuamente las propias acciones y gestionar los propios sentimientos y deseos.
Competencia para la resolución integrada de problemas (Unesco, 2017)	Capacidad global de aplicar diferentes marcos para la resolución de problemas complejos de sostenibilidad; desarrollar soluciones viables, inclusivas y equitativas, que promuevan el desarrollo sostenible y la integración de todas las competencias mencionadas.
Sentido de la responsabilidad con las generaciones presentes y futuras (Unesco, 2014)	Capacidad para comprender que toda agresión al medio ambiente implica una agresión eco-social, con consecuencias para el planeta, la humanidad y la propia especie humana. Capacidad para asumir un compromiso activo con la justicia social y ambiental.

Fuente: (Murga-Menoyo, 2018, p. 47).

De esta manera, se busca que los estudiantes, tanto en contextos formales como no formales, comprendan que toda agresión al medio ambiente constituye

también una agresión social, cuyo impacto recae directamente sobre el planeta y sus habitantes (Murga-Menoyo, 2018). Dichas acciones generan un impacto considerable que perjudica gravemente tanto al medio ambiente como a la humanidad.

1.6 Ciudadanía ambientalmente responsable como alternativa para la mitigación de la isla de calor urbana

La sociedad contemporánea experimenta un profundo impacto cultural y social derivado del avance tecnológico y científico, lo cual ha transformado prácticas como la identidad, la salud, la producción de alimentos y el uso de bienes. Este cambio ha contribuido al surgimiento de un nuevo ser humano basado en la tecnociencia, orientado a facilitar la vida cotidiana, pero también conlleva consecuencias significativas, tanto individuales como colectivas. Se tiende a responsabilizar al individuo por los efectos del uso directo de la tecnología o por sus acciones dentro de la sociedad, especialmente cuando estas generan un deterioro ambiental.

Una mala planeación o el egoísmo humano pueden provocar deterioro en la biodiversidad y afectar gravemente la Tierra, hasta el punto de comprometer su habitabilidad. De ahí la importancia de promover un modelo de vida sostenible que integre la equidad, la viabilidad y el respeto por los límites naturales, asegurando así su permanencia en los ámbitos social, económico y ambiental (Vives Rego, 2013). En este contexto, en los últimos años se ha impulsado la educación para el desarrollo sostenible, acompañada de una revisión crítica de las normativas sociales vigentes (Granados-Sánchez, 2021).

El concepto de ciudadano ha sido objeto de debate a raíz de los problemas que plantea la sostenibilidad, lo que ha dado lugar a términos como el *ciudadano de Kioto*, el *ciudadano de la Tierra*, el *ciudadano sostenible* y el *ciudadano ecológico* (Vives Rego, 2013). En este contexto, proponer una ciudadanía relacionada con el desarrollo sostenible se fundamenta en tres conceptos: la ciudadanía ambiental, la ciudadanía ecológica y la ciudadanía sostenible Granados, 2008, como se citó en Granados, 2021).

El ciudadano ambiental defiende el derecho del ser humano a vivir en un entorno sano y adecuado, reconociendo que es responsabilidad de la sociedad proteger y mantener un medio ambiente de calidad. Sin embargo, para Barry (2006), este concepto resulta limitado, ya que se enfoca únicamente en los aspectos

ambientales, dejando de lado una visión más amplia de la sostenibilidad que también abarca dimensiones sociales, políticas, culturales y económicas. En este sentido, se asocia a una ciudadanía que adopta acciones más bien pasivas, como plantar un árbol o consumir de manera respetuosa con el medio ambiente (Granados-Sánchez, 2021).

El ciudadano ecológico se define a partir de cinco elementos: 1) ampliar los espacios éticos existentes para incluir a la naturaleza; 2) asumir responsabilidades frente a seres que no pueden establecer reciprocidad, ya sea por razones biológicas o sociales; 3) adaptar la vida humana a los límites de la biósfera, y no al revés; 4) considerar las repercusiones, consecuencias y efectos secundarios de la tecnología y de las acciones humanas sobre las generaciones futuras; y 5) abandonar el antropocentrismo dominante en la actualidad (Vives Rego, 2013). Sin embargo, autores como Dobson (2003) y Sáiz (2005) critican este enfoque por su carácter individualista y por no integrar las dimensiones sociales, políticas, culturales y económicas en el concepto de ciudadanía ecológica (como se citó en Granados-Sánchez, 2021).

La actividad del ciudadano ecológico se puede traducir en una acción social vinculada o no a movimientos políticos ecológicos. De manera que se conciba como una entidad con derechos y deberes redirigidos a la sostenibilidad, con el propósito de respetar a todos los seres vivos y la naturaleza. Su compromiso implica garantizar un uso responsable de los recursos naturales y del consumo, así como una evaluación crítica de los riesgos y beneficios que conlleva la tecnología. Además, promueve la participación social para incidir en el poder político, buscando que sus objetivos se integren en políticas públicas mediante el consenso. Esta ciudadanía aspira a una dualidad sociopolítica en la que la sociedad mantenga su individualidad desde una perspectiva ecológica, evitando el rechazo que podría generar la percepción de pérdida del confort alcanzado por la vida moderna (Vives Rego, 2013).

En el caso de la ciudadanía sostenible, existe la preocupación por la equidad, la justicia social, la gobernanza democrática. Mientras que define las causas que ocasionan la degradación socioambiental, también profundiza en el aspecto socioeconómico del desarrollo sostenible como la calidad de vida, los derechos humanos, la inclusión social, la igualdad y equidad, entre otros (Barry, 2006, como se citó en Granados-Sánchez, 2021). Se considera que el individuo no piensa en su

beneficio personal, sino que hay un sentido de responsabilidad colectiva (Bullen y Whitehead, 2006, como se citó en Granados-Sánchez, 2021).

Por estas razones, el ciudadano debe desarrollar una preocupación ambiental y un conocimiento global más profundo, promoviendo la formación de un pensamiento ecológico (Dean, 2001, como se citó en Hurtado, 2020) y contribuyendo a una sociedad verdaderamente sostenible. Esto implica no utilizar los recursos naturales a un ritmo superior al de su regeneración, evitar generar contaminación en niveles que excedan la capacidad del sistema natural para absorberla o neutralizarla, y reducir el consumo de recursos no renovables (Daly, 2008, como se citó en Hurtado, 2020).

Una parte importante de la ciudadanía contemporánea tiende a priorizar el bienestar y la comodidad personal, sin considerar plenamente los riesgos asociados al consumismo y su impacto negativo en la biodiversidad, como el agotamiento de los recursos naturales y la contaminación del agua, del aire y de los suelos. Esta actitud, vinculada a la falta de un criterio ecológico que caracterizó a buena parte de la sociedad del siglo XX, debe transformarse hacia una visión más comprometida con la sostenibilidad (Vives Rego, 2013). De ahí la importancia de promover una nueva forma de ciudadanía, alineada con los principios de Desarrollo Sostenible, que reconozca tanto los daños que las actividades humanas causan al medio ambiente como la necesidad de participar activamente en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales (Hurtado, 2020).

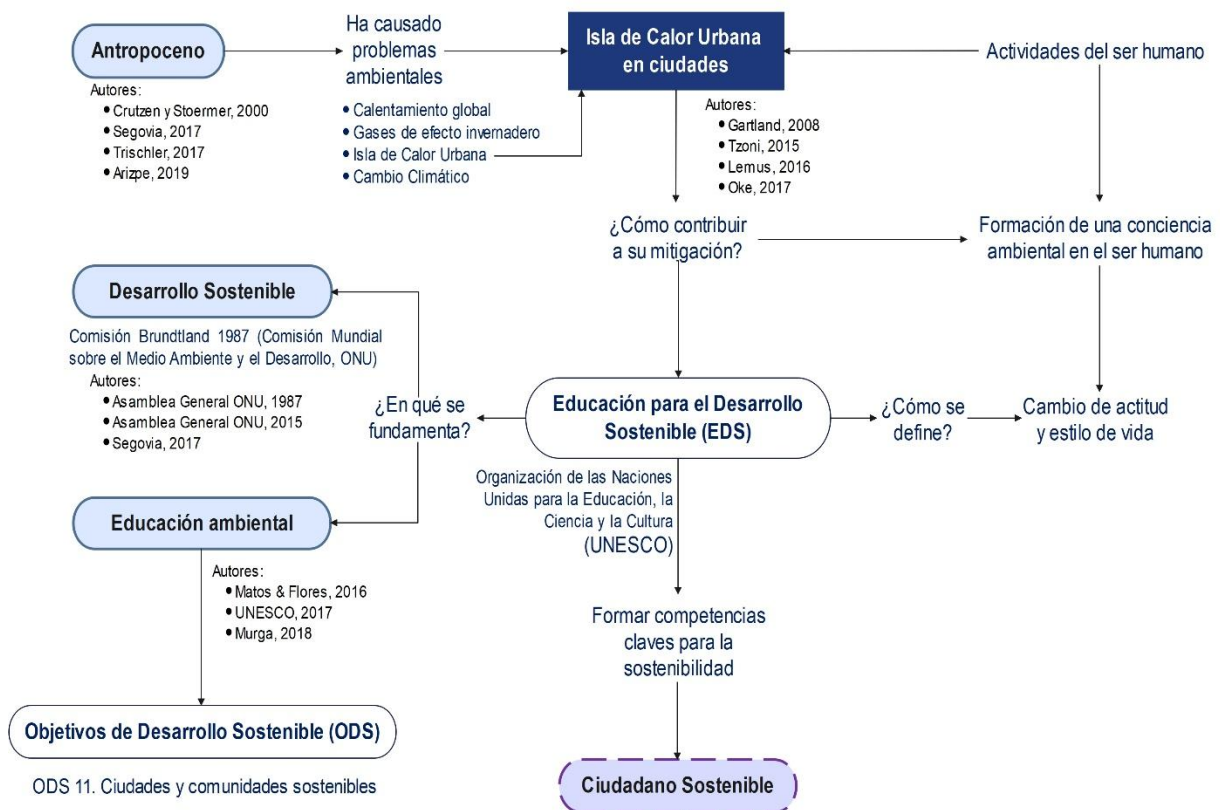
Actualmente, existen problemas ambientales de escala global que también se manifiestan a nivel local, muchos de ellos derivados de las prácticas cotidianas de la ciudadanía. Por ello, es fundamental impulsar políticas públicas y marcos jurídicos que asignen responsabilidades ambientales claras a los ciudadanos, con el fin de mitigar los impactos negativos generados por las actividades humanas (Hurtado, 2020). Al considerarse actores clave en este proceso, las sociedades deben promover la satisfacción responsable de sus necesidades y, al mismo tiempo, fomentar una ciudadanía ecológica capaz de renunciar, en parte, a los beneficios del liberalismo (Vives Rego, 2013).

A partir del análisis presentado en la Figura 8, se concluye que las actividades humanas son la causa de los problemas ambientales que se viven en la actualidad, como el calentamiento global, el cambio climático y la ICU. En este contexto, se establece una relación directa entre el Antropoceno y el fenómeno de la ICU, ya que

las acciones cotidianas de la sociedad refuerzan la alteración de los microclimas urbanos, los cuales, a su vez, generan emisiones que agravan el cambio climático global.

El presente estudio busca responder a la pregunta: ¿Cómo puede mitigarse este fenómeno? Para ello, se plantea la formación de una conciencia ambiental que motive un cambio de actitud y estilo de vida en las personas, a través de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), basada en los principios del Desarrollo Sostenible y la educación ambiental. Mediante la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la EDS, se pretende fomentar competencias clave orientadas a la sostenibilidad, con el fin de formar ciudadanos sostenibles, responsables y comprometidos con la protección del medio ambiente ante las problemáticas actuales.

Figura 8. Fundamentos conceptuales.



Fuente: Elaboración propia.

2. EL DÉBIL PESO POLÍTICO PARA GARANTIZAR UNA JUSTICIA SOCIAL Y AMBIENTAL

En este capítulo se realiza un análisis crítico del marco legal y normativo existente en los diferentes niveles de gobierno —internacional, nacional y local— sobre el cambio climático y la isla de calor urbano (ICU) por medio de una revisión documental para la identificación de vacíos en la regulación pertinente a este fenómeno.

2.1 La preocupación global por el deterioro ambiental

Actualmente, el ser humano enfrenta diversos problemas ambientales derivados de las consecuencias de su impacto en el medio natural, en un contexto determinado por factores políticos, económicos y sociales (Caruso, 2018). La llamada crisis ambiental surge del crecimiento económico y del deseo de alcanzar ciertos estándares de vida, lo cual ha generado problemas como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la sobreexplotación de recursos y la contaminación. Estos fenómenos amenazan la vida en la Tierra y ponen en riesgo la continuidad humana, por lo que se considera un problema urgente. La crisis ambiental es resultado de la conducta humana y su solución debe ser impulsada por la misma sociedad (Estenssoro Saavedra, 2007).

Desde las dos guerras mundiales ocurridas en la primera mitad del siglo XX, se produjo un impacto negativo en la vida y el desarrollo humano, con pérdidas significativas de vidas, biodiversidad, patrimonio cultural y natural, además de la destrucción de infraestructura y poblaciones enteras durante el segundo conflicto. Esta devastación provocó una crisis económica global tanto durante como después del enfrentamiento.

A pesar de esta devastación, el posterior auge industrial y tecnológico impulsó una nueva visión del planeta desde la exploración espacial, lo que contribuyó al surgimiento de una conciencia ambiental global orientada a su conservación. No obstante, ese mismo desarrollo aceleró el deterioro del entorno natural mediante la sobreexplotación de recursos, la deforestación, la extinción de especies y la contaminación del suelo, el agua y el aire (Reynosa Navarro, 2015). Esta situación motivó, entre 1945 y 1972, una creciente toma de conciencia internacional sobre los problemas ambientales, que hasta entonces no había sido una preocupación relevante para la comunidad internacional (Estenssoro Saavedra, 2007).

Según Caruso (2018), la crisis ambiental se originó en la posguerra (1945–1972), cuando la ecología se consolidó como disciplina científica con una postura ambiental ecocentrista que ganó presencia en círculos académicos y parte de la sociedad.

Durante las décadas de 1960 y 1970, la ciencia ecológica se enfocó en la difusión y divulgación de la crisis ecológica, al denunciar problemas ambientales y buscar incidencia en la política social. En ese contexto socioeconómico, se consolidó un modelo industrial basado en el consumo masivo e irracional, así como en el uso excesivo de energías fósiles y electricidad, en lugar de adoptar fuentes alternativas como la energía nuclear. Esto intensificó la explotación de los recursos naturales y provocó un deterioro significativo en los ecosistemas.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), desde su creación en 1945, desempeñó un papel clave en la toma de conciencia de la crisis ambiental durante los años sesenta. La ONU comenzó a implementar iniciativas relacionadas al medio ambiente que madurarían hasta la Conferencia de Estocolmo (1972). En 1949 se realizó la Conferencia Científica de Naciones Unidas para la Conservación y Utilización de los Recursos Naturales. No obstante, esta conferencia tuvo escasos resultados porque la prioridad de los países de Primer Mundo era la reconstrucción económica tras la Segunda Guerra Mundial y el nacimiento de la Guerra Fría. Aun así, se siguió con el establecimiento de iniciativas científicas que contribuyeron a la visión sobre el uso del ser humano de los recursos de la Tierra, dando lugar a diferentes encuentros como el que se celebró en Roma en 1961, sobre los recursos energéticos. Además, se efectuaron actividades a través de diferentes agencias especializadas, como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), al promover diferentes programas y organismos vinculados a la protección ambiental (Estenssoro Saavedra, 2007).

La celebración de la Conferencia sobre el Medio Ambiente Humano, organizada por la ONU en Estocolmo a principios de los años setenta, difundió por primera vez la idea de una crisis ambiental a nivel mundial. Tras la conferencia se impulsó un pensamiento ambientalista, que se profundizaría con la publicación del Informe Brundtland en 1987, la Cumbre de la Tierra en 1992 y, en el siglo actual, con nuevas posturas como la del Antropoceno (Caruso, 2018).

Con el aumento de la difusión de las problemáticas ambientales a nivel global comenzaron a desarrollarse agendas políticas por parte de organismos internacionales, especialmente de la ONU. Se promovieron agencias vinculadas a la protección del medio ambiente, como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), creada en 1948 bajo la UNESCO. En 1961 se creó la primera ONG ambiental de alcance global, el Fondo Mundial para la Naturaleza (*World Wildlife Fund for Nature* o WWF por sus siglas en inglés). Asimismo, se impulsó la Conferencia sobre Conservación y Uso Racional de los Recursos de la Biósfera, celebrada en París en 1968, la cual destacó la importancia de asumir una responsabilidad internacional permanente ante la degradación ambiental global. Para dar continuidad a estas acciones, en 1971 se lanzó el Programa sobre el Hombre y la Biósfera (MAB, por sus siglas en inglés), que dio impulso a la celebración de la Conferencia de Estocolmo en 1972. En el ámbito social, el movimiento ambientalista surgido en la clase media estadounidense promovió la creación de ONGs como Greenpeace en 1971, organización que comenzaría a replicarse en otras partes del mundo a partir de la Conferencia de Estocolmo (Caruso, 2018).

En el contexto nacional, en México, la preocupación por conservar las áreas forestales inició en la década de 1930, cuando Miguel Ángel de Quevedo alertó sobre los riesgos ante la división de tierras basada en el minifundio y la distribución indiscriminada de tierras forestales, destacando la importancia de los bosques por su valor como materia prima y sus servicios hidrológicos. Nombrado por el presidente Lázaro Cárdenas como jefe del Departamento Autónomo Forestal, de Caza y Pesca (DAFCP), Quevedo impulsó la protección de áreas con servicios ambientales estratégicos, especialmente hidrológicas. Por esta razón, muchos de los parques nacionales actuales se ubican en volcanes y cumbres debido a la importancia de sus cuencas hidrográficas. Quevedo fue la única figura política de la época que promovió activamente la conservación forestal, la reforestación, la creación de viveros y la capacitación técnica. Sin embargo, sus diferencias con Cárdenas respecto al reparto agrario llevaron al cierre del DAFCP en 1940 (Carabias & Rabasa, 2017).

A partir de ese año, el interés por la conservación forestal en México disminuyó, dando paso al impulso de la agroindustria y de actividades preindustriales. La construcción de infraestructura, como carreteras, presas y obras de riego provocó la invasión de áreas verdes. La demanda alimentaria generada por la posguerra aumentó

la exportación de productos mexicanos. Entre 1940 y 1965 se triplicó la superficie cultivada, lo que ocasionó un grave daño ambiental y la pérdida de sumideros de dióxido de carbono.

Aunque hubo intentos por establecer políticas de conservación de los recursos naturales, estos no prosperaron debido a la expansión agrícola. Durante el gobierno de Ávila Camacho (1942), ante la preocupación por los deslaves en zonas deforestadas, se creó el Departamento de Conservación de Suelos, y en 1946 se promulgó la Ley de Conservación del Suelo y Agua. Sin embargo, la expansión de la ganadería intensificó la deforestación y las emisiones de metano, un gas de efecto invernadero. Con el tiempo, los decretos de protección forestal fueron reemplazados para favorecer la agricultura de riego. A partir de 1965, la producción agrícola comenzó a disminuir tanto a nivel nacional como internacional, llevando a México a una crisis en la década de los setenta. Mientras tanto, el sector ganadero creció, acelerando la deforestación de la selva, hasta que una crisis económica y la competencia internacional frenaron este proceso en los años ochenta (Carabias & Rabasa, 2017).

A nivel internacional, el interés ambiental creció en los años setenta, impulsando la Conferencia de Estocolmo (1972). Como parte de su preparación, México promulgó en 1971 la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, enfocada en la contaminación del aire, agua y suelos. Su objetivo era prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, así como promover su conservación y restauración. La implementación quedó a cargo de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, perteneciente a la Secretaría de Salubridad y Asistencia, en coordinación con las secretarías de Recursos Hidráulicos; Agricultura y Ganadería; e Industria y Comercio. No obstante, entre 1978 y 1982, la contaminación industrial aumentó un 25 %, especialmente a causa de la industria petroquímica y de fertilizantes. También la deforestación se intensificó, sobre todo en el sur del país. En los años noventa, México fortaleció su política pública ambiental y su marco jurídico, influido por la agenda global. Sin embargo, estos esfuerzos no lograron revertir el deterioro del entorno natural (Carabias & Rabasa, 2017).

La crisis ambiental tiene su origen en las actividades humanas, como el uso de combustibles fósiles, la sobreexplotación de recursos, el comercio de especies y la deforestación, lo que ha generado cambios climáticos, pérdida de biodiversidad y destrucción de ecosistemas (Roldán-Arcos et al., 2022). Estas actividades provocan

desastres naturales que afectan principalmente a los sectores más vulnerables (Morán Torres, 2015). Además, el modelo de ciudad contribuye al problema mediante la fragmentación, que genera segregación espacial entre grupos socioeconómicos debido a los cambios en el territorio por la reducción de espacios ocupados (Vázquez y Salgado, 2009, citado en Ramírez Guevara et al., 2015). Factores como la pobreza, la corrupción y la injusticia limitan el ejercicio de los derechos humanos, incluido el derecho a un ambiente sano. El desordenado crecimiento urbano ha deteriorado el entorno social, económico y ambiental, afectando la calidad de vida (Morán Torres, 2015). Ante esto, se requiere una adecuada planificación territorial con políticas específicas y participación social para garantizar la justicia ambiental (Ramírez Guevara et al., 2015).

El término justicia ambiental surgió en Estados Unidos en la década de 1980, cuando comunidades afroamericanas denunciaron el racismo ambiental por la ubicación de vertederos tóxicos en sus territorios, tal como fue el caso de Warren, Carolina del Norte. Este movimiento evolucionó para incluir otros sectores de carácter social, económico, laboral y de derechos humanos.

La noción de justicia ambiental se internacionalizó al ser adaptada por otros países o a través de instrumentos promovidos por la ONU, como la Declaración de Río y el Programa 21 (Ramírez Guevara et al., 2015). En este contexto, El Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, firmado en 2018 en Escazú, Costa Rica, se convirtió en el primer tratado ambiental de América Latina y el Caribe que protege los derechos de acceso a la información, participación pública y justicia en asuntos ambientales ante la vulneración de estos derechos (Naciones Unidas, 2018).

La justicia ambiental abarca dimensiones sociales, económicas y ambientales, e incluye aspectos políticos, la participación individual y comunitaria, así como la relación del ser humano con la naturaleza, entendida como el derecho a un medio ambiente sano. Este derecho es especialmente relevante para los sectores vulnerables, ya que son los más afectados por los riesgos ambientales, urbanos y sociales (Ramírez Guevara et al., 2015). Además, el derecho a un medio ambiente sano no solo implica la posibilidad de una vida digna, sino también la responsabilidad hacia las generaciones futuras (Morán Torres, 2015).

La sostenibilidad resulta fundamental debido al impacto que la explotación de los recursos naturales tiene sobre el ambiente, las comunidades y la salud. Uno de los principios de la justicia ambiental es la obligación tanto del Estado como de la sociedad de no dañar el medio ambiente y de atender cualquier problema que afecte al ecosistema (Ramírez Guevara et al., 2015). El Estado debe garantizar y difundir los derechos fundamentales, promoviendo una democracia participativa. La ciudadanía, a su vez, exige información veraz y oportuna, así como espacios de participación en la toma de decisiones ambientales, lo que fortalece el ejercicio democrático y fomenta el compromiso social y ambiental (Morán Torres, 2015).

A pesar del interés internacional reflejado en instrumentos como los Acuerdos de París o los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los avances han sido insuficientes o mal dirigidos. La falta de voluntad política y la prioridad de intereses económicos agravan la situación, dejando sin respuesta muchos desastres naturales. Ante esto, se requiere un aprendizaje que promueva el conocimiento sostenible y la comprensión de los efectos de la crisis ambiental sobre los ecosistemas. La UNESCO propone integrarlo mediante la Educación Ambiental (EA). En España, por ejemplo, el Libro Blanco de Educación Ambiental plantea estrategias educativas, incluyendo la formación docente en sostenibilidad y la promoción de la participación social. No obstante, la colaboración docente es limitada y la enseñanza tiende a ser teórica, sin una conexión clara con la vida cotidiana (Roldán-Arcos et al., 2022).

La falta de participación de todos los actores del sistema educativo limita el avance hacia una sociedad justa y respetuosa con el entorno. Las estrategias educativas deben ir más allá del conocimiento teórico y enfocarse en sensibilizar, concientizar y fomentar decisiones ambientales desde lo individual para promoverlo fuera del aula y permitir llegar a una toma de decisión ambiental (Roldán-Arcos et al., 2022).

2.2 Políticas ambientales frente al cambio climático y la isla de calor urbana

La historia de la política ambiental es un reflejo de la creciente conciencia global sobre los desafíos ecológicos que enfrenta la humanidad. Lo que comenzó como una preocupación incipiente por la contaminación, ha evolucionado hacia un marco legislativo y de gobernanza cada vez más complejo, impulsado por acuerdos internacionales, cumbres y la presión social. La cronología de eventos y políticas que

se presenta a continuación traza este recorrido con atención a problemáticas específicas como el fenómeno de la ICU. Este análisis subraya la transición de una visión general de la protección ambiental a un enfoque más específico, que busca integrar soluciones innovadoras en la planificación urbana y la construcción.

A raíz de la recomendación del Consejo Económico y Social de convocar una reunión para tratar los problemas medioambientales que afectan al ser humano, mencionados en la Asamblea General de 1968 (Library Dag Hammarskjöld, 2022), se celebró en 1972 la primera conferencia sobre el medio ambiente: la “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano”, en Estocolmo, Suecia (United Nations, 1972).

A partir de esta conferencia, comenzó a difundirse a nivel mundial la idea de una crisis económica y ambiental, al abordar por primera vez los problemas de los ecosistemas y proclamar que el ser humano tiene derecho a un entorno natural sano, el cual debe ser protegido y mejorado para las generaciones futuras (Varios autores citados por Caruso, 2018). De este modo, se dio inicio al Derecho Medioambiental, con el objetivo de generar una conciencia política ambiental a nivel global mediante principios y normas jurídicas internacionales que regulen la actividad socioeconómica y cultural. Por ello, se encomendó tanto a los gobiernos como a la ciudadanía la tarea de sumar esfuerzos para preservar el entorno natural en beneficio del bienestar humano (Reynosa Navarro, 2015).

La Conferencia de Estocolmo promovió la reducción y el manejo del impacto ambiental causado por la contaminación, aunque no abordó la explotación de recursos derivada del modelo de producción capitalista. En el ámbito científico, impulsó numerosas investigaciones sobre problemas ambientales como la pérdida de áreas naturales, la contaminación urbana y los efectos de sustancias contaminantes, lo que permitió el surgimiento de disciplinas como la economía ecológica y la ética ambiental (Gudynas, 1999, citado en Caruso, 2018).

Del mismo modo, la conferencia tuvo un impacto en las políticas gubernamentales, al fomentar la inclusión del medio ambiente en las agendas políticas mundiales y propiciar la creación de agencias ambientales en organismos internacionales y gobiernos nacionales (Caruso, 2018). Como resultado, en 1972 se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el primer organismo dedicado exclusivamente a temas ambientales, que estableció 26 principios

y un plan de acción como la primera declaración en esta materia (United Nations, 1972).

A raíz de la difusión de la idea de una crisis ambiental, se comenzó a observar de manera crítica el acelerado proceso de urbanización, asociado a la contaminación, la degradación del medio ambiente y la falta de capital para invertir en proyectos tecnológicos sustentables. A pesar de ello, la explotación de los recursos naturales continuó en aumento. Ante esta situación, el PNUMA (Caruso, 2018), establecido por la Asamblea General, creó en 1983 la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), presidida por Gro Harlem Brundtland, entonces primera ministra de Noruega. Esta comisión elaboró un informe que fue presentado cuatro años después, en 1987, bajo el título *Nuestro futuro común*, también conocido como el Informe Brundtland, donde se definió por primera vez el concepto de “desarrollo sostenible” (Asamblea General, 1987).

En 1988 se creó el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial y el PNUMA. A partir de entonces, se celebraron numerosas conferencias, tratados y programas enfocados al medio ambiente y las actividades del ser humano. Entre los más relevantes se encuentra la Cumbre de la Tierra y la creación de la Agenda 21 o Programa 21 en 1992, cuyo propósito fue promover el desarrollo sostenible (UNFCCC, 2022b). Esta iniciativa estableció un conjunto de principios sobre los derechos y deberes de los Estados, así como lineamientos sobre los bosques y su gestión a nivel mundial (Reynosa Navarro, 2015). La Agenda fue adoptada en la Convención de Río mediante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que entró en vigor el 21 de marzo de 1994. También surgieron el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica y la Convención de Lucha contra la Desertificación y posteriormente, la adhesión a la Convención de Ramsar sobre los Humedales (UNFCCC, 2022b).

En 1996 se llevó a cabo la Conferencia de Kioto sobre el Calentamiento Global. El 11 de diciembre de 1997 se aprobó el Protocolo de Kioto, que entró en vigor el 16 de febrero de 2005. Este protocolo puso en funcionamiento a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), estableciendo el compromiso de los países industrializados de disminuir la generación de gases de

efecto invernadero (GEI) y adoptar medidas y políticas para su mitigación (UNFCCC, 2022a).

Para el año 2000, las Naciones Unidas presentaron nuevas estrategias ante los desafíos emergentes mediante la Cumbre del Milenio. A través del Informe del Milenio se estableció la necesidad de situar a las personas en el centro de las acciones globales, desarrollar nuevos objetivos para consolidar el compromiso internacional y fortalecer las relaciones con los gobiernos y la sociedad, por medio de la construcción de alianzas. Esto dio lugar a la Declaración del Milenio y los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (United Nations, 2022).

Posteriormente, en 2002, se celebró la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo. En su Declaración Política y Plan de Implementación se afirmó que el desarrollo sostenible requiere el respeto al medio ambiente mediante acciones vinculadas al agua, la energía, la agricultura y la biodiversidad. Entre ellas se destacaron la regulación hídrica, el uso de energías renovables, la diversificación energética y la reducción de los gases de efecto invernadero (United Nations, 2022). Asimismo, se reafirmó la responsabilidad de fortalecer y promover el desarrollo económico, social y ambiental como pilares del desarrollo sostenible, junto con la participación en la formulación de políticas (Reynosa Navarro, 2015).

Durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en 2012, en Río de Janeiro, se alcanzó el acuerdo *El futuro que queremos*, catalogado por organizaciones ecologistas y ambientalistas como un fracaso en materia ambiental al no incluir compromisos firmes y vinculantes (Reynosa, 2015). A pesar de ello, se comienza a incursionar en economía verde y a trabajar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con base en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).

Los ODS se consolidaron en la Cumbre de Desarrollo Sostenible de 2015 con la agenda *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, aplicada a partir del año siguiente. Ese mismo año, en la Conferencia de París sobre el Cambio Climático (COP21), se firmaron los Acuerdos de París (United Nations, 2022), cuyo objetivo fue “reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza”, además de establecer una disminución en la temperatura mundial de 2 °C y el esfuerzo de limitarse a un aumento en la temperatura de 1.5 °C (UNFCCC, 2015, pág. 2).

En 1999 CorpWatch introduce el concepto de justicia climática en la publicación *Greenhouse Gangsters vs. Climate Justice* (Gánsteres del efecto invernadero contra la justicia climática). El concepto establece reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ocasionadas por los combustibles fósiles, que se relacionan con la industria del petróleo. Sus principales fundamentos eran eliminar las causas del calentamiento global reduciendo las emisiones y detener nuevas explotaciones petroleras, oponerse a los impactos ocasionados por esta industria, construir soluciones justas dentro y fuera de las naciones, y transformar el modelo de la globalización impulsados por los combustibles fósiles para promover una gobernanza justa, democrática y sostenible desde lo local hasta lo global (Bruno et al., 1999).

La justicia climática es una evolución del movimiento surgido en Estados Unidos en la década de los ochenta, conocido como justicia ambiental. La justicia climática surge de la lucha social por la equidad y los desafíos ambientales provocados por el cambio climático (Pardo Buendía & Ortega, 2018). En este contexto refleja la responsabilidad desigual que tienen los países y comunidades frente a la crisis climática. Sugiere que los países, sectores y empresas que se han beneficiado de actividades contaminantes, tienen la responsabilidad de apoyar a las comunidades más vulnerables pues son las más afectadas por el cambio climático (PNUD, 2023).

En el plano internacional, el concepto se consolidó en diversos foros: la primera Cumbre sobre Cambio Climático en el 2000, en paralelo a la COP6 en la Haya. En el 2002, durante la Cumbre de la Tierra en Johannesburgo, se adoptaron los Principios sobre Justicia Climática de Bali. En la COP15, 2009 en Copenhague, Evo Morales (entonces presidente de Bolivia), revindicó el concepto de deuda ecológica, señalando a los países desarrollados como los principales responsables del cambio climático (Pardo Buendía & Ortega, 2018). A pesar de los esfuerzos, esta conferencia fue considerada un fracaso. Esto se debió a que solo resultó en una declaración de intenciones, sin establecer compromisos concretos para la reducción de emisiones necesarias para enfrentar el calentamiento global. Además, la fuerza geopolítica de naciones como China y Estados Unidos, los mayores emisores de gases de efecto invernadero, influyó en la falta de acuerdos decisivos (Svampa, 2020).

Sobre esta base, la justicia climática se orienta específicamente al fenómeno del cambio climático. A diferencia de la justicia climática, la justicia ambiental ha sido promovida en gran medida desde América Latina, a través de espacios políticos

internacionales. Este movimiento emergió a partir del contexto de la deuda ecológica y fue impulsado principalmente por el Instituto de Ecología Política de Chile alrededor de 1990. No fue hasta 2009 en Cochabamba, Bolivia, que se llevó a cabo la Primera Audiencia del Tribunal Internacional de Justicia Climática, una iniciativa de activistas y organizaciones indígenas ambientalistas. El objetivo fue promover el reconocimiento legal y penalizar los delitos ambientales internacionalmente, aunque el tribunal no contaba con facultad jurídica (Pardo Buendía & Ortega, 2018).

En el 2010 los países llamados Eje Bolivariano⁴, liderado por Bolivia, llevaron a cabo la Conferencia Mundial de los Pueblos sobre el Cambio Climático y los Derechos de la Madre Tierra. El objetivo era promover una iniciativa que visibilizara el deterioro ambiental y la deuda ecológica generada por el capitalismo. Además, buscaron incorporar una agenda basada en los derechos de la naturaleza y en la filosofía del "vivir bien", que promueve una vida en armonía con el entorno y la comunidad, en lugar de fomentar el consumismo y el crecimiento económico sin límites. Sin embargo, esta propuesta no prosperó, al año siguiente en la COP de Cancún este grupo fue excluido del consenso de la cumbre. Además, el gobierno de Evo Morales mostró un doble discurso al ser evidente que la deuda ecológica fue una falsa promesa tras los conflictos territoriales que existieron con los indígenas (Svampa, 2020).

Los movimientos por la justicia ambiental y climática se han articulado en redes de protesta y resistencia territorial, conformando una nueva cartografía de conflicto llamada *Blockadia*, según Martínez Alier (2005). A través de marchas, bloqueos, ocupaciones y resistencia social buscan enfrentar la expansión capitalista. En años recientes, las marchas globales por el clima han cobrado relevancia como forma de articulación internacional (Svampa, 2020).

El 9 de enero de 2023, Chile y Colombia presentaron una solicitud ante la Corte Internacional de los Derechos Humanos (Corte IDH) sobre las obligaciones de los Estados en el marco de la emergencia climática. La Corte IDH emite el 29 de marzo de 2025 la Opinión Consultiva OC-32/25, donde reconoce que la emergencia climática representa una amenaza directa a los derechos humanos, especialmente en América Latina y el Caribe, donde los impactos son más intensos sobre las comunidades marginadas. Este informe establece las obligaciones de los estados latinoamericanos

⁴ En 2010, el "Eje Bolivariano" se refería principalmente a Venezuela, Bolivia, Ecuador y Nicaragua, con el apoyo de Cuba y la simpatía de Argentina.

como los miembros del Sistema Interamericano de Derechos Humanos, a respetar, proteger y garantizar los derechos humanos afectados por el cambio climático, y a diseñar medidas urgentes, adecuadas y graduales frente a la crisis ambiental, a partir de principios de equidad, justicia social y sostenibilidad. Además, la Corte ratifica el derecho a un ambiente sano y un clima estable, la protección a las comunidades vulnerables y derechos colectivos, la justicia climática, la equidad regional y la participación Estado–comunidad en la toma de decisiones climáticas (Corte Interamericana de Derechos Humanos, 2025).

En México, como en muchos otros países, la preocupación por los problemas ambientales comenzó en la posguerra, pero cobró mayor relevancia en los años ochenta al incorporarse a la agenda política del Estado. Esto se debió a catástrofes naturales que evidenciaron la falta de instituciones para atender los fenómenos ambientales y sus efectos en la sociedad. A ello se sumaron el desarrollo económico-social y los compromisos internacionales en materia ambiental (Micheli, 2002).

La primera legislación con enfoque ambiental fue la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental de 1971, cuyo objetivo era proteger la salud pública y evitar la degradación ecológica vinculada a la economía nacional. La ley reconoció el ruido como un contaminante con efectos en la salud humana. También abordó el aumento de la contaminación derivado del crecimiento urbano, la industria y el transporte, enfocándose principalmente en regular las emisiones de ruido (Diario Oficial de la Federación, 1976).

Después de más de diez años sin cambios significativos, en 1982 se creó la Ley Federal de Protección al Ambiente. Su objetivo era proteger, conservar y restaurar el medio ambiente, así como prevenir y controlar la contaminación que lo afecte (Diario Oficial de la Federación, 1982). Este marco anticipó programas para mejorar la calidad del aire, agua, suelo y la atención a zonas contaminadas, que ponen en riesgo la salud y los ecosistemas. Ese mismo año se fundó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) con una subsecretaría de Ecología, impulsando la protección ambiental, aunque dejando los recursos naturales renovables administrativamente desvinculados (Carabias & Rabasa, 2017).

En 1986, el presidente Miguel de la Madrid anunció el Plan de Contingencia Ambiental con 21 medidas para reducir la contaminación atmosférica. En este mismo año se iniciaron acciones contra la industria, como las cementeras, al elaborar planes

ambientales en dos años (Micheli, 2002, p. 142). Además, el Plan Nacional de Desarrollo 1983–1988 incorporó el tema ecológico en el desarrollo económico y social, con estrategias para el uso adecuado de recursos naturales, tecnologías eficientes y control del crecimiento urbano en Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey (Micheli, 2002).

En 1987 se propuso una reforma constitucional para preservar y restaurar el equilibrio ecológico (art. 27) y la facultad de emitir leyes ambientales a nivel federal, estatal y municipal en materia de la protección ambiental y sus cuidados bajo el artículo 73 (Micheli, 2002). Esta reforma dio lugar a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en 1988, considerada el primer cambio significativo en la legislación ambiental mexicana. La ley establece la protección ambiental en todo el territorio nacional, incluyendo la conservación del equilibrio ecológico y la regulación de zonas bajo soberanía nacional (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022b).

A partir de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente se sentaron las bases para la protección de áreas naturales (Carabias & Rabasa, 2017) y esta continúa siendo el principal instrumento para implementar políticas ambientales, como la protección de áreas verdes y el control de la contaminación atmosférica, además de establecer sanciones por incumplimiento. En 1988 también se publicaron las primeras Normas Técnicas Ecológicas: 21 sobre contaminación del agua, 3 sobre la atmósfera, 2 sobre residuos peligrosos, así como disposiciones sobre estudios de impacto ambiental y el registro de consultores ambientales (Micheli, 2002).

La SEDUE fue la institución encargada de cumplir los acuerdos con las empresas para la utilización de tecnologías no contaminantes que fueron enfocadas principalmente en la industria del cemento, fundición, químicos, alimentos, papel y hule. A su vez, México empezó a integrar la diplomacia ambiental en su agenda, asumiendo así las corrientes globales. Esta decisión también fue motivada por la presión del gobierno estadounidense, preocupado por la contaminación en la frontera común. Este compromiso internacional le hizo ratificar el Protocolo de Montreal, en 1987, con el objetivo de proteger la capa de ozono (Micheli, 2002).

En el contexto de la Cumbre de Río (1992), México modificó su estructura institucional: la SEDUE se transformó en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), incorporando temas ambientales. Se crearon dos órganos

desconcentrados que asumieron funciones de la Subsecretaría de Ecología: el Instituto Nacional de Ecología (INE), encargado de la normativa y regulación ambiental, y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), responsable de la aplicación y vigilancia de las leyes. Ese mismo año se fundó la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para apoyar políticas públicas basadas en información sobre biodiversidad y decisiones sociales. Sin embargo, el manejo de recursos naturales permaneció desvinculado de las instituciones ambientales, manteniéndose bajo el sector agropecuario y pesquero (Carabias & Rabasa, 2017). En 2012, el INE cambió su nombre a Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

Las reformas institucionales implementadas desde los años ochenta hasta principios del siglo XXI facilitaron la creación de políticas ambientales. Estas normativas delimitaron el momento y las condiciones en las que los poderes públicos podían intervenir en asuntos medioambientales. No obstante, aún presentaban debilidades, como la ausencia de reglas objetivas para frenar el deterioro ambiental (Micheli, 2002).

En 1994 se integró el manejo de recursos naturales renovables al sector ambiental con la creación de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), encargada de gestionar recursos de pesca, forestales y agua, proteger ecosistemas y controlar la contaminación (Carabias & Rabasa, 2017). La SEMARNAP estableció tres estrategias en el Programa de Medio Ambiente 1995–2000: contener el deterioro ambiental, fomentar la producción limpia y contribuir al desarrollo social, mediante la consolidación y cumplimiento de normativas. En 2000, cambió su nombre a Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y se creó la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (Micheli, 2002).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental tuvo una reforma importante en 1996 al modificar el capítulo de las competencias asignadas a las autoridades federativas, estatales y municipales para que elaboraran políticas ambientales, así como la previsión y gestión medioambiental. Esta reforma permitió que en la actualidad todas las entidades federativas y la CDMX tengan leyes sobre la protección ambiental y las instituciones que están a cargo de su aplicación. A partir de entonces, todas las leyes ambientales han estado acompañadas de sus respectivos

reglamentos y empezaron a expedir Normas Oficiales Mexicanas sobre atmósfera, impacto ambiental, vida silvestre, áreas naturales protegidas, residuos, agua, entre otros (Carabias & Rabasa, 2017).

En 1999 se reforma el cuarto artículo, párrafo cinco adicional, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos donde reconoce que “toda persona tiene derecho a un medio adecuado para su desarrollo y bienestar” (Micheli, 2002). Se hace otra modificación, siendo la última en 2012, que establece: “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2025).

Entre 2000 y 2008 surgieron distintas leyes ambientales, principalmente en cuestiones forestales, vida silvestre y rurales. En 2003 se creó la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos para tener un manejo adecuado de los diferentes residuos generados por la sociedad. Cabe mencionar que, a partir del año 2000, a nivel global, hubo acciones más desarrolladas para confrontar los problemas ambientales, surgiendo los ODM y se empezó a impulsar de manera importante el desarrollo sostenible.

Para el año 2008, los cambios legislativos en el país aún eran insuficientes para enfrentar el cambio climático. Esto contrastaba con los esfuerzos internacionales que, desde 1992, habían comenzado a tomar en serio este problema con la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Tuvieron que pasar 20 años para que en 2012 se creara la Ley General de Cambio Climático, la cual busca:

Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación a las entidades y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022a)

En 2013, la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión creó la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. Su artículo 1 establece que:

Regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los

mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental. (p. 1)

El Estado de Puebla propone cambios importantes en su legislación hasta el siglo XXI, a pesar de que a nivel federal se inició en la década de los setenta del siglo anterior. El 18 de septiembre de 2002 se emitió la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla. El objetivo de esta ley es “[...] apoyar el desarrollo sustentable a través de la prevención, preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente” (p. 6). Al año siguiente, el 26 de marzo, se expidió la Ley de Desarrollo Urbano Sustentable del Estado de Puebla (2003) que se enfoca más en el ordenamiento territorial que en los problemas ambientales. Esta perspectiva también se establece en el Programa Estatal de Desarrollo Sustentable de Puebla (2008).

Durante 10 años no se genera ningún tipo de política ambiental, que puede ser el reflejo de la falta de trabajo a nivel nacional o del desinterés del gobierno del Estado por considerarla en su agenda política. No fue sino hasta 2012 que se emitió la Ley General de Cambio Climático a nivel federal. A partir de esta ley, cada entidad federativa comenzó a elaborar su propia legislación en materia ambiental. El Orden Jurídico Poblano formuló en 2013 la Ley del Cambio Climático del Estado de Puebla, con el objetivo principal de “garantizar el derecho a un ambiente sano para el desarrollo y bienestar” (art. 2). Para ello, promueve la generación y aplicación de políticas públicas, así como el establecimiento de mecanismos de coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública estatal y municipal que contribuyan a la adaptación y mitigación del cambio climático y de los gases de efecto invernadero.

En el caso de la ciudad de Puebla no ha habido suficientes programas en materia ambiental, a pesar de que durante el gobierno del Mtro. Eduardo Rivera Pérez (2011-2014) se realizó el Plan de Acción Climática del Municipio de Puebla (PACMUN). Rivera Pérez fue el único presidente municipal que mostro interés por incluir los problemas ambientales en la agenda política.

En cuanto a la política ambiental relacionada con la ICU, no se ha establecido una estrategia específica a nivel internacional ni nacional; sin embargo, debería considerarse como parte de las agendas políticas. La CDMX, en octubre de 2023, da un importante paso al promover una iniciativa para contribuir a la mitigación de la ICU.

La propuesta fue presentada por la presidenta de la Comisión de Preservación del Medio Ambiente, Cambio Climático y Protección Ecológica, la diputada Tania Nanette Larios Pérez. De esta manera, el Congreso local reformó la Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable de la Ciudad de México en materia de la ICU. La reforma incluyó la generación de políticas públicas y mecanismos de coordinación entre dependencias, el sector académico, social y privado para que contribuyeran a la mitigación de la ICU (Congreso de la Ciudad de México, 2023).

La Secretaría de Economía (2016) emitió la Norma Mexicana NMX-U-125-SCFI-2016, Industria de la Construcción-Edificaciones-Revestimientos para techo con alto Índice de Reflectancia Solar (IRS), cuyo objetivo es “[...] establecer las especificaciones y métodos de ensayo que deben cumplir los revestimientos para techos de edificaciones, para ser denominados Revestimientos con alto Índice de Reflectancia Solar” (p. 2). Esta normativa es relevante porque los materiales reflectantes y/o aislantes en las envolventes contribuyen al confort térmico y al ahorro energético, lo que mejora la habitabilidad de los espacios. Además, disminuyen la temperatura superficial de los techos y la transferencia de calor tanto hacia el interior como al entorno exterior de las edificaciones, ayudando a mitigar el efecto de la ICU.

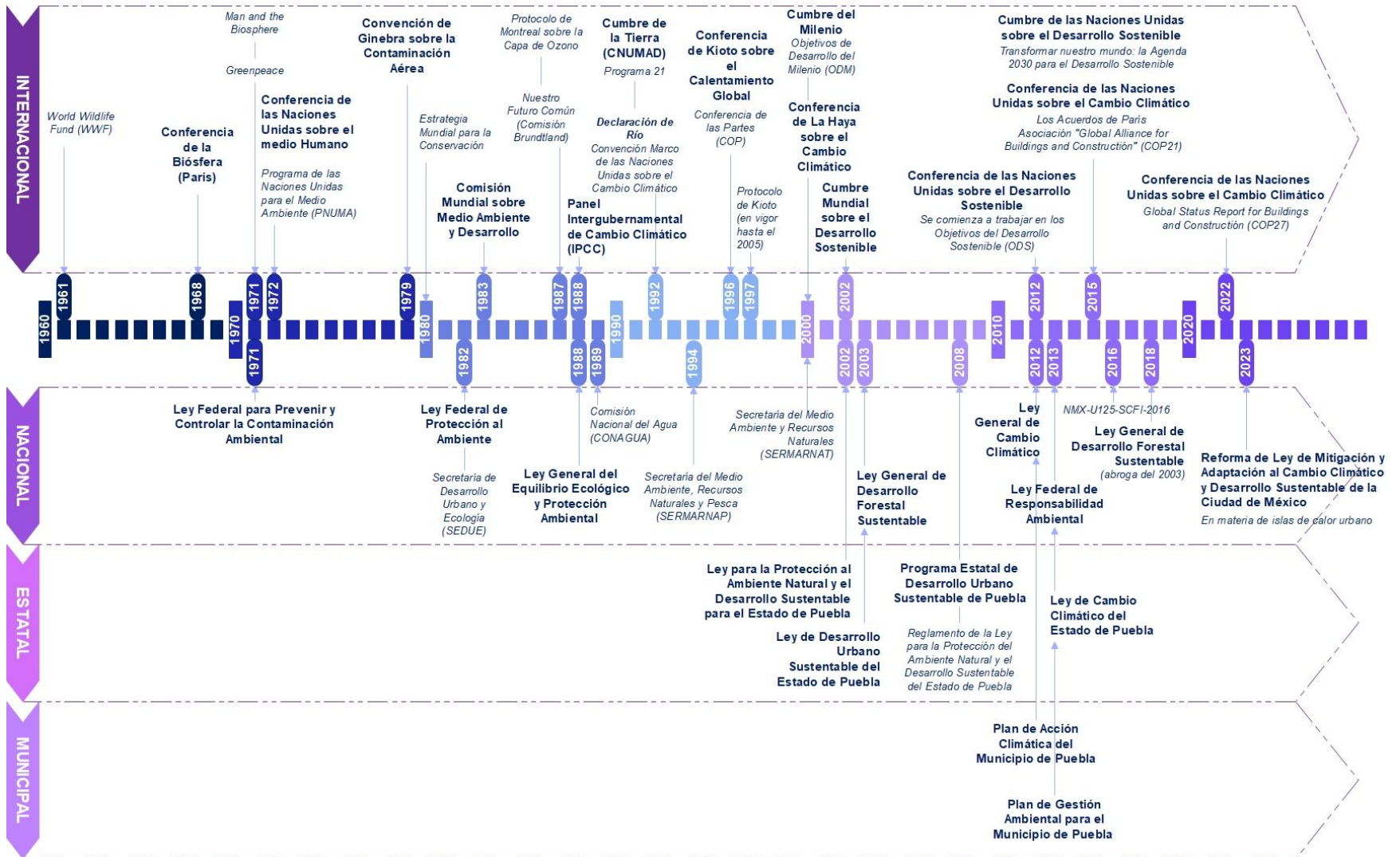
Los revestimientos establecidos en la NMX-U-125-SCFI-2016 deben cumplir con los siguientes parámetros: una temperatura de referencia en superficies blancas con un Índice de Reflectancia Solar (IRS) de 100, una reflectancia solar de 0.80 y una emitancia de 0.90. Para las superficies negras, se establece un IRS de 0, una reflectancia solar de 0.05 y una emitancia también de 0.90. Los revestimientos pueden ser aplicados en sitio o prefabricados, y deben tener una vida útil menor a cinco años, lo cual debe ser declarado por el fabricante. Además, la normativa especifica la metodología y los ensayos necesarios para verificar el cumplimiento por parte del fabricante.

En la Figura 9 se presenta una línea del tiempo con los principales eventos, programas e instituciones internacionales relacionados con el medio ambiente y el cambio climático, los cuales han sido mencionados previamente. También se muestra cómo han influido en México, que ha participado en estos esfuerzos mediante la creación de políticas ambientales propias. Se observa que el Estado de Puebla comenzó a generar políticas ambientales a partir del siglo XXI. Sin embargo, su capital ha desarrollado pocas acciones públicas en este campo. Esto indica que existe una

voluntad política, tanto internacional como nacional, de atender problemas como el cambio climático, el calentamiento global y los gases de efecto invernadero. El objetivo es asegurar un futuro sostenible para las próximas generaciones.

A pesar de ello, el hecho de que existan leyes, normas y reglamentos en materia ambiental no garantiza su cumplimiento. En muchos casos, la voluntad de aplicar estas políticas se pierde cuando llega el momento de ejecutar sanciones o hacerlas efectivas.

Figura 9. Línea cronológica del marco legal sobre el cambio climático y la isla de calor urbano.



Fuente: Elaboración propia.

2.3 Iniciativas de buenas prácticas para la mitigación de la isla de calor urbana

En varios estudios (Gartland, 2008; Tzoni Barranco, 2015; Kelbaugh, 2019) se han establecido estrategias para la reducción del efecto de la ICU, entre ellos está el cambio de superficies impermeables por permeables, la implementación de áreas verdes (jardines, parques, muros y azoteas verdes, entre otros), la utilización de materiales con un índice de reflectancia solar alto, los muros y las azoteas frías que en algunas partes del mundo ya se están implementando.

Sin embargo, las estrategias no han sido suficientes para enfrentar la crisis ambiental en la que actualmente se encuentra el planeta. Es importante comprender que la ICU es un problema que se ha desarrollado por el crecimiento de las ciudades y que se debe de analizar desde el ámbito urbano–arquitectónico. El acercamiento para resolver la ICU puede ser a nivel barrial o nivel local, ya que cada proyecto es diferente por las características propias del lugar.

Ante esta crisis ambiental muchos gobiernos, instituciones y organismos están impulsando mejores políticas ambientales para transformar las ciudades en lugares más confortables y acogedores. Esto ha permitido que se empiecen a establecer estrategias para mitigar la ICU, la cual es reconocida como parte de los problemas ambientales. De manera que la preocupación internacional ha llevado a crear organismos que supervisen y estudien las afectaciones ambientales como la PNUMA, el IPCC o la GlobalABC. También se está empezando a considerar la ICU en las certificaciones sustentables de proyectos urbano-arquitectónicos, como es el caso de la certificación LEED o que países como Estados Unidos y Canadá creen programas enfocados a la mitigación de la ICU.

Alianza Global para los Edificios y la Construcción (GlobalABC)

A nivel mundial se ha mostrado una preocupación por la contaminación que generan las edificaciones y la construcción por lo que, en diciembre de 2015, en la COP21 (Conferencia de las partes) se creó la GlobalABC (Global Alliance for Buildings and Construction). La GlobalABC funciona como una plataforma para establecer objetivos y estrategias que impulsen la descarbonización (cero emisiones) en las edificaciones y la industria de la construcción, además de su eficiencia y resiliencia. También le dan un seguimiento a través del informe anual sobre el estado global de los edificios y la construcción (GlobalABC, 2024b).

En su último informe menciona que el 37 % de las emisiones de CO₂ son emitidas por la operación de las edificaciones y el proceso de producción de los materiales. Mientras que el 21 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y el 34 % de la demanda de energía a nivel global es principalmente por calefacción y enfriamiento. En relación con la política, muchos países carecen de lineamientos sostenibles para la regulación y eficiencia de la energía y las emisiones de CO₂ en el sector de la construcción. Pero un sector pequeño y en crecimiento está desarrollando un sistema de regulación para limitar el aumento de la temperatura global a 1.5 °C.

Además de considerar las soluciones basadas en la naturaleza (NBS, por sus siglas en inglés) y el diseño biofílico —que busca integrar la naturaleza en el entorno urbano-arquitectónico para mejorar la sostenibilidad mediante el diseño y la construcción con materiales naturales y renovables—, es fundamental reconocer su relevancia. Las NBS buscan fortalecer los procesos ecológicos con el fin de restaurar o modificar los ecosistemas en edificios y ciudades. Esto se logra a través de elementos como azoteas y muros verdes; pavimentos permeables; jardines de lluvia; y humedales artificiales.

Algunas de estas prácticas, como las azoteas y muros verdes, pueden mejorar la calidad del aire, crear hábitats para la vida silvestre y, sobre todo, proporcionar aislamiento que ayuda a mitigar los efectos de la ICU. Por su parte, los pavimentos permeables facilitan el proceso de evapotranspiración.

La implementación de estas soluciones requiere un estudio cuidadoso del diseño, la construcción y el mantenimiento, ya que influyen directamente en la relación costo-eficiencia y pueden representar una limitación para su aplicación adecuada. Además, se trata de un proceso multidisciplinario en el que participan arquitectos, paisajistas, ingenieros, entre otros especialistas.

En este sentido, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza ha publicado indicadores globales que permiten aplicar las NBS de manera consistente y verificable, con el objetivo de garantizar su eficiencia a largo plazo en proyectos urbano-arquitectónicos.

El diseño biofílico busca una conexión directa con la naturaleza mediante la incorporación de luz y ventilación natural, espacios adecuados para la interacción y vistas al entorno; a través de la utilización de plantas, azoteas y paredes vivas, texturas

y materiales provenientes de la naturaleza. Cabe mencionar que es un diseño emergente que tiene el potencial de reducir el consumo de energía, el uso de agua y la generación de emisiones. También se ha formado una red mundial de ciudades, La Red de Ciudades Biofílicas (The Biophilic Cities Network), que han implementado estrategias como corredores verdes e impulsado la agricultura urbana y la biodiversidad (GlobalABC, 2024a).

Certificación Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED)

El Consejo Mundial de la Construcción Sostenible (WorldGBC por sus siglas en inglés), considera las normas y certificaciones para la construcción sostenible como una herramienta que confronta los problemas ambientales, tales como la disminución de las emisiones de carbono generadas durante la construcción del edificio, así como de su ciclo de vida. Aunque hay más de 60 certificaciones, el análisis del Global Buildings Climate Tracker (GBCT⁵) solo incluye 13, entre las cuales están: BREEAM, CASBEE, DGNB, LEED, MINERGIE (GlobalABC, 2024a). Esta limitación se debe a la disponibilidad y transparencia limitada de los datos publicados abiertamente.

La certificación LEED es uno de los sistemas de clasificación de edificios ecológicos más utilizado a nivel mundial, con el propósito de impulsar que los edificios ecológicos sean saludables, eficientes y económicos. LEED puede ser aplicada para el diseño y construcción de edificios tanto nuevos como remodelaciones, para diseño de interiores, para operación y mantenimiento de los edificios, así como para ciudades–comunidades y el desarrollo de vecindarios.

Esta certificación contempla el impacto de las edificaciones ante el cambio climático y cumple los objetivos ESG⁶ (ambiental, social y de gobernanza), al mismo tiempo que mejora la resiliencia y las comunidades equitativamente. No se enfoca exclusivamente en la energía, agua y salud del usuario en las edificaciones, sino también en analizar el contexto del lugar. Dentro de los objetivos LEED se encuentran: reducir la contribución al cambio climático global; promover ciclos de materiales sostenibles y regenerativos; mejorar la calidad de vida de la comunidad; proteger y

⁵ El GBCT es un índice compuesto que analiza una serie de indicadores, como las emisiones de CO₂, el consumo final de energía, la cuota de energía renovable, las inversiones en renovación y los gastos energéticos de los hogares.

⁶ Las siglas corresponden a *environmental, social y governance* en inglés.

mejorar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos; cuidar y restaurar los recursos hídricos; y mejorar la salud humana individual.

Tabla 5. Créditos LEED.

Descripción	% Créditos
Cambio climático	35 %
Impacto directo en la salud humana	20 %
Impacto en los recursos hídricos	15 %
Afectación a la biodiversidad	10 %
Economía verde	10 %
Impacto en la comunidad y los recursos naturales	5 %

Fuente: Elaboración propia con base en la certificación LEED v4.1.

En la Tabla 5 se muestra cómo el cambio climático, con el 35 %, tiene el mayor porcentaje en los créditos de la certificación LEED v4.1, mostrando la importancia y preocupación que se tiene por la crisis ambiental en la actualidad. También se considera el impacto que tiene en la salud humana (20 %) y los recursos hídricos (15 %), la afectación a la biodiversidad (10 %), la economía verde (10 %) y el impacto en la comunidad y los recursos naturales (5 %).

La construcción de edificios bajo los estándares LEED puede reducir hasta un 50 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con las construcciones convencionales. Además, permite una disminución del 48 % en los GEI generados por residuos sólidos y una reducción del 5 % en los provenientes de vehículos motorizados (US Green Building Council, 2025).

Además, LEED v4.1 ha incorporado el crédito *Heat Island Reduction* (reducción de la isla de calor), cuyo objetivo es “minimizar los efectos inequitativos sobre los microclimas y los hábitats humanos, especialmente en las comunidades de primera línea y la vida silvestre, reduciendo las islas de calor” (US Green Building Council, 2024). Entre los requisitos se encuentran: el uso de materiales con un promedio ponderado de Índice de Reflectancia Solar (IRS) y Reflectancia Solar (SR), la incorporación de material vegetal o plantas para generar sombra, así como estructuras arquitectónicas que también proporcionen sombra y cuya reflectancia se considere en los techos. Asimismo, se establece que al menos el 75 % del área destinada a estacionamiento debe ubicarse bajo tierra.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos⁷ (EPA)

Ante la creciente preocupación pública por los problemas ambientales, principalmente por la contaminación del aire y del agua, se creó en 1970 la Agencia de Protección Ambiental en Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), la cual fue promovida por el presidente Richard Nixon. En ese momento las responsabilidades de la agencia fueron realizar informes, monitorear el medio ambiente, formar líneas de base ambiental, además de establecer y regular las normas para la calidad del aire y agua.

Actualmente, la EPA tiene como misión proteger la salud humana y el medio ambiente mediante la creación y regulación de normas, el financiamiento de proyectos ambientales sin fines de lucro, la realización de estudios científicos, y la colaboración con diversos actores —como empresas, organizaciones civiles y gobiernos— para atender los problemas ambientales. También promueve el conocimiento y la educación ambiental y publica informes sobre sus proyectos e investigaciones. Entre sus acciones para reducir las islas de calor urbana se encuentran aquellas orientadas a mejorar la calidad del aire, proteger la salud pública, disminuir el consumo y costo energético, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, estas estrategias buscan fortalecer la resiliencia de las ciudades ante los efectos del cambio climático.

Entre los problemas ambientales que aborda la EPA se encuentra el fenómeno de la ICU. Para enfrentarlo, la agencia proporciona información y desarrolla estrategias orientadas a mitigar sus efectos, especialmente en las comunidades más vulnerables. En 2008, la EPA publicó una guía para la reducción de la ICU, en la que se explican sus causas e impactos durante el verano, así como su formación y consecuencias sociales. También se proponen estrategias como el enfriamiento mediante vegetación, techos verdes o fríos, y el uso de pavimentos con alta reflectancia.

Esta guía ha impulsado estrategias en diferentes localidades de los Estados Unidos. Un ejemplo es la ciudad de Nueva York, que implementó un programa de financiamiento llamado *Cool Neighborhoods NYC*, enfocado en promover la resiliencia ante el calor y abordar problemas relacionados con la salud y el cambio climático. La iniciativa se dirige a barrios vulnerables al calor y fomenta la plantación de árboles en calles, así como la aplicación del programa *NYC CoolRoofs*, activo desde hace más

⁷ U.S. Environmental Protection Agency.

de diez años. Este programa identifica techos en zonas de alto riesgo para dotarlos de materiales y mano de obra necesarios para su revestimiento con materiales reflectantes. Además, reconoce la importancia del tejido social y de las redes de comunicación, por lo que emplea estos canales para mantener a la comunidad informada sobre los riesgos del calor extremo (EPA, 2025).

Cool Neighborhoods NYC

El aumento de la temperatura ambiente, las olas de calor y el efecto de la isla de calor urbana amenazan la habitabilidad y la calidad de vida en la ciudad de Nueva York. Esta ciudad se considera una de las ciudades más vulnerables ante el calor extremo debido a las superficies oscuras e impermeables, la poca vegetación y las actividades humanas que han ocasionado el fenómeno de la ICU. Dicho fenómeno se presenta por la demanda de energía en las horas pico durante el verano causada por el uso del aire acondicionado, lo que genera contaminación del aire y emisiones de gases de efecto invernadero. Algunas áreas y comunidades pueden presentar más riesgos debido al entorno densamente construido, la escasa vegetación, los materiales utilizados en las superficies de las construcciones y la tipología de las edificaciones, que pueden ocasionar un incremento de calor a nivel barrial. También existen riesgos sociales y de salud que afectan a los residentes más vulnerables (adultos mayores, personas con mala salud y quienes no tienen acceso al aire acondicionado).

La Universidad de Columbia, en colaboración con el Departamento de Salud e Higiene Mental de Nueva York, desarrolló un Índice de Vulnerabilidad al Calor (HVI, por sus siglas en inglés) para identificar los barrios más expuestos al calor extremo en la ciudad. Este índice se basa en métricas que integran indicadores de riesgo validados con datos de salud y que describen características tanto sociales como físicas. Con base en esta información, la Oficina de Recuperación y Resiliencia de la Alcaldía de Nueva York creó el programa *Cool Neighborhoods NYC*, cuyo objetivo es mitigar el aumento de la temperatura, proteger a la población de los efectos del cambio climático y mejorar su seguridad frente al calor extremo (The City of New York, 2017).

Este programa se diseñó bajo tres estrategias: mitigación, adaptación y monitoreo. La primera está enfocada en el entorno físico al determinar las temperaturas locales, la planeación para aumentar la vegetación en comunidades o barrios con baja cobertura de árboles, con la intención de proporcionar sombras, mejorar la calidad del aire, reducir las temperaturas, apoyar la biodiversidad y mejorar

la salud de los residentes. Otra de las medidas es la implementación de techos fríos (*coolroofs*) al aumentar las superficies de alto albedo (materiales reflectantes) para reducir las temperaturas en las superficies y los interiores en los vecindarios, así como disminuir el uso de aire acondicionado. También se promueve el uso de pavimentos fríos que reflejen la radiación solar para disminuir el calor acumulado en calles y aceras, además de la instalación de infraestructura verde (jardines de lluvia y pavimento permeable).

La segunda estrategia, centrada en la adaptación, busca proteger a los ciudadanos de Nueva York durante los períodos de calor extremo. Muchas personas vulnerables permanecen en casa durante las olas de calor, incluso sin acceso a aire acondicionado. Por ello, el programa implementó una capacitación sobre riesgo climático dirigida a auxiliares de salud a domicilio, con el objetivo de que puedan identificar y asistir a pacientes en situación de riesgo. También se desarrolló un sistema de monitoreo comunitario para que los habitantes puedan vigilar y apoyar a sus vecinos en barrios vulnerables. Asimismo, se establecieron alianzas con periodistas especializados en salud y meteorólogos para difundir mensajes preventivos y fomentar campañas de concientización a través de medios tradicionales y redes sociales. Se promovieron reformas al Programa de Asistencia Energética para Hogares de Bajos Ingresos (LIHEAP), que destina más recursos a calefacción que a refrigeración, lo cual limita el acceso de las personas de bajos ingresos al aire acondicionado. Finalmente, se impulsaron mejoras en la ventilación de las viviendas mediante el uso de ventanas que favorezcan la refrigeración pasiva, así como la mejora en la señalización y accesibilidad de los centros de enfriamiento, espacios con aire acondicionado abiertos al público durante las olas de calor.

La tercera estrategia resalta la importancia del monitoreo climático a nivel comunitario o barrial para identificar microclimas urbanos. Esto se logra mediante la recopilación de datos con sensores de temperatura y otras tecnologías, lo cual permite planificar de forma óptima la ubicación de árboles y áreas verdes, así como desarrollar pronósticos meteorológicos a escala barrial. En colaboración con universidades y agencias científicas, se modelan escenarios de cambio climático y se analizan los efectos del calor extremo en la salud, con el fin de diseñar políticas públicas orientadas a la resiliencia y la sostenibilidad (The City of New York, 2017).

Madrid Nuevo Norte

En la capital de España se ha estado impulsando un proyecto llamado Madrid Nuevo Norte, que busca una transformación urbana para mejorar la calidad de vida de los habitantes, un distrito más eficiente, próspero y 100 % sostenible. Su objetivo es promover la movilidad a pie, en bicicleta y transporte público, además de crear un entorno confortable de convivencia y trabajo entre las edificaciones y las áreas verdes. Como parte del proyecto, se intervendrá una franja de norte a sur de 5.6 km (aproximadamente 3,200,000 m²). Dentro de esta área, se destinarán 400,000 m² a espacios verdes de alto valor ecológico; se contempla también la construcción de 10,500 edificaciones, entre viviendas y oficinas. Además, se recuperarán zonas degradadas o en desuso, incluyendo 20 hectáreas de antiguas vías de tren, con el objetivo de reconectar barrios actualmente desconectados.

Además, este proyecto contribuirá a mitigar la ICU en la ciudad de Madrid, donde el diseño urbano y el modelo de movilidad actuales han provocado un aumento significativo de las temperaturas, especialmente durante el verano (CREAMNN, 2025a).

El proyecto comenzó a gestarse en 1991, cuando se renovó la estación de Chamartín y se integraron los terrenos ferroviarios anexos a la ciudad de Madrid, con el objetivo de cerrar una brecha urbana existente en la zona. En 1993 se creó la compañía Desarrollo Urbanístico de Chamartín (DUCH), conformada por varias entidades, tras ganar un concurso público para desarrollar un proyecto urbanístico. Al año siguiente, se le otorgaron los derechos para intervenir en los terrenos ferroviarios de Chamartín y Fuencarral. Entre 2000 y 2014 se presentaron varios proyectos que no prosperaron. En 2015, DUCH cambió su denominación social a Distrito Castellana Norte (DCN). En 2017 se establecieron las bases del proyecto Madrid Nuevo Norte, el cual fue aprobado por la Comunidad de Madrid en 2020 e inició formalmente en 2021. Finalmente, en 2022, DCN adoptó el nombre Crea Madrid Nuevo Norte, marcando una nueva etapa en la gestión del proyecto.

Madrid Nuevo Norte se concibe como un parque urbano en el que las áreas verdes se integran entre las edificaciones. El proyecto contempla el uso de pavimentos porosos, diseño pasivo en los edificios con una distribución y altura racional, fomento del transporte público y del uso de bicicletas para reducir la dependencia de vehículos motorizados, así como la incorporación de cubiertas vegetales para mitigar el efecto

de la isla de calor urbana. En cuanto a la movilidad, se propone una estrategia de aparcamiento que limita el número de plazas tanto en los edificios como en las calles. Las edificaciones residenciales estarán diseñadas bajo el estándar *Passivhaus* (Casa Pasiva), lo que implica construcciones pasivas con fachadas ventiladas, protecciones solares, aislamientos eficientes, cubiertas verdes y un consumo energético reducido, contribuyendo así a la disminución del calor en la ciudad. Además, se implementará una red urbana de energía geotérmica que permitirá equilibrar la demanda energética entre verano e invierno, facilitando el intercambio de energía entre edificios y el retorno del excedente al subsuelo (CREAMNN, n.d.-b).

La ciudad de Madrid también está desarrollando un proyecto de paisajismo orientado a reducir la temperatura mediante la evapotranspiración, lo cual tiene un impacto significativo en la mitigación de la ICU, además de crear espacios adaptables al clima local tanto en invierno como en verano. Durante el verano, se busca refrescar las áreas abiertas mediante árboles frondosos, pérgolas que generen sombra y cuerpos de agua que aumenten la humedad ambiental. En invierno, se pretende minimizar las corrientes de aire y utilizar árboles de hoja caduca, que permitan el paso de la luz solar. La selección de la paleta vegetal considera aquellas que requieran poca demanda hídrica, actúen como fijadoras de contaminantes atmosféricos como el dióxido de carbono y el ozono, y contribuyan a mejorar la calidad del aire y la salud pública.

Madrid Nuevo Norte tiene la intención de convertirse en un distrito verde, en coordinación con las iniciativas municipales para aumentar las infraestructuras verdes, bajo el programa Madrid Isla de Calor, con el propósito de reducir la ICU (CREAMNN, 2025b).

Este análisis del marco legal muestra un gran interés por la política ambiental a nivel internacional y nacional. Sin embargo, persisten debilidades en su desarrollo y aplicación tanto a nivel global como local, ya que hasta ahora no se ha logrado revertir el deterioro ambiental mundial. En México, un ejemplo claro es la destrucción de grandes extensiones forestales y ecosistemas para megaproyectos nacionales, estatales o municipales, como la construcción del Tren Maya y la refinería Dos Bocas.

Actualmente, se percibe que México enfrenta un retroceso en sus políticas ambientales debido a la centralización de subsecretarías en las secretarías correspondientes y la eliminación de otras. Un ejemplo es la Comisión Nacional para

el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que desde 2022 comenzó a desmantelarse para integrarse como una unidad dentro de la SEMARNAT.

La ICU ha cobrado mayor relevancia en los esfuerzos globales, ya que varios países han trabajado en los últimos años para fortalecer sus normativas y controlar este fenómeno. Estos esfuerzos se han centrado principalmente en el uso de materiales con alta reflectancia térmica y en la plantación de árboles. Además, se ha promovido la participación directa de la sociedad para informar sobre la ICU y las estrategias que pueden implementar en sus comunidades.

Sin embargo, a pesar de estos avances, la respuesta global sigue siendo insuficiente. Muchos países aún no muestran interés en enfrentar estos problemas o han abandonado compromisos internacionales, como fue el caso de Estados Unidos, que bajo la administración del presidente Donald Trump, se retiró por segunda vez del Acuerdo de París (enero de 2025). Esto evidencia que las políticas ambientales pueden perder continuidad con los cambios de gobierno a nivel internacional, quedando su aplicación sujeta a la voluntad local y barrial.

En México, a pesar de que se han realizado diversos estudios sobre la ICU, no se han desarrollado normativas ni programas sólidos que establezcan estrategias para su mitigación. Entre las pocas iniciativas existentes se encuentra la Norma Mexicana NMX-U-125-SCFI-2016, en cuyo proceso de elaboración participaron varias empresas dedicadas a la producción de recubrimientos, como COMEX, COREV, DUPONT, BEREL, OSEL y SIKA, entre otras. Asimismo, destaca la incorporación de políticas de mitigación de la ICU en la Ciudad de México (2023), lo cual representa un avance significativo que podría tener mayor impacto si se replicara en otros estados, especialmente en aquellos cercanos a la capital.

2.4 Estructura vecinal y vacíos normativos en Barrios de Arboledas

El Fraccionamiento Barrios de Arboledas fue creado entre 1979 y 1981, en un contexto en el que ya se discutía la crisis ambiental internacionalmente; mientras que en México apenas se comenzaban a desarrollar políticas ambientales sin una estructura institucional consolidada. Para 1983, año en que inició su poblamiento, el fraccionamiento carecía de reglamento interno, estructura organizativa o administración encargada de atender las necesidades básicas vecinales, como la seguridad y el mantenimiento de espacios comunes.

Los primeros colonos se mantuvieron unidos principalmente por la preocupación por la seguridad de sus familias. A medida que la población creció, surgió la necesidad de organización vecinal, lo que llevó a la creación de Mesas Directivas. También se instauró un reglamento básico compuesto por diez puntos, publicado en un espectacular durante aproximadamente veinte años. No obstante, dicho reglamento nunca fue actualizado ni reemplazado por uno que normara la convivencia, los derechos y las obligaciones de los residentes, lo que limitó su funcionalidad como herramienta de gestión comunitaria. Actualmente, ningún residente de aquella época recuerda con precisión el contenido de dicho reglamento.

La reconstrucción de estos procesos se apoya en gran medida en la experiencia directa de la investigadora, residente del fraccionamiento desde 1983. Su conocimiento del contexto local proviene de una participación continua en asambleas vecinales, movimientos comunitarios y conversaciones informales entre habitantes, así como de su experiencia cotidiana en el territorio. Esta perspectiva se complementa con el acercamiento sostenido a las administraciones vecinales que estuvieron en funciones durante el período de estudio. Paralelamente, su participación actual como integrante de la Mesa Directiva electa en el año anterior, permite una comprensión profunda, situada y actualizada del proceso comunitario.

En la administración correspondiente al período 2009–2019, el reglamento se extravió, y no existe constancia documental de su uso o conservación. Esta administración tampoco elaboró un nuevo reglamento, lo que generó un vacío normativo que afectó la convivencia vecinal, al tiempo que favoreció la concentración del poder en una sola persona durante diez años. La situación debilitó significativamente la cohesión comunitaria, generando divisiones internas y conflictos entre vecinos, como lo señalan varios residentes que mantuvieron disputas con la administración durante ese período.

Ni esa ni otras administraciones mostraron interés en crear un reglamento interno que estableciera de manera clara los derechos y obligaciones de los residentes, ni en la incorporación de disposiciones en materia ambiental. La ausencia de estas normativas limitó las posibilidades de una organización vecinal más sólida y de una gestión comunitaria orientada a las políticas ambientales y la sostenibilidad.

En 2018, un grupo de vecinos solicitó la intervención del municipio con el objetivo de promover un cambio en la administración del fraccionamiento. Este cambio

se concretó en 2019 mediante un proceso de votación para elegir una nueva Mesa Directiva. Dicho proceso fue supervisado por la instancia correspondiente del gobierno municipal. La administración (2019–2024) quedó entonces en manos de un nuevo grupo de residentes, quienes impulsaron la elaboración de dos reglamentos: uno para la vida interna del Fraccionamiento Barrios de Arboledas y otro específico para el área verde. No obstante, ninguno de ellos incorporó políticas ambientales.

Actualmente, se encuentra en marcha un nuevo proceso para renovar la Mesa Directiva. Una de las planillas ha propuesto actualizar el reglamento interno, planteando por primera vez la inclusión de criterios en materia ambiental, entre ellos acciones específicas para mitigar los efectos de la isla de calor urbana.

La falta de voluntad política y la débil implementación de normativas ambientales han limitado el alcance de la justicia social y ambiental en México. A nivel local, el caso de Barrios de Arboledas refleja cómo la ausencia de estructuras internas y políticas ambientales ha afectado la organización vecinal y la sostenibilidad del territorio. No obstante, el reciente interés por actualizar su reglamento abre una oportunidad para integrar medidas frente a la isla de calor urbana.

En este sentido, el siguiente capítulo se centrará en analizar a Barrios de Arboledas como una zona de atención prioritaria ante la mitigación de la ICU, destacando los retos y las oportunidades que este espacio urbano ofrece para la construcción de resiliencia ambiental desde lo local.

3. BARRIOS DE ARBOLEDAS COMO ZONA DE ATENCIÓN PRIORITARIA ANTE LA MITIGACIÓN DE LA ISLA DE CALOR URBANA

En este capítulo se realiza una caracterización físico-espacial en Barrios de Arboledas de las áreas verdes, construidas y de los materiales de azoteas y vialidades mediante levantamientos fotográficos y trabajo en sitio. Además, se realizó un estudio geográfico empleando el software QGIS 3.32 para analizar el plano catastral del Fraccionamiento Barrios de Arboledas y la base de datos del INEGI, con apoyo de imágenes satelitales de Google Satellite y del Mapa del Mundo (OpenStreetMap, n.d.). Para la caracterización ambiental, se analizaron los Informes Nacionales de la Calidad del Aire (2014-2021), publicados por el INECC. Se incluyeron las estaciones cercanas: Agua Santa y Ninfas. También se realiza un análisis de la temperatura de los datos recabados de enero de 2006 a junio de 2024 por la Estación RAMM BUAP CU San Manuel del Departamento de Investigaciones Arquitectónicas y Urbanísticas (DIAU) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

3.1 Demografía

Al sur de la ciudad de Puebla, próxima a la junta auxiliar San Francisco Totimehuacán, colindante a una de las vialidades primarias más importantes de la urbe, el Boulevard Capitán Carlos Camacho Espíritu, donde se construyeron los primeros desarrollos habitacionales: Arboledas de San Ignacio, Barrios de Arboledas y Vistalegre. El Fraccionamiento Barrios de Arboledas fue trazado entre 1979 y 1981, según las escrituras de donación de vías públicas y superficies de servicios públicos del fraccionamiento. Entre 1984 y 1985 se modificaron las zonas destinadas a servicios públicos por considerarlas inadecuadas, donde el área originalmente asignada de 2,079.75 m² fue cambiada por lotes que corresponde a la manzana número veintiuno en la actualidad. El área ubicada en el acceso cambió sus dimensiones de 95.01 m² a 130.30 m² y se asignaron tres áreas más de servicio, una de 6,376.50 m², y dos de 160 m², las cuales en la actualidad son áreas verdes como se muestra en la Figura 9.

En 1983 se construyeron las dos primeras viviendas en Barrios de Arboledas, iniciando la urbanización dentro de este desarrollo habitacional, la cual propició el crecimiento urbano de la zona. Después del sismo de 1985, varias familias de la CDMX

se mudaron a otros estados, entre ellos Puebla, estableciéndose algunas en Barrios de Arboledas.

Mediante el análisis estadístico y socioespacial de la Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amanzanada (INEGI, 2016), el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020), el plano catastral de Barrios de Arboledas y el levantamiento con imágenes satelitales y en el sitio (último realizado en 2023), se establece que el desarrollo habitacional Barrios de Arboledas tiene una superficie aproximada de 10.64 ha. Con 341 terrenos lotificados, donde 315 ya han sido edificados y faltan 26 por edificar. Esto corresponde a una ocupación del 92.38 % de la superficie total del fraccionamiento, con un total de 327 viviendas unifamiliares.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 por Área Geoestadística Básica (AGEB), los datos no corresponden al asentamiento urbano, pues se trata de información elaborada para fines estadísticos. Por ello, se realizó también un levantamiento en campo, que permitió establecer una población aproximada de 889 habitantes. La distribución es la siguiente: 54 % femenina y 46 % masculina. El grupo etario preponderante es el de 25 a 59 años (54 %); seguido por los adultos mayores de más de 60 años (20 %); los niños y jóvenes de 12 a 24 años (19 %); y, por último, los menores de 0 a 11 años (7 %), que constituyen la población minoritaria de Barrios de Arboledas (véase Figura 10).

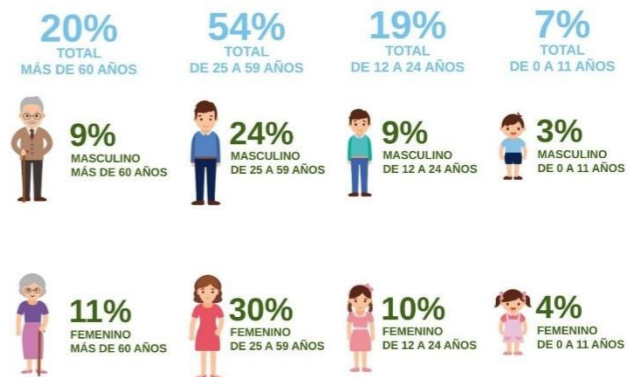
Figura 10. Datos generales.



BARRIOS DE ARBOLEDAS

- Colindancias
- Banquetas
- Vialidades
- Áreas verdes
- Terrenos no edificados
- Terrenos edificados
- Zona de estudio

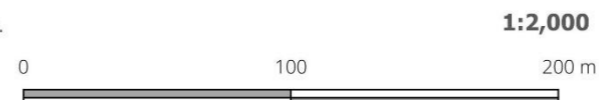
Total de terrenos	341	100%
Terrenos no edificados	26	7.62%
Terrenos edificados	315	92.38%
Viviendas totales	327	
Tránsito	Local	
Superficie Total	106,489.04 m ²	
Áreas verdes	6,784.6 m ²	6.36%
Población	889	



BUAP
Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla
Facultad de Arquitectura
Doctorado en Proceso Territoriales

Elaborado: CYNTHIA GONZÁLEZ MEZA
Fuente: Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amanzanada. INEGI, 2016. Censo de Población y Vivienda. INEGI 2020. Levantamiento en campo y con imágenes satelitales. Google Satellite.
Proyección: ITRF2008 UTM14N
Fecha: NOVIEMBRE 2023

DATOS GENERALES



Fuente: Elaboración propia con base en la Cartografía Geoestadística, (INEGI, 2016), Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020).

A través de un sondeo exploratorio, como se muestra en la Tabla 6, se identificó que, en los primeros años, que abarcan de 1981 a 1990, hubo un incremento aproximado del 20 % de viviendas. En el siguiente período de diez años, de 1991 a 2000, tuvo un aumento considerable del 48 %. Mientras que para los años sucesivos hay una disminución del 16 % por los últimos dos períodos de diez años. Se observa que aproximadamente el 68 % de las viviendas tienen más de 20 años y las más antiguas son de 40 años. Algunas de ellas aún siguen siendo habitadas por sus dueños originales.

Tabla 6. Años de residencia de los habitantes de Barrios de Arboledas.

Años Viviendo	Período	Año	Porcentaje por año	Porcentaje por período
4	2011 - 2020	2018	4 %	16 %
6		2016	4 %	
7		2015	4 %	
8		2014	4 %	
18	2001 - 2010	2004	4 %	16 %
20		2002	12 %	
22	1991 - 2000	2000	12 %	48 %
25		1997	4 %	
26		1996	4 %	
27		1995	8 %	
30		1992	16 %	
31	1981 - 1990	1991	4 %	20 %
32		1990	4 %	
33		1989	4 %	
38		1984	4 %	
39		1983	8 %	

n = 25

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La mayoría de los encuestados corresponde al sexo femenino (68 %), frente al 32 % del sexo masculino. Principalmente, los residentes son originarios de Puebla (73.9 %), seguidos por la CDMX (8.7 %) y un 17.4 % de otros estados, Chiapas, Estado de México, Oaxaca, entre otros. El 60 % concluyó la licenciatura, el 20 % estudió un posgrado; el 8 % una carrera técnica y el otro 12 % concluyó sus estudios hasta secundaria o preparatoria. El 44 % ejercen una profesión, el 20 % son amas de casa y el 28 % están jubilados.

3.2 El medio natural actual

Barrios de Arboledas es un asentamiento que fue trazado a finales de los años setenta y principios de los ochenta. Durante este período no existía regulación territorial estatal, y a nivel federal apenas comenzaba a incorporarse en la agenda política nacional. Esta situación se refleja en el diseño del fraccionamiento: las áreas verdes no fueron ubicadas en puntos estratégicos que permitieran generar pequeños pulmones capaces de contribuir a la regulación del microclima local. El diseño únicamente contempló cuatro áreas de servicios, distribuidas de la siguiente manera: en el poniente, se estableció el acceso principal con 130.30 m², donde se construyó la caseta de vigilancia, la oficina y jardineras. Las otras tres áreas se destinaron a zonas verdes: la mayor, ubicada al oriente, con 6,464.6 m²; y dos menores, de 160 m² cada una, situadas al nororiente y al suroriente. En conjunto, suman 6,784.6 m², lo que representa el 6.36 % de la superficie total del fraccionamiento.

La distribución del fraccionamiento muestra un predominio de vialidades y edificaciones sobre las áreas verdes, lo cual ha tenido un impacto ambiental considerable. Esta configuración reduce la evapotranspiración al impedir la transferencia de agua a la atmósfera, ya sea por la transpiración de las plantas o por la evaporación del suelo, y provoca una disminución de la humedad necesaria para disipar el calor solar. Esto ocurre porque los materiales de construcción empleados son impermeables.

Asimismo, el desplazamiento de áreas verdes, junto con las actividades cotidianas de los habitantes de Barrios de Arboledas, incluida la posesión de mascotas, ha impactado de forma notable en la fauna local. Con el paso de los años, se ha registrado la disminución o desplazamiento de diversas especies presentes desde la construcción del fraccionamiento, como aves (golondrinas, colibríes, paloma de ala blanca y tortolita), mariposas e insectos. Paralelamente, algunas especies, como el cacomixtle, han logrado adaptarse, mientras que otras invasoras, como los loros monje y la paloma turca, se han establecido en el área.

Con más de 40 años, el Fraccionamiento Barrios de Arboledas ha sufrido varias modificaciones tanto en el sector privado (vivienda) como en las áreas comunes (vialidades, banquetas, áreas verdes y acceso), lo cual generó la disminución de áreas permeables. Como se observa en la Figura 11, en algunas banquetas las franjas verdes permeables han sido sustituidas por materiales de construcción impermeables,

como hormigón o mampostería en piedra, dejando únicamente pequeñas áreas permeables donde se ubican árboles. Esta situación obedece a la falta de control y de un reglamento interno, y proviene de la percepción de algunos habitantes de que las banquetas forman parte de su propiedad. En consecuencia, realizan modificaciones que sustituyen superficies permeables por impermeables sin la autorización de la Mesa Directiva. De manera similar, en varias viviendas se ha registrado el reemplazo de cocheras con pasto por superficies de concreto, así como la reducción o eliminación de jardines para realizar ampliaciones en las casas.

Figura 11. Áreas impermeables.



Fuente: Elaboración propia, visita de campo 2021.

Además, con la construcción de la línea 3 de la Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA) se suprimió parte de la franja verde de la banqueta perteneciente al fraccionamiento, para ampliar el boulevard de dos a tres carriles (Figura 12). En la reconstrucción de las banquetas no se conservaron algunas de las áreas permeables originales, ya que se incrementaron las superficies de concreto para el paso peatonal y el acceso individual a las cocheras de las viviendas ubicadas a lo largo de la vía principal.

Figura 12. Desplazamiento de áreas verdes.



Fuente: Elaboración propia, visita de campo 2020.

Esta intervención refuerza la tendencia general en el fraccionamiento, donde predominan las edificaciones y vialidades sobre las áreas verdes, es decir, una mayor proporción de superficies impermeables frente a permeables. Esta afirmación se confirma mediante un levantamiento geoespacial y el análisis cuantitativo de datos realizado en QGIS.

En la Figura 13, se identifica con ayuda de la Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amanzanada (INEGI, 2016) y con el apoyo de imágenes satelitales de Google Satellite (QGIS 3.32) y Satélite Mapa del Mundo (OpenStreetMap, s/f), una preponderancia del 76.98 % de áreas impermeables (superficie construida) sobre el 23.02 % de áreas permeables; este último porcentaje incluye los terrenos no edificados.

Las vialidades representan casi una cuarta parte (20.02 %) de la superficie total, las manzanas y banquetas un poco más de la mitad (56.37 %), y la otra cuarta parte pertenece a las áreas permeables (23.02 %).

De las veintitrés manzanas que tiene el fraccionamiento, siete presentan un predominio de aproximadamente el 80 % de superficies impermeables (M01, M02, M03, M05, M15, M18 y M20); las últimas cuatro están totalmente edificadas.

En cuanto a las manzanas con predominio de superficies permeables superior al 50 %, solo se identifican dos: la M10 y la M13. Sin embargo, en ambos casos aún quedan entre dos y tres terrenos por edificar. En particular, en la manzana M13, al menos cuatro viviendas adquirieron terrenos colindantes que mantienen áreas verdes, generalmente cubiertas de pasto.

Desde el último levantamiento realizado el 29 de septiembre de 2023 hasta el mes de julio de 2024 han existido remodelaciones de algunas viviendas. También es notable la ampliación de otra (quitando parte de su área verde) y comenzará la construcción de una vivienda unifamiliar. Esto provoca que la disminución de las áreas permeables continúe en Barrios de Arboledas y con ello el aumento de áreas impermeables.

Figura 13. Áreas permeables e impermeables.



BARRIOS DE ARBOLEDAS

- Zona de estudio
- Colindancias
- Área permeable
- Área impermeable
- Área impermeable (calles)

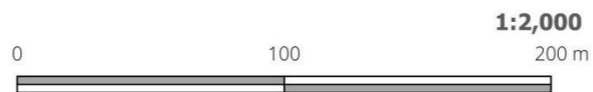
ZONAS	ÁREA PERMEABLE		ÁREA IMPERMEABLE		ÁREA TOTAL (m ²)
	m ²	%	m ²	%	
M-01	986.37	0.93	4,796.90	4.50	5,783.27
M-02	926.97	0.87	4,811.06	4.52	5,738.03
M-03	1,298.05	1.07	5,547.30	5.21	6,845.35
M-04	414.33	0.39	1,339.58	1.26	1,753.91
M-05	295.06	0.28	1,551.51	1.46	1,846.57
M-06	389.02	0.37	1,730.11	1.62	2,119.13
M-07	844.14	0.64	2,043.91	1.92	2,888.05
M-08	710.84	0.67	1,185.98	1.11	1,896.82
M-09	424.18	0.40	1,075.66	1.01	1,499.84
M-10	1,238.25	1.16	1,820.33	1.71	3,058.58
M-11	1,053.91	0.99	3,120.65	2.93	4,174.56
M-12	746.05	0.70	2,311.57	2.17	3,057.62
M-13	1,388.21	1.30	2,448.48	2.30	3,836.69
M-14	826.29	0.78	2,361.81	2.22	3,188.10
M-15	421.41	0.40	2,764.31	2.60	3,185.72
M-16	675.15	0.63	2,919.87	2.74	3,595.02
M-17	881.01	0.83	2,735.50	2.57	3,616.51
M-18	691.79	0.65	3,268.86	3.07	3,960.65
M-19	1,360.07	1.28	3,613.70	3.39	4,973.77
M-20	500.79	0.47	2,401.75	2.26	2,902.54
M-21	829.83	0.78	1,983.89	1.86	2,813.72
M-22	534.42	0.50	2,344.90	2.20	2,879.32
M-23	628.70	0.59	1,852.98	1.74	2,481.68
Áreas comunes	6,767.64	6.36	628.63	0.59	7,396.27
Calles	0.00	0.00	21,317.32	20.02	21,317.32
TOTAL	24,512.48	23.02%	81,976.56	76.98%	106,489.04
TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO					106,489.04

ZONAS	ÁREA PERMEABLE		ÁREA IMPERMEABLE		ÁREA TOTAL (m ²)
	m ²	%	m ²	%	
Manzanas	14,625.63	13.43	51,509.97	48.37	65,815.60
Áreas comunes	6,767.64	6.36	628.63	0.59	7,396.27
Banquetas	3,439.21	3.23	8,520.64	8.00	11,959.85
Calles	0.00	0.00	21,317.32	20.02	21,317.32
TOTAL	23,739.35	23.02	81,976.56	76.98	106,489.04
TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO					106,489.04

BUAP
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
 Facultad de Arquitectura
 Doctorado en Proceso Territoriales

Elaborado: CYNTHIA GONZÁLEZ MEZA
 Fuente: Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amanzanada. INEGI, 2016. Levantamiento en campo y con imágenes satelitales. Satellites.pro y Google Satellite.
 Proyección: ITRF2008 UTM14N
 Fecha: NOVIEMBRE 2023

ÁREAS PERMEABLES E IMPERMEABLES

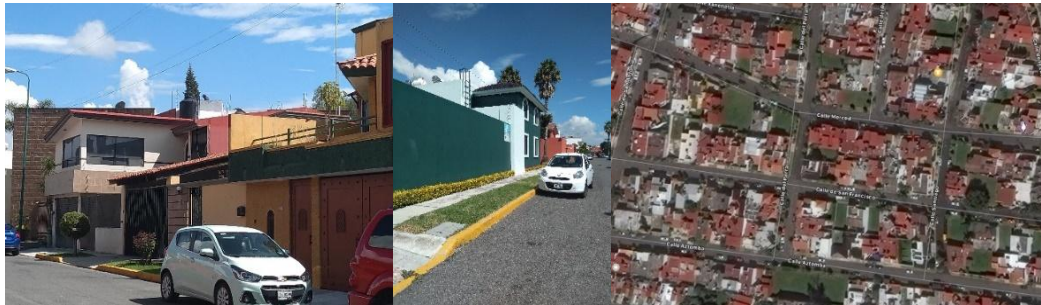


Fuente: Elaboración propia con base en la Cartografía Geoestadística (INEGI, 2016) e imágenes satelitales (Satélite Mapa del Mundo y Google Satellite).

3.3 El medio construido y los materiales bajos en albedo

Como se estableció en el apartado anterior, la mayor parte de las superficies en Barrios de Arboledas son impermeables, con un predominio de vialidades y edificaciones que, para su mantenimiento, remodelación o construcción, emplean principalmente materiales como acero, concreto (hormigón), ladrillo, pinturas e impermeabilizantes en tonos oscuros y semioscuros, entre otros (Figura 14). Estos materiales, caracterizados por su bajo albedo, favorecen la absorción de la radiación solar en lugar de reflejarla. Asimismo, provocan que el calor se acumule en las construcciones durante el día y se libere durante la noche, elevando la temperatura del aire circundante.

Figura 14. Izq. Casa habitación; Der. Vista satelital.



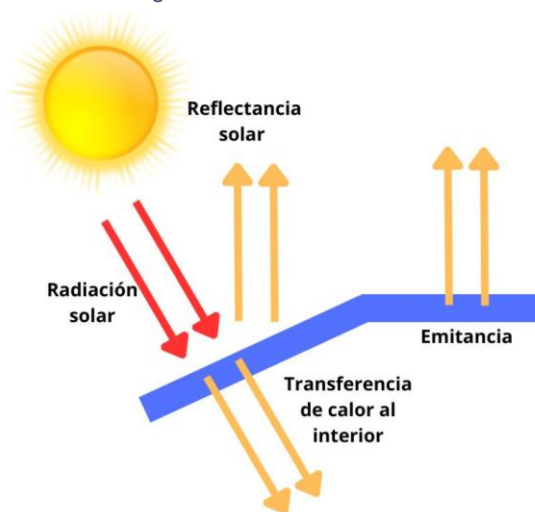
Fuente: Izq. Propia; Der. Satélite Mapa del Mundo.

De acuerdo con la NMX-U-125-SCFI-2016, se debe regular el uso de envoltentes o recubrimientos con alto Índice de Reflectancia Solar (IRS), considerando únicamente aquellos que muestran un desempeño óptimo en estas propiedades (Figura 15). Esta normativa fomenta el desarrollo de materiales capaces de reducir las temperaturas superficiales horizontales, lo que contribuye a disminuir la transferencia de calor hacia el interior y exterior de las edificaciones. De esta forma, se mejora la habitabilidad y el confort térmico, además de contribuir a la mitigación de la isla de calor urbana (ICU).

Para ello, es necesario realizar una elección eficiente y adecuada de materiales locales que favorezcan el IRS, considerando la reflectancia solar y la emitancia en comparación con superficies de referencia en blanco (100 %) y en negro (0 %) (Alchapar et al., 2011). Como referencia, se consideran la reflectancia solar de 0.80 y la emitancia térmica de 0.90 en superficies blancas, y la reflectancia solar de 0.05 y la emitancia térmica de 0.90 en superficies negras (Lira Oliver & Guevara Mon, 2017), con el fin de optimizar la gestión de la radiación solar en las edificaciones y, a su vez,

generar un impacto positivo en las ciudades (Alchapar et al., 2011). El IRS se aplica principalmente en superficies donde la radiación solar incide de forma perpendicular (techos, vialidades), aunque también deben contemplarse todos los materiales con propiedades envolventes, clasificándolos según sus características, composición, textura y color. La cantidad de radiación solar reflejada y absorbida por una superficie determinará el calor transferido al interior de una edificación o emitido al exterior (Lira Oliver & Guevara Mon, 2017), tal como se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Irradiación solar.



Fuente: Elaboración propia con base en la NMX-U-125-SCFI-2016.

Con más de 40 años de antigüedad, el Fraccionamiento Barrios de Arboledas cuenta con 327 viviendas y más del 90 % de terrenos ocupados, de acuerdo con el último censo realizado en sitio en septiembre de 2023. Existe una gran variedad de materiales en viviendas y áreas comunes, ya que nunca se implementó un reglamento de construcción que homogeneizara y regulara el sistema constructivo, ni los materiales permitidos en fachadas y techos.

Por ello, se realizó un análisis detallado de los materiales presentes en la zona de estudio, clasificándolos según sus características, composición, textura y color. Como se muestra en la Tabla 7, los materiales se agruparon en superficies horizontales (azoteas, pisos, banquetas y vialidades) y superficies verticales (fachadas). No obstante, en este trabajo solo se estudiaron las superficies horizontales, que se dividieron en pavimentos, pisos, tejas, impermeabilizantes, domos y cubiertas.

Tabla 7. Clasificación de materiales en superficies horizontales y superficies verticales.

Características		Composición	Textura	Color
Superficies verticales	Revestimiento	Mortero	Rugoso-rústico (fino o grueso)	Gris
		Cerámico	Natural; mate; esmaltada	Gris, colores pastel, naranja (ladrillo), otros
	Pintura	Acrílico	Mate	Blanco, colores pastel, tonos oscuros, terracota
		Impermeable		
Superficies horizontales	Pavimento	Asfáltico	Rugoso-rústico	Negro
		Hormigón	Escobillado; liso	Gris
	Pisos	Cerámica	Natural; mate; esmaltada	Gris, otros
		Hormigón		
	Tejas	Cerámica	Natural; mate; esmaltada	Naranja, verde oscuro, café oscuro
	Impermeabilizante	Acrílico	Mate	Terracota, blanco
Domos y cubiertas	Acrílico, policarbonato	Liso; Laminado	Blanco, transparente	

Fuente: Elaboración propia.

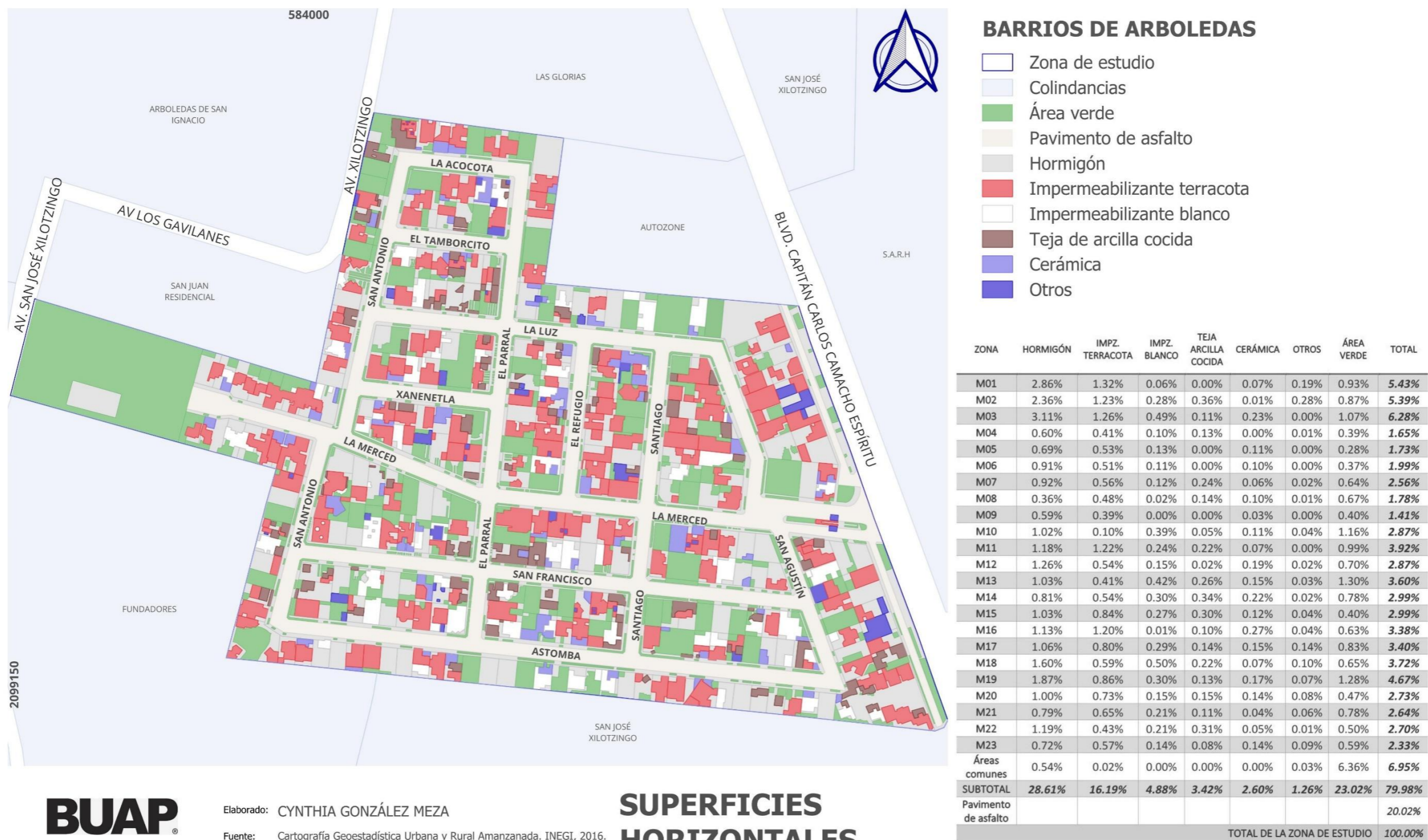
Esta caracterización permitió determinar las propiedades de albedo en superficies verticales (fachadas) y horizontales (pisos, banquetas, vialidades y azoteas) de la zona de estudio. Para ello, en noviembre de 2023 se realizó un levantamiento geoespacial de las superficies horizontales, apoyado en el uso de imágenes satelitales y un análisis cuantitativo de datos en QGIS.

En la Figura 13 se observa que el 23.02 % de la superficie total de Barrios de Arboledas corresponde a áreas permeables, es decir, áreas verdes, mientras que el resto es impermeable y corresponde a superficies construidas.

Como se muestra en la Figura 16, el material predominante es el hormigón, con un 28.61 %, presente en azoteas sin impermeabilizar, banquetas y cocheras; seguido del pavimento asfáltico empleado en vialidades, con un 20.02 %, y el impermeabilizante terracota en azoteas, con un 16.19 %.

Los materiales menos utilizados son la teja de arcilla cocida (3.42 %), tanto natural como esmaltada, los cerámicos en pisos (2.60 %) y el impermeabilizante blanco (4.88 %), este último considerado el más eficaz para la mitigación de la ICU.

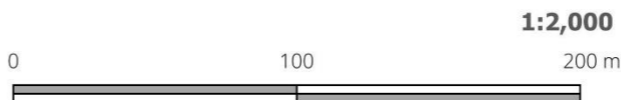
Figura 16. Superficies horizontales.



BUAP
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Arquitectura
Doctorado en Proceso Territoriales

Elaborado: CYNTHIA GONZÁLEZ MEZA
Fuente: Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amanzanada. INEGI, 2016. Levantamiento en campo y con imágenes satelitales. Satellites.pro y Google Satellite.
Proyección: ITRF2008 UTM14N
Fecha: NOVIEMBRE 2023

SUPERFICIES HORIZONTALES



Fuente: Elaboración propia con base en la Cartografía Geoestadística (INEGI, 2016) e imágenes satelitales (Satélite Mapa del Mundo y Google Satellite).

También se realizó un análisis aproximado del Índice de Reflectancia Solar y el albedo de los materiales identificados en la Figura 16, para el cual se consideraron dos fuentes. La primera corresponde a los valores promedio del albedo en materiales de la infografía realizada por la Johns Hopkins University (citado en Martínez, 2022). La segunda fuente corresponde a un estudio realizado en Mendoza, Argentina, por Alchapar, N., Correa, E., y Lesino, G. en 2011. Cabe señalar que, para obtener datos más precisos, se recomienda realizar mediciones directas sobre los materiales locales o en la zona de estudio.

Tabla 8. Análisis comparativo del albedo e IRS de materiales en superficies horizontales, Barrios de Arboledas.

Valores promedio del albedo		Valores IRS		Barrios de Arboledas	
Características	Albedo	Características	IRS	Características	%
Nieve (superficie blanca)	80 % - 95 %				
Bosques (superficie vegetal)	10 % - 20 %				
Pasto o césped	25 % - 30 %			Áreas verdes	23.02 %
Asfalto	5 % - 10 %			Vialidades	20.02 %
Hormigón	17 % - 27 %	Cementicio pétreo	37 % - 46 %	Hormigón	28.61 %
Techo oscuro	8 % - 18 %				
Techo claro	35 % - 50 %	Impermeable terracota	58 %	Impermeabilizante terracota	16.19 %
		Impermeable blanco	100 %	Impermeabilizante blanco	4.88 %
Ladrillo	20 % - 40 %	Teja natural Teja negra	41 % - 59 % 29 % - 46 %	Teja (varios)	3.42 %
				Cerámico (piso)	2.60 %

Fuente: Elaboración propia con base en Johns Hopkins University (citado en Martínez, 2022); Alchapar, Correa y Lesino.

Al no contar con parámetros definidos (bajo, medio u óptimo) sobre el albedo y el Índice de Reflectancia Solar (IRS) de los materiales, se concluye, según la Tabla 8, que el 71.65 % de las superficies horizontales de Barrios de Arboledas se clasifica como de reflectancia baja. De este porcentaje, el 23.02 % corresponde a áreas verdes (césped o pasto) con un albedo entre 25 % y 30 %.

Las vialidades con pavimento asfáltico, que representan el 20.02 %, también tienen una reflectancia baja, en un rango del 5 % al 10 %. En cuanto a banquetas, cocheras y techos sin impermeabilizar, hechos de hormigón, los valores de albedo varían entre bajo y medio, diferencia atribuida a los rangos reportados por las dos fuentes utilizadas en este estudio.

El impermeabilizante terracota y la teja natural pueden presentar una reflectancia media, aunque lo ideal es alcanzar valores elevados de reflectancia, cercanos al 100 %, como ocurre con el impermeabilizante blanco. Este último es el material menos utilizado en el recubrimiento de azoteas del fraccionamiento, con solo un 4.88 %.

Finalmente, cabe destacar que el 76.98 % de la superficie total de Barrios de Arboledas corresponde a superficies impermeables, de las cuales casi la mitad (48.63 %) utilizan materiales con bajo albedo.

3.4 Temperatura ambiente

La morfología de Barrios de Arboledas influye en el microclima local, lo cual, junto con las características y propiedades de los materiales utilizados —bajos en albedo—, contribuye al aumento de la temperatura tanto en el interior como en el exterior de las edificaciones. Otro factor que contribuye al incremento de temperatura es el desplazamiento de áreas verdes. Estas áreas funcionan como un sistema regulador del clima, por lo que, a falta de ellas, las temperaturas elevadas se mantienen en el ambiente en lugar de regularse.

Para determinar el comportamiento de la temperatura ambiente, se realizó un análisis con los datos 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). Esta red está integrada por 24 estaciones que registran las condiciones meteorológicas en diferentes puntos de la Zona Metropolitana de Puebla–Tlaxcala, con el propósito de registrar variables como la temperatura, humedad, dirección e intensidad del viento, precipitación y presión atmosférica.

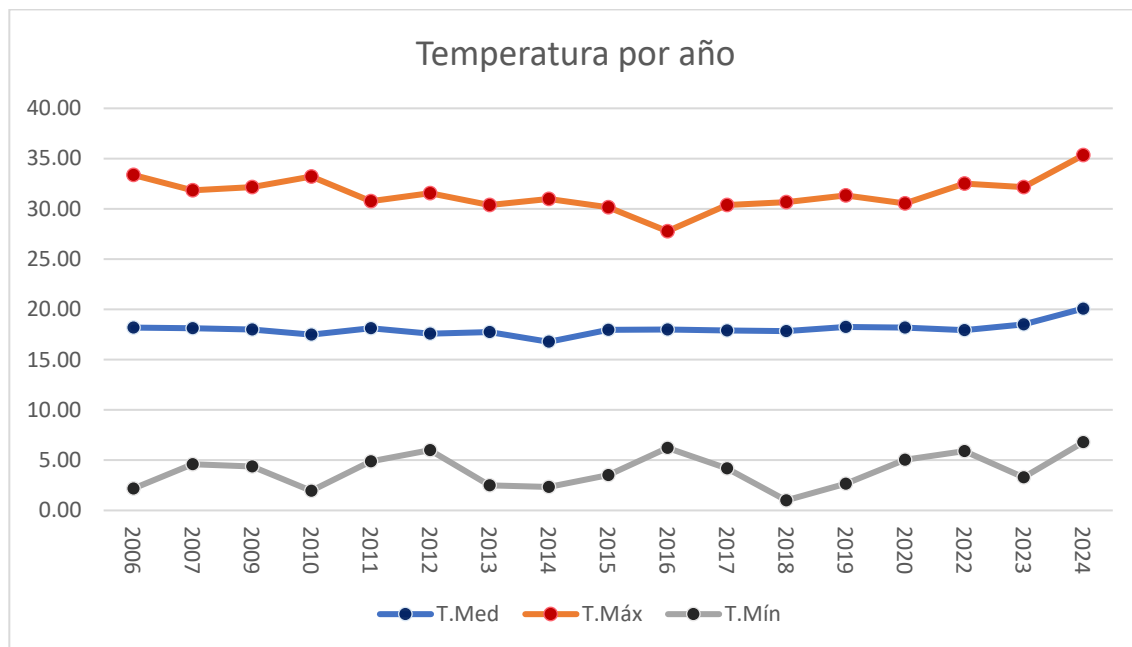
La estación más cercana al sitio de estudio es la RAMM BUAP CU San Manuel, que actualiza sus datos cada 15 minutos. Fue instalada el 11 de enero de 2006, y ha mantenido sus funciones hasta la fecha, midiendo y registrando regularmente las distintas variables meteorológicas. Se descartaron dos años (2008 y 2021) por la falta de mediciones de temperatura. En el caso de 2021, hay que considerar que la pandemia de COVID-19 inició en el 2020 y la BUAP cerró sus instalaciones debido a la cuarentena que se prolongó por más de un año y medio,

por lo que la DIAU no tuvo acceso a varias de las estaciones. Como consecuencia, se perdieron datos de 15 meses entre 2020 y 2021.

La Figura 17 presenta las mediciones realizadas entre enero de 2006 y junio de 2024. Se observa que el valor promedio de la temperatura se mantuvo estable desde 2006 hasta 2022. En el año siguiente, se detecta una tendencia al alza, aunque aún es prematuro confirmarla debido al corto período de recolección de datos, que comprende 19 años calendario, aunque solo 17 de ellos cuentan con registros completos.

El valor mínimo de temperatura no muestra un patrón claro a lo largo del tiempo. En cuanto al máximo, se registró una tendencia a la baja entre 2006 y 2015, seguida de un incremento a partir de 2017. Es importante señalar que en 2016 hubo una carencia de registros, ya que solo se cuenta con datos de cinco meses.

Figura 17. Evolución de las temperaturas máxima, media y mínima anual (2006–2024).



Fuente: Elaboración propia con base en las mediciones de la RAMM BUAP CU San Manuel, DIAU.

También se realizó un análisis mediante una escala gráfica para visualizar el comportamiento de la temperatura promedio, máxima y mínima mensual por año. Como se observa en la Figura 18, los meses más calurosos son abril y mayo, seguidos por el mes de junio. A partir de 2018, se aprecia un incremento en la temperatura. En el año 2024 la temperatura máxima en Puebla rebasó los 35 °C,

mientras que disminuyó el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, tras la cuarentena, la reactivación intensa de actividades generó un aumento tanto en el consumo eléctrico como en el de combustibles, lo que coincidió temporalmente con las variaciones observadas en las mediciones a partir de 2022.

3.5 Contaminación atmosférica y la influencia de los gases de efecto invernadero

Las actividades humanas en las ciudades generan emisiones que modifican las propiedades térmicas y químicas de la atmósfera. En las zonas urbanas, los vehículos motorizados ocupan principalmente las calles provocando aumentos en la temperatura, humedad, ruido y una alta concentración de contaminantes en el aire dentro de la capa del dosel urbano.

Asimismo, el efecto del cañón urbano restringe el flujo de aire, limitando la dispersión de estos contaminantes, los cuales tienden a desplazarse hacia los edificios adyacentes y a permanecer por períodos prolongados (Oke et al., 2017).

Según un informe de la Internacional Energy Agency, (2022), las emisiones globales de CO₂ generadas por la combustión de energía y procesos industriales registraron un aumento interanual récord del 6 % (2.1 Gt.) en 2021, alcanzando un total de 36.3 Gt. en comparación con las 34.1 Gt. de 2020, año marcado por la pandemia.

El COVID-19 provocó una reducción del 5.2 % en las emisiones globales de CO₂ y tuvo un impacto significativo en la disminución de la demanda energética durante la pandemia. Sin embargo, a partir de 2021, esta demanda se recuperó, lo que impulsó un incremento en el consumo de carbón que representó el 40 % del crecimiento de las emisiones globales de CO₂ en ese año.

Esta situación conlleva la liberación de una considerable cantidad de residuos gaseosos que actúan como contaminantes, ya sea al descomponerse en la atmósfera o al depositarse en el suelo y los océanos. Como consecuencia existe un aumento de las emisiones contaminantes, generando graves problemas ambientales en la Tierra, como el cambio climático y el deterioro de la calidad del aire, que, a su vez, impactan negativamente a la biodiversidad y la salud humana (SEMARNAT, 2019).

Entre las repercusiones sobre la salud se incluyen la mortalidad prematura y el incremento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Estos efectos generan una mayor demanda de servicios médicos y provocan la pérdida de días laborales, afectando así la calidad de vida (INECC, 2020). Además, tiene consecuencias económicas, ya que disminuye la productividad y aumenta los gastos en atención sanitaria. Se considera que la mala calidad del aire es la principal causa ambiental de la mortalidad prematura a nivel mundial, especialmente debido al crecimiento poblacional y al desarrollo económico y productivo (SEMARNAT, 2019).

El equilibrio en el flujo de aire que conforma la atmósfera terrestre permite a los seres humanos respirar sin que ello afecte su salud. No obstante, este balance puede verse alterado por diversos componentes, conocidos como "contaminantes críticos", que modifican tanto la composición del aire como la calidad de este. Estos contaminantes fueron establecidos para definir los límites máximos de concentración en la atmósfera, en función de sus efectos sobre la salud de la población, tal como se muestra en la Tabla 9 (Instituto Nacional de Ecología, n.d.).

Tabla 9. Efectos a la salud por exposición a contaminantes.

Contaminante	Fórmula	Efecto a la salud
Ozono	O ₃	Irritación ocular y en vías respiratorias.
Monóxido de carbono	CO	Formación de carboxihemoglobina, ocasionando apnea.
Partículas suspendidas	PM ₁₀ y PM _{2.5}	Irritación en tejidos respiratorios, fibrosis, asma.
Dióxido de azufre	SO ₂	Irritante para garganta y bronquios, broncoconstricción, alteraciones en la función pulmonar.
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	Disminución en la capacidad de difusión pulmonar.

Fuente: Instituto Nacional de Ecología, n.d., pág. 14.

Los contaminantes pueden originarse tanto por actividades antropogénicas como naturales. Según su fuente, se clasifican en cuatro tipos: fuentes fijas (industria), fuentes de área (comercios, viviendas, servicios y productos), fuentes móviles (vehículos motorizados) y fuentes naturales (volcanes). La mayoría de estos contaminantes son consecuencia del uso de combustibles fósiles (SSAOT, n.d.)

Con el fin de prevenir los problemas de salud derivados de la contaminación atmosférica, las autoridades han implementado medidas de control a través de normativas y programas que regulan las emisiones y la concentración de

contaminantes en el aire. Para ello, se utiliza el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA), el cual recopila datos que facilitan la toma de decisiones y la evaluación de impactos (INECC, 2020). Estas acciones buscan proteger tanto el bienestar y la salud de la población como la biodiversidad. Además, se establecen indicadores mediante el Índice de Calidad del Aire (ICA) para evaluar la calidad del aire y los posibles riesgos para la salud en áreas urbanas (SMADSOT, 2023), utilizando una escala de colores y números, como se presenta en la Tabla 10 (NADF-009-AIRE-2017, 2018).

Tabla 10. Comunicación de riesgo

Calidad del aire	Intervalo	Mensaje	Significado	Recomendaciones
Buena	0 - 50	Bajo	Existe poco o ningún riesgo para la salud.	Se puede realizar cualquier actividad al aire libre.
Regular	51 - 100	Morado	Los grupos susceptibles pueden presentar síntomas en la salud.	Las personas que son extremadamente susceptibles a la contaminación deben considerar limitar la exposición al aire libre.
Mala	101 - 150	Alto	Los grupos susceptibles pueden presentar síntomas en la salud.	Los niños, adultos mayores, personas que realizan actividad física intensa o con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, deben evitar la exposición al aire libre y el resto de la población debe limitar la exposición al aire libre.
Muy Mala	151 - 200	Muy alto	Toda la población puede presentar efectos en la salud. Quienes pertenecen a los grupos susceptibles experimentan efectos graves.	Los niños, adultos mayores, personas que realizan actividad física intensa o con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, deben evitar la exposición al aire libre y el resto de la población debe limitar la exposición al aire libre.
Extremadamente mala	201 - 300	Extremadamente alto	Toda la población tiene probabilidades de experimentar efectos graves en la salud.	Toda la población debe evitar la exposición al aire libre.
Peligrosa	301 - 500	Peligroso	Toda la población experimenta efectos graves en la salud.	Suspensión de actividades al aire libre.

Fuente: NADF-009-AIRE-2017

El estado de Puebla enfrenta serios problemas en su desarrollo urbano debido a un crecimiento descontrolado y desequilibrado, que ha provocado un déficit ambiental al que se le ha dado escasa importancia en la implementación de acciones correctivas. La alta demanda de energía, principalmente cubierta mediante el consumo de combustibles fósiles, ha incrementado la contaminación atmosférica,

agravada por las actividades cotidianas necesarias para satisfacer las necesidades humanas.

La calidad del aire está directamente determinada por las emisiones provenientes de vehículos motorizados, industrias, comercios, servicios e incluso de los hogares, lo que hace indispensable una adecuada gestión de la mencionada calidad. A esto se suma el aumento de problemas ambientales vinculados al cambio climático y las consecuencias sobre la salud, en especial el incremento de enfermedades respiratorias tal como lo indica el Programa de Gestión de la Calidad del Aire (SSAOT, n.d.)

La Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Gobierno de Puebla está a cargo de la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA). Hasta 2023 había estado conformada por cinco estaciones: cuatro en la ciudad de Puebla y una en Coronango. En este mismo año se incorporaron tres más: una en Atlixco, otra en San Martín Texmelucan y otra en Tehuacán (Tabla 11).

Tabla 11. Estaciones de la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico.

Estación	Dirección
Agua Santa, (STA)	Prolongación 11 Sur, Col. Agua Santa, Municipio de Puebla, C.P. 72490.
Benemérito Instituto Normal del Estado, (BINE)	Blvd. Hermanos Serdán No. 203, Col. Valle del Rey, Municipio Puebla C.P. 72140.
Parque de las Ninfas, (NINFAS)	23 Poniente y 15 Sur, Col. Santiago, Municipio de Puebla, C.P. 72410.
Universidad Tecnológica de Puebla, (UTP)	Calle Mariano Escobedo s/n, esq. Francisco I. Madero, Col. Joaquín Colombres C.P. 72300.
Velódromo, (VELODROMO)	Av. Zaragoza s/n, entre Periférico Ecológico y Calle de las Flores, Municipio de Coronango. C.P. 72680.
Atlixco (ATL)	Prolongación Heliotropo 1201, Col. Vista Hermosa, Municipio de Atlixco, Puebla, C.P. 74218.
San Martín Texmelucan (SMT)	Camino a la Barranca de Pesos s/n, San Lucas Atoyatenco, San Martín Texmelucan C.P. 74120.
Tehuacán (TEH)	Av. Reforma Norte 614, Villa Granada, Municipio de Tehuacán, Puebla C.P. 75732.

Fuente: (SMADSOT, 2023).

De acuerdo con la ubicación de Barrios de Arboledas, las estaciones NINFAS (NINFAS) y Agua Santa (STA) son las más cercanas. Por ello, y considerando el

alcance de sus mediciones de calidad del aire, se extrajeron de estas dos estaciones los datos correspondientes del Informe Nacional de la Calidad del Aire para el período 2014-2021. Los datos establecieron que los contaminantes criterios de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂) no presentaron índices altos al mantener una calidad del aire “buena”. En el caso de las partículas suspendidas (PM) y el ozono (O₃) muestran un incremento en sus índices de calidad, siendo en su mayoría “regular”.

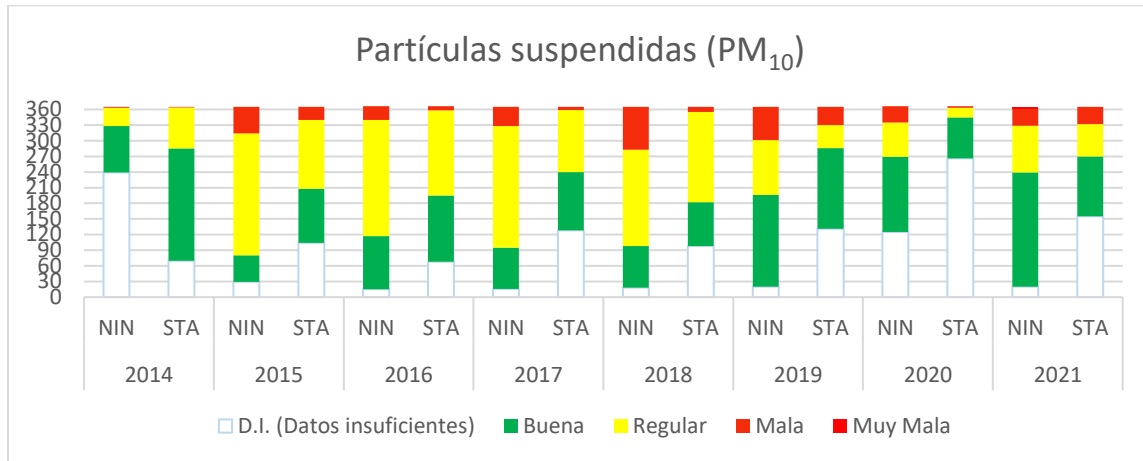
Este período de observación resulta demasiado breve e insuficiente para determinar si existe un incremento en los índices de partículas suspendidas y ozono. Esto se debe a que el Gobierno de México no dispone de información sobre la calidad del aire en el estado de Puebla previa a 2014, y la administración actual ha mostrado escaso interés en dar seguimiento a los informes. Prueba de ello es que las dos últimas publicaciones (2020 y 2021) presentan un retraso de entre uno y dos años respecto a los informes anteriores; de hecho, el último fue publicado apenas en 2024.

Las partículas suspendidas (PM) son producidas principalmente por combustibles fósiles generados por diferentes sectores como la industria, el transporte, los hogares, la energía e incluso la agricultura. Tanto las partículas PM₁₀ y las PM_{2.5} pueden llegar hasta los pulmones, además de ocasionar la mortalidad por causas específicas a largo plazo (World Health Organization, 2021).

En la Figura 19 se observa un incremento en las concentraciones de partículas suspendidas PM₁₀ a partir de 2015. La estación NINFAS registró su mayor aumento en 2018, mientras que en Agua Santa este se presentó en 2019. En ambas estaciones predominó una calidad del aire “regular” durante el período comprendido entre 2014 y 2019.

Cabe destacar que, en 2020, año marcado por la pandemia de COVID-19 y las medidas de cuarentena, pudo haberse visto afectada la recolección de datos en la estación de Agua Santa o bien haberse registrado una mejora real en la calidad del aire en 2020 y 2021. En la estación NINFAS, los datos indican una mejora en la calidad del aire, pasando de “regular” a “buena” en esos dos años.

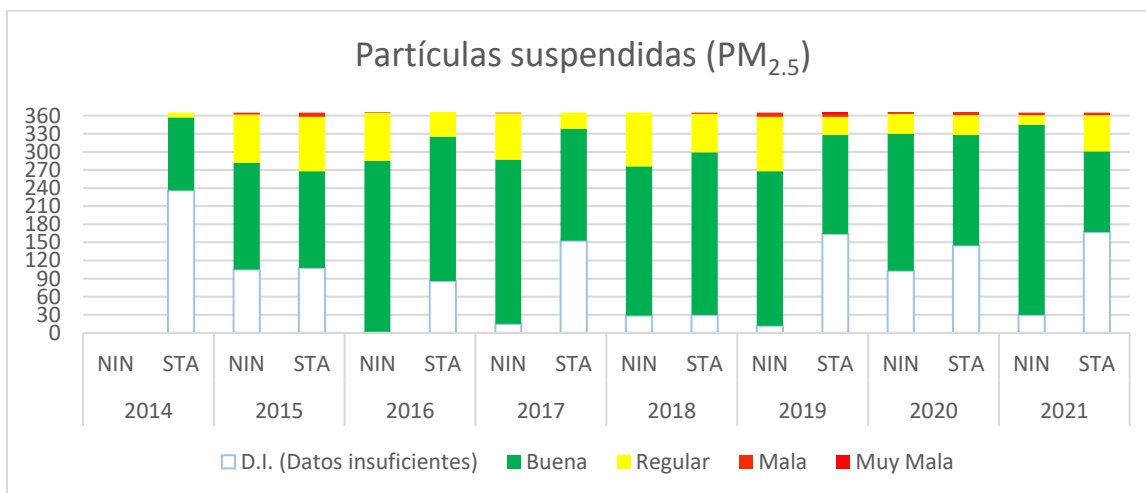
Figura 19. Calidad del aire, partículas suspendidas PM₁₀ (2014-2021).



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Informes Nacionales de la Calidad del Aire, períodos 2014-2021.

En particular, las partículas suspendidas PM_{2.5} pueden alcanzar zonas más profundas en el sistema respiratorio y provocar un aumento en afectaciones cardiovasculares o pulmonares por su tamaño (SEMARNAT, 2019). Como se muestra en la Figura 20, estas partículas no presentan un incremento significativo en el período de 2014 a 2021, manteniendo en la mayoría de los días un registro de calidad del aire “buena”. Sin embargo, algunos días registraron una calidad del aire “mala” en 2015 y entre 2019 y 2021, a pesar de la cuarentena implementada entre 2020 y 2021.

Figura 20. Calidad del aire, partículas suspendidas PM_{2.5} (2014-2021).



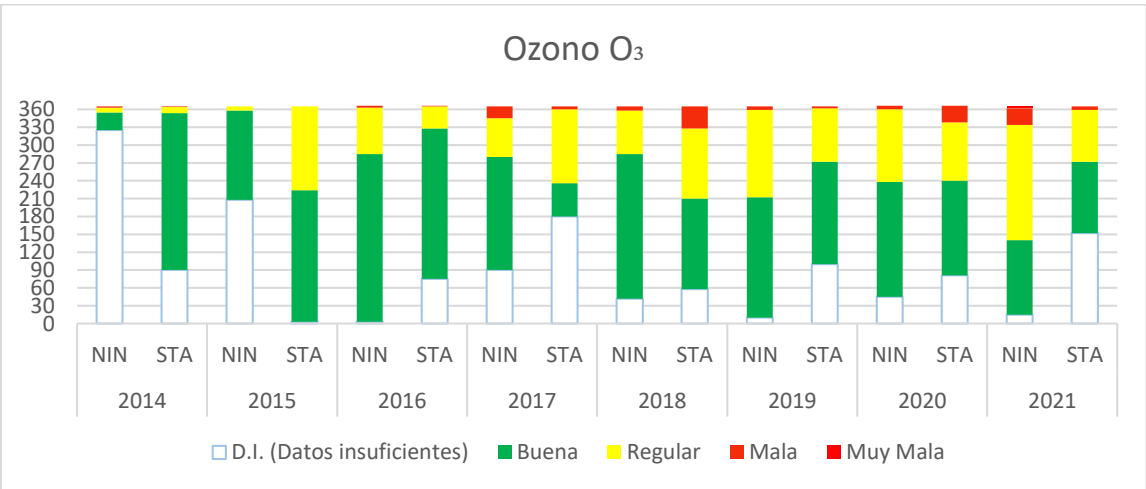
Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Informes Nacionales de la Calidad del Aire períodos 2014-2021.

También hay que considerar que las partículas suspendidas se ven afectadas por fuentes naturales, como es el caso de las partículas PM₁₀ que se incrementan por la actividad volcánica (caída de ceniza) del Popocatepetl, tal como se registró en los días 21 y 22 de mayo de 2023. Este fenómeno provocó que la calidad del aire en estas dos estaciones se presentara como “mala” y ocasionó problemas respiratorios y molestias en nariz, garganta y ojos. El acontecimiento anterior se repitió en 2024.

Por su parte, el ozono es un gas natural presente en la atmósfera que, al reaccionar químicamente con la luz solar y otros gases, aumenta su concentración para convertirlo en un contaminante ambiental (SEMARNAT, 2019). Según la OMS (2021), el ozono puede ocasionar problemas respiratorios y cardiovasculares como hospitalización y visitas a la sala de emergencias por infarto de miocardio o el desarrollo de enfermedades como el asma. Este último problema de salud también puede ser provocado por las partículas suspendidas.

Según los datos de monitoreo, Figura 21, a partir del 2015 la estación de Agua Santa mostró un incremento en la calidad del aire de “buena” a “regular”. Para el 2017 comenzó a haber un aumento en el indicador de “mala” calidad del aire, principalmente en dicha estación.

Figura 21. Calidad del aire. Ozono - O₃ (2014 al 2021).



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Informes Nacionales de la Calidad del Aire períodos 2014-2021.

Las actividades cotidianas del ser humano —como el uso irracional de energía, el excesivo empleo de vehículos motorizados, el manejo de materiales y

los procesos industriales— junto con las emisiones provenientes de fuentes naturales, contribuyen de manera significativa a la contaminación atmosférica y a la generación de gases de efecto invernadero (GEI). Este fenómeno está estrechamente relacionado con el desarrollo económico, el incremento poblacional, el excesivo uso de combustibles fósiles y la liberación de partículas derivadas de materiales de construcción e industriales, los cuales contribuyen al deterioro de la calidad del aire (SSAOT, n.d.).

El aumento de energía liberada genera aire caliente, y el consumo en grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) incrementa los GEI. Como consecuencia la temperatura de la Tierra aumenta y origina el calentamiento global y con ello al cambio climático. El automóvil es uno de los grandes emisores de CO₂ y los colonos de Barrios de Arboledas han mostrado un patrón de uso de este vehículo para trayectorias cortas, en lugar de caminar o utilizar medios de movilidad alternativos como el transporte público, la bicicleta o compartir vehículo.

Además, Barrios de Arboledas se ve indirectamente afectado por su proximidad a una de las vialidades principales de la ciudad, el Boulevard Carlos Camacho Espíritu, así como a otras avenidas aledañas de alto tránsito vehicular, como el Boulevard Municipio Libre y la Avenida José María Lafragua. También colinda con vialidades secundarias, como la Avenida Xilotzingo y la Avenida Los Gavilanes, que presentan una afluencia vehicular moderada, y con la Avenida San José Xilotzingo, cuyo tránsito es bajo.

En las inmediaciones de Barrios de Arboledas se localiza una amplia oferta de servicios: farmacias (Similares, Ahorro y Benavides); supermercados (Bodega Aurrera, La Gran Bodega y Walmart Express); el Mercado Xilotzingo; la Plaza Valsequillo y la Plaza Pradea Sur; laboratorios clínicos (Exakta y Salud Digna), colegios (Bucareli y Prometeo); bancos (Banorte, Citibanamex, HSBC y BBVA); entre otros comercios. La mayoría de los residentes se desplaza a estos servicios en automóvil; algunos utilizan el transporte público RUTA o se trasladan a pie. Sin embargo, dichos servicios también son empleados por habitantes de fraccionamientos y colonias cercanas, quienes en su mayoría recurren al vehículo particular y transitan estas mismas vialidades para su traslado (Figura 22).

Figura 22. Vialidades y servicios.



Fuente: Elaboración propia con base en la Cartografía Geoestadística (INEGI, 2016) e imágenes satelitales (Satélite Mapa del Mundo y Google Satellite).

3.6 Causas y factores locales que ocasionan la isla de calor urbana

Para mitigar la ICU en Barrios de Arboledas, se identificaron causas y factores locales mediante un análisis físico–espacial y ambiental (Tabla 12). De las ocho causas reportadas en la literatura, cuatro están presentes en el fraccionamiento: contaminación del aire, calor antropogénico, uso de materiales con bajo albedo y reducción de áreas verdes. Entre ellas, las dos últimas —uso de materiales con bajo albedo y reducción de áreas verdes— son las más recurrentemente observadas. Entre los factores que las explican destacan: la alteración del balance de energía urbana; las emisiones por quema de combustibles fósiles; la baja reflectancia y alta capacidad calorífica de los materiales; la radiación reflejada y atrapada; el aumento de la temperatura del aire; la menor evapotranspiración; las partículas suspendidas; y la mayor absorción y reemisión de radiación infrarroja.

Tabla 12. Causas y factores de la isla de calor urbana presentes en Barrios de Arboledas.

FACTORES Y CAUSAS	<i>Contaminación del aire</i>	<i>Calor antropogénico</i>	<i>Materiales de construcción bajos en albedo</i>	<i>Desplazamiento de áreas verdes</i>
Menor reflectancia de materiales				
Radiación reflejada				
Radiación atrapada				
Aumento de la temperatura del aire				
Mayor capacidad calorífica y conductividad térmica de materiales de construcción (efecto de la masa térmica)				
Modificación en el balance de energía urbana				
Emisiones de gases producto de la combustión interna (vehículos motorizados, estufas, fugas de cilindros de gas)				
Calor generado por la quema de combustibles fósiles (gasolina, gas)				
Partículas suspendidas				
Mayor absorción y reemisión de infrarrojos				
Reducción de la evapotranspiración				

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Contraste con otros asentamientos urbanos de atención no prioritaria

En el capítulo 1 se describe el estudio realizado por Tzoni Barranco (2015) sobre la isla de calor superficial en la ciudad de Puebla, utilizando imágenes satelitales de la plataforma Landsat OLI TIRS. En dicho estudio se identificó como zona de atención prioritaria aproximadamente el 33 % de la superficie de la ciudad, debido a las altas temperaturas, las cuales deben ser atendidas de manera urgente. El resto de las superficies urbanas, clasificadas como zona de atención no prioritaria, presenta temperaturas más moderadas y condiciones ambientales más favorables. Estas áreas se caracterizan por una mayor presencia de vegetación, cuerpos de agua y menor densidad de construcción.

Dentro de estas zonas se seleccionaron como ejemplo dos fraccionamientos ubicados al noroeste de la ciudad de Puebla: San José del Puente, junto al río Atoyac, y Santa Cruz Guadalupe, junto al río Rabanillo (Figura 23). En estos

fraccionamientos se observan características morfológicas como superficies permeables (áreas verdes), cuerpos de agua, azoteas y una menor densidad de construcción.

Figura 23. Asentamientos urbanos de atención no prioritaria.



Fuente: Elaborada con imágenes de Google Earth Pro.

A través de imágenes satelitales de Google Earth Pro con fecha de 15 de marzo de 2025 y del levantamiento fotográfico de Google Maps con fechas que van de 2021 a 2024, se hace un análisis somero de las características de los dos fraccionamientos para determinar por qué se consideran zonas de atención no prioritaria y su relación con las causas que ocasionan la ICU (Tabla 13). En su mayoría, los materiales de construcción de ambos fraccionamientos son de bajo albedo, ya que utilizan impermeabilizante terracota y pocos en blanco. Las vialidades de los fraccionamientos son empedrados de piedra y las vialidades de los alrededores son de pavimento.

En Santa Cruz Guadalupe se observa un cañón urbano y una reducción en la velocidad del viento, ocasionados por el trazo regular de las manzanas y por la

disposición cerrada de los edificios, con pocos terrenos amplios. En el caso de San José del Puente hay una traza más irregular, con terrenos más amplios, lo que permite una mayor circulación del viento y tener mayores áreas verdes al contar con jardines extendidos. Por último, el Fraccionamiento Santa Cruz Guadalupe tiene un predominio de vialidades y edificaciones sobre sus áreas verdes, pero las primeras se encuentran ubicadas junto a un cuerpo de agua con mucha vegetación, el río Rabanillo. El Fraccionamiento San José del Puente tiene un equilibrio entre las construcciones y las áreas verdes además de estar situado junto al río Atoyac.

Tabla 13. Asentamientos de atención no prioritaria en relación con las causas de la ICU.

CAUSAS/ASENTAMIENTOS	<i>Santa Cruz Guadalupe</i>	<i>San José del Puente</i>
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN BAJOS EN ALBEDO	Azoteas de viviendas con impermeabilizante terracota en su mayoría. Las vialidades son de pavimento y de mampostería en piedra	
CAÑÓN URBANO	Trazo de manzanas regular Concentración de edificios Viviendas unifamiliares	Trazo de manzanas irregular Terrenos amplios con edificios espaciados y jardines amplios Viviendas unifamiliares
REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO		
DESPLAZAMIENTO DE ÁREAS VERDES	Predominio de calles y edificaciones sobre las áreas verdes. Está junto al río Rabanillo	Hay un equilibrio entre áreas verdes, vialidades y edificaciones. Está a un lado del río Atoyac

Fuente: Elaboración propia.

Es importante considerar que, en algunos fraccionamientos, el estatus social puede influir en el tamaño de los terrenos, como ocurre en San José del Puente. Sin embargo, la principal razón por la cual el microclima en estos asentamientos urbanos es más fresco es la presencia de dos cuerpos de agua —el río Atoyac y el río Rabanillo— rodeados de amplias áreas verdes que funcionan como pequeños pulmones, manteniendo el equilibrio de los microclimas en ambos fraccionamientos. A pesar de su contaminación, estos ríos conservan vegetación en sus orillas, lo que marca una diferencia significativa respecto a las condiciones observadas en Barrios de Arboledas.

Del análisis realizado en Barrios de Arboledas se identificó un desplazamiento de las áreas verdes debido al predominio de superficies impermeables sobre las permeables, lo que reduce la evapotranspiración e impide la dispersión del calor solar. A ello se suma el uso generalizado de materiales con bajo albedo, ya que la mayoría de las edificaciones presentan baja reflectancia

solar, lo que favorece la retención de radiación y, en consecuencia, incrementa la temperatura del aire.

Por otra parte, la calidad del aire se ve afectada por el aumento en la concentración de partículas suspendidas, derivado principalmente del uso de vehículos motorizados y otros factores que se detallarán en el siguiente capítulo, relacionados con la última causa identificada: el calor antropogénico.

4. LAS PRÁCTICAS DE LOS HABITANTES DE BARRIOS DE ARBOLEDAS QUE TIENEN UN EFECTO EN EL ENTORNO SOCIAL Y AMBIENTAL

El ser humano es causante de problemáticas ambientales como el cambio climático, el calentamiento global, la isla de calor urbana (ICU) y la pérdida acelerada de biodiversidad, derivadas de su desconexión con la naturaleza y la sobreexplotación de recursos, sin considerar las repercusiones ambientales. Esta situación, intensificada por la industrialización y el capitalismo, ha propiciado prácticas sociales que contaminan la atmósfera, impulsan el consumismo y generan un aumento de residuos, con efectos directos sobre los ecosistemas.

En este contexto, la Tierra desempeña un papel fundamental al sostener sistemas críticos como la biodiversidad y la regulación climática, esenciales para la vida humana. Conformada por varios ecosistemas que regulan el equilibrio ecológico, permite la producción agrícola y es clave para la seguridad alimentaria, el desarrollo económico y la identidad cultural. Sin embargo, prácticas humanas como la agricultura intensiva, la deforestación y la urbanización aceleran su degradación y amenazan estas funciones vitales (Tomalka et al., 2024).

En relación con lo anterior, los nueve límites planetarios del sistema terrestre⁸ se ven alterados por las actividades antropogénicas (Richardson et al., 2023) y, cuando son rebasados, pueden generar daños ambientales irreversibles que comprometen la estabilidad del planeta (Tomalka et al., 2024). De estos límites, seis han sido transgredidos, entre ellos el cambio climático, la pérdida de integridad de la biósfera y las transformaciones en el sistema territorial (Richardson et al., 2023).

En este capítulo se analiza la relación de los habitantes de Barrios de Arboledas con su entorno natural, así como su percepción sobre la isla de calor urbana (ICU), los cambios de temperatura y sus afectaciones a la salud, a partir de encuestas aplicadas en la zona. Se examina también la influencia de los conflictos administrativos internos en la baja participación de los colonos, a través de los

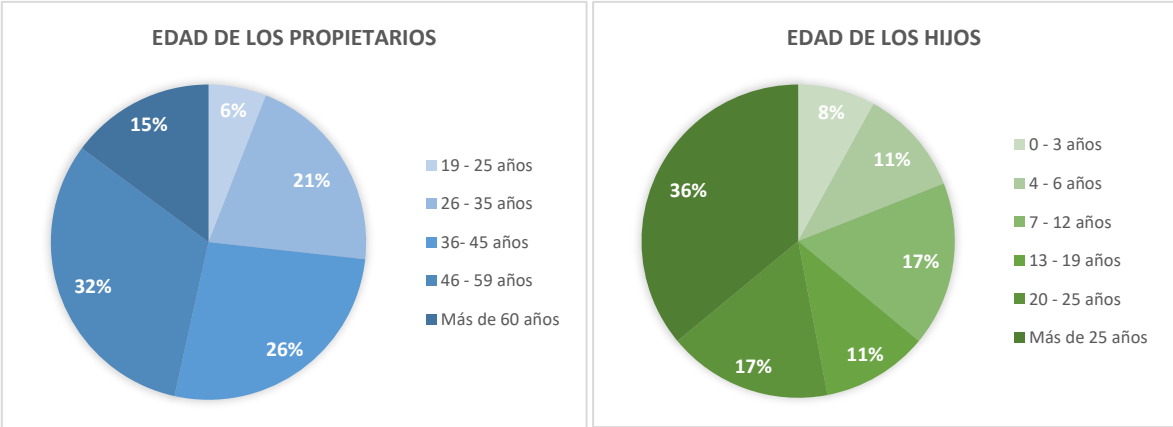
⁸ Los límites planetarios se definen como un sistema operativo seguro para la humanidad en relación con el sistema terrestre y se vinculan con las actividades antropogénicas. En 2009 fueron presentados por un grupo de científicos liderados por Johan Rockström. Los nueve límites planetarios incluyen: cambio climático, integridad de la biodiversidad, cambios en el sistema de tierras, uso de agua dulce, ciclo bioquímico, acidificación de los océanos, carga de aerosoles, agotamiento de ozono estratosférico y entidades nuevas (Rockström et al., 2009).

testimonios de quienes estuvieron involucrados entre 2009 y 2019. Asimismo, se presenta un diagnóstico participativo de las actividades de los habitantes vinculadas a las causas y factores que generan la ICU, elaborado con base en encuestas realizadas en el área de estudio.

4.1 Los habitantes de Barrios de Arboledas y su relación con el entorno natural

El Fraccionamiento Barrios de Arboledas, creado entre 1979 y 1981, cuenta con 10.64 ha, tres áreas verdes: dos pequeñas de 160 m² cada una (localizadas en la calle Astomba y San Antonio) y una mayor de 6,376.50 m² (localizada en la calle La Merced). Cuenta con 327 viviendas y aproximadamente 889 habitantes. Sus primeros habitantes se instalaron en 1983 y poco a poco se fue urbanizando el fraccionamiento, principalmente en los años noventa. De manera que varios de los primeros colonos que se establecieron en este lugar con sus familias siguen viviendo en él, incluso, la segunda y tercera generación. Existe un predominio del grupo etario entre los 46 a 59 años y de los hijos entre 20 a 25 años, así como un promedio de tres habitantes por vivienda (Figura 24).

Figura 24. Rangos de grupos etarios de los habitantes de Barrios de Arboledas.

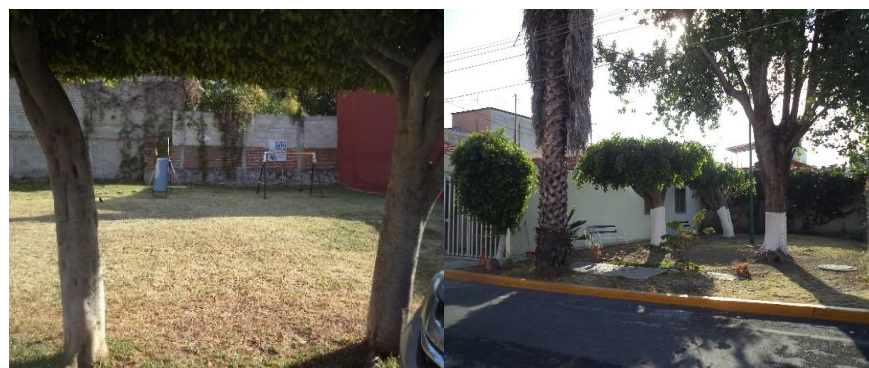


Fuente: Elaboración propia, 2021 (n = 53).

En Barrios de Arboledas predominan las edificaciones y vialidades sobre las áreas verdes, mientras que algunas banquetas presentan daños u obstáculos, como árboles y plantas, que dificultan el tránsito de los habitantes de todas las edades. Esta situación los obliga, por las dimensiones del espacio, a utilizar la única área

verde de mayor tamaño, ubicada al fondo del fraccionamiento, sobre la calle La Merced. Las otras dos áreas verdes, de dimensiones reducidas (160 m²), prácticamente no se utilizan, aunque una cuenta con juegos y la otra con una banca (Figura 25).

Figura 25. Áreas verdes pequeñas (160 m²), Izq. calle Astomba, Der. calle San Antonio.



Fuente: Elaboración propia 2021.

El área verde más grande puede ser utilizada por los colonos de todas las edades para diversas actividades. Las personas de la tercera edad pueden caminar o correr, mientras que los niños y jóvenes cuentan con juegos, así como con una cancha de fútbol y otra de básquetbol. En abril de 2024 se instalaron aparatos ejercitadores y algunos juegos adicionales a los ya existentes, donados por el Ayuntamiento de Puebla a solicitud de la Mesa Directiva en 2020, con el propósito de fomentar el ejercicio y ofrecer a los niños más opciones de recreación (Figura 26). En este espacio también es posible realizar otras actividades, como sentarse a disfrutar de la flora y fauna, trabajar al aire libre, leer o convivir.

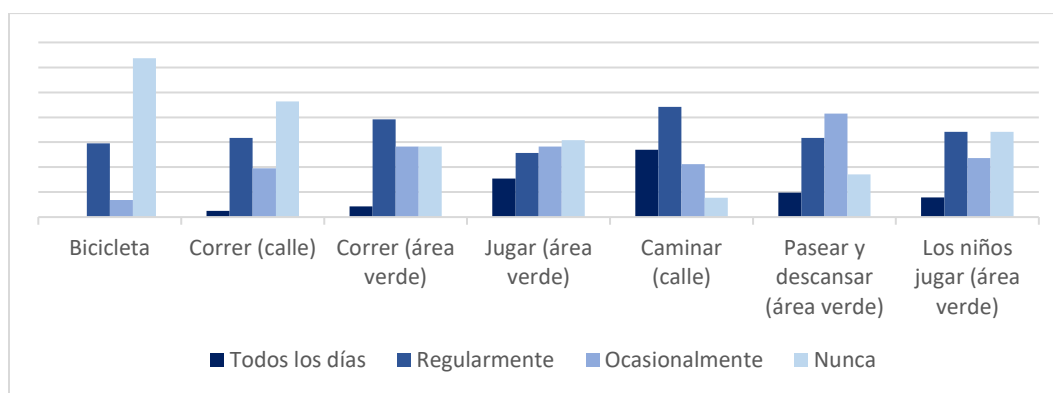
Figura 26. Área verde (6,376.50 m²), calle La Merced.



Fuente: Elaboración propia 2024.

De los resultados obtenidos en el sondeo exploratorio aplicado entre febrero y abril de 2021, se observa en la Figura 27 que la actividad diaria más frecuente entre los colonos es caminar por las vialidades del fraccionamiento y acudir al área verde para jugar. De manera regular, salen a caminar por las vialidades, seguido de visitar el área verde para correr o llevar a sus hijos o nietos a jugar. En menor medida, realizan actividades como correr en las vialidades, pasear o descansar en el área verde, andar en bicicleta y jugar en la misma. La mayoría de los colonos no utilizan la bicicleta ni corren en las vialidades del fraccionamiento.

Figura 27. Actividades diarias en vialidades y áreas verdes.



Fuente: Elaboración propia (n=56).

La actividad diaria predominante en el grupo etario de 46 a 59 años es caminar por las vialidades del fraccionamiento; además, regularmente utilizan el área verde para correr, pasear y descansar. Las actividades que este grupo suele realizar con escasa frecuencia son llevar a los niños a jugar, correr en las vialidades y andar en bicicleta.

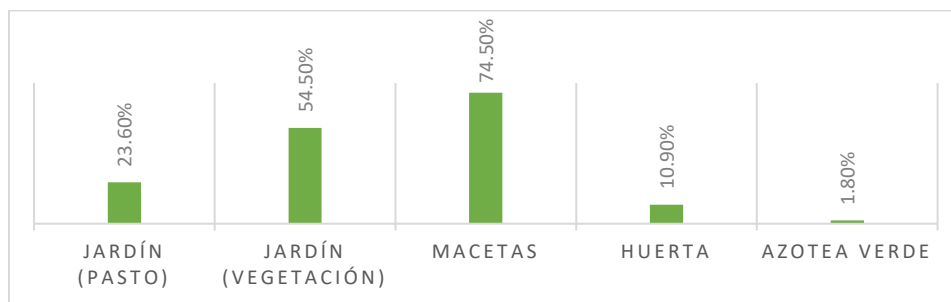
La población que corre regularmente tiene entre 36 y 59 años; realizan esta actividad en el área verde en su mayoría, aunque algunos también lo hacen en las vialidades. Los jóvenes de 19 a 25 años son quienes más juegan en el área verde; sin embargo, personas de otras edades, como el grupo de 36 a 49 años, también lo hacen con regularidad.

La actividad de llevar a los niños a jugar presenta porcentajes bajos en todos los grupos etarios, debido a que algunos residentes no son padres, otros son

abuelos, y además, según el Censo, solo el 7 % de la población corresponde a niños de 0 a 11 años.

Otra actividad común de los habitantes es el mantenimiento de la franja verde en las banquetas frente a las fachadas de sus casas. Según el sondeo exploratorio, presentado en la Figura 28, el 23.6 % de los hogares cuenta con jardines exclusivamente de pasto, el 54.5 % con jardines que incluyen flores y árboles, el 74.5 % tiene macetas, el 10.9 % posee huertos y solo el 1.8 % cuenta con azoteas verdes. Respecto a la percepción de los habitantes sobre la siembra de cualquier especie, el 51 % considera que es inadecuado, mientras que el 29 % opina que es adecuado.

Figura 28. Áreas verdes o vegetación en los hogares.



Fuente: Elaboración propia, 2021 (n = 53).

En cuanto a la sensación térmica que experimentan los colonos de Barrios de Arboledas, quienes llevan más años establecidos manifiestan haber percibido cambios en la temperatura ambiente. Del total de encuestados, el 52.83 % reporta haber detectado un cambio, el 30.19 % indica que no lo ha percibido y el 16.98 % no sabe. En la Tabla 14 se observa que el grupo etario de 46 a 59 años es el que más declara haber sentido estos cambios (22.64 %), mientras que el grupo de 36 a 45 años es el que menos los percibe (11.32 %). Estos resultados evidencian que la percepción de cambios en la temperatura aumenta con la edad, lo cual podría estar asociado a una mayor permanencia en el fraccionamiento y, por ende, a una experiencia comparativa más amplia.

Tabla 14. Percepción del cambio de la temperatura ambiente por edades.

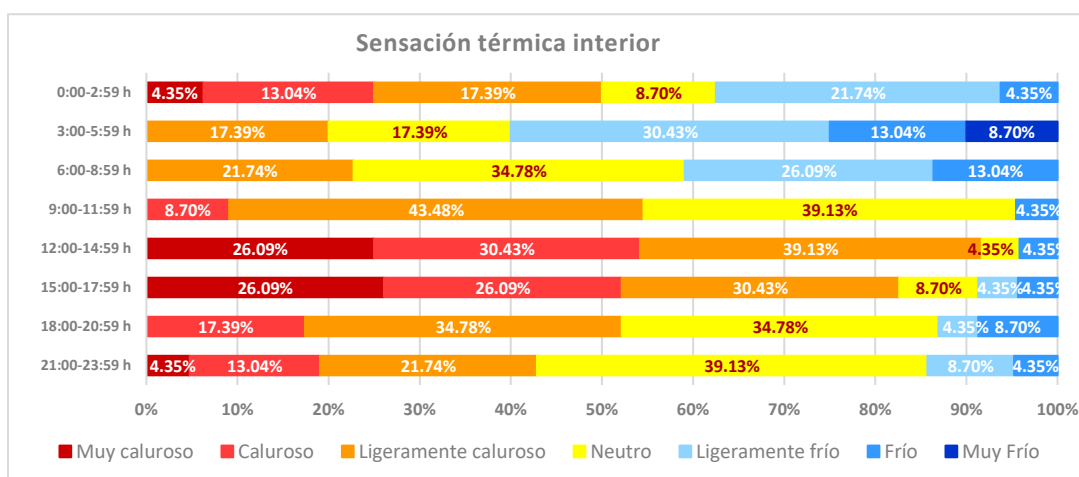
	SÍ	NO	NO SÉ
19-25	1.89 %	1.89 %	1.89 %
26-35	5.66 %	5.66 %	9.43 %
36-45	15.09 %	11.32 %	
46-59	22.64 %	5.66 %	1.89 %
Más de 60	7.55 %	5.66 %	3.77 %
TOTAL	52.83 %	30.19 %	16.98 %

n = 53.

Fuente: (C. González et al., 2023).

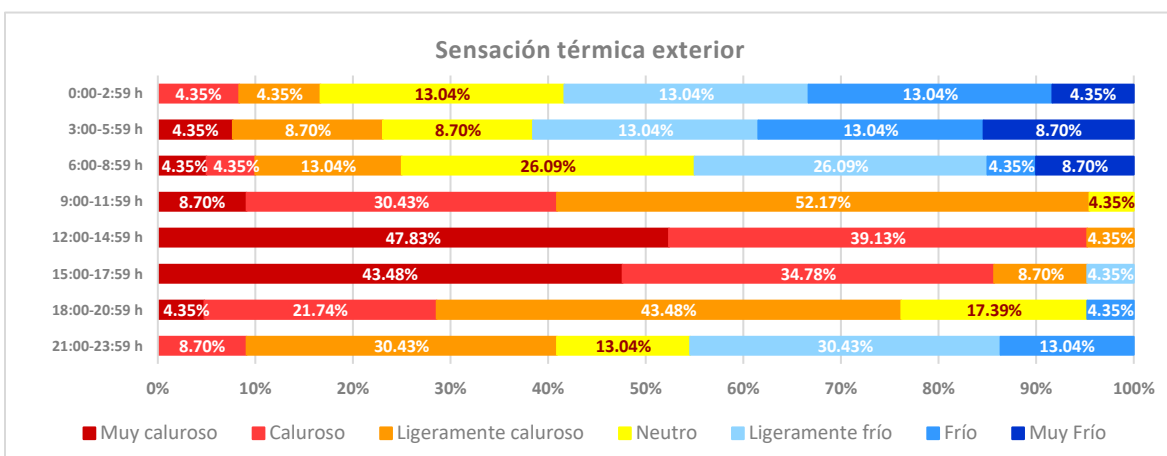
Para evaluar la percepción de los habitantes de Barrios de Arboledas sobre los cambios de temperatura tanto en el interior de sus hogares como de la temperatura exterior, se aplicó la escala de Fanger en diferentes horarios del día con rangos de 3 horas. Los resultados muestran que la percepción del ambiente interior, entre las franjas horarias con predominio porcentual, percibidas como *ligeramente calurosas*, se sitúan de 9:00 a 20:59 h. Con respecto al ambiente exterior, las franjas horarias con predominio porcentual, percibidas como *muy calurosas*, se encuentran entre las 12:00 y 17:59 h (Figura 29 y 30).

Figura 29. Percepción de sensación térmica al interior de las viviendas de los colonos de Barrios de Arboledas.



Fuente: Elaboración propia, 2022 (n = 23).

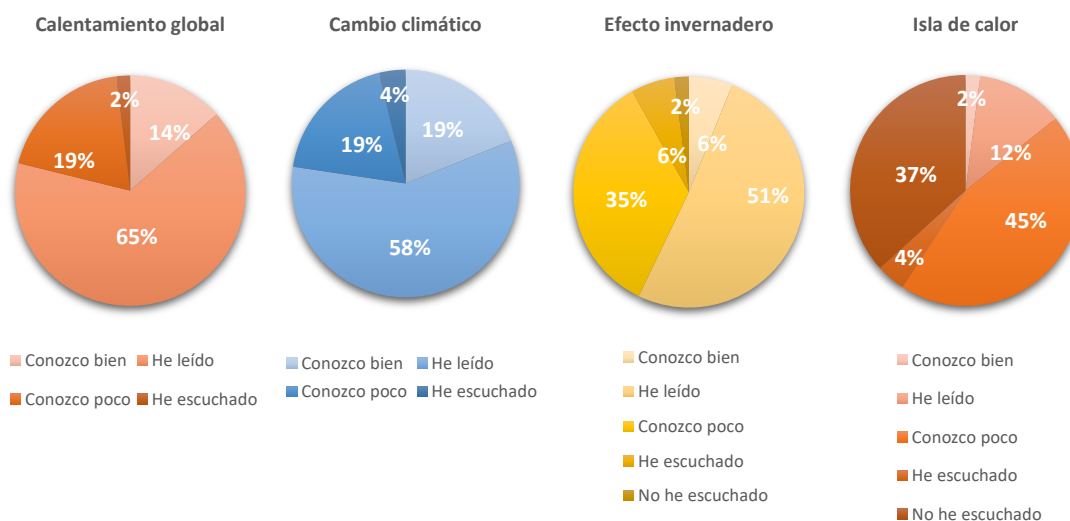
Figura 30. Percepción de sensación térmica exterior en el Fraccionamiento Barrios de Arboledas.



Fuente: Elaboración propia, 2022 (n = 23).

Ante todas estas actividades y la percepción de sensación térmica tanto interior como exterior, se confirmó que los habitantes de Barrios de Arboledas tienen conocimiento sobre el cambio climático y el calentamiento global, sin embargo, desconocen las ICU (Figura 31).

Figura 31. Percepción sobre diferentes fenómenos ambientales.



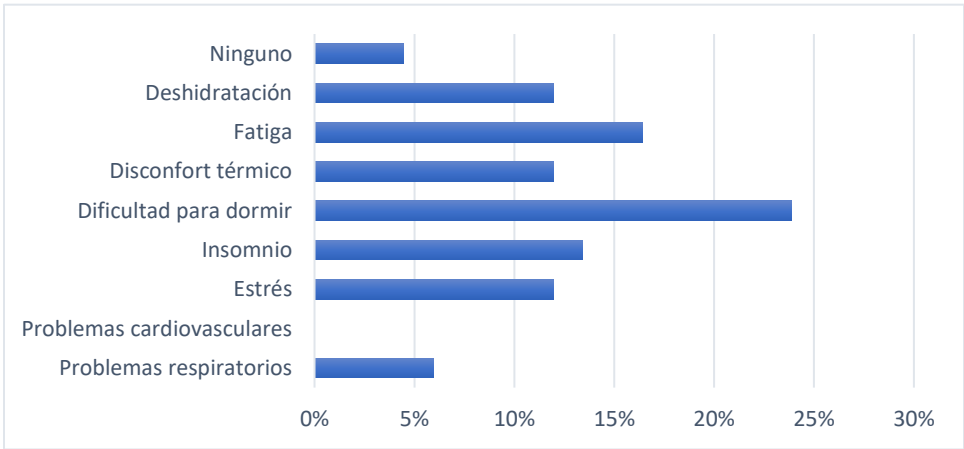
Fuente: Elaboración propia, 2021 (n = 53).

Como se indicó en el capítulo 1, las ICU afectan negativamente la salud humana debido a las altas temperaturas, que incluso pueden provocar la muerte. En Barrios de Arboledas se realizó un sondeo exploratorio para identificar los

problemas de salud presentes entre abril y mayo, temporada de mayor calor, que podrían estar relacionados con la ICU. Cabe señalar que no se efectuó un estudio de correlación, por lo que no fue posible determinar si dichos problemas son consecuencia directa de este fenómeno.

La Figura 32 presenta los resultados obtenidos. La mayoría de los encuestados reportó dificultad para dormir (24 %), seguida de fatiga (16 %) e insomnio (13 %). Un 12 % manifestó deshidratación, discomfort térmico o estrés. Los problemas respiratorios fueron los menos frecuentes (6 %), y ninguno declaró padecer problemas cardiovasculares o los relacionó con la ICU. El 4 % afirmó no haber experimentado problemas de salud durante la temporada de altas temperaturas.

Figura 32. Afectaciones a la salud.



Fuente: Elaboración propia, 2022 (n=25).

4.2 La influencia de los conflictos internos en la baja participación

Barrios de Arboledas fue entregado por el desarrollador con los servicios básicos de movilidad (vialidades), electricidad y agua; sin embargo, no contaba con un sistema de seguridad, como barda perimetral. Desde su entrega y, hasta la actualidad, se han conformado aproximadamente once mesas directivas, cada una con distintas condiciones para desempeñar su labor administrativa. Entre sus acciones se incluyó la construcción de la barda perimetral y la caseta de vigilancia, con el objetivo de priorizar la seguridad del fraccionamiento. Posteriormente, se llevaron a cabo otras obras y trabajos de mantenimiento en diferentes etapas, de acuerdo con las necesidades de los colonos y el deterioro de las áreas comunes.

Con el crecimiento de la población, las mesas directivas también comenzaron a organizar eventos, como fiestas mexicanas y kermeses. Estas actividades tenían el doble propósito de recaudar fondos y fomentar la convivencia vecinal. De forma gradual, se fueron plantando árboles en el área verde de la calle La Merced y de la calle San Antonio.

Con el paso de los años, los propietarios de los terrenos construyeron sus viviendas y, a inicios del siglo XXI, más del 50 % ya estaba edificado. Esto generó diferencias e inconformidades entre vecinos debido a opiniones diversas, la falta de interés en participar en las asambleas y el incumplimiento en el pago de cuotas para mantenimiento y seguridad. La desmotivación también redujo la disposición para integrar las mesas directivas y se dejaron de organizar eventos comunitarios, debilitando la organización vecinal.

En 2009, surgió un conflicto en la recién conformada Mesa Directiva por discrepancias con uno de sus miembros sobre la administración del fraccionamiento. El resto de integrantes renunció —sin anticipar las consecuencias posteriores—, dejando a esta persona a cargo. Sin convocar a una nueva asamblea, se autonombró presidente y administrador, posición que mantuvo durante diez años.

Durante ese período, la administración se politizó: el presidente cultivó apoyo mayoritario entre los colonos, argumentando que no era necesaria una Mesa Directiva. La mayoría aceptó, delegando el poder en una sola persona, sin autorización de la Asamblea General. Un pequeño grupo se inconformó, primero por la concentración del cargo, luego por la extensión de su mandato y finalmente por la toma de decisiones sin aval de la asamblea. Sin embargo, con el respaldo mayoritario, el presidente fue ratificado cada vez que se convocaba a asamblea. Esta situación generó una profunda división vecinal entre quienes lo apoyaban, los inconformes, quienes no pagaban cuotas y los conformistas que no participaban en la asamblea.

En 2019, el presidente convocó a una votación para prolongar por dos años más su gestión. Este hecho provocó una importante movilización de vecinos inconformes, quienes se oponían a la extensión de su mandato al considerar que ya llevaba diez años en el cargo y que, desde hacía tres, ni siquiera residía en

Barrios de Arboledas. Sostenían que debía convocarse a una asamblea para elegir una nueva Mesa Directiva.

Las diferencias entre colonos se intensificaron, pues algunos apoyaban la continuidad del presidente en la administración del fraccionamiento. Sin embargo, amparados en el Código Reglamentario del Municipio de Puebla (COREMUN), se solicitó la intervención del Ayuntamiento de Puebla, a través de las instancias correspondientes, para llevar a cabo la conformación de una nueva Mesa Directiva.

Al estar municipalizado el fraccionamiento, en octubre de 2019 la Unidad de Concertación de Juntas Auxiliares y Atención Vecinal realizó el proceso para elegir a la nueva Mesa Directiva. La planilla ganadora asumió funciones en noviembre del mismo año. Al inicio persistió la división vecinal, pero la nueva Mesa Directiva decidió no seguir el rumbo de la administración anterior y comenzó a organizarse para sumar a más vecinos al proyecto, con el objetivo de buscar la seguridad y la prosperidad de Barrios de Arboledas.

Sin embargo, el 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la pandemia de COVID-19. En México, el 24 de marzo de 2020 se inició la Jornada Nacional de Sana Distancia (cuarentena), con el fin de suspender las actividades no esenciales y fomentar el distanciamiento social —incluida la prohibición de congregaciones—, la cual se extendió hasta mayo del mismo año, cuando se anunció el Plan de Regreso a la Normalidad.

Durante este período, la Mesa Directiva acató las órdenes del gobierno y cerró el área verde de la calle La Merced, donde varios colonos solían hacer ejercicio o jugar. Además, por temor al contagio, los vecinos casi no salían ni siquiera a las calles del fraccionamiento.

Aunque la pandemia pudo haber debilitado la organización vecinal debido al distanciamiento social, lo que ocurrió fue diferente: se generó una oportunidad de primer acercamiento entre los habitantes de Barrios de Arboledas, motivado por la situación económica que atravesaban algunos colonos. La Mesa Directiva, a través de la página web del fraccionamiento, elaboró un directorio interno y externo de servicios —principalmente de comida— para promover la venta dentro de la comunidad.

Gracias a esta iniciativa y al comenzar la nueva normalidad tras la Jornada Nacional de Sana Distancia, la Mesa Directiva consideró pertinente organizar el

primer Bazar Navideño en diciembre de ese año, con el fin de seguir apoyando a los colonos a obtener ingresos.

En octubre de 2020 se tuvo un primer acercamiento con la Mesa Directiva para integrar el proyecto de investigación sobre la ICU y trabajar en el desarrollo sostenible en Barrios de Arboledas. El proyecto fue bien recibido y, para 2021, se comenzó a trabajar con la Mesa Directiva en la conformación de un Comité para el Desarrollo Sostenible, con el propósito de organizar diversas actividades socioculturales que permitieran construir y fortalecer la organización vecinal, además de impartir talleres relacionados con el proyecto de mitigación de la ICU.

Este trabajo conjunto entre la Mesa Directiva y el Comité para el Desarrollo Sostenible motivó a otros vecinos a desarrollar sus propias iniciativas. Como resultado, en diciembre de 2023 algunos colonos crearon un grupo de WhatsApp de ventas, el cual continúa activo hasta la fecha.

Con estos pasos se ha ido construyendo gradualmente la organización vecinal de Barrios de Arboledas. Sin embargo, aún persisten conflictos provocados por algunos colonos que, por distintos medios, intentan alimentar nuevamente la aversión entre vecinos. Es claro que siempre habrá personas inconformes con la administración del fraccionamiento, pero en este caso persiste un ambiente político motivado por la búsqueda de control.

La Mesa Directiva (2019-2024) se mantuvo casi un año más en funciones, pese a que el COREMUN establece un período máximo de gestión de cuatro años. Esto se debió a diversas circunstancias derivadas del COVID-19, que provocaron la suspensión del proceso de conformación o renovación de la Mesa Directiva. En el caso de Barrios de Arboledas, esta suspensión llevó a que, de forma automática, se considerara como período de reelección el de la Mesa Directiva vigente, cuyo mandato concluía en noviembre de 2023.

Esta situación generó nuevos conflictos con una minoría de colonos que solicitaban el cambio para participar en el proceso de conformación de la Mesa Directiva. En esta ocasión, el grupo inconforme era distinto al de 2019. Dichos colonos se impacientaron y generaron tensiones al considerar que la Mesa Directiva había excedido su período, aunque el retraso se debió a que la instancia municipal encargada del proceso lo aplazó por conflictos en las Juntas Auxiliares, los cuales debían resolverse antes de publicar las convocatorias para colonias y, finalmente,

para fraccionamientos. Posteriormente, un retraso adicional se debió a la jornada electoral de 2024.

Finalmente, en julio de 2024 se publicó la convocatoria para realizar el proceso de votación y conformar la nueva Mesa Directiva, el cual se llevó a cabo el 1 de septiembre del mismo año. Se espera que, con esta nueva Mesa Directiva, la convivencia vecinal mejore gradualmente y que, en el futuro, la comunidad de Barrios de Arboledas pueda superar esta adversidad y avanzar en su desarrollo.

4.3 Las prácticas antropogénicas que contribuyen a los problemas ambientales

Las actividades antropogénicas son aquellas prácticas que el ser humano realiza en su vida cotidiana y que impactan el entorno natural, pudiendo generar problemas ambientales como el calentamiento global, la emisión de gases de efecto invernadero y las ICU. De ahí la importancia de comprender que la sociedad es responsable de estas problemáticas y, por lo tanto, debe asumir un rol activo en su mitigación.

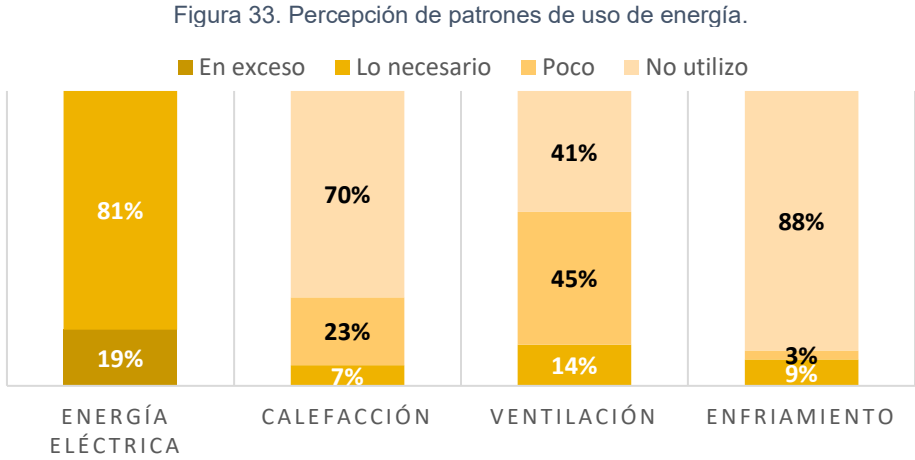
Si bien los problemas ambientales tienen un alcance mundial, el trabajo a nivel barrial permite profundizar en su análisis y facilita la identificación de causas a escala local, con el fin de establecer estrategias de mitigación para problemáticas específicas —como la ICU— que puedan replicarse y adaptarse en otros barrios, de acuerdo con sus características.

Mediante encuestas aplicadas a los habitantes, se identificaron las prácticas antropogénicas presentes en el Fraccionamiento Barrios de Arboledas. Los resultados permitieron establecer los hábitos de consumo y uso de energía eléctrica y gas, los patrones de movilidad dentro del fraccionamiento y hacia lugares aledaños, el consumo excesivo de productos y la gestión de residuos sólidos urbanos.

En el capítulo 3 se determinó que una de las causas de la ICU es el calor antropogénico, producto de la modificación del balance energético, las emisiones derivadas de la combustión interna y el calor generado por la quema de combustibles fósiles.

El cien por ciento de los encuestados cuenta con energía eléctrica. La mayoría (81 %) considera que la utiliza únicamente para cubrir sus necesidades

dentro del hogar, mientras que un 19 % admite un uso excesivo. La mitad de los colonos dispone de algún aparato para el acondicionamiento interior — principalmente ventiladores—, que se emplea durante la temporada de calor y provoca un incremento en la demanda de energía eléctrica (Figura 33).

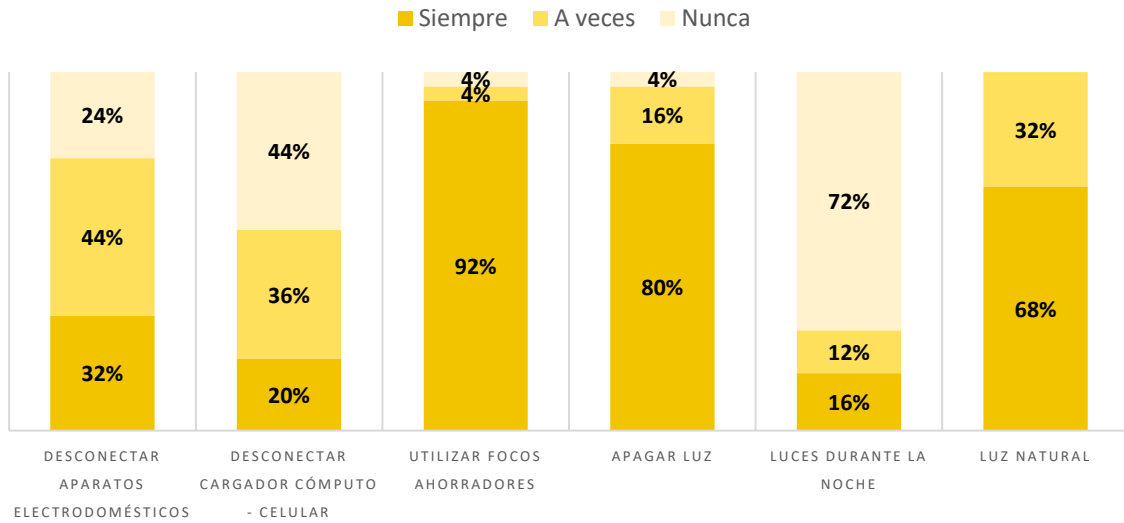


Fuente: Elaboración propia, 2022 (n=56).

En relación con el uso de energía eléctrica en el hogar (Figura 34), se identificaron prácticas que incrementan el consumo innecesario de energía eléctrica. La mayoría de los encuestados (44 %) desconecta los aparatos electrodomésticos solo en ocasiones, mientras que el 24 % nunca lo hace. En cuanto a los cargadores de celular, el 44 % nunca los desconecta y el 36 % lo hace únicamente a veces. Estos hábitos generan un consumo de energía incluso cuando los dispositivos no están en uso.

También se observaron buenas prácticas: el 92 % utiliza focos ahorradores. Del total, el 43 % son de tecnología LED. Asimismo, un alto porcentaje apaga las luces cuando no las necesita, evita dejarlas encendidas durante la noche y aprovecha la luz natural.

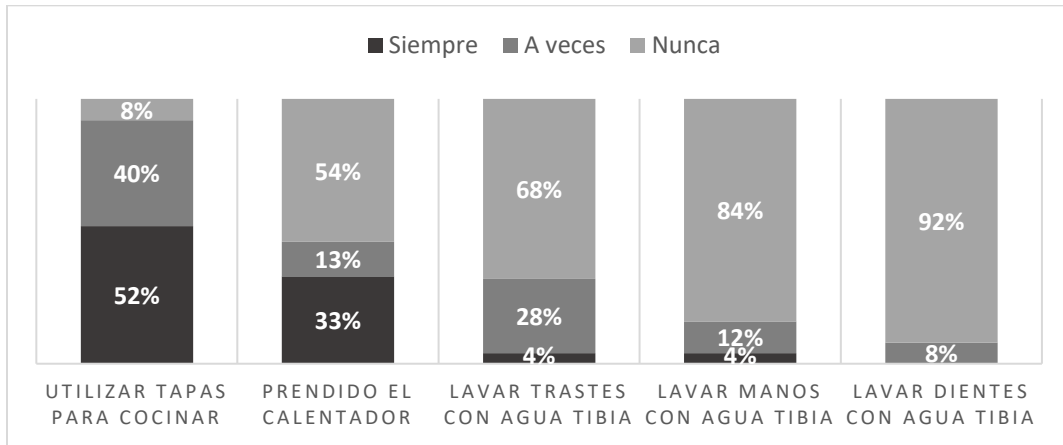
Figura 34. Hábitos de consumo de energía eléctrica.



Fuente: Elaboración propia, 2022 (n=25).

En cuanto al consumo y uso del gas, el 71 % de los encuestados utiliza gas natural, mientras que el 29 % usa gas LP, este último más contaminante. Según la Figura 35, el 40 % utiliza tapas al cocinar ocasionalmente, y el 8 % no las utiliza nunca. Además, un 33 % mantiene el calentador siempre encendido, y un 13 % lo deja encendido en ocasiones. Entre las buenas prácticas destaca que la mayoría no emplea agua tibia para lavar trastes, manos o dientes, lo que contribuye al ahorro de energía.

Figura 35. Hábitos de consumo de gas.



Fuente: Elaboración propia, 2022 (n=25).

Además, la mayoría de los encuestados cuenta con calentador de paso, mientras que el resto utiliza calentador eléctrico o solar. En cuanto al tiempo de ducha, aunque la proporción es baja, algunas personas tardan hasta treinta minutos, seguido por quienes se duchan en veinte minutos y, finalmente, quienes demoran diez minutos. Estos dos rangos de tiempo implican mayor consumo de gas y energía eléctrica, dependiendo del tipo de calentador, así como un mayor desperdicio de agua. Esto resulta preocupante, dado que la ciudad de Puebla enfrenta problemas de escasez hídrica, situación que también afecta a Barrios de Arboledas, incluyendo cortes temporales en el suministro.

Otra práctica antropogénica relevante es el uso de vehículos motorizados, una de las principales fuentes de contaminación atmosférica debido a la combustión de combustible. Sin embargo, el automóvil y el transporte público no son los únicos medios de transporte en la ciudad; también están la bicicleta y el caminar para distancias cortas. Barrios de Arboledas, por su ubicación, servicios e infraestructura, ofrece la posibilidad de desplazarse mediante auto, transporte público, bicicleta y a pie.

Los habitantes utilizan principalmente tres medios para movilizarse dentro del fraccionamiento: a pie, en bicicleta y en automóvil. Este último no solo se emplea para llegar al hogar desde el exterior, sino también para visitar familiares, vecinos o acudir a las tiendas ubicadas en el área. Según la Figura 36, la mayoría se desplaza caminando para visitar a familiares o vecinos y para ir a las tiendas. No obstante, un 33 % utiliza automóvil para ir a la tienda, mientras que una proporción más baja lo utiliza para visitar familiares o amigos. Las tiendas en el fraccionamiento suelen abastecer compras de emergencia o productos no esenciales, por lo que el uso del automóvil resulta indispensable, a pesar de que muchas veces podría reemplazarse por caminar o usar bicicleta, esta última siendo la menos utilizada para movilizarse dentro del fraccionamiento.

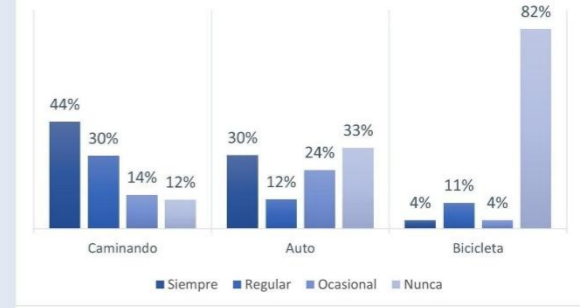
Figura 36. Movilidad dentro de Barrios de Arboledas.



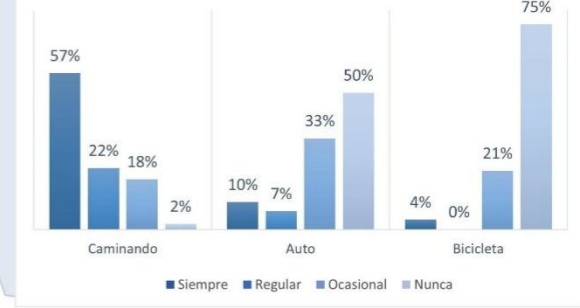
BARRIOS DE ARBOLEDAS

- Zona de estudio
- Vialidades
- Colindancias
- Áreas verdes (AV)
- 🛒 Tienda (T)
- 🏠 Casa (C)

Compras



Visitar familiar o vecino



Recorridos

Salida	Llegada	Tramo	Tiempo
C1	T1	0.20 Km	3:25 min
C2	T2	0.33 Km	5:00 min
C3	T2	0.53 Km	9:00 min
C4	C1	0.10 Km	1:33 min
C5	C7	0.42 Km	7:28 min
C6	C3	0.63 Km	11:11 min
C7	AV	0.39 Km	6:45 min

BUAP
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
 Facultad de Arquitectura
 Doctorado en Proceso Territoriales

Elaborado: CYNTHIA GONZÁLEZ MEZA
 Fuente: Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amanzanada. INEGI, 2016. Levantamiento en campo y con imágenes satelitales. Google Satellite.
 Proyección: ITRF2008 UTM14N
 Fecha: NOVIEMBRE 2023

MOVILIDAD



Fuente: Elaboración propia, 2022 (n = 56).

También se realizaron recorridos a pie (Figura 36) para analizar la duración de los tramos más largos y cortos que recorren personas de 18 a 45 años al ir de compras a las tiendas del fraccionamiento o visitar a familiares y vecinos. Los tramos más largos, que van de un extremo a otro del fraccionamiento (entre 0.53 y 0.63 km), tardan aproximadamente de 9 a 11 minutos, equivalentes a unas nueve calles. Los tramos más cortos, que abarcan de una a tres calles (0.10 a 0.20 km), toman entre 1 y 3 minutos y medio. De igual forma se recorrió el área verde, que generalmente se visita caminando, sin importar la ubicación de la casa. En contraste, algunos colonos que viven en la parte baja del fraccionamiento utilizan su automóvil para acercarse al acceso y desde ahí caminan a las tiendas.

Para desplazarse a lugares cercanos como Bodega Aurrera, Plaza Pradea Sur, Plaza Valsequillo, Mercado Xilotzingo, La Gran Bodega y Walmart Express, entre otros, es posible usar bicicleta, caminar, transporte público o automóvil. La distancia desde Barrios de Arboledas a Plaza Valsequillo y al Mercado Xilotzingo es similar, por lo que los tiempos de traslado son equivalentes en cada medio. Según los resultados, la mayoría de los encuestados prefiere el automóvil, a pesar de contar con el servicio de la Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA) línea 3, que casi no utilizan. El RUTA circula sobre el Boulevard Capitán Carlos Camacho Espíritu (Figura 37), con tres paradas: una en la salida del Fraccionamiento “Arboledas”, otra en la avenida del Jardín “Xilotzingo” y la última en el Boulevard Municipio Libre “Las Torres”. Para llegar a estos destinos, además de usar el RUTA, es necesario caminar entre 16 y 25 minutos hasta el punto final. En automóvil y bicicleta, el trayecto dura entre 4 y 6 minutos. Dependiendo de la actividad, el automóvil resulta necesario, por ejemplo, para hacer compras en mercados o supermercados y abastecer despensas. Por su parte, la bicicleta sigue siendo el medio menos utilizado para desplazamientos fuera del fraccionamiento.

Figura 37. Movilidad a lugares cercanos.



BARRIOS DE ARBOLEDAS

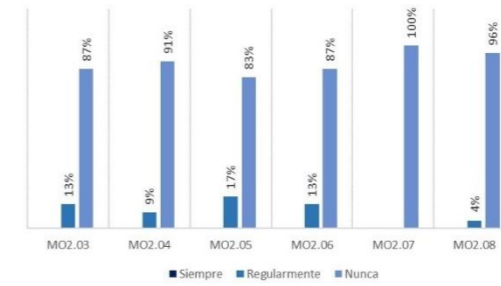
- Servicios
- Paradas RUTA
- Barrios de Arboledas
- - - Vialidades
- Colindancias

- MO2.03 Mercado Xilotzingo
- MO2.04 Plaza Valsequillo
- MO2.05 Plaza Pradea Sur
- MO2.06 Bodega Aurrera
- MO2.07 La Gran Bodega
- MO2.08 Walmart Express

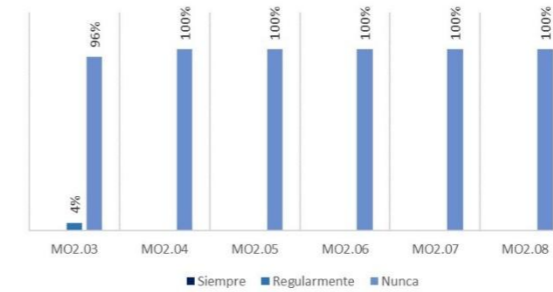
AUTOMOVIL



TRANSPORTE (RUTA)



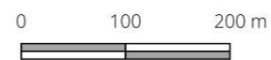
BICICLETA



BUAP
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Arquitectura
Doctorado en Proceso Territoriales

Elaborado: CYNTHIA GONZÁLEZ MEZA
Fuente: Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amanzanada. INEGI, 2016. Levantamiento en campo y con imágenes satelitales. Satellites.pro y Google Satellite.
Proyección: ITRF2008 UTM14N
Fecha: NOVIEMBRE 2023

MOVILIDAD



1:5,000

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) recomienda un uso eficiente y racional de los combustibles, enfatizando el mantenimiento adecuado del vehículo, la revisión de llantas, alineación y balanceo, ya que estas acciones afectan la calidad del aire al reducir las emisiones contaminantes. Entre las recomendaciones está realizar el mantenimiento conforme al kilometraje indicado por el fabricante (CONUEE, 2023), o al menos cada seis meses si no se supera dicho kilometraje. En Barrios de Arboledas, el 4.2 % de los propietarios lleva su automóvil a servicio sólo cuando excede el kilometraje recomendado, el 62.5 % lo hace cada seis meses, y el 33.3 % restante una vez al año. En cuanto a la revisión de llantas, no se cumple la frecuencia recomendada (una vez por semana): el 4.17 % verifica la presión semanalmente, otro 4.17 % sólo cuando tiene una pinchadura, el 29.17 % cada quince días, el 20.83 % una vez al mes y el 41.67 % cuando carga gasolina, actividad que puede realizar con frecuencias variables (semanal, quincenal, cada 21 días o mensual).

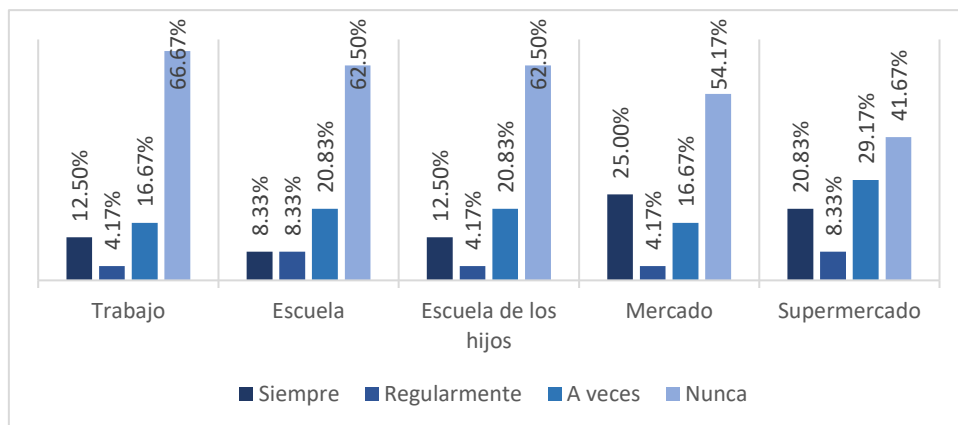
La distancia recorrida diariamente por los habitantes se refleja en la frecuencia con la que cargan gasolina, la cual varía entre uno y treinta días según sus actividades diarias. Según las encuestas, el 33.3 % carga gasolina una vez por semana, el 16.67 % más de dos veces por semana, otro 16.67 % cada quince días, el 20.83 % cada veintiún días y el 12.50 % una vez al mes. La mayoría (45.83 %) realiza la carga de combustible entre las 10:01 a.m. y las 6:00 p.m., seguido por el 33.33 % que lo hace después de las 6:00 p.m.—hora coincidente con la salida del trabajo— y el 20.83 % antes de las 10:00 a.m.

Otra recomendación de la CONUEE es evitar precalentar el automóvil, ya que esto incrementa el consumo de gasolina. Sin embargo, el 58.33 % de los encuestados calienta el vehículo entre uno y cinco minutos antes de conducirlo, mientras que el 41.67 % no realiza esta práctica. Se observa que aproximadamente la mitad de los habitantes de Barrios de Arboledas no sigue algunas recomendaciones de la CONUEE o de los fabricantes, posiblemente por falta de información o interés, lo que representa un área de oportunidad para intervenir con los colonos.

En años recientes, diversas instituciones promueven el transporte compartido como una medida para ahorrar recursos y disminuir las emisiones generadas por el transporte motorizado. En Barrios de Arboledas (Figura 38), aunque la mayoría no comparte automóvil con familiares, vecinos o amigos para desplazarse al trabajo,

escuela, mercado o supermercado, sí existe una participación minoritaria en esta práctica. Esto abre una oportunidad para fomentar el transporte colectivo entre los colonos.

Figura 38. Compartir automóvil para trasladarse a diferentes partes.

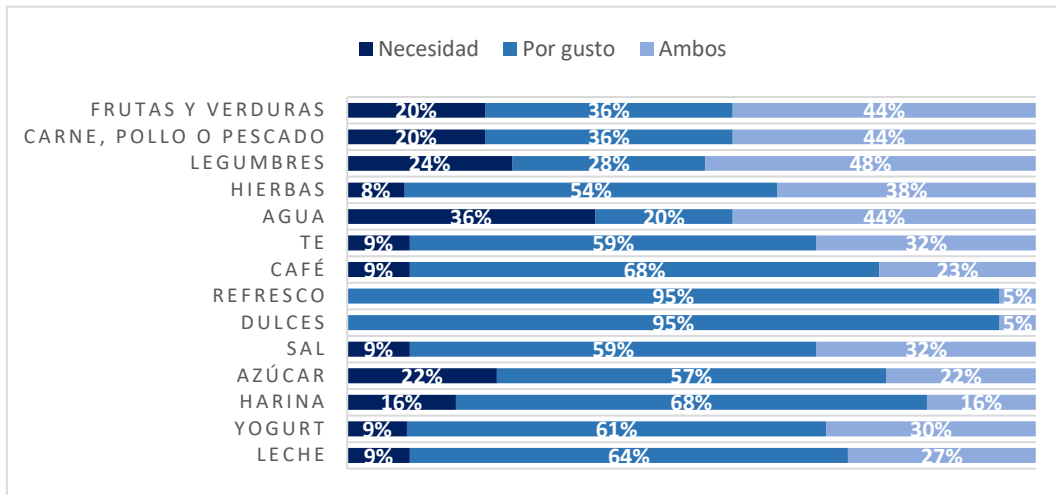


Fuente: Elaboración propia (n = 25).

Por último, el consumo de productos no impacta directamente la zona de estudio respecto a la ICU, pero sí de manera indirecta, debido al proceso de producción industrial y a la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por persona diariamente. Esta situación refleja la carencia de un criterio ambiental, causada principalmente por la falta de información sobre los procesos de fabricación de los productos consumidos y su impacto ambiental.

Los resultados muestran que los productos alimenticios más consumidos por necesidad son el agua, legumbres, azúcar, frutas y verduras, carne, pollo o pescado, y harina. En cuanto a los alimentos consumidos por gusto, destacan el refresco y los dulces, ambos con un 95 % de preferencia, seguidos por harina, café, leche, yogurt, té, sal, azúcar y hierbas para cocinar. Estos datos reflejan que las decisiones de consumo se basan en necesidades y preferencias personales, con frecuencia sin considerar el impacto ambiental de sus decisiones de consumo, aunque en otras ocasiones la elección es consciente pese a saber que algunos alimentos no son saludables (Figura 39).

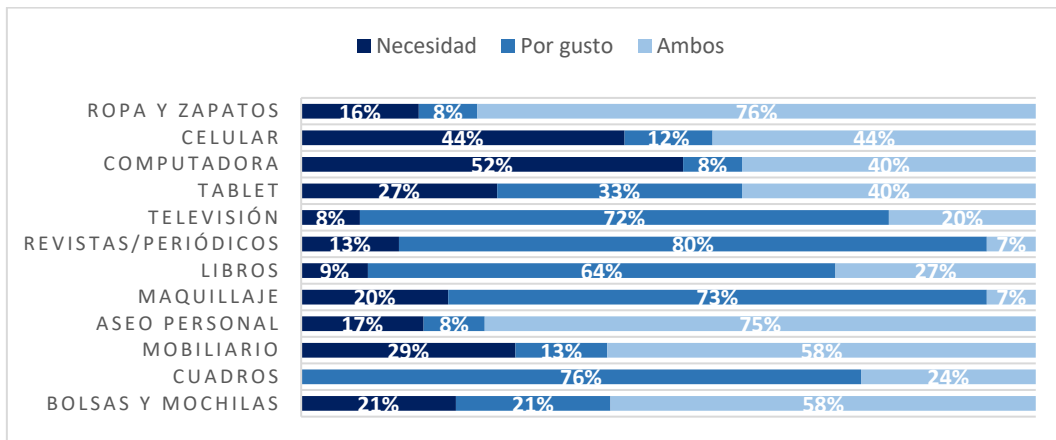
Figura 39. Consumo de alimentos.



Fuente: Elaboración propia, 2022 (n=25).

En cuanto al consumo de productos en general (Figura 40), destaca la adquisición por necesidad de dispositivos como la computadora y el celular, que se han vuelto prácticamente indispensables para el trabajo y el estudio. Por otro lado, los productos consumidos por gusto incluyen revistas, periódicos, cuadros, maquillaje, televisión y libros. Asimismo, se observa que algunos productos, como la vestimenta, son adquiridos tanto por necesidad como por gusto, reflejado en compras que superan lo estrictamente necesario o en el gasto en marcas reconocidas. El 76 % de los encuestados consume vestimenta (zapatos y ropa) por ambas razones, seguido del aseo personal (75 %) y del mobiliario para el hogar y bolsas o mochilas (58 % cada uno).

Figura 40. Consumo de productos.

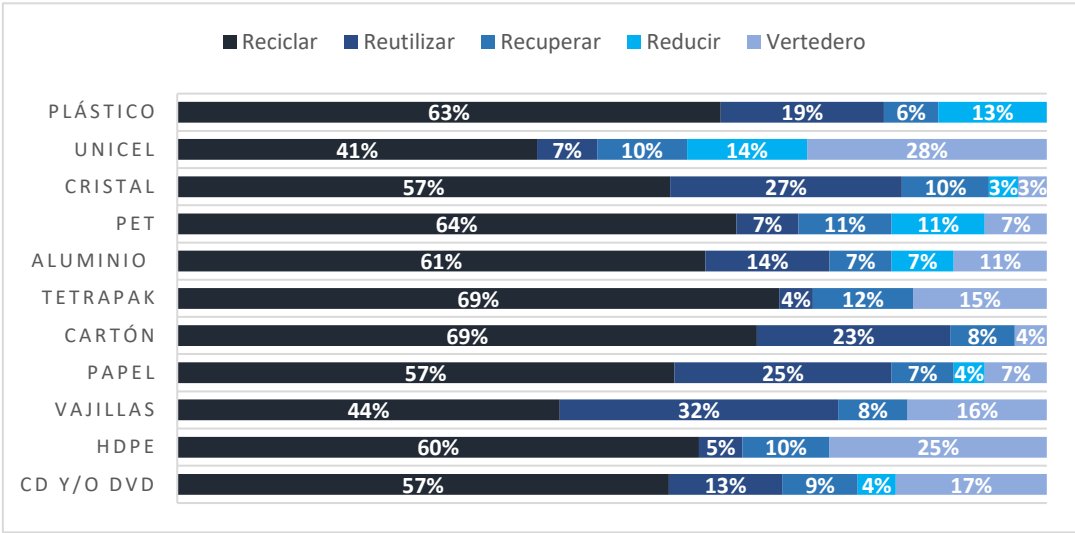


Fuente: Elaboración propia, 2022 (n=25).

Respecto a la gestión de residuos sólidos y orgánicos, el 48 % de los encuestados separa sus residuos, y el 40 % lo hace de forma regular. Además, el 20 % elabora composta con residuos orgánicos. Barrios de Arboledas cuenta con un programa de recolección de residuos sólidos reciclables, mientras que el 72 % de los colonos manifiesta interés en incluir un programa para residuos orgánicos, y el 68 % apoyaría un servicio de composta.

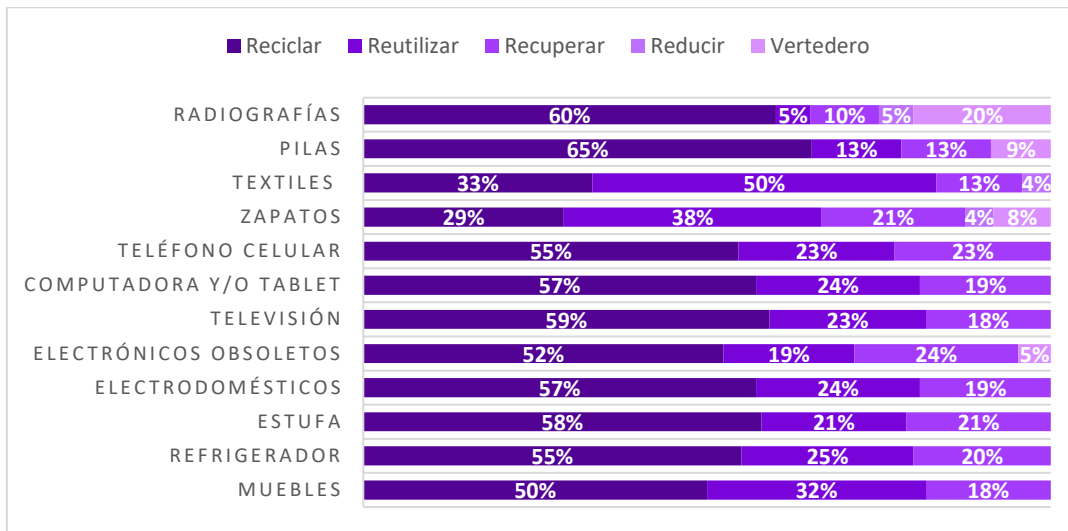
La estrategia de las 4R —reducción, recuperación, reutilización y reciclaje— orienta a la población sobre el manejo adecuado de los residuos que generamos diariamente (Carrera Maridueña et al., 2016). Como se observa en las Figuras 41 y 42, los habitantes de Barrios de Arboledas se enfocan principalmente en el reciclaje, seguido de la reutilización; en contraste, la recuperación y la reducción son las prácticas menos comunes. El porcentaje de residuos que se envía al vertedero es el menor entre los destinos identificados.

Figura 41. Aplicación de la estrategia de las 4R.



Fuente: Elaboración propia, 2022 (n=25).

Figura 42. Aplicación de la estrategia de las 4R.



Fuente: Elaboración propia, 2022 (n=25).

Las actividades antropogénicas tienen un impacto significativo en el medio ambiente, particularmente en fenómenos como la ICU. En Barrios de Arboledas, los colonos presentan diversos malos hábitos en áreas como el consumo y uso de energía, la movilidad y el cuidado de vehículos motorizados, el consumo excesivo de productos y la generación de residuos sólidos urbanos. Sin embargo, también muestran buenas prácticas en algunas disciplinas, lo que representa una oportunidad para fomentar cambios en sus rutinas diarias, como el uso de focos ahorradores, cuyo impulso se ha prolongado durante años.

Por ello, es fundamental identificar las prácticas antropogénicas para diseñar estrategias efectivas de mitigación de la ICU. Para generar conciencia ambiental a nivel barrial, como en Barrios de Arboledas, es necesario fortalecer la organización vecinal, facilitando la comunicación y aceptación de los cambios, permitiendo así la implementación efectiva de acciones ambientales.

5. LA FORMACIÓN DE LA CIUDADANÍA SOSTENIBLE COMO BASE PARA LA MITIGACIÓN DE LA ISLA DE CALOR URBANA

La crisis ambiental que actualmente se vive a nivel mundial requiere una atención urgente por parte de diversos actores, como las instituciones gubernamentales de cada país, los organismos internacionales y la sociedad en general. Es fundamental fomentar una conciencia ambiental humana que trascienda las condiciones económicas o sociales. Esta crisis se considera un problema social y, por ello, debe abordarse mediante soluciones generadas por la propia sociedad. Esta situación puede revertirse si se promueve una conciencia popular sobre los temas ambientales. El ser humano es el actor principal en la transformación del entorno natural, pues sus actividades cotidianas son las que más contribuyen a dicha modificación. Por ello, su cercanía e implicación con los problemas ambientales lo hacen pertinente para actuar en su resolución (Reynosa Navarro, 2015).

Un ejemplo de esta problemática son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), derivadas del estilo de vida y vinculadas principalmente con los sectores de movilidad, alimentación y vivienda. Cada sector contribuye aproximadamente con un 20 % de las emisiones, lo que señala áreas clave para su mitigación. Por ello, es esencial que los gobiernos generen condiciones que promuevan cambios en los estilos de vida mediante políticas públicas, regulaciones e inversiones en infraestructura. A su vez, la ciudadanía debe participar activamente en la creación y adaptación de medidas para reducir sus emisiones individuales, fomentar un cambio social frente al consumismo, y fortalecer el rol de las comunidades en la transformación ambiental (UNEP, 2020).

Además, las desigualdades sociales agravan la situación, afectando de manera desproporcionada a ciertos sectores de la población (UNEP, 2020) y ampliando la brecha frente a los crecientes problemas ambientales, como el cambio climático. De hecho, la UNEP (2020) señala que el 1 % de la población más rica genera más del 70 % de las emisiones de GEI en comparación con el 5 % de la población más pobre.

Schlosberg y Coles (2016) identifican una forma de ambientalismo centrado en la vida cotidiana del ser humano, que no se limita al individualismo o al consumo responsable, sino que apuesta por reconfigurar los sistemas de provisión de alimentos, energía, bienestar y conocimiento, con el fin de mantener el equilibrio del ecosistema.

A partir de este enfoque, este capítulo plantea la necesidad de desarrollar competencias clave para la sostenibilidad mediante una educación ambiental no formal, informativa y comunitaria. Esto se lograría a través de talleres, actividades socioculturales, programas sostenibles y campañas informativas a cargo de un comité sostenible, en colaboración con la Mesa Directiva y la Asamblea General. Además, se propone la creación de un reglamento interno que incluya acciones de mitigación y adaptación frente a problemáticas ambientales, como el cambio climático y la isla de calor urbana (ICU).

Finalmente, se propone estructurar un comité sostenible, alineado con las esferas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Este comité coordinaría las actividades vinculadas con la sostenibilidad, con el propósito de formar ciudadanos responsables y capaces de enfrentar los retos ambientales.

5.1 Comité para el Desarrollo Sostenible de Barrios de Arboledas. Un punto de partida

Como una primera estrategia se está impulsando la conformación del Comité para el Desarrollo Sostenible de Barrios de Arboledas, con base en las cinco esferas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, las cuales son: 1) **Social**, que busca fomentar una cultura de apoyo a grupos vulnerables a través de la donación o trabajo social; 2) **Ambiental**, con el propósito de fomentar una responsabilidad ambiental a través de acciones sostenibles; 3) **Prosperidad**, para generar una economía circular de manera que aprendan a reutilizar, reciclar, recuperar o renovar los productos, con el propósito de tener un beneficio económico; 4) **Unidad**, para incentivar y fortalecer la convivencia de los colonos por medio de eventos socio-culturales; y 5) **Alianzas**, para establecer vínculos con la Administración Pública de Puebla, el sector académico y privado, generando beneficios sociales, económicos y ambientales dentro del fraccionamiento (ver Figura 43).

Figura 43. Esferas del Comité para el Desarrollo Sostenible de Barrios de Arboledas.



Fuente: Elaboración propia basándose en los ODS de la Agenda 2030.

El objetivo de este comité es crear un organismo sin fines de lucro integrado por los colonos de Barrios de Arboledas, destinado a atender problemas ambientales, sociales y económicos. Este organismo tendría acceso a programas de Desarrollo Sostenible ofrecidos por la Administración Pública y por instituciones particulares, fomentando la formación de ciudadanos sostenibles (ecológicos) que contribuyan a generar entornos equitativos y viables.

Este comité se integraría al organismo de Barrios de Arboledas (Asamblea General y Mesa Directiva) para trabajar de manera conjunta. Se propone además la conformación de áreas alineadas con la Secretaría de Bienestar y Participación Ciudadana del municipio de Puebla (Figura 44), para acceder a los servicios y actividades que ofrecen las diferentes secretarías municipales a través de esta dependencia. Del mismo modo, se busca atender las diferentes necesidades y áreas de trabajo identificadas por la Mesa Directiva 2019–2024.

Figura 44. Organigrama del Comité para el Desarrollo Sostenible de Barrios de Arboledas.



Fuente: Elaboración propia.

El Comité inició actividades con un representante de la Mesa Directiva en septiembre de 2021. Paralelamente, la tesorera promovió su integración entre personas interesadas en organizar eventos, así como mediante medios digitales y spots. Poco después, se incorporaron dos colonos, quienes se retiraron tras unos meses debido a falta de tiempo.

Durante el Bazar Navideño de 2021, el Comité se promovió con apoyo de la Mesa Directiva mediante un stand, utilizando materiales digitales, impresos y accesorios elaborados en los talleres que se difundían simultáneamente. Como resultado, tres personas manifestaron interés en unirse al Comité, incorporándose a inicios de 2022; sin embargo, una se retiró por problemas de salud.

Respecto a los talleres, se realizó un sondeo con cuatro propuestas: manualidades con material reciclado, construcción de huertos familiares, uso racional de la energía y uso racional del agua. Los dos últimos no despertaron interés, por lo que se descartaron, quedando solo los dos primeros para su promoción.

A partir de 2022, se trabajó en el diseño de actividades y programas para implementar en Barrios de Arboledas. En febrero de ese año, se realizó una encuesta para conocer la opinión de los colonos sobre las actividades y talleres que les gustaría desarrollar en el fraccionamiento. Los resultados mostraron interés por el cine al aire libre, campañas de apoyo a niños con cáncer, celebraciones del Día del Niño, Día de la Madre y Día del Abuelo, así como por las festividades decembrinas.

A mediados de ese año, la falta de tiempo de dos integrantes hizo que la responsabilidad de organizar eventos recayera en la tesorera de la Mesa Directiva y en la presidenta del Comité. Desde la segunda mitad de 2023, las limitaciones de tiempo de los miembros complicaron el funcionamiento del Comité, por lo que se

decidió pausar sus actividades y transferir la responsabilidad a la Mesa Directiva hasta su posible reactivación.

Tras la pausa en las actividades del Comité, la Mesa Directiva asumió un papel más activo en la gestión de vínculos institucionales, lo que llevó a un acercamiento con la Secretaría de Bienestar y Participación Ciudadana del Municipio de Puebla, realizando su primera reunión con el secretario en Barrios de Arboledas el 4 de mayo de 2022. El objetivo fue iniciar un trabajo conjunto con algunos de los programas y servicios que ofrecen las diferentes secretarías de la ciudad (Figura 45).

Durante esta reunión, se explicó que la Secretaría buscaba colaborar con los comités conformados en el fraccionamiento. En consecuencia, el 16 de julio del mismo año se constituyeron el Subcomité Ambiental y el Subcomité de Arte y Cultura. No obstante, la vinculación de estos subcomités con la Secretaría de Bienestar se formalizó hasta el 22 de junio de 2023, mediante la creación de un grupo de WhatsApp, que permaneció activo hasta diciembre del mismo año.

Figura 45. Reunión con la Secretaría del Bienestar y Participación Ciudadana.



Fuente: Elaboración propia, visita de campo 2022.

5.2 El desarrollo de las competencias para la sostenibilidad

Murga-Menoyo (2018) menciona nueve competencias para la sostenibilidad establecidas por la UNESCO. De acuerdo con el contexto local y los resultados obtenidos sobre las causas y factores que generan la ICU, se identificaron como prioritarias la competencia de pensamiento complejo, la competencia colaborativa, la competencia para la resolución integrada de problemas y el sentido de responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras (Tabla 15). Con base en estas competencias, se busca promover la educación ambiental entre los colonos y visitantes de Barrios de Arboledas mediante eventos, programas sostenibles, talleres

y campañas informativas organizados por el Comité y la Mesa Directiva para el Desarrollo Sostenible, con el objetivo de fomentar una ciudadanía comprometida con la sostenibilidad.

Tabla 15. Competencias para la sostenibilidad en Barrios de Arboledas.

COMPETENCIAS CLAVE	CAPACIDADES	OBJETIVO
Pensamiento complejo (UNESCO, 2017)	Capacidad de reconocer y entender las relaciones; analizar sistemas complejos; pensar en cómo los sistemas se insertan en diferentes dominios y escalas; y hacer frente a la incertidumbre	Concientizar a los colonos de Barrios de Arboledas sobre el mundo complejo que los rodea en la actualidad, a través de una invitación abierta (circulares, spots y de boca en boca) mediante medios digitales y comunicación directa por parte del Comité para el Desarrollo Sostenible para que sean capaces de enfrentar los problemas sociales y medio ambientales
Competencia colaborativa (UNESCO, 2017)	Capacidad para aprender de los demás; comprender y respetar las necesidades, perspectivas y acciones de otros (empatía); comprender, relacionarse y ser sensibles a los demás (liderazgo empático); hacer frente a los conflictos en un grupo; y facilitar la colaboración y la resolución participativa de problemas	Motivar a los colonos para que participen en diferentes actividades y eventos que se organicen en Barrios de Arboledas a través de una invitación abierta (circulares o spots) mediante medios digitales por parte del Comité para el Desarrollo Sostenible y la Mesa Directiva que fortalezca la convivencia y colaboración entre los colonos con el fin de buscar la participación que fomente el desarrollo y la ciudadanía sostenible.
Competencia para la resolución integrada de problemas (UNESCO, 2017)	Capacidad global de aplicar diferentes marcos para la resolución de problemas complejos de sostenibilidad, desarrollando soluciones viables, inclusivas y equitativas, que promuevan el desarrollo sostenible y la integración de todas las competencias mencionadas	Fomentar la participación de los colonos de Barrios de Arboledas en los diferentes programas y actividades que ayuden al desarrollo de soluciones viables de los problemas complejos en el ámbito social y medio ambiental a través de una invitación abierta (circulares, spots y de boca en boca) por medios digitales y comunicación directa por parte del Comité para el Desarrollo Sostenible para que se promuevan los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 y la ciudadanía sostenible.
Sentido de la responsabilidad con las generaciones presentes y futuras (UNESCO, 2014)	Capacidad para comprender que toda agresión al medio ambiente es siempre una agresión eco-social, de impacto en el planeta, incluso, en la especie humana. Capacidad para un compromiso activo por la justicia social y ambiental	Concientizar y sensibilizar a los colonos de Barrios de Arboledas de que cualquier acción o actividad que hagan tiene repercusiones en el medio ambiente por el impacto en el planeta y a la misma humanidad a través de una invitación abierta (circulares, spots y de boca en boca) por medios digitales y comunicación directa por parte del Comité para el Desarrollo Sostenible para un compromiso activo por la justicia social y ambiental

Fuente: Elaboración propia en base a (Murga-Menoyo, 2018, p. 47).

Resulta fundamental que los habitantes de Barrios de Arboledas comprendan la complejidad del mundo en que viven, así como el impacto de sus acciones sobre el medio ambiente, que pone en riesgo a las generaciones presentes y futuras. Por ello, es imprescindible sensibilizar y concientizar tanto a los residentes como a los visitantes interesados en el fraccionamiento acerca de los problemas ambientales, de modo que puedan desarrollar nuevos valores y proponer soluciones frente a las dificultades derivadas del cambio climático y fenómenos asociados, como la ICU.

Desde la segunda mitad de 2021 hasta la fecha, se ha trabajado conjuntamente con el Comité para el Desarrollo Sostenible y la Mesa Directiva en la implementación de acciones orientadas a promover las competencias clave para la sostenibilidad y la formación de ciudadanos sostenibles. En 2021, se iniciaron actividades socioculturales, como la organización de una kermés en el Día de Muertos, un concurso de disfraces infantiles y la instalación de la ofrenda. Estas dos últimas actividades se han mantenido hasta la actualidad, dado que se ha buscado fomentar las tradiciones propias de Barrios de Arboledas. Asimismo, se llevaron a cabo dos competencias infantiles: un *rally* en 2021 y una búsqueda del tesoro en 2023. El Bazar Navideño, impulsado por la Mesa Directiva en 2020, surgió como una estrategia para apoyar a los residentes en la generación de ingresos ante las afectaciones provocadas por la pandemia de COVID-19. Para los años siguientes, el comité se integró en la organización de las ediciones de 2021 y 2022. Sin embargo, la edición de 2023 no pudo realizarse debido a la falta de espacios disponibles que se empleaban anteriormente para su desarrollo.

El primer año en que se instaló la ofrenda, el 26 de octubre de 2021, se asignó un espacio en la entrada del fraccionamiento. Durante la instalación, se consultó a los colonos sobre lo que faltaba, lo que favoreció un incremento en su participación. En apenas dos días, la ofrenda creció significativamente gracias a los donativos de los mismos residentes (Figura 46). Cabe destacar que, hasta entonces, nunca se había colocado una ofrenda, por lo que esta actividad buscó promover una participación colaborativa.

Sin embargo, en los dos años siguientes, 2022 y 2023, la contribución de los residentes en la donación de materiales para la ofrenda disminuyó considerablemente, así que los gastos recayeron finalmente en pocas personas. Para 2024, con la nueva Mesa Directiva, se han estado promoviendo nuevamente los eventos socioculturales

y, a través de WhatsApp, se han difundido las actividades planificadas, incluyendo la solicitud de materiales para la ofrenda. Esto ha generado un aumento en la participación en comparación con 2023, año en que casi no hubo aportaciones. Este cambio también se atribuye a un esfuerzo sostenido por fomentar la participación ciudadana, a diferencia de los años anteriores.

Figura 46. Ofrenda izq. (26-10-2021) y der. (28-10-2021).



Fuente: Mesa Directiva y Comité para el Desarrollo Sostenible de Barrios de Arboledas.

En relación con los talleres, durante 2022 se promovieron dos: “Construye tu huerto familiar” y el taller de “Manualidades con reciclado”. El primero se impartió el 19 de agosto de ese año, con la participación de cuatro adultos y dos niños (Figura 47). A los adultos se les aplicó un cuestionario en el que coincidieron en que la deforestación y el desplazamiento de áreas verdes incrementan la concentración de CO2 en la ciudad. Consideran que la reducción de estas áreas generará impactos negativos para las generaciones futuras. Asimismo, destacaron la importancia de proteger las diferentes especies que habitan los ecosistemas y de fomentar en los jóvenes el cuidado del medio ambiente. También señalaron que existe un posible beneficio económico al disminuir el consumo de productos, así como beneficios ambientales derivados del fomento de una cultura sostenible, al mejorar la calidad alimentaria y contribuir a la mitigación de la ICU.

Respecto a la preferencia entre producir de forma individual o comunitaria, las opiniones se dividieron por igual; sin embargo, dos personas apoyaron la creación de una red comunitaria de huertos entre vecinos, con el fin de generar una simbiosis social que favorezca una economía circular. Además, consideraron que para la construcción

y mantenimiento de huertos es viable producir composta propia, utilizar semillas de alimentos domésticos, regar las plantas con agua recolectada, emplear recipientes reciclables y reutilizables, y mantener una comunicación constante entre vecinos.

Figura 47. Taller “Construye tu huerto familiar”.



Fuente: Elaboración propia, trabajo en campo 2022.

El segundo taller, de “Manualidades con reciclado”, despertó interés entre los colonos durante el Bazar Navideño de 2021. Por ello, se convocó nuevamente a través de infografías colocadas en algunos negocios del fraccionamiento, en el área verde y en la oficina del fraccionamiento a principios de octubre de 2022, y además se difundió vía WhatsApp. Sin embargo, no se registró ninguna participación, posiblemente debido al corto período de promoción de solo dos semanas. Ante este primer intento fallido, se modificó la estrategia y el taller se impartió en la tercera edición del Bazar Navideño durante el 2, 3 y 4 de diciembre de 2022. Aunque también se promovió el taller “Construye tu huerto familiar”, las personas que se acercaron mostraron mayor interés en el taller de “Manualidades con reciclado”.

El primer día, viernes, la participación fue nula debido a la baja afluencia de personas en el Bazar Navideño, aunque algunos asistentes se acercaron a preguntar y tres personas se inscribieron para el taller de “Manualidades con reciclado” programado para sábado y domingo; sin embargo, finalmente no asistieron. El sábado por la mañana se trabajó con una persona adulta mayor con discapacidad, quien demostró buenas habilidades para las manualidades y manifestó estar consciente de los problemas ambientales derivados de los residuos sólidos urbanos, así como de la necesidad de fomentar la educación ambiental (Figura 48).

Figura 48. Taller de “Manualidades con reciclado”, trabajando con una persona adulta mayor con problemas de movilidad.



Fuente: Elaboración propia, trabajo en campo 2022.

Durante la tarde del sábado y el domingo se trabajó con niños de entre 5 y 10 años, quienes estuvieron acompañados por sus madres, y en algunos momentos participaron también otros padres. Tanto los padres como los niños disfrutaron y se divertieron elaborando piñatas y figuras navideñas con PET (Figura 49). Esto demuestra que la educación no debe ser estricta, sino un proceso de aprendizaje lúdico y placentero.

Figura 49. Taller de “Manualidades” con niños y padres.



Fuente: Elaboración propia, trabajo en campo 2022.

Desde un inicio, el taller de “Manualidades con reciclado” se planteó como una actividad abierta para todas las edades. Algunas personas adultas mostraron interés en manualidades específicas, como la elaboración de organizadores o figuras navideñas para sus propios productos. Incluso hubo quienes señalaron que las figuras navideñas hechas con PET tenían apariencia similar a la cerámica. Aunque no se pudo explicar completamente el propósito del taller durante la dinámica, esta experiencia permitió identificar nuevos alcances y motivó la apertura del primer grupo para enero, conformado principalmente por niños, algunos acompañados por uno de sus padres. Esto evidencia que los niños pueden ser un puente efectivo para involucrar a la población adulta en talleres ambientales.

En cuanto al taller “Construye tu huerto familiar”, se promovía una demostración y se ofrecía acompañamiento por parte de la investigadora para adaptar el espacio y seleccionar los materiales adecuados para la creación del huerto. Además, se planeaba impartir una sesión básica sobre el cultivo de algunas plantas, con la intención de ofrecer el taller completo en marzo, coincidiendo con la temporada más propicia para sembrar. Lamentablemente, no se registró interés suficiente durante el Bazar Navideño para tomar este taller, aunque sí hubo personas interesadas en el tema. Sin embargo, el taller no pudo consolidarse en 2023.

Estos talleres también permitieron identificar las dificultades para lograr una participación activa a partir de 2023. En primer lugar, no se cuenta con un espacio asignado dentro del fraccionamiento para realizar este tipo de actividades. En segundo lugar, los canales de comunicación han presentado fallas, ya que algunos colonos han manifestado no estar informados sobre los programas y talleres promovidos. Finalmente, la desintegración vecinal ha generado falta de interés en participar en las distintas actividades. Por ello, se plantea la necesidad de fortalecer los canales de comunicación y de contar con un espacio adecuado para su realización.

5.3 La participación activa de diferentes actores de Barrios de Arboledas

Desde que se comenzó a trabajar con los diferentes actores del Fraccionamiento Barrios de Arboledas en octubre de 2020, se ha observado una participación incipiente y limitada en las diversas actividades realizadas desde 2021 hasta la fecha. Este proceso también ha impulsado una participación activa de dichos actores en beneficio de los residentes y su ecosistema.

Por iniciativa de la Mesa Directiva en 2021, se gestionó ante el Ayuntamiento de Puebla el servicio de recolección de materiales reciclables. Esto fue resultado del primer acercamiento con dicha autoridad en 2020, con el propósito de informarles sobre la investigación en Barrios de Arboledas respecto a problemas ambientales, específicamente la ICU. Así, el 6 de agosto de 2021 inició el programa piloto de reciclaje en Barrios de Arboledas, implementado por el Organismo Operador del Servicio de Limpieza de Puebla (OOSL). Posteriormente, este programa pasó a ser responsabilidad del Comité para el Desarrollo Sostenible, y se ha promovido anualmente mediante spots difundidos en medios digitales, como WhatsApp y la página oficial de Barrios de Arboledas, con el fin de fomentar la participación de los residentes.

Simultáneamente al inicio del programa piloto de reciclaje, el Organismo Operador del Servicio de Limpieza ofreció una capacitación sobre gestión de residuos sólidos el 8 de diciembre de 2021, como parte de dicho programa (Figura 50). Esta capacitación tuvo como objetivo sensibilizar a los colonos sobre la cantidad de desechos generados en los hogares, sus repercusiones, incluyendo el exceso de residuos en los rellenos sanitarios del municipio, y las afectaciones ambientales provocadas por ciertos materiales, como el plástico.

Figura 50. Capacitación del OOSL.



Fuente: Elaboración propia, visita de campo 2021.

El Programa de Reciclaje continúa en promoción e impulso, con el objetivo de aumentar la participación cada año. No obstante, ha enfrentado algunos problemas, principalmente relacionados con los cambios de gobierno o de responsables del área del OOSL, que han provocado la sustitución del concesionario encargado de la

recolección de reciclaje. En dos ocasiones, estas transiciones dejaron al fraccionamiento sin servicio por casi un mes, lo que provocó que algunos residentes dejaron de participar temporalmente en el programa hasta que se reinició el servicio. Asimismo, se ha detectado que algunos colonos desconocen que el programa está en funcionamiento desde agosto de 2021, situación atribuible a fallas en los canales de comunicación.

Al inicio del programa, la OOSL informó a la Mesa Directiva que la participación en otras colonias rondaba el 10 %, aunque sugería una meta del 30 %. Entre agosto de 2021 y mayo de 2022 se realizó un sondeo que registró la participación de 39 casas de 322, lo que representó el 12.11 %. En septiembre de 2022, otro censo mostró un incremento del 5.59 %, con 57 casas participantes, equivalente al 17.70 %. Finalmente, el último censo de septiembre de 2023 reflejó un aumento a 70 casas de 327, correspondiente al 21.41 %.

En el Bazar Navideño de 2022, algunos colonos de Barrios de Arboledas impulsaron la creación de un grupo de WhatsApp interno para ventas, al que se integraron personas que ofrecían servicios y colonos interesados en ellos. Este grupo se mantiene activo, aunque ha experimentado una disminución en la participación respecto a su primer año, debido a que varios servicios ya se han consolidado y cuentan con clientela directa, reduciéndose la necesidad de promoción en el grupo. Además, la falta de moderación ha permitido que el grupo se utilice para expresar quejas sobre problemas internos del fraccionamiento, lo que ha llevado a la retirada de algunos vecinos. A pesar de ello, este grupo representa una oportunidad para fomentar negocios más sostenibles y una economía circular. También podría aprovecharse para la promoción de talleres y campañas informativas.

La última iniciativa corresponde al servicio de recolección de aceite vegetal, gestionado por UGA Soluciones Ambientales (biocombustibles), para su reciclaje en la producción de biodiésel. Este programa fue promovido en diciembre de 2023, impulsado por un residente vinculado a dicha empresa, y contó con la participación aproximada de tres hogares. Sin embargo, con el tiempo se fue descuidando hasta su suspensión. Actualmente, se trabaja en la reactivación de esta iniciativa, así como en su difusión para fomentar una participación constante entre los colonos de Barrios de Arboledas.

5.4 Cómo llegar a la formación de ciudadanos ambientalmente responsables para la mitigación de la Isla de Calor Urbana

Al determinar que el estilo de vida consumista de la sociedad ha generado problemas ambientales como la ICU, se plantea la necesidad de transformar dicha sociedad en una ambientalmente responsable mediante la formación de ciudadanos sostenibles a nivel barrial. Para ello, es necesario analizar el contexto específico del lugar.

En el caso de Barrios de Arboledas, se identificaron las causas y factores que contribuyen a la ICU presentes en el sitio —como la contaminación del aire, el calor antropogénico, el uso de materiales de construcción con bajo albedo y el desplazamiento de áreas verdes— para establecer y desarrollar las competencias clave para la sostenibilidad. Dichas competencias incluyen: la competencia de pensamiento complejo, la competencia colaborativa, la competencia para la resolución integrada de problemas y el sentido de responsabilidad con las generaciones presentes y futuras. Asimismo, se realizó un diagnóstico sobre el tipo de educación más adecuado, no formal, informal y comunitaria; con el propósito de contribuir a la mitigación del fenómeno de la ICU y fomentar entornos más sostenibles.

Se ha comenzado a trabajar con la Mesa Directiva en la incorporación, dentro del reglamento interno del fraccionamiento, de lineamientos orientados a la mitigación y adaptación al cambio climático y a la ICU. Estos lineamientos consideran aspectos como el uso de materiales de construcción con alto albedo, la prevención del cambio de áreas permeables a impermeables y la reducción de GEI.

Cabe destacar que Barrios de Arboledas no ha contado con un reglamento formal desde su creación; actualmente, dispone de uno que se considera incompleto. Por ello, la Mesa Directiva recientemente electa trabaja en la elaboración de un reglamento interno más integral, con la intención de registrarlo ante la instancia correspondiente para dotarlo de poder jurídico. Este momento se considera propicio para desarrollar normativas que garanticen un medio ambiente equilibrado y saludable para todos los seres vivos. Además, esta iniciativa ha sido bien recibida por los miembros de la Mesa Directiva, lo que ha permitido formular una propuesta para su aprobación, y posteriormente distribuir el reglamento completo entre los colonos de Barrios de Arboledas para su revisión y autorización formal.

En relación con las campañas informativas, se contempla diseñar materiales sobre temas ambientales como la ICU y otros problemas vinculados, tales como el

calentamiento global, los GEI y el cambio climático. Asimismo, se abordarán aspectos relacionados con el uso eficiente de la energía y el agua, la utilización responsable de vehículos motorizados, la gestión de residuos sólidos bajo la estrategia de basura cero, y la importancia de conservar y fomentar áreas verdes en zonas urbanizadas. Se planea iniciar la difusión de estas campañas durante el próximo año.

La estructura de los dos talleres realizados, “Construye tu huerto familiar” y el de “Manualidades con reciclado”, está relacionada con las causas del calor antropogénico y el desplazamiento de áreas verdes. Además, se trabaja en una estructura más completa para un Curso-Taller sobre Hábitos Sostenibles, que considera tres causas de la ICU: las dos mencionadas anteriormente y la contaminación del aire.

En la Tabla 16 se presenta esta estructura dividida en cuatro bloques. El primero aborda un tema ambiental específico, en este caso la ICU, con el objetivo de comprender sus causas y factores, así como su impacto en el medio ambiente y la salud, para generar estrategias de mitigación desde el hogar. El segundo bloque, “Energías y huella de carbono”, tiene como propósito aprender el uso eficiente de las diferentes energías consumidas diariamente, con el fin de reducir la contaminación atmosférica y la generación de GEI. El tercer bloque, “Residuos sólidos urbanos”, se centra en dos aspectos: la estrategia de basura cero y la reutilización de residuos mediante manualidades, con el objetivo de fomentar el consumo responsable de productos. El último bloque, “Áreas verdes y biodiversidad”, se orienta a conocer las diversas plantas para la construcción de un huerto urbano y la elaboración de productos naturales, buscando así aumentar los espacios verdes y disminuir el consumo de productos comerciales.

Tabla 16. Curso-Taller de Hábitos Sostenibles.

OBJETIVO	Fomentar la ciudadanía y el desarrollo sostenibles a través de una educación ambiental no formal para generar entornos sociales, económicos y ambientales equitativos y viables.				
MÓDULO	TEMA	OBJETIVO	SUBTEMAS	Causa de la ICU a trabajar	Factor de la ICU a trabajar
I Problema socioambiental	1. ICU a nivel local y barrial	Comprender cuáles son las causas y factores, además de las afectaciones a la salud que ocasionan las ICU para establecer estrategias en los hogares que ayuden a su mitigación.	a) Introducción sobre problemas ambientales b) ¿Qué es la ICU? c) Causas y factores de la ICU d) Afectaciones a la salud e) ICU en la ciudad de Puebla f) ICU en Barrios de Arboledas		
II Energías y huella de carbono	1. Consumo eficiente de energías y su impacto	Aprender el uso eficiente de energías dentro del hogar para disminuir la contaminación del aire y la generación de los GEI	a) ¿Qué es la huella de carbono? b) Energías limpias y movilidad c) Consumo responsable de energía eléctrica d) Consumo responsable de gas	Contaminación del aire y calor antropogénico	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de gases de combustión interna (vehículos motorizados, estufas) • Partículas suspendidas • Calor generado por la quema de combustibles fósiles (gasolina, gas)
III Residuos sólidos urbanos	1. Basura Cero	Aprender el consumo responsable de productos y la separación de residuos para reducir la generación de residuos sólidos urbanos dentro de la ciudad	a) Consumo responsable de productos (economía circular) b) Aprender a separar los residuos c) Diseñar y adaptar el espacio individual para la separación de residuos	Contaminación del aire y calor antropogénico	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de gases de combustión interna (industria de manera indirecta) • Partículas suspendidas • Calor generado por la quema de combustibles fósiles (gasolina, gas) • GEI
	2.a Reutilizar residuos reciclables	Aprender de una manera sustentable la reutilización de residuos reciclables dentro del hogar para disminuir la generación de residuos sólidos urbanos	a) Conocer qué residuos reciclables se pueden reutilizar (vidrio, cartón, ropa, PET, Tetrapak, HDPE) b) Realizar artículos que se necesiten en el hogar c) Realizar mobiliario y/o artículos para huertos y jardines		
	2.b Artículos creativos con reciclados (a escoger por los participantes)				
IV Áreas verdes y biodiversidad	1. Huertos y jardines polinizadores	Construir un espacio verde para generar espacios equitativos entre el ser humano y la biodiversidad	a) Diseñar mi huerto familiar y/o jardines polinizadores b) ¿Qué debo sembrar? c) Proceso de sembrado y sus cuidados	Desplazamiento de áreas verdes y calor antropogénico	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la temperatura del aire • Reducción de la evapotranspiración • Emisiones de gases de combustión interna • Calor generado por la quema de combustibles fósiles (gasolina, gas) • GEI
	2. Botiquín herbolario	Aprender a elaborar productos de medicina tradicional mexicana para contribuir en la disminución de consumo de productos industrializados y de residuos sólidos urbanos	a) ¿Qué productos de medicina tradicional mexicana se pueden elaborar con base en lo que se tiene en el huerto y jardín polinizador? c) Elaboración de productos artesanales		
	3. Velas artesanales		a) ¿Qué productos artesanales se pueden elaborar con base en lo que se tiene en el huerto y jardín polinizador? c) Elaboración de productos artesanales		
	4. Composta				

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El desarrollo de las competencias clave para la sostenibilidad en los talleres de “Construye tu huerto familiar” y “Manualidades con reciclado” se fundamentó en las capacidades establecidas por la UNESCO (2017). De este modo, se diseñaron capacidades específicas para cada taller (Tabla 17). En ambos casos, se buscó fomentar una cultura sostenible mediante la participación y colaboración de los habitantes para la mitigación de problemas ambientales, promoviendo actividades como la práctica de las 4R. Asimismo, se incentivó el pensamiento sostenible y la economía circular, con el objetivo de prolongar la vida útil de los residuos reutilizables, fomentar el consumo responsable y la elaboración de productos propios que contribuyan a la mitigación de problemas ambientales. Finalmente, se enfatizó la concientización y sensibilización sobre las afectaciones ambientales, como el cambio climático y la isla de calor urbana, que provocan la degradación del planeta y ponen en riesgo la existencia de todos los seres vivos, incluida la humanidad.

Tabla 17. El desarrollo de competencias clave para la sostenibilidad.

Competencias por desarrollar	Taller “Construye tu huerto familiar”	Taller de “Manualidades con reciclado”
	Capacidades por adquirir en cada taller	Capacidades por adquirir en cada taller
Pensamiento complejo	Comprende los problemas ambientales que ha provocado la deforestación y el desplazamiento de las áreas verdes en la ciudad.	Comprende el mundo complejo en el que actualmente vive y entienda las afectaciones que tiene el planeta por la generación de residuos (papel, cartón, vidrio, latas y PET).
	Visualiza los beneficios ambientales y económicos que puede tener un huerto familiar.	Comprende el impacto ambiental que tienen los residuos sólidos urbanos sobre el planeta. Comprende el beneficio ambiental en el planeta que tiene la práctica del reciclado y la reutilización de papel, cartón, vidrio, plástico y metales en el hogar.
Competencia colaborativa	Fomenta una cultura sostenible a través de la colaboración, resolución participativa y aprendiendo de los demás para la mitigación de problemas ambientales.	Fomenta la colaboración y la resolución participativa de problemas ambientales generados por los residuos sólidos urbanos. Fomenta la participación social y aprender de los demás para enfrentar los conflictos ambientales como grupo.
Competencia para la resolución integrada de problemas	Fomenta una economía circular con el propósito de desarrollar un pensamiento sostenible que ayude a la mitigación de problemas ambientales (cambio climático-ICU).	Fomenta el pensamiento sostenible y economía circular para la prolongación de la vida útil de los productos y su consumo responsable que lleve a la disminución de residuos sólidos urbanos.
Sentido de la responsabilidad con las generaciones presentes y futuras	Concientiza y sensibiliza sobre las afectaciones ambientales (cambio climático-ICU) por la sobreexplotación de recursos naturales y la expansión sobre el territorio con el propósito de comprender el peligro que corren las generaciones presentes y futuras por la degradación del planeta.	Comprende el impacto negativo que tiene la generación de residuos sólidos al considerarse una agresión eco-social que degrada la biodiversidad y pone en peligro la existencia de la humanidad.

Fuente: Elaboración propia.

Para identificar qué competencias para la sostenibilidad se encuentran desarrolladas, incipientes o nulas en los participantes de los talleres, se realizó un diagnóstico mediante indicadores definidos con base en los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas. En la Tabla 18 se observa que, en ambos talleres, la competencia de pensamiento complejo se encuentra entre no desarrollada e incipiente, de acuerdo con los indicadores; aunque, en el caso del taller “Manualidades con reciclado”, se registró un indicador desarrollado: la práctica de las 4R. La competencia para la resolución integrada de problemas se ubica entre poco desarrollada e incipiente. En cambio, el sentido de la responsabilidad con las generaciones presentes y futuras sí presenta un nivel de desarrollo. La competencia colaborativa es la única que permanece sin desarrollar, debido a la ausencia de organizaciones sostenibles dentro del fraccionamiento y a la falta de una simbiosis social, aunque existe cierto interés por impulsarla. Por ello, se está trabajando en la implementación de un curso–taller de hábitos sostenibles con el propósito de desarrollar y fortalecer los indicadores de cada competencia sostenible, así como en la puesta en marcha de otras estrategias, como campañas informativas para concientizar y fomentar el uso responsable de la energía, promover una movilidad más sostenible y organizar eventos socioculturales que contribuyan a desarrollar la competencia colaborativa, favoreciendo la creación de organismos sostenibles y el establecimiento de una simbiosis social.

Tabla 18. Diagnóstico de los talleres.

Competencias para desarrollar	Indicadores	Diagnóstico de los talleres de huertos familiares				
		No desarrollada	Poco desarrollada	Incipiente	Desarrollada	Muy desarrollada
Pensamiento complejo	La precepción del microclima barrial (fraccionamiento) y local (ciudad).					
	La relación entre el área permeable y el área impermeable.					
	Áreas de absorción de agua					
	La propuesta del desarrollo del huerto aplica la creatividad y aplica principios científicos					

Tabla 18. Diagnóstico de los talleres.

Competencias para desarrollar	Indicadores	Diagnóstico de los talleres de huertos familiares				
		No desarrollada	Poco desarrollada	Incipiente	Desarrollada	Muy desarrollada
Competencia colaborativa	Simbiosis social					
	Organizaciones relacionadas a la sustentabilidad					
Competencia para la resolución integrada de problemas	La propuesta del desarrollo del huerto aplica la creatividad y aplica principios científicos					
	Tratamiento de residuos orgánicos (composta)					
Sentido de la responsabilidad con las generaciones presentes y futuras	Responsabilidad ante las generaciones presentes y futuras					
	Conservación de plantas y animales del lugar					
Competencias para desarrollar	Indicadores	Diagnóstico de los talleres de “Manualidades con reciclado”				
		No desarrollada	Poco desarrollada	Incipiente	Desarrollada	Muy desarrollada
Pensamiento complejo	La práctica de las 3R o 4R de papel, cartón, vidrio, plástico y metales					
Pensamiento complejo y Competencia para la resolución integrada de problemas	Prolongación de la vida útil					
	Programa de reciclado					
	Rediseñar los residuos reciclables en artículos innovadores y duraderos					
Competencia colaborativa	Simbiosis social					
	Organizaciones relacionadas a la sustentabilidad					
Sentido de la responsabilidad con las generaciones presentes y futuras	Responsabilidad ante las generaciones presentes y futuras					

Fuente: Elaboración propia.

Después de todos los estudios realizados en Barrios de Arboledas, se establecieron siete estrategias socioambientales para contribuir a la mitigación de la ICU: formación de competencias clave para la sostenibilidad, gestión adecuada de residuos, incremento y cuidado de áreas verdes, incremento y cuidado de superficies permeables, regulación del uso de materiales para la construcción, cambio en los patrones de uso de energías y cambio en los patrones de movilidad interna y próxima.

Cabe mencionar que las estrategias se diseñaron para que desarrollen de una a cuatro competencias para la sostenibilidad, de las nueve establecidas por la UNESCO: pensamiento complejo, competencia colaborativa, resolución integrada de problemas y sentido de la responsabilidad con las generaciones presentes y futuras (Tabla 19).

Tabla 19. Tabla de la vinculación entre las estrategias y competencias claves para la sostenibilidad.

Estrategias	Acciones	Valoración
Formación de competencias claves para la sostenibilidad	Comité para el Desarrollo Sostenible	Desde hace cuatro años se ha intentado formar este comité. Al inicio hubo cierto interés con la participación de tres colonos, pero con el tiempo dejaron de colaborar. Es fundamental fortalecer la organización vecinal para fomentar el interés participativo.
	Campañas informativas	Quedaron pendientes, ya que se pretendía implementarlas junto con otras acciones como la gestión de residuos, el consumo de energías y la movilidad.
	Eventos socioculturales	El primer evento se organizó durante la pandemia (2020) y tuvo una alta participación. Posteriormente, se realizaron otros eventos que mantuvieron una participación moderada.
Gestión adecuada de residuos	Programa de reciclado	La Mesa Directiva gestionó con el Ayuntamiento la recolección de reciclables en 2021, servicio que se ha mantenido hasta la fecha. Durante los primeros tres años se reforzó con spots para promover el programa. La participación ha incrementado de manera gradual.
	Programa de aceite vegetal	Una vecina que trabaja en una empresa de recolección de aceite vegetal se acercó a la Mesa Directiva para ofrecer el servicio a finales de 2023; desde entonces, la participación ha aumentado paulatinamente.
	Talleres de reciclado	Aunque hubo interés cuando se promovían, el día de los talleres la participación fue baja.
Incremento y cuidado de áreas verdes	Mantenimiento	Existe la cultura del mantenimiento y cuidado constante de las tres áreas verdes desde 2009, incluyendo lotes
	Huerto familiar	Se promovió el huerto familiar a través de talleres, pero con baja participación. También fue necesaria una campaña informativa, que no se realizó.
Incremento y cuidado de superficies permeables	Mantenimiento	Dentro de los hábitos de los colonos se detectó una alta participación en el cuidado de las franjas verdes ubicadas frente a sus fachadas.
	Reglamento interno	Elaboración del reglamento interno. Algunas banquetas han perdido sus franjas verdes y en su lugar se han colocado materiales impermeables por decisión de algunos colonos, quienes consideran que la banqueta es parte de su propiedad. Se busca reglamentar para evitar esta situación en el futuro.
Regular el uso de materiales para la construcción	Reglamento interno	Es importante reglamentar el uso de materiales con alto índice de reflectancia solar o un porcentaje elevado de albedo, así como materiales permeables.
	Manual técnico	Se requiere para reforzar el Reglamento de Construcción de Barrios de Arboledas, con el fin de garantizar el cuidado del medio ambiente y regular el uso de recubrimientos y materiales permeables en superficies horizontales.

Tabla 19. Tabla de la vinculación entre las estrategias y competencias claves para la sostenibilidad.

Estrategias	Acciones	Valoración
Cambio en los patrones de uso de energías	Taller	Se requiere implementar el taller diseñado para reducir el consumo de energía en el hogar.
	Campaña informativa	Se requiere diseñar una campaña informativa efectiva para reducir el consumo de energía.
Cambio en los patrones de movilidad interna y próxima	Taller	Se requiere diseñar un taller para reducir el uso del automóvil en distancias cortas (radio de 1.5 km).
	Campaña informativa	Se requiere diseñar una campaña informativa efectiva para reducir el uso del automóvil en distancias cortas (radio de 1.5 km).
Fuente: Elaboración propia.		

Se definieron cuatro acciones para la estrategia de formación de competencias clave para la sostenibilidad: talleres sostenibles, un Comité para el Desarrollo Sostenible, campañas informativas y eventos socioculturales. Los dos primeros tuvieron baja participación; las campañas informativas no lograron diseñarse y los eventos socioculturales recibieron prioridad debido al mayor interés por parte de los colonos, por lo que se busca fomentar esta competencia.

En cuanto a la estrategia de gestión adecuada de residuos, se observó una mayor participación de todos los actores, lo que permitió la puesta en marcha del programa de reciclaje y de recolección de aceite vegetal; sin embargo, el taller de reciclaje tuvo menor asistencia.

Respecto a la estrategia de incremento y cuidado de áreas verdes, se destacó la importancia de un mantenimiento constante, aunque este no fue necesario de forma inmediata debido a que ya llevaban años en funcionamiento. También se intentó impulsar la creación de huertos familiares, pero la participación fue baja.

En la estrategia de incremento y cuidado de áreas permeables, se identificaron dos acciones: el mantenimiento por parte de los colonos de las banquetas con franjas verdes frente a sus fachadas y la reglamentación que prohíbe sustituir áreas permeables por materiales impermeables en banquetas.

En cuanto a la regulación de materiales de construcción, las acciones previstas no se llevaron a cabo durante el período de investigación. No obstante, se ha trabajado con la Mesa Directiva para incluir algunos puntos en el reglamento de construcción y se contempla, a largo plazo, la elaboración de un manual técnico para reforzar tanto dicho reglamento como la información ambiental relacionada con estos materiales.

Finalmente, quedaron pendientes dos estrategias: el cambio en los patrones de uso de energías y el cambio en los patrones de movilidad interna y próxima.

Debido a la débil organización vecinal que presenta Barrios de Arboledas, se ha dado prioridad a la competencia colaborativa a través de eventos socioculturales (ofrenda en Día de Muertos, kermés, concurso de disfraces, competencias tipo *rally* para niños y Bazar Navideño) desde 2021. Esto con el propósito de fortalecer la organización vecinal mediante la convivencia entre colonos, ya que es la base para que las personas quieran participar en las diferentes actividades que se organicen en el fraccionamiento, favoreciendo así una participación activa encaminada al desarrollo sostenible y la ciudadanía sostenible.

CONCLUSIONES

En la literatura científica existe evidencia suficiente que demuestra la grave crisis ambiental que enfrenta nuestro planeta y la urgente necesidad de resolverla. En general, el ser humano se considera el principal causante de los problemas ambientales, así como de los cambios en los ecosistemas debido a que, en algunos casos, los estilos de vida han contribuido a la generación de problemas ambientales como el cambio climático, el calentamiento global, el incremento de gases con efecto invernadero (GEI) y la isla de calor urbana (ICU). De esta manera, el Antropoceno se relaciona con el cambio climático y el fenómeno asociado a él en las ciudades, la ICU. Bajo esta perspectiva, es innegable el impacto que tienen las actividades diarias del ser humano en los microclimas a escala barrial como ha ocurrido en el Fraccionamiento Barrios de Arboledas.

Los factores asociados a la presencia de la ICU en el fraccionamiento incluyen los patrones de uso y consumo de energía, bienes y servicios; el reemplazo de suelos permeables por superficies impermeables; el uso de materiales con bajo albedo en superficies horizontales; la falta de conocimiento sobre el fenómeno y la baja participación vecinal. Todo esto ha detonado cambios en el ecosistema del barrio, reflejados en la disminución de especies animales y el incremento de la temperatura ambiente, afectando así el hábitat local.

Para enfrentar este fenómeno, deben involucrarse todos los actores implicados: colonos, mesa directiva y autoridades municipales. La mitigación de la ICU es posible mediante el fomento de una conciencia ambiental en la comunidad, basada en los Objetivos de la Agenda 2030 y en la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), con el propósito de generar competencias clave para la sostenibilidad y formar ciudadanos sostenibles. Esto implica que la comunidad tenga la capacidad de tomar decisiones que beneficien tanto al ambiente local como al colectivo, a través de una organización vecinal sólida. Asimismo, se requieren acciones conjuntas con diferentes actores para promover programas y proyectos que contribuyan a mitigar la ICU.

Si bien existen avances importantes a nivel internacional en materia de políticas ambientales, su implementación efectiva a escala local es fundamental. Estas políticas muestran debilidades en su aplicación territorial, lo que dificulta alcanzar los objetivos establecidos globalmente. Las políticas ambientales se han enfocado principalmente en el cambio climático y la reducción de emisiones de GEI, relegando problemas como

la ICU, que suelen abordarse en el ámbito local. Ambos fenómenos están interrelacionados, ya que las islas y olas de calor urbanas pueden intensificarse con el cambio climático; y las ciudades, si no modifican su estructura y funcionamiento, pueden acelerar este proceso a nivel global.

En México, los gobiernos recientes han mostrado un estancamiento en la política ambiental. Existen lineamientos, pero no se implementan adecuadamente, muestra de ello son los megaproyectos que se han llevado a cabo sin estudios sólidos de impacto ambiental. A pesar de que existen normas alineadas con la agenda internacional y legislación sobre el cambio climático a nivel federal y estatal, no se ha incluido la ICU, especialmente en el ámbito municipal, como ocurre en el estado de Puebla. En la ciudad con el mismo nombre, no se ha dado importancia a las políticas ambientales dentro de sus programas, mostrando un débil peso político para garantizar una justicia ambiental. Hasta ahora, solo la CDMX ha incorporado la mitigación de la ICU en su ley de cambio climático promulgada en octubre de 2023.

El marco legal en Barrios de Arboledas presenta un vacío significativo debido a la ausencia de un reglamento interno en materia ambiental que regule acciones para mitigar la ICU. Desde la creación del fraccionamiento, solo han existido dos reglamentos: el primero, elaborado desde sus inicios, constaba de apenas diez puntos y se perdió con el tiempo; el segundo, creado de forma provisional hace tres años, presenta varios vacíos, especialmente en el ámbito ambiental. Esto constituye un área de oportunidad para desarrollar un reglamento interno sólido y pertinente que incluya un capítulo específico sobre cuestiones ambientales, aprovechando la información disponible a nivel internacional, nacional y estatal sobre el cambio climático y la ICU.

Por otro lado, para contribuir a la mitigación de la ICU, este estudio ha establecido la importancia de fortalecer la incidencia social mediante un análisis de contexto a nivel barrial. Ello permitirá identificar las causas y factores presentes en el sitio, a fin de definir estrategias específicas acordes con la zona de estudio, dado que cada contexto posee características particulares.

Una vez identificadas las causas de la ICU en Barrios de Arboledas, contaminación del aire, calor antropogénico, materiales con bajo albedo y desplazamiento de áreas verdes, se determinaron las competencias clave para la sostenibilidad: desarrollo de pensamiento crítico y conciencia ambiental en los colonos, capacidad para tomar decisiones frente a problemas ambientales y formación de

ciudadanía sostenible. Para desarrollarlas y lograr una participación activa, resulta fundamental contar con una organización vecinal estructurada, pues es prioritario involucrar a todos los actores y establecer su grado de responsabilidad en la generación de la ICU. Esta caracterización a nivel barrial demuestra que estudios de este tipo pueden replicarse en otras zonas habitacionales.

Los primeros acercamientos evidenciaron un desconocimiento generalizado sobre el fenómeno de la ICU, un distanciamiento entre los colonos y un bajo interés de los actores involucrados en resolver problemas, fueran ambientales o de otra índole. Esta falta de interés y participación se debe, en gran parte, a la ausencia de una estructura vecinal que promueva la colaboración activa. Con el tiempo, las mesas directivas dejaron de organizar eventos y se limitaron a la administración del fraccionamiento, lo que, sumado a conflictos políticos internos, acentuó la división entre los colonos durante una década y debilitó la organización vecinal. Asimismo, las actividades antropogénicas de la zona —entre las que destacan el uso intensivo del automóvil, el alto consumo energético, el consumo excesivo de productos y la deficiente gestión de residuos sólidos— han favorecido la presencia de la ICU en el área.

Ante esta débil estructura organizativa, la conformación de una organización vecinal resultó clave para trabajar la competencia colaborativa, priorizando inicialmente el ámbito social sobre el ambiental con el fin de generar una simbiosis entre los colonos. Este enfoque permitió, posteriormente, integrar otras competencias en materia ambiental mediante campañas informativas y, especialmente, talleres orientados a problemáticas específicas.

Paralelamente, se identificó la necesidad de contar con un organismo que impulsara la sostenibilidad y fomentara la participación activa frente a la crisis ambiental, lo que dio lugar a la creación del Comité para el Desarrollo Sostenible, basado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Este comité brinda a los habitantes un espacio para abordar, de forma libre y participativa, problemáticas sociales, económicas y ambientales.

La fase de trabajo de campo en el sitio de estudio se llevó a cabo entre 2021 y 2023, registrando una baja participación, especialmente en los talleres. En contraste, los eventos socioculturales generaron mayor interés por su beneficio económico y su

carácter lúdico, particularmente para niños y jóvenes. Dichos eventos detonaron una participación incipiente en actividades relacionadas con temas ambientales.

Las estrategias implementadas en Barrios de Arboledas pueden ser replicables en otras zonas habitacionales; sin embargo, su éxito dependerá de las características físico–espaciales, ambientales y sociales de cada barrio, como se mencionó anteriormente. Este enfoque permitirá que las acciones se fortalezcan a nivel local, conforme más colonias y fraccionamientos de la ciudad se sumen a la mitigación de la ICU.

Una de las principales limitaciones de este trabajo fue la baja participación vecinal. Aunque existe interés por los temas ambientales, la mayoría de los habitantes prefiere abordarlos en el ámbito privado y no de manera comunitaria. Por ello, contar con una organización vecinal sólida e interesada resulta esencial para impulsar estrategias socioambientales a través de acciones colectivas que fomenten competencias clave para la sostenibilidad a nivel barrial, fortaleciendo la responsabilidad ambiental y la capacidad de toma de decisiones.

En este sentido, el apoyo de las recientes Mesas Directivas del Fraccionamiento Barrios de Arboledas y la creación del Comité para el Desarrollo Sostenible fueron factores determinantes para que, aunque de manera incipiente, los habitantes comenzaran a participar activamente y avanzar en la construcción de una organización vecinal más robusta.

RECOMENDACIONES

Barrios de Arboledas es un fraccionamiento que presenta diversas áreas de oportunidad que, de atenderse, permitirían fortalecer su organización vecinal y consolidar una práctica comunitaria sostenible, con la capacidad de hacer frente a problemas ambientales como el cambio climático y la isla de calor urbana (ICU), así como a desafíos locales como la gestión de residuos, la movilidad interna y el aprovechamiento de áreas verdes. En este sentido, se identifican los siguientes aspectos que deben ser atendidos como parte de una agenda de trabajo comunitaria:

1. El continuar el **estudio sobre la educación ambiental y la formación de hábitos sostenibles comunitarios** permitirá fortalecer la organización vecinal mediante un diagnóstico más profundo del desarrollo de las competencias clave de sostenibilidad que posee la comunidad, su consecución y finalmente su evaluación. Al mismo tiempo, permitirá sensibilizar a los colonos sobre la crisis ambiental e impulsar cambios de conducta orientados a mitigar problemáticas ambientales como la ICU. Ello se logrará a través de campañas informativas y talleres que integren las estrategias socioambientales identificadas en esta investigación: la gestión de residuos, el uso responsable de la energía, la movilidad sustentable y la sensibilización frente a desafíos globales, como el cambio climático, y locales, como la ICU.
2. El realizar un **estudio normativo ambiental y regulación en materia ambiental** puede generar un marco regulatorio comunitario que incorpore lineamientos ambientales en el reglamento interno del fraccionamiento Barrios de Arboledas. Este marco permitiría regular el uso de materiales, el manejo de áreas verdes y las prácticas de movilidad, además de integrar la resiliencia comunitaria como un eje central. Esto aseguraría la permanencia de prácticas sostenibles que contribuyan a la mitigación de problemas ambientales como el calentamiento global y la ICU a largo plazo.
3. En el ámbito de la construcción es pertinente hacer un **estudio sobre el uso de materiales sustentables** para la elaboración de un manual técnico que promueva materiales locales, altos en albedo y permeables. Estos materiales reducen la absorción de calor y favorecen la evapotranspiración, impactando

directamente en la disminución de la temperatura superficial que contribuyen en la mitigación de la ICU.

4. **La realización de un estudio integral de superficies verdes y vegetación existente** de carácter cuantitativo y cualitativo permitirá elaborar un diagnóstico detallado de las áreas verdes, con el fin de valorar la pertinencia de implementar campañas forestales municipales y proyectos complementarios como huertos familiares en azoteas o superficies impermeables, orientados a reducir los efectos de la ICU. Estas acciones contribuirían de manera significativa a incrementar las sombras, mejorar la captación de carbono, regular la temperatura local y contribuir a la resiliencia comunitaria frente al calor extremo.

REFLEXIÓN EPISTEMOLÓGICA

La actual crisis ambiental que enfrenta la humanidad tiene un origen antropogénico, en general, el comportamiento de la sociedad y las actividades humanas han ocasionado la sobreexplotación de los recursos naturales. Por otra parte, el alto consumo de bienes y servicios que caracterizan el generalizado estilo de vida actual ha generado un incremento en su producción poniendo en peligro nuestro planeta, así como la continuidad del ser humano. Esta crisis es reflejo del modelo económico predominante que nos ha conducido al consumismo sin considerar los graves impactos ambientales.

El avance científico y tecnológico, además de la separación cada vez más evidente entre el ser humano y el entorno natural han provocado, en gran medida, los problemas ambientales que hoy enfrenta la humanidad: el cambio climático, el calentamiento global, los gases de efecto invernadero, la isla de calor urbana (ICU), entre otros. Asimismo, la acción gubernamental y las políticas ambientales han sido insuficientes para prevenir o mitigar los efectos de las acciones antropogénicas sobre el medio ambiente, esto es un llamado de atención urgente para enfrentar la crisis ambiental desde la sociedad, al ser esta la principal causante de problemas ambientales como la ICU.

Para contribuir a la mitigación de la ICU, como fenómeno complejo, es importante generar conocimiento específico y detallado a nivel barrial, con un enfoque socio-territorial. Bajo esta perspectiva, es fundamental el reconocimiento de las particularidades de cada contexto, es decir, de las características y dinámicas socioambientales que se llevan a cabo en el territorio. Además, el conocimiento no puede ser universal ni homogéneo, si queremos abordar problemas como la ICU. Debe entenderse que cada ciudad, comunidad y barrio, tienen dinámicas que determinan la pertinencia y efectividad de las estrategias a implementar.

El desarrollo de competencias clave para la sostenibilidad y los cambios de comportamiento a nivel barrial fomentan sociedades ambientalmente responsables. Estas acciones contribuyen a la mitigación de la ICU y otros problemas ambientales, como el cambio climático.

La educación ambiental es una solución viable, ya que promueve prácticas sostenibles, modifica estilos de vida, desarrolla la conciencia ambiental y fomenta la participación en acciones comunitarias. La colaboración vecinal es fundamental para

lograr un desarrollo de competencias que genere cambios reales en la comunidad, lo que resalta la importancia de construir conocimiento colectivo.

En el caso de estudio, se resalta la importancia de la educación informal como un componente fundamental de la educación ambiental, la cual sienta los cimientos para el desarrollo de las competencias clave para la sostenibilidad. Las campañas informativas, los talleres y las actividades socioculturales deben ser diseñados de acuerdo con las características de la comunidad y fomentar el sentido de pertenencia, el desarrollo de la participación activa y el bien común para generar un cambio en la manera de pensar de la sociedad y poder desarrollar una ciudadanía sostenible.

La ICU es un fenómeno bien documentado a escala de ciudad, los estudios realizados están centrados en la determinación de su existencia, sus causas y factores vinculados con información cuantitativa con datos técnicos obtenidos de estaciones climatológicas, el método de recorrido o transectos a través de automóviles equipados con sensores para medir datos climatológicos y el estudio de superficies por medio de imágenes satelitales. Sin embargo, han sido insuficientes o inexistentes las soluciones integrales, es decir que contemplen la información cuantitativa y cualitativa que tiene que ver con el comportamiento de la sociedad y sobre cómo percibe el fenómeno, así como el trabajo para sensibilizar a la gente sobre el problema y la necesidad de desarrollar competencias clave para la sostenibilidad.

El enfoque de sistemas complejos permite comprender el problema desde la interacción de todos sus componentes. Esta complejidad, al considerar los ámbitos físico-espacial, sociocultural, económico, institucional y medioambiental, permite entrelazar las estructuras sociales, económicas y políticas del territorio. La solución a problemas ambientales como la ICU y el cambio climático requiere de un conocimiento que no deriva solo de las ciencias naturales, sino también de las ciencias sociales, para analizar los patrones de consumo, el comportamiento de la comunidad y las dinámicas que influyen en las decisiones que afectan al medio ambiente.

Esta investigación invita a replantear la forma en que se genera, aplica y comparte el conocimiento sobre la crisis ambiental, donde el cambio debe ser más inclusivo y colaborativo, al establecer las particularidades del contexto y fomentar la participación activa de la comunidad. Para hacer frente a los problemas ambientales es necesario transformar el estilo de vida, la forma en que se conoce y relaciona el mundo natural, el desarrollo de competencias clave para la sostenibilidad que puedan

impulsar un cambio real y duradero. Además, se debe promover un enfoque educativo que transmita información, que fomente una conciencia crítica ambiental y responsable, y que impulse un compromiso colectivo con el medio ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Alchapar, N., & Correa, E. (2015). Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas. *Informes de la Construcción*, 67(540). <https://doi.org/10.3989/ic.14.131>
- Alchapar, N., Correa, E., & Cantón, M. (2012). Índice de reflectancia solar de revestimientos verticales: potencial para la mitigación de la isla de calor urbana. *Ambiente Construído*, 12(3), 107–123. <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/issue/view/1682>
- Alchapar, N., Correa, E., & Lesino, G. (2011). Reflectividad Solar de revestimientos horizontales en la envolvente urbana y su capacidad para mitigar la Isla de Calor. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 28, 37–46. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/erma/article/view/1538/1486>
- Amirtahmasebi, R., Vuova, Z., & Fox, E. O. (2020). *La Nueva Agenda Urbana*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Habitat). <https://onu-habitat.org/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol>
- Arizpe S., L. (2019). *Cultura, transacciones internacionales y el Antropoceno*. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro regional de investigaciones multidisciplinarias.
- Asamblea General. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. <https://docs.un.org/es/A/42/427>
- Asamblea General. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://docs.un.org/es/A/RES/70/1>
- Bruno, K., Karliner, J., & Brotsky, C. (1999). *Greenhouse Gangsters vs. Climate Justice*. <http://www.corpwatch.org/climate>.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2013). *Ley Federal de Responsabilidad Ambiental*.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2022a). *Ley General de Cambio Climático*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2022b). *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2025). *Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Carabias, J., & Rabasa, A. (2017). *Cien años de políticas y normatividad ambiental*. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/9/4320/6.pdf>
- Carrera Maridueña, M., Carrera Maridueña, B., & Yance Carvajal, C. (2016). LAS 4R COMO ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL. *Revista Desarrollo Sostenible*, 9(27).
- Caruso, S. A. (2018). Crisis ambiental, pensamiento ambiental y creación de áreas naturales protegidas en Argentina. *Breves Contribuciones del Instituto de Estudios Geográficos*, 29.
- Congreso de la Ciudad de México. (2023). *Congreso CDMX aprueba reformas normativas para combatir islas de calor*. <https://www.congresocdmx.gob.mx/comsoc-congreso-cdmx-aprueba-reformas-normativas-combatir-islas-calor-4824-1.html>
- CONUEE. (2023). *Automovilista eficiente*. https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/automovilista-eficiente-movilidad-y-transporte_?state=published
- Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2025). *Opinión Consultiva OC-32/25* (Vol. 23). https://www.corteidh.or.cr/docs/opiniones/seriea_32_esp.pdf
- CREAMNN. (2025a). *Crea Madrid Nuevo Norte - Madrid se renueva, conservando su esencia*. <https://creamadridnuevonorte.com/>
- CREAMNN. (2025b). *Un Modelo Sostenible para Combatir la Isla de Calor Urbana*. <https://creamadridnuevonorte.com/noticia/isla-de-calor/>
- Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. (2000). The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, 41, 17–18.

<http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>

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.

Diario Oficial de la Federación. (1976). *Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Originada por la Emisión de Ruidos*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4912145&fecha=02/01/1976#gsc.tab=0

Diario Oficial de la Federación. (1982). *Ley Federal de Protección al Ambiente*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4709428&fecha=11/01/1982#gsc.tab=0

Dodman, D., Hayward, B., Pelling, M., Castán, V., Chow, W., Chu, E., Dawson, R., Khirfan, L., McPhearson, T., Prakash, A., Zheng, Y., & Ziervogel, G. (2022). Cities, Settlements and Key Infrastructure. En H.-O. Pörtner, D. Roberts, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 907–1040). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.008>

EPA. (2025, enero). *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)*. <https://www.epa.gov/>

Estenssoro Saavedra, J. F. (2007). Antecedentes para una historia del debate político en torno al medio ambiente: la primera socialización de la idea de crisis ambiental (1945 -1972). *Universum (Talca)*, 22(2). <https://doi.org/10.4067/s0718-23762007000200007>

Estrada Porrúa, F., Zavala Hidalgo, J., Martínez Arroyo, A., Raga, G., & Gay García, C. (2023). *Estado y perspectivas del cambio climático en México: un punto de partida*. <https://cambioclimatico.unam.mx/wp->

content/uploads/2023/11/estado-y-perspectivas-del-cambio-climatico-en-mexico-un-punto-de-partida-unam.pdf

Folke, C., Polasky, S., Rockström, J., Galaz, V., Westley, F., Lamont, M., Scheffer, M., Österblom, H., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Seto, K. C., Weber, E. U., Crona, B. I., Daily, G. C., Dasgupta, P., Gaffney, O., Gordon, L. J., Hoff, H., Levin, S. A., ... Walker, B. H. (2021). Our future in the Anthropocene biosphere. En *Ambio* (Vol. 50, Número 4, pp. 834–869). <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01544-8>

García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, métodos y fundamentación de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa.

Gartland, L. M. (2008). *Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas*. Routledge.

GlobalABC. (2024a). *Global Status Report for Buildings and Construction. Beyond foundations. Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector*. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/45095>

GlobalABC. (2024b). *Homepage | GlobalABC*. <https://globalabc.org/>

González, C., Santiago, G., & Mundo, J. (2023). La incidencia del ser humano en la Isla de Calor Urbana. Caso: Barrios de Arboledas, Puebla, México. En *Comunidades Vulnerables. Análisis y reflexiones para la reconstrucción territorial desde una mirada incluyente*. (pp. 162–173). <https://publicaciones.buap.mx/?q=content/libros-pdf>

González Gaudiano, E. J., & Meira Cartea, P. Á. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles educativos*, 42(168), 157–174. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59464>

Granados-Sánchez, J. (2021). Conceptos poderosos para la construcción de una ciudadanía sostenible. En *Enseñar y aprender geografía para un mundo sostenible* (OCTAEDRO, S.L., pp. 177–198). https://www.researchgate.net/publication/351230124_Conceptos_poderosos_para_la_construccion_de_una_ciudadania_sostenible

- Greenpeace. (2010). *México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación*. <https://www.greenpeace.org.mx>
- Health Canada. (2020). *Reducing urban heat islands to protect health in Canada. An introduction for public health professionals*. <https://www.canada.ca/en/services/health/publications/healthy-living/reducing-urban-heat-islands-protect-health-canada.html>
- Herbel, I. (2020). *Urban Heat Island: Assessment techniques, mitigation and applications in a post-socialist city*. Presa Universitara Clujeana.
- Hurtado, J. (2020). Algunas reflexiones en torno a la Ciudadanía Ecológica y su legislación en México. *Revista Quaestio Iuris*, 13(3). <https://doi.org/10.12957/rqi.2020.45898>
- 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 Amanzanada*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825218881>
- INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#microdatos>
- INEGI. (2022). *Marco Geoestadístico*. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#mapas>
- Instituto Nacional de Ecología. (s/f). *Manual 1. Principios de Medición de la calidad del aire*. Recuperado el 8 de enero de 2023, de <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-%20Principios%20de%20Medición%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>
- Instituto Nacional de Ecología. (2024). *Manual 1. Principios de Medición de la Calidad del aire*. <https://sinaica.inecc.gob.mx/>
- Internacional Energy Agency. (2022, marzo). *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021*. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>

- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. En *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3–32). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- 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 [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.* (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- IUGS. (2024). *The Anthropocene: IUGS-ICS Statement.* <https://www.iugs.org/post/the-anthropocene-iugs-ics-statement>
- Jáuregui, E. (1993). La isla de calor urbano de la ciudad de México a finales del siglo XIX. *Investigaciones Geográficas.* <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.14350/rig.59016>
- Kelbaugh, D. (2019). *The Urban Fix: Resilient Cities in the War Against Climate Change, Heat Islands and overpopulation.* Routledge.
- Kopnina, H., & Cherniak, B. (2016). Neoliberalism and justice in education for sustainable development: a call for inclusive pluralism. *Environmental Education Research*, 22(6), 827–841. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1149550>
- Lemus Flores, S. (2016). *Isla de calor en la Ciudad Puebla* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/302197>
- Li, D., Shen, X., & Wang, L. (2018). Connected Geomatics in the big data era. *International Journal of Digital Earth*, 11(2), 139–153. <https://doi.org/10.1080/17538947.2017.1311953>

- Library Dag Hammarskjöld. (2022). *Documentación de la ONU: Medio ambiente*. Naciones Unidas. Biblioteca Dag Hammarskjöld. <https://research.un.org/es/docs/environment/conferences>
- Lira Oliver, A., & Guevara Mon, A. B. (2017). *Cálculo del Índice de la Reflectancia Solar. Determinación y comprensión del Índice de la Reflectancia Solar como factor determinante del comportamiento térmico de las envolventes de los edificios y de los pavimentos*.
- Matos Meléndez, B. B., & Flores Guerrero, M. A. (2016). *Educación ambiental para el desarrollo sostenible del presente milenio* (Número 333.707 M433e). Ecoe Ediciones.
- Micheli, J. (2002). Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y sociedad*, 14(23). <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.22198/rys.2002.23.a712>
- Montero Peña, J. M., & Hernández Pérez, H. (2020). El desarrollo sustentable ante la encrucijada de los conceptos: una visión desde un pensamiento alternativo. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 511–517. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1739/1741>
- Morán Torres, E. F. (2015). El derecho ambiental y la participación ciudadana: hacia un vital punto de encuentro en México y el mundo. *Anuario da Faculdade de Dereito da Universidade da Coruña*, 19, 79–93. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5403404>
- Murga-Menoyo, 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>
- Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Naciones Unidas. (2018). *Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe*.

- Naciones Unidas. (2020). *Directrices comunes de las Naciones Unidas para contribuir a la creación de sociedades resilientes*.
- Nath, S., Shyanti, R. K., & Nath, Y. (2021). Influence of anthropocene climate change on biodiversity loss in different ecosystems. En S. Singh, P. Singh, S. Rangabhashiyam, & K. K. Srivastava (Eds.), *Global Climate Change* (pp. 63–78). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822928-6.00001-0>
- 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
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge University Press.
- ONU-Habitat. (2018, octubre 30). *Ciudades Resilientes*. <https://onu-habitat.org/index.php/ciudades-resilientes?highlight=WyJyZXNpbGllbmNpYSJd>
- OpenStreetMap. (s/f). *Satélite mapa del Mundo // Mapa de la Tierra servicio en línea*. Recuperado el 27 de noviembre de 2023, de https://satellites.pro/Mapa_del_Mundo
- Orden Jurídico Poblano. (2013). *Ley de Cambio Climático del Estado de Puebla*.
- Pardo Buendía, M., & Ortega, J. (2018). Justicia ambiental y justicia climática: el camino lento pero sin retorno, hacia el desarrollo sostenible justo. *Barataria. Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, 24, 83–100. <https://doi.org/10.20932/barataria.v0i24.415>
- PNUD. (2023, julio 5). *El cambio climático es un asunto de justicia: he aquí por qué*. <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/el-cambio-climatico-es-un-asunto-de-justicia-he-aqui-por-que>
- Ramírez Guevara, S. J., Galindo Mendoza, M. G., & Contreras Servín, C. (2015). Justicia ambiental. *Culturales*, Vol 3, Núm 1, 225–250. <https://culturales.uabc.mx/index.php/Culturales/issue/view/30>

- Ramírez Hernández, R. (2024). Expansión urbana y clima en las ciudades mexicanas. Un análisis del crecimiento, usos de suelo y clima urbano en México. *Investigaciones Geográficas*, 114. <https://doi.org/10.14350/rig.60852>
- Reynosa Navarro, E. (2015). *Crisis ambiental global. Causas, consecuencias y soluciones prácticas*. GRIN Verlag GmbH. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25344.12807>
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., Von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., ... Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9. <https://doi.org/doi/epdf/10.1126/sciadv.adh2458>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. J., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472–475. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/461472a>
- Roldán-Arcos, S., Pérez Martín, J. M., & Esquivel Martín, T. (2022). Educación para la Justicia Ambiental: ¿Qué Propuestas se están Realizando? *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 11(2), 11–27. <https://doi.org/10.15366/riejs2022.11.2.001>
- Rufato Machado, I. B. (2021). La necesidad de resiliencia en las ciudades frente el reto del cambio climático. *PerCursos*, 22(49), 152–170. <https://doi.org/10.5965/1984724622492021152>
- Schlosberg, D., & Coles, R. (2016). The new environmentalism of everyday life: Sustainability, material flows and movements. *Contemporary Political Theory*, 15(2), 160–181. <https://doi.org/10.1057/cpt.2015.34>
- Secretaría de Economía. (2016). *NMX-U-125-SCFI-2016, Industria de la Construcción-Edificaciones-Revestimientos para techo con alto Índice de Reflectancia Solar especificaciones y métodos de ensayo*.

<http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-u-125-scfi-2016.pdf>

SEDEMA. (2018). *NADF-009-AIRE-2017*.
<http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/NADF-009-AIRE-2017.pdf>

Segovia Cuéllar, A. (2017). *Antropoceno: Una mirada desde la historia humana y la ética ambiental*. 12. <https://doi.org/10.18270/rcb.v12i1.1988>

SEMARNAT. (2019). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2018*.
<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>

SMADSOT. (2023). *Calidad del aire*.
<https://calidaddelaire.puebla.gob.mx/views/principal.php>

SSAOT. (s/f). *Programa de Gestión de la Calidad de Aire del Estado de Puebla 2012 - 2020*. Recuperado el 27 de mayo de 2023, de https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/proaire/10_ProAire%20Puebla.pdf

Steffen, W., Leinfelder, R., Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Williams, M., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Crutzen, P., Edgeworth, M., Ellis, E. C., Fairchild, I. J., Galuszka, A., Grinevald, J., Haywood, A., Ivar do Sul, J., Jeandel, C., McNeill, J. R., Odada, E., ... Schellnhuber, H. J. (2016). Stratigraphic and Earth System approaches to defining the Anthropocene. En *Earth's Future* (Vol. 4, Número 8, pp. 324–345). <https://doi.org/10.1002/2016EF000379>

Svampa, M. (2020). ¿Hacia dónde van los movimientos por la justicia climática? *Nueva Sociedad*, 286, 107–121. <https://nuso.org/revista/286/la-globalizacion-de-la-protesta/>

The City of New York. (2017). *Cool Neighborhoods NYC. A Comprehensive Approach to Keep Communities Safe in Extreme Heat*. https://www.nyc.gov/assets/orr/pdf/Cool_Neighborhoods_NYC_Report.pdf

Tomalka, J., Hunecke, C., Murken, L., Heckmann, T., & Cronauer, C. (2024). *Stepping back from the precipice: Transforming land management to stay within planetary boundaries*. <https://doi.org/10.48485/pik.2024.018>

- Tong, S., Samet, J. M., Steffen, W., Kinney, P. L., & Frumkin, H. (2023). Solidarity for the Anthropocene. *Environmental Research*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116716>
- Trischler, H. (2017). El Antropoceno, ¿un concepto geológico o cultural, o ambos? *Desacatos*, 54, 40–57.
- Tzoni Barranco, 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://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000738813
- UNEP. (2020). *Emissions Gap Report 2020*. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>
- UNESCO. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>
- UNFCCC. (2022a). *¿Qué es el Protocolo de Kyoto? | CMNUCC*. https://unfccc.int/es/kyoto_protocol
- UNFCCC. (2022b). *Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático | CMNUCC*. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN). (1980). *Estrategia mundial para la conservación. La conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido*.
- United Nations. (1972). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano*.
- United Nations. (2022). *Conferencias | Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. United Nations. <https://www.un.org/es/conferences/environment>
- US Green Building Council. (2025). *LEED rating system*. <https://www.usgbc.org/leed>

Vives Rego, J. (2013). El ciudadano ecológico: reflexiones sobre algunos contextos sociales y elementos cosmovisionales. *Sociology and Technoscience*, 1(3), 83–104.

World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines*.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>

World Meteorological Organization. (2025). *Ola de calor*.
<https://wmo.int/topics/heatwave>

Índice de Figuras

Figura 1. Crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Puebla.	4
Figura 2. Localización del Fraccionamiento Barrios de Arboledas.	5
Figura 3. Ámbitos de estudio.	8
Figura 4. Esquema del documento.	13
Figura 5. Reflejo y absorción de la radiación solar en áreas rurales y urbanizadas. .	20
Figura 6. Zonas de atención prioritaria de la ciudad de Puebla.	22
Figura 7. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la relación con los Objetivos de Desarrollo del Milenio.	33
Figura 8. Fundamentos conceptuales.	41
Figura 9. Línea cronológica del marco legal sobre el cambio climático y la isla de calor urbano.	60
Figura 10. Datos generales.	75
Figura 11. Áreas impermeables.	78
Figura 12. Desplazamiento de áreas verdes.	78
Figura 13. Áreas permeables e impermeables.	80
Figura 14. Izq. Casa habitación; Der. Vista satelital.	81
Figura 15. Irradiación solar.	82
Figura 16. Superficies horizontales.	84
Figura 17. Evolución de las temperaturas máxima, media y mínima anual (2006–2024).	87
Figura 18. Evolución de las temperaturas mínima, media y máxima mensual (2006– 2024).	88
Figura 19. Calidad del aire, partículas suspendidas PM ₁₀ (2014-2021).	94
Figura 20. Calidad del aire, partículas suspendidas PM _{2.5} (2014-2021).	94
Figura 21. Calidad del aire. Ozono - O ₃ (2014 al 2021).	95
Figura 22. Vialidades y servicios.	97
Figura 23. Asentamientos urbanos de atención no prioritaria.	99
Figura 24. Rangos de grupos etarios de los habitantes de Barrios de Arboledas. .	103
Figura 25. Áreas verdes pequeñas (160 m ²), Izq. calle Astomba, Der. calle San Antonio.	104
Figura 26. Área verde (6,376.50 m ²), calle La Merced.	104
Figura 27. Actividades diarias en vialidades y áreas verdes.	105

Figura 28. Áreas verdes o vegetación en los hogares.	106
Figura 29. Percepción de sensación térmica al interior de las viviendas de los colonos de Barrios de Arboledas.	107
Figura 30. Percepción de sensación térmica exterior en el Fraccionamiento Barrios de Arboledas.	108
Figura 31. Percepción sobre diferentes fenómenos ambientales.	108
Figura 32. Afectaciones a la salud.	109
Figura 33. Percepción de patrones de uso de energía.	114
Figura 34. Hábitos de consumo de energía eléctrica.	115
Figura 35. Hábitos de consumo de gas.	115
Figura 36. Movilidad dentro de Barrios de Arboledas.	117
Figura 37. Movilidad a lugares cercanos.	119
Figura 38. Compartir automóvil para trasladarse a diferentes partes.	121
Figura 39. Consumo de alimentos.	122
Figura 40. Consumo de productos.	122
Figura 41. Aplicación de la estrategia de las 4R.	123
Figura 42. Aplicación de la estrategia de las 4R.	124
Figura 43. Esferas del Comité para el Desarrollo Sostenible de Barrios de Arboledas.	127
Figura 44. Organigrama del Comité para el Desarrollo Sostenible de Barrios de Arboledas.	128
Figura 45. Reunión con la Secretaría del Bienestar y Participación Ciudadana.	129
Figura 46. Ofrenda izq. (26-10-2021) y der. (28-10-2021).	132
Figura 47. Taller “Construye tu huerto familiar”.	133
Figura 48. Taller de “Manualidades con reciclado”, trabajando con una persona adulta mayor con problemas de movilidad.	134
Figura 49. Taller de “Manualidades” con niños y padres.	134
Figura 50. Capacitación del OOSL.	136

Índice de Tablas

Tabla 1. Síntesis de causas y factores de las islas de calor urbanas.....	23
Tabla 2. Historia de la educación ambiental.....	34
Tabla 3. Tipos de educación ambiental.....	35
Tabla 4. Competencias clave para la sostenibilidad.....	37
Tabla 5. Créditos LEED.....	64
Tabla 6. Años de residencia de los habitantes de Barrios de Arboledas.....	76
Tabla 7. Clasificación de materiales en superficies horizontales y superficies verticales.	83
Tabla 8. Análisis comparativo del albedo e IRS de materiales en superficies horizontales, Barrios de Arboledas.....	85
Tabla 9. Efectos a la salud por exposición a contaminantes.....	90
Tabla 10. Comunicación de riesgo	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11. Estaciones de la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico.....	92
Tabla 12. Causas y factores de la isla de calor urbana presentes en Barrios de Arboledas.....	98
Tabla 13. Asentamientos de atención no prioritaria en relación con las causas de la ICU.....	100
Tabla 14. Percepción del cambio de la temperatura ambiente por edades.....	107
Tabla 15. Competencias para la sostenibilidad en Barrios de Arboledas.....	130
Tabla 16. Curso-Taller de Hábitos Sostenibles.....	140
Tabla 17. El desarrollo de competencias clave para la sostenibilidad.....	141
Tabla 18. Diagnóstico de los talleres.....	142
Tabla 19. Tabla de la vinculación entre las estrategias y competencias claves para la sostenibilidad.....	144