

Impacto social del fenómeno denominado Isla de Calor Urbana ICU, en el Centro Municipal n° 7 del Barrio Las Mercedes de Asunción. Mediciones de septiembre del 2023

Nery Andrés Velázquez Gauto

nery.andres@hotmail.es

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Paraguay

Resumen

Las islas de calor son fenómenos de origen térmico que se producen en zonas urbanas y que afectan en la climatización de los edificios, este aumento de las temperaturas en la Megápolis involucra múltiples factores en el índice de confort térmico humano, e incide directamente en la salud. Los ambientes se van calentando progresivamente a medida que las tendencias del cambio climático se hacen más radicales y globales.

La ciudad de Asunción es bastante cálida teniendo en cuenta la ubicación territorial del país, con este estudio, se busca analizar las repercusiones de altas temperaturas con cifras medibles científicamente, utilizando como muestra un espacio municipal ubicado en el barrio las Mercedes de la Capital Paraguaya para poder describir los fenómenos térmicos y su influencia en los habitantes más cercanos. La investigación demuestra las incidencias de las zonas densamente pobladas, y la importancia de la función de los árboles para el equilibrio térmico urbes.

Palabras Clave

Isla de calor, temperatura, áreas urbanas, cambio climático.

**Social impact of the phenomenon called ICU Urban Heat Island, in the
Municipal Center n° 7 of the Las Mercedes Neighborhood of Asunción.
September 2023 measurements**

Abstract

Heat islands are phenomena of thermal origin that occur in urban areas and that affect the air conditioning of buildings, this increase in temperatures in the Megapolis involves multiple factors in the human thermal comfort index, and directly affects health. Environments are progressively warming as climate change trends become more radical and global.

The city of Asunción is quite warm considering the territorial location of the country, with this study, it seeks to analyze the repercussions of high temperatures with scientifically measurable figures, using as a sample a municipal space located in the Las Mercedes neighborhood of the Paraguayan Capital to be able to describe the thermal phenomena and their influence on the nearest inhabitants. The research demonstrates the incidences of densely populated areas, and the importance of the function of trees for thermal balance in cities.

Keywords

Heat island, temperature, urban areas, climate change.

Introducción

La adopción de nuevos puntos de vista respecto a la situación del cambio climático, ha establecido nuevas pautas para la transformación mundial en un carácter más integral, el año 2015 ha sido un episodio trascendental para las naciones unidas, ya que se establecieron los objetivos de desarrollo sostenible con más de 150 jefes de estado que se reunieron para consensuar una agenda con miras al año 2030, y cuyo contenido describan las aplicaciones universales de 17 puntos vitales para el mundo desde el 1 de enero de 2016.

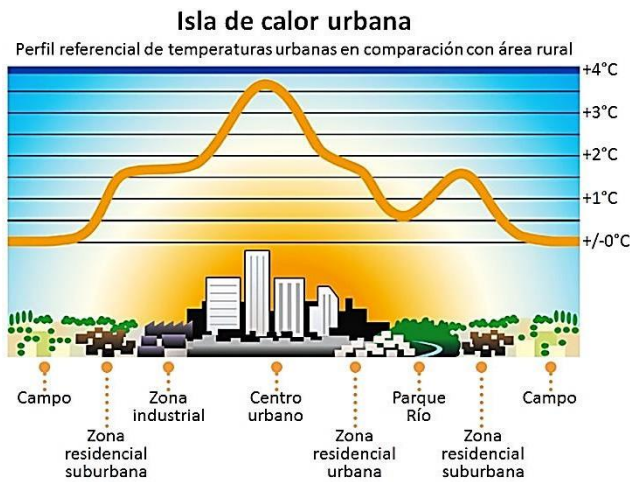
Los objetivos de Desarrollo sostenible ODS, son herederos de los objetivos de desarrollo del milenio, con los cuales se pretenden ampliar y alcanzar los éxitos, y lograr aquellas metas no obtenidas.

Estos nuevos objetivos representan un desafío para los países ricos y pobres o de ingresos medios, a promover medidas prosperas salvaguardando el planeta. Y reconocen que las políticas para acabar la pobreza deben ir de la mano con el crecimiento económico satisfaciendo las necesidades sociales. En las que aparecen factores importantes como la educación, la salud, la protección social y las oportunidades de empleo que miren con perspectivas que luchen contra el cambio climático y la protección del medio ambiente.

A pesar que estos objetivos no son jurídicamente obligatorios, se espera que todos los gobiernos inmersos lo adopten y se establezcan marcos legales nacionales según su propia realidad, los países tienen la responsabilidad de poder medir el cumplimiento de los objetivos, por lo cual es vital recabar los datos de forma fiables y accesibles, ya que estos análisis y seguimientos nacionales y regionales luego pasaran a un estudio internacional y mundial. (Naciones Unidas, 2019).

Según alerta el último informe del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la mayor red científica del mundo dedicada a estudiar este fenómeno, los efectos del calentamiento global podrían producir en este siglo distintos desplazamientos poblacionales (sobre todo en zonas litorales que se verán afectadas por la subida del nivel del mar, las inundaciones y la erosión de las costas), descenso de cosechas o agravamiento de la salud. Junto a ello, apunta además que, de forma indirecta podrían existir riesgo de producirse, a causa de tal motivo, conflictos violentos (e incluso guerras civiles) o un aumento severo de la pobreza. (IPCC,2014).

Las islas de calor o islas térmicas urbanas, se refieren al grado térmico que se observa entre los espacios urbanos densamente ocupados y construidos y la periferia rural o periurbana. El patrón espacial clásico de la isla térmica urbana es concéntrico (EPA, 2009), o en forma de domo si observáramos una sección transversal de la ciudad, con más altas temperaturas en las áreas más céntricas o densamente construidas, que descienden progresivamente hacia la periferia (Figura 1). Este patrón o gradiente térmico, se asocia a una progresiva pérdida del entorno vegetal natural, intra y peri urbano, substituyéndolo por



superficies impermeables, como el concreto, asfalto, ladrillo y otros materiales de construcción, que alteran el balance hídrico y radiactivo superficial, lo que induce, en consecuencia, a un aumento de la temperatura en las áreas urbanas (Chen et al., 2006, EPA, 2009, Córdova, 2011).

Figura 1. Perfil típico de la isla de calor.

Fuente: EPA, 2009. Urban Heat Island Basics, Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies.

La expansión urbana que experimentan las ciudades, está asociada con numerosos problemas ambientales, uno de estos es la Isla de Calor Urbana (ICU). Ésta, está definida como la diferencia de temperatura entre el área urbana y sus alrededores. Asimismo, es el resultado de dos procesos diferentes pero asociados; el primero y más importante, la modificación en la cobertura del suelo como resultado del proceso de urbanización que transforma las superficies con materiales impermeables como el asfalto y el concreto. La segunda, hace referencia a las actividades en la ciudad principalmente el transporte y la industria debido a las emisiones térmicas que contribuyen al calentamiento urbano (Oke, 2009).

El tema es cada día más importante debido a la tendencia mundial hacia la urbanización y el crecimiento disperso de las ciudades, así como porque la ICU tiene implicaciones directas en la calidad del aire, la salud pública, la gestión energética y en la planeación urbana. Por ello, esta problemática se ha convertido en uno de los principales desafíos relacionados con el proceso de urbanización, ya que el aumento de la temperatura asociada a la ICU tiende a exacerbar los problemas antes mencionados (Tan, *et. al.*, 2010).

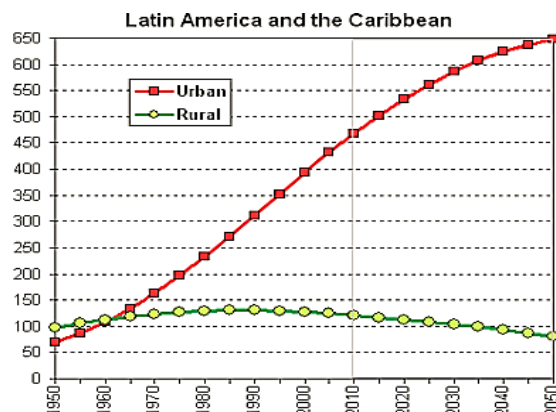
En los últimos años, a raíz de las cada vez más intensas olas de calor que afectaron importantes ciudades norteamericanas y europeas (2003- 2010), el análisis de las islas térmicas urbanas, han tomado un renovado interés en las comunidades de científicos que estudian el ambiente y el clima urbano, debido fundamentalmente a que el impacto de las olas de calor, se ve magnificado por la formación de la isla térmica en las áreas urbanas (UN-Habitat, 2011).

En consecuencia, estos eventos de calor se acompañan también de una alta incidencia de incendios forestales y otros fenómenos atmosféricos como la calima, por el aumento de material particulado en suspensión y la intensificación de la niebla por el humo de los incendios, que ocasiona un incremento en la morbilidad y mortalidad por patologías asociadas al calor, cuadros alérgicos y respiratorios (CDC, 2010).

Según las previsiones de importantes agencias ambientales y climáticas como el Panel Intergubernamental de Cambio Climático-IPCC (IPCC, 2007) y la Organización Mundial de Meteorología-OMM (OMM, 2011), la intensificación en la ocurrencia de las olas de calor puede estar vinculada a los efectos del cambio climático, de allí la importancia de monitorear estos eventos, así como la intensidad y extensión de la isla térmica en las áreas urbanas. En el contexto latinoamericano esta labor reviste particular importancia, debido a que las ciudades en el año 2010 (Córdova Sáez, 2010)¹, albergaban alrededor del 90% de la población (United Nations, 2009, figura 2).

Figura 2. Crecimiento de la población rural y urbana en América Latina.

Fuente: World urbanization prospects: The 2009 revision (United Nations, 2009).



La población urbana de Paraguay se ha incrementado en un 22% en las últimas cuatro décadas, pasando de un 37% del total en 1974 a un 59 % en la actualidad. Los flujos migratorios campo ciudad se intensificaron significativamente a partir de los años noventa, especialmente hacia el Área Metropolitana de Asunción (AMA) que actualmente concentra al 65% del total de la población urbana y casi el 40% del total de la población del país.

¹ Córdova Sáez, K (2010). Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbano, en el ambiente y la salud humana. Análisis estacional comparativo: Caracas, octubre - 2009, marzo - 2010. Revista Terra Nueva vol. XXVII, núm. 42, julio-diciembre, 2011, pág. 97 al 99.

El Área Metropolitana de Asunción (AMA), abarca a la capital Asunción y a 33 municipios, de los cuales 11 son del Departamento Central, el resto son colindantes y se expande como una mancha urbana continua, de aproximadamente 285500 Ha, que ha crecido sin la adecuada planificación urbana y territorial, presentando graves déficit en infraestructuras, servicios básicos y equipamientos sociales, causando efectos negativos en el bienestar socio-económico de la población y daños ambientales por la perdidas de grandes masas de vegetación (BID, 2014).

La sustitución de los espacios naturales por espacios urbanos y el consecuente incremento de las fuentes artificiales de calor, constituye uno de los principales factores de la formación del fenómeno Isla de Calor Urbana (ICU) (Oke, 1995). Este fenómeno es una consecuencia derivada de las actividades humanas, representado por grandes cambios en propiedades radiactivas, térmicas, humedad y aerodinámicas en comparación con el entorno natural. Isla de calor urbana es el nombre que se usa para describir el calor característico tanto de la atmósfera como de las superficies en las ciudades (o áreas urbanas) comparadas con sus entornos no urbanizados (área vegetal).

En la actualidad, la mayoría de los estudios sobre ICU han tenido lugar en ciudades densamente pobladas, este tipo de estudios son escasos en las ciudades del Paraguay.

Las investigaciones realizadas sobre el tema se han enfocado principalmente a la identificación y análisis del comportamiento térmico dentro de los espacios urbanos, así como al establecimiento de estrategias de mitigación. (Akbari & Rose, 2001).

Metodología

El método empleado es la observación y el trabajo in situ ver (tabla 1), de toda la superficie del centro Municipal N°7, con el fin de la medición de temperaturas con instrumentación infrarroja.

Tabla 1. Métodos y área de estudio.

Fuente: Propia del autor (2023)

Tipo de estudio:	Cuali-cuantitativo.
Área estudiada:	Área:5,657.73 m ² (60,899.25 pies ²) Perímetro:329.68m (1,081.63 pies)
Método:	Analítico y deductivo.

Los sitios elegidos son los puntos más críticos según el investigador, ellos corresponden a la zona de estacionamientos, la cancha deportiva hecha de pavimento y los medios de transporte a la institución

tales como la Av. Gral. Santos de tipo asfaltado, la calle intendentes militares de tipo asfaltado, y la calle Francisco Cusmanich de tipo empedrado.

Además, se puntualiza el estudio de la diferencia de temperaturas, entre los lugares con

intervención humana respecto a la ubicación de áreas verdes. (ver figura 3)

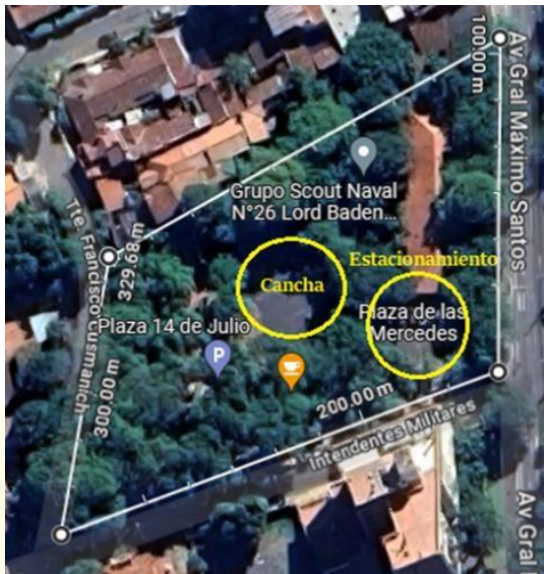


Figura 3. Imagen satelital del área estudiada.

Fuente: Propia del autor (2023)

Para ello se usa un termómetro digital (figura 4) ergonómico que permite ser utilizado durante muchas horas sin que su uso signifique una pérdida de precisión.

Figura 4. El termómetro digital Infrarrojo Benetech.

Fuente: Internet.

“Trabaja en un rango de -50 °C a 320 °C, por lo que resulta especialmente recomendable para objetos sometidos a altas temperaturas. Es un instrumento de alta resolución, dotado con pantalla LCD con luz de fondo, lo que permite la obtención de datos de forma clara, es de bajo consumo de energía, portátil y cómodo de manejar, pero también seguro, debido a la resistencia de su material de aislamiento”²

Generalmente se utiliza con el fin de poder medir los objetos que emiten calor y poder verificar la efectividad de los disipadores. Además, su diseño de pistola hace su uso de forma más sencilla para sujetar el mango y disparar hacia el objeto de medición a través de rayos infrarrojos que se emiten a distancia.

Resultados

Los resultados presentados en esta investigación se dividen en 2 áreas fundamentales por una parte la medición de lugares con alta incidencia térmica como en el estacionamiento y la cancha del centro Municipal N°7 de Asunción construidos básicamente con materiales de tipo asfalto y por otra los lugares con mayor cantidad de árboles, como el parque aledaño denominado 14 de Julio.

La medición de temperaturas con el termómetro infrarrojo comienza a las 11:21 am, el día 20 de septiembre del 2023, observando una temperatura de 30C° según la dirección de meteorología e hidrología del Paraguay, se procede a hacer las mediciones correspondientes en el recinto (ver tabla 2), de la institución comenzando en el

² Ver: <https://medidordeph.com/termometro-infrarrojos-benetech.html> recuperado el 21 de septiembre del 2019.

estacionamiento donde se puede observar una temperatura bastante elevada observándose 50,5 C° sobre el suelo respectivamente que también pueden elevarse debido a la ubicación de vehículos de material metálico que irradian el calor ambiental.(ver figura 5).



Figura 5. Estacionamiento del centro municipal N°7.

Fuente: Propia del autor (2023).

Esto pudo comprobarse con mediciones de coches de colores claros y oscuros

tanto dentro como fuera del estacionamiento, encontrándose un coche de Marca Hiunday San Fe de color negro que dio una temperatura récord de 62,7 C°, debido al fenómeno de absorción de calor y otro de color blanco de marca Hiunday Tucson con una temperatura de 34,7 C° respectivamente.

Tabla 2. Resultados de medición en el lugar de estudio.

Fuente: Propia del autor (2023).

Espacios Medidos	Mediciones en Grados Celsius C°
Estacionamiento de vehículos.	Intemperie: 50,5 C° Sombra: 23,8 C°
Auto en calles aledañas.	Blanco: 34,7 C° Negro: 62,7 C°
Cancha.	Intemperie: 45,8 C° Sombra: 21,1 C°
Av. General Santos.	Intemperie: 46,3 C° Sombra: 31,6 C°
Calle Intendentes Militares.	Intemperie: 50,6 C° Sombra: 30,0 C°
Calle Francisco Cusmanich.	Intemperie: 32,2 C° Sombra: 20,4 C°

Parque.	Intemperie: 18,7 C°
Jardín.	Sombra: 20 C°

Por otra parte, la cancha también posee una temperatura bastante elevada mostrándose

una temperatura de 45,8 C° sobre el suelo, esto es también debido al material de tipo asfalto que posee una alta capacidad aislante pero muy poca capacidad de disipación.

En las avenidas aledañas podemos ver un fenómeno muy parecido y coincidente en el uso de la pavimentación, por ello sobre la Av. Gral. Santos se pudo medir una temperatura de 46,3 C° en sol y 30 C° en sombra, en las calles Intendentes Militares de la guerra del chaco (ver figura 6) se pudo tener una medida de 50,6 C°, superior a la calle Gral. Santos debido a la nula cantidad de árboles en una de las aceras de la cuadra.

Figura 6. Medición de temperatura en sombra sobre la Calle Intendentes Militares de la Guerra del chaco.



Fuente: Propia del autor (2023).

Además, se pudo observar un hecho interesante sobre la calle Francisco Cusmanich donde las medidas alzaron el resultado de 32,2 grados celsius y en

sombra 20,4 C°, estos valores se dieron por la ubicación de árboles en las 2 veredas de la calle en la zona de estudio y la existencia de un árbol de Mango en la calle misma. Este árbol citado en la arteria genera un descenso considerable de la temperatura en un radio de 4 metros a la redonda (ver figura 7), es por ello que se recomienda que en las ciudades emergentes los árboles puedan ser tolerados en arterias no tan concurridas y que posean las dimensiones mínimas para el debido tránsito.

Figura 7. Árbol en vía de transporte.



Fuente: Propia del autor (2023).

Luego de las observaciones dadas en las calles adyacentes, se sacan muestras del jardín donde las medidas

lanzan mediciones de 20 grados Celsius, que demuestran una medida bastante agradable teniendo en cuenta la cercanía a la Av. Gral Santos, donde la temperatura del asfalto más el tránsito constante eleva bastante el calor, esto demuestra que los jardines en las fachadas y lugares cercanos a los lugares con altas temperaturas son reguladoras seguras y fiables de la temperatura ambiental.

Discusión

La isla de calor Urbana ICU debe ser comprendida y estudiada, por todas las ciudades que sopesan altas temperaturas ya que influyen directamente en aspectos del desarrollo social y en la salud humana. Paraguay no escapa a la realidad del cambio climático, por lo que urge la toma de medidas y políticas de mitigación para frenar los efectos secundarios en la capital del país subtropical.

Esta investigación fue dirigida en un punto particular de la ciudad específicamente en el barrio las Mercedes, es una muestra pequeña de los cientos de casos urbanos que tienen que ver con este fenómeno de isla de Calor urbana ICU, no obstante, es de vital importancia estudiar casos más grandes para poder visualizar el alcance global de toda la ciudad de Asunción.

Este estudio fue elaborado en primavera en el mes de septiembre del 2023, en un día bastante convencional térmicamente, pero que de igual forma demuestra los resultados de los materiales constructivos y en las incidencias de altas temperaturas en la ciudad.

Un aspecto importante a la hora de medir las temperaturas superficiales es la emisividad de una superficie ya que es un factor importante dentro de las posibilidades de reducir el calor y mejorar el aislamiento térmico.

La emitancia de un material se refiere a su capacidad para liberar el calor absorbido. Los especialistas usan un número entre 0% y 100%, la mayoría de los materiales para cubiertas pueden tener valores de emitancia de hasta un 85% según sea el material y frecuencias de color.

Los colores se pueden clasificar en base a su comportamiento de radiación, el coeficiente de emisión describe el comportamiento de un cuerpo. Por lo tanto, el coeficiente de emisión de un cuerpo negro es igual a «uno», lo que supone la máxima radiación a una determinada temperatura; en un cuerpo blanco, el coeficiente de emisión es igual a «cero», lo que indica la ausencia de radiación. (Gunt, 2023). Esto quiere decir que si se utilizan colores claros se refleja la luz y por tanto la radiación y los colores oscuros a la inversa conservan calor y la irradian.

Los datos más impactantes se observan en las diferentes temperaturas superficiales de las calles de alrededor del centro municipal N°7, que fueron medidos sobre la capa asfáltica

que duplican la temperatura del ambiente y los vehículos de metal en general con la peculiaridad de aquellos pintados con colores oscuros y opacos que cuadruplican o quintuplican las temperaturas, estos dos objetos demuestran ser los más calientes en los alrededores del área estudiada.

En paralelo con este hallazgo, los árboles demuestran ser los mejores ayudantes para frenar los rayos del sol y brindar temperaturas más agradables y saludables, los datos observados debajo de los arbustos midieron entre 8 o más de 10 grados Celsius menos de temperatura del ambiente circundante, además los mismos reducen los niveles de Dióxido de carbono emitidos por la quema forestal, de basura, o por los vehículos que utilizan combustibles fósiles.

Los datos históricos de los picos y récords de temperaturas de la última década como lo fue en Asunción en agosto del 2021 que llegó con máximas de hasta 38,4 C° un récord comparado a años anteriores (ABC,2021), nos explican que los efectos del cambio climático son totalmente un hecho, estos índices irán elevándose según los expertos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC según las siglas en Inglés, la mayor red científica del mundo dedicada a estudiar este fenómeno, llegando a 2 grados para el 2050 si no se toman medidas radicales ya.

Conclusión

Según las observaciones el desenvolvimiento social es bastante más fluido en las zonas con mayor armonía de temperaturas, el parque denominado 14 de julio que está ubicado, dentro del predio del centro municipal N°7 es uno de los lugares preferidos de niños y adultos, los niños para el recreo con juegos y los adultos para el descanso luego del almuerzo o de una jornada de trabajo.

Las sensaciones térmicas muy altas y la falta de ambientes más frescos repercuten en las actividades comerciales de los vendedores ambulantes de la zona, ya que existe poca cantidad de sombras, para poder vender sus productos, en comparación con otros sitios, Por otra parte, los golpes de calor de primavera y verano, pueden generar complicaciones generales en la salud y el orden social ya que existen personas de tercera edad y trabajadores que se dedican a la construcción, esto a la vez también puede generar ambientes muy secos que pueden desembocar en incendios y repercutir en la calidad de aire.

Para bienestar la edificación del centro municipal N°7 está construido debajo de árboles frondosos de tipo Yvyra Pyta y se compone de una fachada con un jardín frontal, lo que le supone un mejor ambiente para los funcionarios y contribuyentes que adquieren servicios

del lugar.

Lo que se puede deducir en grandes rasgos para el mejoramiento del entorno estudiado, es buscar las formas de reconvertir las zonas con altas temperaturas, como el estacionamiento y la cancha según las mediciones obtenidas, buscando optar en plantar árboles en el estacionamiento, y tratar de cambiar la composición de la construcción de la cancha a un material más armonioso con el medio ambiente como por ejemplo, adoquines, la tierra a cielo abierto para la absorción de agua de forma directa, o pasto natural.

Adicionalmente las temperaturas de las calles adyacentes podrían ser paleadas con un mayor cultivo de árboles, ya que no se visualizaron arbustos en algunas aceras de las calles estudiadas, lo que demuestra ser negativo para un entorno armónico en días de calor.

Estos múltiples factores citados anteriormente impactan también de forma directa en la economía ya que existe un mayor consumo de electricidad, debido al uso masivo e inconsciente de aires acondicionados incidiendo en los costes de pago por electricidad. Este problema no se limita al costo sino a la infraestructura y el colapso estatal en la distribución energética, que representa a la vez un mayor gasto en el presupuesto nacional para la compra de transformadores de inducción, cables y reparación de las subestaciones de electricidad, que en ocasiones terminan incendiándose.

Como análisis final se citan algunas recomendaciones de contingencia de los efectos de las islas de calor urbana en la ciudad de Asunción:

- El Paraguay debe cumplir su compromiso internacional y aumentar el presupuesto nacional para investigaciones y programas de desarrollo sostenible.
- La Municipalidad de Asunción debería promover y facilitar la construcción de viviendas sustentables, en un periodo no muy largo.
- Asunción debe liderar el cambio político en el área metropolitana, para la transformar las ciudades aledañas a modelos más sostenibles y ecológicos.
- El estado paraguayo debe generar campañas de concienciación ecológica obligatoria para todos los Asuncenos y en todas las ciudades del país con el fin de promover el cuidado de la naturaleza y el equilibrio de sus ecosistemas.
- Se deben cumplir las leyes, normas y ordenanzas estrictamente, para vigilar, fomentar y mantener las zonas verdes y controlar la contaminación del aire.
- No deben aprobarse planos de construcción de edificios o viviendas en la ciudad que no posean estándares básicos de hábitat y confort, es decir sin un planeamiento que

garanticé las condiciones climatológicas necesarias como falta de ventilación o fachadas mal direccionadas.

- Utilizar nuevos materiales de construcción como los isopaneles y otros con mayor reflectancia de los rayos del sol, para generar mayor aislamiento térmico y acústico, y contribuir al ahorro energético en temporadas de calor.
- Propagar nuevas tecnologías alternativas, como el uso de paneles fotovoltaicos o solares para mitigar el consumo eléctrico.
- Contribuir a la mayor plantación de árboles e implementar el uso de techos verdes.
- Los vehículos movidos con combustibles fósiles deben reemplazarse por otros menos contaminantes como los de motor eléctrico, y buscar el cambio del material de su composición por otros más ecológicos y reciclables.
- Los pavimentos impermeables tipo asfaltado obtenido artificialmente por destilación del petróleo mezcla de este mineral con cal, arena y otras sustancias deben cambiarse por otras técnicas de fabricación más sustentables que absorban agua y disipen calor.
- Deben financiarse estudios de mayor escala del fenómeno isla de calor, para poder estudiarlos de forma cíclica y general, e implementar estudios con SIG sistema de información geográfica y observaciones de campo de forma paralela.
- Crear mayores espacios de difusión y discusión a la opinión pública y científica sobre la problemática del cambio climático y las islas de calor urbana ICU.
- Crear un comité científico nacional interdisciplinario para hacer seguimientos en todos los aspectos referidos a las islas de calor Urbana y rural con el fin de la búsqueda de un nuevo paradigma más ecológico.
- Movilizar socialmente a los ciudadanos, hacia una visión política amigable con el ambiente, y capacitar líderes regionales para el cumplimiento de las obligaciones tendientes al cuidado del suelo.
- Propiciar cortometrajes, cines, artes y encuentros culturales para fomentar el cultivo masivo de árboles nativos en zonas densamente habitadas.

Referencias bibliográficas.

ABC (2021). "Récord históricos de temperaturas en varias ciudades" Recuperado el 6 diciembre del 2023 de: <https://www.abc.com.py/nacionales/2021/08/19/records-historicos-de-temperaturas-maximas-en-varias-ciudades/>

Akbari, H., & Rose, L. (2001). *Characterizing the Fabric of the Urban Environment*. En A Case Study of Chicago, Illinois. California: Lawrence Berkeley National Laboratory.

- BID. (2014). *Iniciativa de ciudades emergentes y sostenibles*. Plan de acción Área Metropolitana de Asunción Sostenible.
- Centers for Diseases Control and Prevention (CDC). (2010). *Calor extremo: guía de prevención para promover su salud y seguridad* [Online]: <http://www.bt.cdc.gov/disasters/extremeheat/es/heatguide.asp> [Consultado en: Septiembre, 2019].
- Chen, X. L., Zhao, M. Z., Li, P. X., Yin, Z. Y. (2006). *Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes*. Remote Sensing of Environment. 104, 133-146.
- Córdova Sáez, K (2010). *Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbano, en el ambiente y la salud humana. Análisis estacional comparativo*. Caracas, octubre - 2009, marzo 2010. Revista Terra Nueva vol. XXVII, núm. 42, julio-diciembre, 2011, pág. 97 al 99
- Gunt Hamburgt (2023).” Conocimientos básicos de la transferencia de calor, radiación térmica, cuerpos negros, blancos y grises”. Recuperado el 6 diciembre del 2023 de: Conocimientos básicos de la transferencia de calor (gunt.de)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, 104, pp., 2008, Ginebra, Suiza.
- Jianguo Tan, Y. Zheng, X. Tang, C. Guo, L. Li, G. Song, X. Zhen, D. Yuan, A. J. Kalkstein, F. Li y H. Chen. The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. Int J Biometeorol, 54:75–84. DOI 10.1007/s00484-009-0256-x (2010).
- Naciones Unidas (2019). *Agenda de Desarrollo Sostenible*. recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/> 18 septiembre 2019
- Oke, T. (1995). *The heat island characteristics of the urban boundary layer: Characteristics, causes and effects*.
- Oke, T. R. (2009). *nBoundary layer climates: Second edition. 2*. New York, NY: Routledge. ISBN: 978-0-415-04319-9.
- Organización Mundial de Meteorología (OMM) (2011). *Statement on the status of the global climate in 2010. N° 1074, 2011, ISBN 978-92-63-11074-9*, World Meteorological Organization, Ginebra, Suiza.

United Nations (2009). *World urbanization prospects: The 2009 revision*. [Online] Disponible en: <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm> [septiembre, 2019].

United Nations / Habitat (UN). (2011). *Global Report on Human Settlements 2011. Cities and Climate Change*, 68 pp, version en español: ISBN Number: 978- 92-1-132330-6, Rio de Janeiro, Brasil.

Voogt, J. A., Oke, T. R. (2003). *Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment*. 86, 370-384.