

Walter David Cobeña-Loor; Juan Carlos Mera-Cedeño; Silvia Patricia Palacios-Giler

<https://doi.org/10.35381/i.p.v7i12.4401>

El confort térmico en los espacios públicos

Thermal comfort in public spaces

Walter David Cobeña-Loor
wdcobena@sangregorio.edu.ec
Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Manabí
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-8123-8496>

Juan Carlos Mera-Cedeño
jcmera@sangregorio.edu.ec
Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Manabí
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-9091-8389>

Silvia Patricia Palacios-Giler
spalaciosg@uteg.edu.ec
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos
Ecuador
<https://orcid.org/0009-0002-3095-0851>

Recibido: 15 de septiembre 2024
Revisado: 10 de noviembre 2024
Aprobado: 15 de diciembre 2024
Publicado: 01 de enero 2025

RESUMEN

Este estudio evalúa el confort térmico en el Parque Central San Lorenzo de la parroquia San Lorenzo de Jipijapa, provincia de Manabí y subraya la importancia de integrar los criterios estéticos con criterios técnicos en el diseño de áreas exteriores. A través de la correlación entre variables ambientales como la temperatura, la velocidad y dirección del viento, la radiación solar y la humedad relativa; con los resultados de una encuesta de percepción térmica aplicada a los usuarios del parque, se logra identificar que la combinación de altas temperaturas, la radiación solar y la humedad elevada generan incomodidad térmica. También se observó que la brisa y la sombra son importantes por lo que se recomienda mejorar la arborización con árboles adecuados, crear corredores de viento para mejorar el confort térmico y favorecer el bienestar de la comunidad.

Descriptor: Confort térmico; variables ambientales; estrategias urbanísticas. (Tesoro UNESCO).

ABSTRACT

This study evaluates the thermal comfort in the San Lorenzo Central Park in the San Lorenzo de Jipijapa, province of Manabí, and highlights the importance of integrating aesthetic criteria with technical criteria in the design of outdoor areas. Through the correlation between environmental variables such as temperature, wind speed and direction, solar radiation and relative humidity; with the results of a thermal perception survey applied to park users, it was possible to identify that the combination of high temperatures, solar radiation and high humidity generate thermal discomfort. It was also noted that breezes and shade are important, so it is recommended to improve tree planting with suitable trees, to create wind corridors to improve thermal comfort and promote the well-being of the community.

Descriptors: Thermal comfort; environmental variables; urban planning strategies. (UNESCO Thesaurus).

INTRODUCCIÓN

El aumento de la temperatura global ha ocasionado varias consecuencias en los últimos años, tanto para el ecosistema como para la salud de los seres humanos (Seastedt, 2024; Talukder et al., 2022). La Organización Meteorológica Mundial (OMM) emitió nuevamente una alerta roja durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP29), debido a que la temperatura media del aire está alcanzando el límite de 1,5 °C establecido en el Acuerdo de París.

La temperatura media mundial del aire en superficie entre enero y septiembre de 2024 fue 1,54 °C (con un margen de incertidumbre de $\pm 0,13$ °C) superior a la media preindustrial, impulsada por el fenómeno de calentamiento de El Niño, según un análisis de seis conjuntos de datos internacionales utilizados por la OMM. (World Meteorological Organization, 2024)

Las altas temperaturas pueden causar problemas de salud como golpes de calor, responsables de la muerte de un número significativo de personas, fundamentalmente de la tercera edad o personas vulnerables y también exacerbar enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Adnan Bukhari, 2023). Por otra parte, el confort térmico influye de manera directa en el rendimiento cognitivo y físico. Ambientes confortables mejoran la concentración, la productividad y la capacidad de aprendizaje (Jiang et al., 2021).

La norma 7730 de la Organización Internacional de Normalización, define al confort térmico como la “condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico” (Organización Internacional de Normalización, 2005). Si se habla de espacios exteriores, entonces se refiere a la relación existente entre los seres humanos y la realización de sus actividades en espacios abiertos y está estrechamente relacionado con las percepciones subjetivas de las personas (Liu et al., 2023). La norma también incluye un método para la estimación del confort térmico desarrollado en la década de los 70 y conocido como el método Fanger (Fanger, 1972). Este método considera la temperatura, el nivel de actividad, la humedad relativa, la velocidad del aire y las características de la ropa como

variables que influyen en los intercambios térmicos entre el hombre y el entorno y que afectan la sensación de confort. El método calcula dos índices: el Voto Medio Predictivo (PMV) que indica la sensación térmica media de un entorno y el Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD), se refiere a aquellas que se sentirán inconfortables en un ambiente determinado.

La norma 55 del Instituto Nacional de Normalización Americano (ANSI) y la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), conocida como ANSI/ASHRAE 55, establece que otras variables como la temperatura del aire, la velocidad y la dirección del viento, la humedad relativa y la radiación térmica, son factores que influyen en el confort térmico exterior, resultando que este depende tanto de las variables ambientales como de la percepción térmica de las personas. La norma también establece las temperaturas consideradas de ambiente de confort aceptables para los seres humanos que van en un rango de 23 °C a 27 °C en verano y para los meses de invierno en un rango de 20 °C a 25 °C (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2023).

Los estudios de confort térmico en el caso de las áreas exteriores son fundamentales para crear ambientes saludables, confortables y sostenibles. Permiten el diseño de espacios que mejoren la eficiencia energética y protejan la salud de las personas ante los efectos del cambio climático (Aghamolaei y Lak, 2023; Hou et al., 2024; Sayad et al., 2021).

El Parque Central San Lorenzo en la parroquia urbana San Lorenzo de Jipijapa del cantón Jipijapa, provincia de Manabí, es el principal punto de encuentro de los pobladores de la parroquia, donde se reúnen para realizar actividades culturales y eventos comunitarios, socializar y relajarse. Aunque hay alguna arborización en el parque, esta no ofrece los niveles de sombra adecuados, esto provoca la aglomeración de personas debajo de los pocos árboles que tiene y otras que no permanecen en el parque por la sensación de

sofoco que perciben, a esto se le suma la materialidad del piso que retiene y expulsa calor, no adecuada para lugares de alta radiación solar.

Siendo este un lugar de importancia social para la parroquia, este estudio tuvo como objetivo diagnosticar el confort térmico del Parque Central San Lorenzo del Cantón Jipijapa de la provincia de Manabí, mediante el análisis de variables ambientales como la temperatura del aire, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad y dirección del viento, de conjunto con el diseño y aplicación de una encuesta para investigar la percepción térmica de los usuarios del parque. El fin es entender cómo las variables ambientales impactan en el confort térmico y proponer alternativas arquitectónicas y urbanísticas que mejoren el confort de esta área exterior.

MÉTODO

El estudio tiene un enfoque mixto, con un diseño no experimental, de tipo transversal y alcance correlacional causal, ya que recolecta información de la variable dependiente (confort térmico) en un determinado período de tiempo y correlaciona la variable dependiente con las variables ambientales independientes.

Se utilizaron datos de la estación meteorológica M1233 Cantagallo-Granja, perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INANHI). Los datos se recopilieron durante el periodo del mes de enero del 2024, uno de los meses de mayor precipitación y humedad de la región. Las variables estudiadas fueron: temperatura del aire, velocidad y dirección del viento, radiación solar (directa y difusa) y humedad relativa.

Para diagnosticar la percepción térmica se aplicó el método de nivel empírico de la medición a través de encuesta, para lo cual se diseñó un cuestionario de diez preguntas que estaban enfocadas en: percepción de la temperatura en el parque, sensación de calor experimentada, percepción de la radiación solar, efecto de la humedad en el confort térmico y diferencia de temperatura según la ubicación dentro del parque. Otros aspectos encuestados fueron la influencia de la brisa o el viento en el confort térmico, los niveles

de sombra y su impacto en el confort y una pregunta de calificación general del confort térmico (Rossi et al., 2022).

Para calcular el índice de Voto Medio Predictivo (PMV) y el Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD) correspondientes al método de Fanger se utilizó el software Julius. Los datos cuantitativos correspondientes a las mediciones de las variables ambientales: temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad y dirección del viento, fueron procesados estadísticamente en la aplicación Excel y comparados con las percepciones subjetivas de los clientes del parque, esto tuvo la intención de correlacionar las variables ambientales con la percepción térmica de los encuestados. También se utilizó el método de Fanger, para calcular el Voto Medio Predictivo (PMV) que es un índice que se utiliza para evaluar el confort térmico y el Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD). En cuanto a los resultados de la encuesta, estos fueron tabulados y analizados estadísticamente, se calcularon porcentajes y se analizaron tendencias en las respuestas.

Debido a su relevancia como espacio público frecuentado por la comunidad, se seleccionó como área de estudio el Parque Central San Lorenzo de la Parroquia San Lorenzo de Jipijapa, del Cantón Jipijapa de la provincia de Manabí.

El cantón Jipijapa cuenta con una población de 45382 habitantes en la zona urbana (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, 2022), de ellos 6221 viven en la parroquia San Lorenzo, estos constituyeron la población del estudio. Para calcular la muestra se definió un nivel de confianza (Z) de un 95 %, una probabilidad de ocurrencia (P) de un 50 %, una probabilidad de no ocurrencia (Q) de un 50 % y un error de estimación (e) del 5 %; teniendo como población total (N) a 6221 habitantes, se aplicó la siguiente fórmula:

$$N = \frac{Z^2 * P * Q * N}{e^2 (N-1) + Z^2 * P * Q} \quad [1]$$

Se obtuvo como resultado una muestra de 362 personas, las que fueron encuestadas mientras se encontraban en el parque en los horarios de 9 a 11 a.m. y de 4 a 6 p.m.

El estudio se limitó al mes de enero del 2025 que está incluido dentro de la estación verano y época de lluvias, lo que podría haber influido en los resultados debido a la variabilidad climática.

Todas las encuestas se realizaron bajo el consentimiento de los encuestados, una vez puesto en conocimiento de los propósitos del estudio.

RESULTADOS

Variables ambientales que influyen en el confort térmico del área de estudio.

Los datos recopilados durante el período de estudio corresponden a la estación meteorológica M1233 Cantagallo-Granja perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INANHI) que se ubica en las coordenadas latitud -1.286880 , longitud -80.729000 a una altura de 64 m s.n.m. Los resultados fueron:

La temperatura del aire media fue de 26.52 °C., lo que en la escala de Fanger significa una sensación térmica ligeramente cálida y un nivel de confort ligeramente incómodo. La velocidad del viento media fue de 2.78 m/s, la dirección del viento dominante fue del noroeste al suroeste lo que favorece el confort térmico en el área del parque. En espacios exteriores velocidades de 0.5 y 1.5 m/s se consideran agradables en climas cálidos (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2023).

Cuando se habla de radiación solar global que no es más que la cantidad de energía solar que llega directamente a la superficie terrestre desde el sol, esta debe dividirse en radiación directa que es la proveniente directamente del sol y la radiación difusa, que es la que ha sido dispersada en la atmósfera debido a las nubes, la humedad, el polvo, etc. (Marino et al., 2024). Ecuador debido a su posición geográfica recibe altos índices de radiación solar directa durante todo el año, en específico en la zona del litoral o costera, los índices de radiación suelen ser entre moderados y altos (Muñoz Salcedo y Peci López, 2023). Durante la realización de este estudio, la radiación solar media fue de 370.7 W/m², que indica una radiación solar moderada, esto es común en regiones con cielo

parcialmente nublado, en cuanto a la radiación solar difusa media el valor fue de 125,2 W/m², este valor indica que aproximadamente el 33.8 % de la radiación total, es difusa. En la provincia de Manabí y debido a su clima tropical y costero, la humedad relativa es alta sobre todo en el mes de estudio que es de lluvias. En esta variable los valores recopilados tuvieron una media del 75 %. Este valor representa una humedad relativa alta, lo que hace que el aire sea más denso y tenga mayor capacidad para absorber la radiación térmica, elevando la temperatura en un ambiente húmedo. Esto afecta la percepción de la radiación solar haciéndola más incómoda, ya que el cuerpo no puede enfriarse a través de la transpiración y provoca una sensación de sofoco que se incrementa cuando hay poca ventilación o sombra (Hu et al., 2023; Li et al., 2023).

Resultados de la encuesta sobre percepción térmica.

Una vez tabulados y analizados estadísticamente los resultados de la encuesta aplicada a los 362 usuarios del parque, los resultados fueron los siguientes:

A la pregunta ¿Cómo percibe la temperatura en el parque en estos momentos? El 65 % de los encuestados respondió que la percibe cálida, el 23 % respondió que muy cálida y un 12 % neutral. En cuanto a la respuesta a la pregunta ¿Cómo describiría la sensación de calor que experimenta en esta área? El 48 % respondió incómoda, el 23 % cómoda, el 5 % neutral y el 24 % muy incómoda. La respuesta a la pregunta ¿Cómo calificaría la radiación solar que está recibiendo en estos momentos? fue un 62 % respondió intensa, el 17 % respondió muy intensa y el 21 % moderada.

El 59 % de los encuestados manifestaron que se sienten muy afectados e incómodos por la humedad existente en el área, 34 % respondió sentirse algo afectados pero que era tolerable y el 7 % respondió neutral, indicando que no le afecta la humedad.

Un resultado interesante fue el de la pregunta ¿Percibe alguna diferencia de temperatura según la ubicación dentro del parque? A esta pregunta el 85 % de los encuestados respondió que, si había una diferencia significativa, y el 8 % respondió que sí, pero la

diferencia era pequeña, el 7 % respondió que no sentía diferencia. El 72 % de los encuestados respondió que le ayudaría a mejorar su confort térmico la presencia de la brisa o el viento y el 28 % respondió que sí, pero moderadamente. En cuanto a los niveles de sombra el 78 % respondió que se siente mucho más cómodo en la sombra y el 22 % respondió que se siente algo más cómodo en sombra, también el 86 % de los encuestados respondió que el parque no tiene suficiente sombra, el 10 % considera que no es suficiente, pero que es tolerable y el 4 % respondió que sí, pero podría mejorarse. La última pregunta realizada a los encuestados fue sobre cómo calificaría en general su nivel de confort térmico en el parque a lo que el 48 % respondió incómodo, el 23 % respondió muy incómodo, el 12 % respondió cómodo y el 17 % respondió neutral.

Cálculo del Voto Medio Predictivo (PMV) y el Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD)

El Voto Medio Predictivo predice el valor medio de la sensación térmica, y es un índice que se da en una escala de 7 niveles (frio, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso y muy caluroso) representados en una escala de valores de - 3 a 3, siendo el nivel 0 el nivel óptimo de sensación térmica.

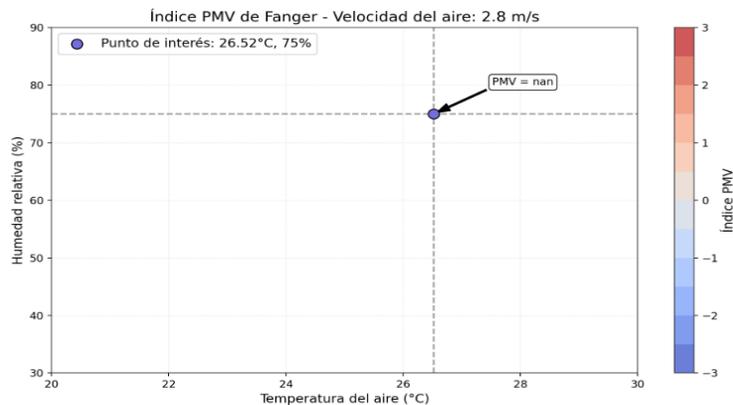


Figura 1. Evaluación del confort térmico basado en el Voto Medio Predictivo.

Elaboración: Los autores.

La figura 1, muestra una evaluación del confort térmico basada en el índice Voto Medio Predictivo. Para los valores medios alcanzados por las variables ambientales durante el periodo de estudio, el índice de Voto Medio Predictivo calculado resultó ser 1,6. Este valor en la escala de Fanger corresponde a un nivel de confort térmico “ligeramente caluroso”.

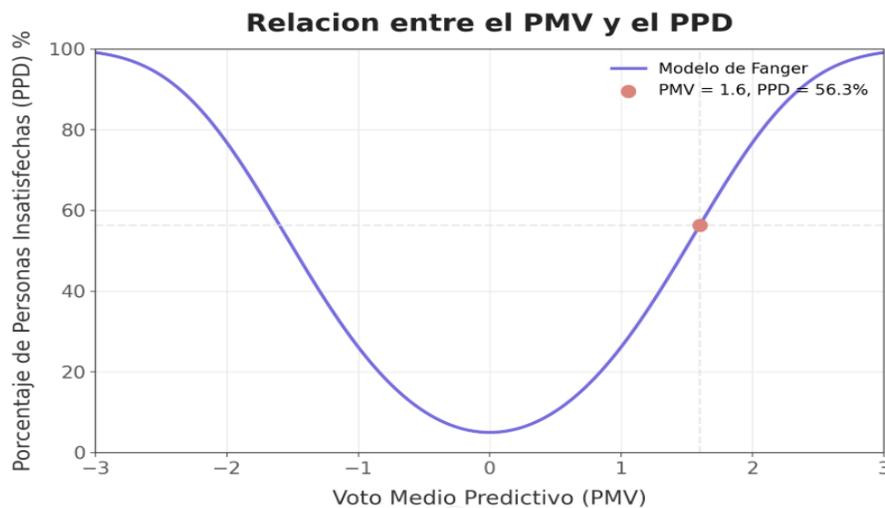


Figura 2. Relación entre el Voto Medio Predictivo (PMV) y el Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD).

Elaboración: Los autores.

En cuanto al Porcentaje de Personas Insatisfechas, el valor resultante fue de un 56,3 %. La figura 2, muestra la relación entre el Voto Medio Predictivo (PMV) calculado y el Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD) según el modelo de Fanger.

DISCUSIÓN

La metodología utilizada con un enfoque transversal descriptivo correlacional causal para el estudio del confort térmico en el Parque Central San Lorenzo, permitió identificar la correlación existente entre las variables ambientales y la percepción térmica de las

personas en ese espacio al aire libre. El valor calculado del índice Voto Medio Predictivo (PMV) de 1,6 se corresponde según la escala de Fanger con nivel de confort térmico “ligeramente caluroso” y provoca un 56,3 % de Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD).

Uno de los hallazgos fue la relación entre la temperatura media del aire y la percepción de incomodidad térmica de los encuestados. El valor de la temperatura media de 26.52 °C, lo que según la escala de Fanger indica una sensación térmica ligeramente cálida y un ambiente algo incómodo en términos de calor, coincide con los resultados de la encuesta en donde el 65 % de los participantes consideró que la temperatura en el parque era cálida y el 23 % la describió como muy cálida. El exceso de calor experimentado en áreas exteriores puede agravarse también por la radiación solar directa que en este estudio tuvo un valor medio de 370.7 W/m², y la radiación solar difusa, que representó aproximadamente el 33.8 % de la radiación total con un valor de 125.2 W/m². Aunque representa un valor de radiación moderada, al combinarse con la humedad relativa alta que fue de un 75 %, contribuyó de manera significativa a la incomodidad térmica. La variable humedad relativa puede disminuir el grado de eficiencia del sistema de enfriamiento del cuerpo a través de la transpiración y esto aumenta la sensación de incomodidad, de hecho, el 59 % de los encuestados respondió que se sentían afectados por la humedad, por lo que esta variable jugó un papel importante en la percepción del confort térmico.

La influencia de la brisa y de la sombra fue corroborada con los resultados de la encuesta. El valor de velocidad media del viento de 2.78 m/s, aunque se encuentra dentro del rango considerado agradable para climas cálidos (0.5m/s a 1.5 m/s) pudo haber tenido un impacto limitado debido a la falta de viento constante o por la presencia de edificaciones con altura de más de dos pisos que se encuentran alrededor del parque, representando un obstáculo para la circulación del aire. No obstante, el 72 % de los participantes respondieron que la brisa sin dudas les ayudaría a mejorar su confort térmico. La sombra,

por su parte, resultó ser importante para el bienestar de los clientes del parque, el 78 % de los encuestados respondió sentirse más cómodos en áreas sombreadas, esto explica la aglomeración de personas bajo los pocos arbustos con que cuenta el parque, y sugiere que la insuficiencia de sombra, es un factor a tener en cuenta para disminuir la incomodidad térmica. Se recomienda plantar árboles altos y frondosos como, por ejemplo: pinos, álamo negro y cedro y no árboles muy densos que puedan absorber y direccionar los vientos creando barreras que impidan el paso de las corrientes de aire (Wu et al., 2021).

Las variaciones de temperatura entre los distintos puntos del área exterior estudiada, fue percibida por el 85 % de los encuestados, esto pudiera ser consecuencia de la exposición directa al sol, la presencia de la vegetación y a la orientación de las áreas. En este aspecto se sugiere realizar una planificación espacial al construir estos espacios abiertos, que tenga en cuenta la distribución de las sombras y áreas ventiladas para mejorar la percepción térmica de los usuarios (Ma y Zhang, 2024).

Es necesario señalar que el estudio estuvo limitado a un mes específico del año dentro de la temporada de lluvias por lo que una extensión del mismo a diferentes estaciones, proporcionaría una visión más completa de cómo los factores climáticos y ambientales afectan el confort térmico en áreas exteriores.

CONCLUSIONES

El diseño de áreas exteriores, sobre todo si van a constituir espacios públicos, debe considerar una serie de factores climáticos y ambientales como la humedad, la temperatura, la velocidad y dirección del viento y la radiación solar. El estudio realizado sobre el confort térmico en el Parque Central San Lorenzo, logró correlacionar las variables ambientales con la percepción térmica de los usuarios y permitió identificar los factores que afectan el confort térmico en este espacio. En cuanto a la planificación de

las áreas verdes se sugiere no considerar solo criterios estéticos, sino también criterios técnicos que favorezcan el confort térmico.

A partir de los resultados de este estudio se recomienda desarrollar estrategias urbanísticas que mejoren la sensación de comodidad, por ejemplo, considerar el tipo y cantidad de vegetación a plantar e implementar corredores de viento que favorezcan la circulación del aire, esto sin lugar a duda mejorará el confort térmico de los usuarios favoreciendo el bienestar de la comunidad.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTOS

A todos los autores por sus relevantes aportes en el análisis documental del presente estudio.

REFERENCIAS CONSULTADAS

Adnan Bukhari, H. (2023). A Systematic Review on Outcomes of Patients with Heatstroke and Heat Exhaustion. *Open Access Emergency Medicine*, 15, 343-354. <https://doi.org/10.2147/OAEM.S419028>

Aghamolaei, R., y Lak, A. (2023). Outdoor Thermal Comfort for Active Ageing in Urban Open Spaces: Reviewing the Concepts and Parameters. *Ageing Int*, 48, 438-451. <https://doi.org/10.1007/s12126-022-09482-w>

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. (2023). *Standard 55-2023, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. <https://n9.cl/2qfd8j>

Fanger, P. O., (1972). *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. CABI Digital Library. <https://n9.cl/nlqqgt>

- Hou, G., Zhai, X., Kuai, Y., Shu, P., Zhang, P., & Shen, W. (2024). A systematic review on studies of thermal comfort in building transitional space. *Journal of Building Engineering*, 109280. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109280>
- Hu, R., Liu, J., Xie, Y., Jiao, J., Fang, Z., & Lin, B. (2023). Effects of mask wearing duration and relative humidity on thermal perception in the summer outdoor built environment. *Build. Simul.*, 16, 1601–1616. <https://doi.org/10.1007/s12273-022-0978-9>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2022). Ecuador Data Analytics. *Censo Ecuador*. <https://censoecuador.ecudatanalytics.com/>
- Jiang, J., Wang, D., Liu, Y., Di, Y., & Liu, J. (2021). A holistic approach to the evaluation of the indoor temperature based on thermal comfort and learning performance. *Building and Environment*, 196, 107803. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107803>
- Li, X., Sun, Y., & Yang, Z. (2023). UAVs-based smart agriculture IoT systems: An application-oriented design. *6th International Symposium on Autonomous Systems (ISAS)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ISAS59543.2023.10164405>
- Liu, Z., Li, J., & Xi, T. (2023). A Review of Thermal Comfort Evaluation and Improvement in Urban Outdoor Spaces. *Buildings*, 13(12), 3050. <https://doi.org/10.3390/buildings13123050>
- Marino, C., Nucara, A., Panzera, M. F., & Pietrafesa, M. (2024). Evaluating direct and diffuse solar radiation components through global radiation measurements from three fixed directions. *Energy Conversion and Management*, 315, 118741. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118741>
- Ma, T., & Zhang, J. (2024). Integrating thermal perception and public space use – an experimental outdoor comfort study in cold winter-hot summer zone: Beijing, China. *Urban Climate*, 58, 102138. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102138>
- Muñoz Salcedo, M., y Peci López, F. (2023). Site-adaptation of global horizontal irradiance applying machine-learning techniques in coastal regions of Ecuador. *2023 IEEE Colombian Caribbean Conference (C3)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/C358072.2023.10436314>
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2005). *ISO 7730:2005 Ergonomía de los ambientes térmicos — Determinación analítica e interpretación del confort*

térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de confort térmico local. <https://n9.cl/tepiib>

- Rossi, F., Cardinali, M., Di Giuseppe, A., Castellani, B., & Nicolini, A. (2022). Outdoor thermal comfort improvement with advanced solar awnings: Subjective and objective survey. *Building and Environment*, 215, 108967. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108967>
- Sayad, B., Alkama, D., Ahmad, H., Baili, J., Aljahdaly, N. H., & Menni, Y. (2021). Nature-based solutions to improve the summer thermal comfort outdoors. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, 101399. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101399>
- Seastedt, H., Schuetz, J., Perkins, A., Gamble, M., & Sinkkonen, A. (2024). Impact of urban biodiversity and climate change on children's health and well being. *Pediatr Res*. <https://doi.org/10.1038/s41390-024-03769-1>
- Talukder, B., Ganguli, N., Matthew, R., vanLoon, G. W., Hipel, K. W., & Orbinski, J. (2022). Climate change-accelerated ocean biodiversity loss & associated planetary health impacts. *The Journal of Climate Change and Health*, 6, 100114. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100114>
- World Meteorological Organization. (2024). *State of the climate 2024 update: COP29*. World Meteorological Organization. <https://n9.cl/87k5tg>
- Wu, J., Liu, H., Yang, J., & Chen, Y. (2021). Tree barrier prediction of power lines based on tree height growth model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 645(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/645/1/012008>