

DESEMPEÑO TERMICO Y BIENESTAR EN EL ESPACIO PUBLICO EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO

Data de aceite: 01/07/2024

Olga Lucia Montoya

Docente Facultad de Arquitectura,
Arte y Diseño - Universidad de San
Buenaventura sede Cali, Colombia

Lucas Arango Díaz

Docente Facultad de Arquitectura USB
Medellín

Sebastián Pinto Quintero

Docente Facultad de Arquitectura UCM
Manizales

Jean Carlo Aristizábal

Estudiante de la Facultad de Arquitectura,
Arte y Diseño - Universidad de San
Buenaventura sede Cali, Colombia

Nicol Yineth Zapata

Estudiante de la Facultad de Arquitectura,
Arte y Diseño - Universidad de San
Buenaventura sede Cali, Colombia

RESUMEN: Diseñar espacios públicos habitables y confortables, es el reto de los diseñadores, dado el impacto que estos tienen sobre la calidad de vida de la población, especialmente en ciudades tropicales como Cali, con clima cálido seco, y con un déficit cuantitativo y cualitativo en este tipo de espacios. El diseño del espacio

urbano se ha enfocado en sus valores estéticos y técnicos. Sin embargo, en el escenario actual de escasez de recursos, se plantea como urgente la necesidad de incluir el desempeño térmico en el espacio público y el efecto de isla de calor, en escenarios futuros de cambio climático. Esta contribución propone determinar el comportamiento térmico de dos espacios públicos en condiciones dos térmicas diferentes (expuesto al sol y en sombra) en un campus Universitario, las cuales presentan una diferencia de temperatura hasta de 4°C. La metodología hace uso de mediciones in situ con equipos especializados para definir la situación actual, y simulaciones térmicas con el plugin SunHours asociado a SketchUp para validar en el tiempo el desempeño con el fin de determinar los rangos de confort y bienestar aplicables al espacio público, el comportamiento térmico de los materiales más usados en el espacio materiales a lo largo del tiempo para mitigar su impacto en escenario de cambio climático.

PALABRAS CLAVE: Espacio público, desempeño térmico, cambio climático, simulación, plugin SunHours

FUTURE OF PUBLIC SPACES IN HOT DRY WEATHER UNDER CLIMATE CHANGE

ABSTRACT: Designing habitable and comfortable public spaces is the challenge for designers, given the impact these have on the quality of life of the population, especially in tropical cities like Cali, with a hot dry climate, and with a quantitative and qualitative deficit in these areas. spaces. The design of urban space has focused on its aesthetic and technical values. However, in the current scenario of scarcity of resources, the need to include thermal performance in public space and the heat island effect in future climate change scenarios is considered urgent. This contribution proposes to determine the thermal behavior of two public spaces under two different thermal conditions (exposed to the sun and in the shade) in a university campus, which present a temperature difference of up to 4°C. The methodology makes use of on-site measurements with specialized equipment to define the current situation, and thermal simulations with the SunHours plugin associated with SketchUp to validate performance over time in order to determine the ranges of comfort and well-being applicable to public space. , the thermal behavior of the most used materials in space over time to mitigate their impact in a climate change scenario

KEYWORDS: Public space, thermal performance, climate change, simulation, plugin SunHours

INTRODUCCIÓN

En el marco de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), específicamente en la Conferencia COP 21, se estableció como una de las metas frente al cambio climático no sobrepasar el incremento de 2°C de temperatura global promedio.

En el 2002, en Colombia se publicó la primera comunicación nacional ante la CMNUCC, coordinada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el entonces Ministerio de Medio Ambiente y con apoyo del Departamento Nacional de Planeación (DNP), estos elaboraron el documento: 'lineamientos de Política de Cambio Climático' para identificar estrategias para la consolidación de la capacidad nacional necesaria que permita responder a las posibles amenazas del cambio climático; y que responde a las disposiciones de la convención, en términos de potencializar oportunidades derivadas de los mecanismos financieros y cumplir con los compromisos establecidos [1].

El IDEAM proyectó para Colombia tres escenarios de cambio, los cuales representan el clima que se podrá observar bajo unas condiciones determinadas de concentración de gases de efecto invernadero de acuerdo a las tendencias presentadas en los últimos años. Los escenarios definidos son los siguientes: 2011-2040 con un incremento de 1.4°C, entre 2041-2070 con 2.4°C de incremento y de 3.2°C para el 2071-2100.

Temas como el desempeño térmico, energético y el confort han sido ampliamente estudiados en contextos con estaciones climáticas y en ambientes interiores, sin embargo, en el espacio exterior es posible identificar una diversidad de indicadores y metodologías

de análisis [2]. Siendo mas critico el estado del arte en espacios exteriores en entornos tropicales. Si bien es posible identificar una amplia literatura sobre el confort térmico al interior, a partir de la aplicabilidad de los estándares internacionales [3] y de la normativa Colombiana [4, 5], es muy escaso el análisis sobre el espacio exterior, con mayor dificultad tanto para predecir su comportamiento, como para las mediciones que se puedan realizar en sitio.

El espacio público es uno de los sistemas estructurantes del territorio. Desde una postura bioclimática las estrategias para el diseño de los espacios públicos para proveer espacios habitables y confortables deben ser por excelencia los recursos naturales inherentes a cada lugar para proveer condiciones de confort.

En las nuevas urbanizaciones es mucho más factible obtener un mayor aprovechamiento de los recursos climáticos, en razón de sus menores condicionamientos urbanos previos, diseñando la geometría y orientación de las manzanas, los anchos de las calles y el tipo y forma del arbolado público, con sistemas adecuados a la oferta climática del lugar. [6] Para que un diseño bioclimático basado en estas estrategias sea considerado de buenas prácticas, es necesario tener en cuenta los siguientes factores: Análisis del microclima en términos de orientación solar, radiación solar y luminosidad ambiental (soleamiento) viento (condiciones de viento en términos de intensidad y dirección) precipitaciones y las condiciones particulares que presente el sitio en aspectos como: Ubicación geográfica, latitud, altura, topografía, morfología urbana, vegetación, contaminación y otros.

METODOLOGÍA

La metodología que se llevó a cabo fue de tipo explicativa, para indicar la incidencia de los materiales en el comportamiento térmico del espacio exterior y también indagar sobre el comportamiento a largo plazo en escenarios de cambio climático.

Selección de Casos de Estudio

Se hizo un estudio sobre el universo de análisis compuesto por los espacios públicos más representativos en Cali, en tres momentos:

Momento 1: selección preliminar de 12 espacios públicos, bajo la premisa de acopio de personas, reunión e interacción con las edificaciones circundantes. Cada uno de estos caracterizado en tablas gráficas, considerando: áreas, ubicación, materiales de las superficies y elementos de sombra (naturales y contruidos).

Momento 2: Análisis y categorización tipológica de los espacios seleccionados, a través de tres categorías relacionales del ser humano con el espacio público y su función: 1. transito; 2. estancia; 3. tránsito y estancia.

Momento 3: Selección de dos escenarios urbanos y del campus Universitario de la USB Cali, bajo la tipología de plaza, como espacio abierto destinado al tránsito, encuentro o intercambio ciudadano, alrededor del cual se emplazan las instituciones representativas de la organización cívica municipal, con predominio en los pisos de superficies duras, la continuidad y contención espacial de los paramentos conformantes, y por la libre y múltiple accesibilidad por varios puntos, estos son:

Escenario 1 (E1): la plazoleta del Teatrino de los edificios Cedro y Lago

Escenario 2 (E2): la plazoleta del edificio Naranjos.

Escenario 1 tiene una superficie de 2088 m², el 28 % es grama (pasto) y 72% de zona dura. El área sombreada corresponde al 72% (Figura 1). Y el escenario 2 presenta una superficie de la plazoleta es de 511 m², el 9% es grama (pasto) y 91% es zona dura principalmente adoquín en concreto. El área sombreada corresponde a un bajo 10%, como se presenta en la Figura 2.



Figura 1: Espacio teatrino (E1)



Figura 2: Espacio plazoleta edificio Naranjos (E2)

Mediciones en Sitio

Para determinar los puntos de medición de las condiciones higrotérmicas en sitio, se hizo en análisis en el software Sun Hours, a través del cual se puede determinar la cantidad de horas al año que recibe sol un espacio de acuerdo a sus características de arborización y edificación diferentes, pero con materiales similares, con el objetivo de contrastar las características térmicas en condiciones diferenciadas, para esto se realizó el siguiente procedimiento como se puede observar en la Figura 3 para el espacio 1 – E1 y en la Figura 4 para el espacio 2-E2:

- Se levantó el modelo 3D en el software ScketchUP de los espacios a considerar de acuerdo a sus características de arborización y condiciones de contexto.
- Se hicieron simulaciones de 365 días de 7:00 a 17:00 con intervalos de 1h de los espacios públicos por medio del plugin Sun Hours para identificar las horas de asoleamiento anual en el espacio.

- Selección de dos puntos para realizar las mediciones, de acuerdo a: i. Zona más asoleada (Sol) y ii. Zona más sombreada (Sombra) dentro de cada espacio público.

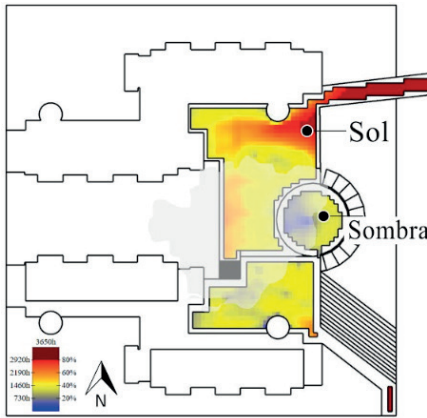


Figura 3: Espacio 1 (E1). Fuente elaboración propia

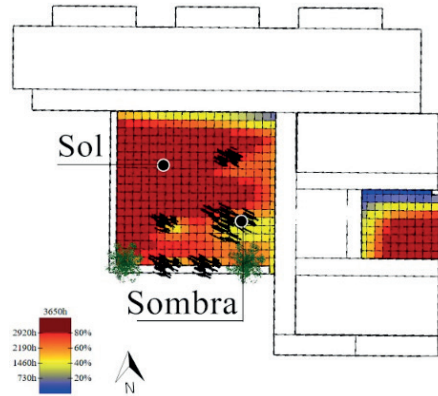


Figura 4: Espacio 2 (E2). Fuente elaboración propia

Mediciones en Sitio

Las mediciones se realizaron durante dos días con condiciones climáticas diferentes, en dos puntos en sol (Figura 5) y sol (Figura 6) para el espacio 1-E1 (el más sombreado) y como se presenta en la Figura 7 en la zona más expuesta del espacio 2 y la figura 8 presenta la zona más sombreada de ese mismo espacio, cada 15 minutos. Las mediciones acordes con prototipos realizados y validados con anterioridad [7] y fueron de dos tipos:

- **Mediciones continuas:** se usaron termohigrómetros marca HOBO para medir: temperatura del aire, humedad relativa y temperatura de globo. Estas mediciones se realizaron cada 15 minutos.
- **Mediciones puntuales** de variables independientes como:
 - Temperatura superficial de cada una de las superficies del espacio público con termómetro infrarrojo láser digital, marca NUBEE.
 - Velocidad del viento con termo anemómetro de hijo caliente marca Extech 407123

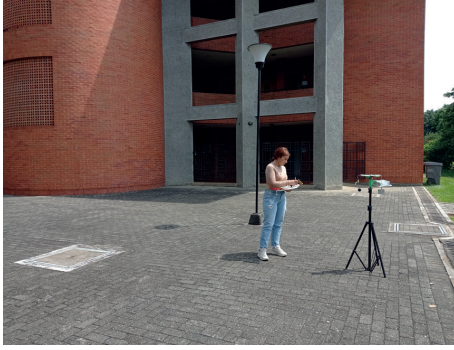


Figura 5: Espacio 1 (E1). Sol



Figura 6: Espacio 1 (E1) Sombra



Figura 7: Espacio 2 (E2). Sol



Figura 8: Espacio 2 (E2). Sombra

Archivos climáticos y escenarios de cambio climático

Tomando como base el archivo climático y con el fin de identificar la representatividad de los días medidos en sitio con el comportamiento histórico, se procesaron los datos con los promedios diarios de temperatura desde el año 2013 al 2022, y se identificó el día en promedio más cálido y el día en promedio más frío, los cuales se presentan en las Figura 9 y Figura 10.

Para el análisis del comportamiento térmico se construyeron los escenarios de cambio climático a partir de los escenarios determinados por el IDEAM [1]. Estos escenarios son el resultado de la investigación adelantada por ese instituto para definir los momentos o escenarios que se pueden presentar en los próximos decenios. Los escenarios prevén incrementos de temperatura así: 1.4°C para el periodo 2011 al 2040; incremento de 2.4°C para el periodo 2041 al 2070 y por último, incremento de 3.2° para el periodo 2071 al 2100.

Confort térmico y bienestar

El confort térmico ha sido estudiado en entornos climáticos con estaciones marcadas, y definido a nivel internacional principalmente por la normativa norteamericana ASHRAE[8]. A partir de esta se han definido dos modelos para su análisis, el modelo analítico [9] y el modelo adaptativo[10]. Sin embargo, estos han sido desarrollados para espacios controlados ambientalmente y ventilados naturalmente[11], pero con la constante de ser espacios interiores.

En la literatura reciente sobre el análisis del confort en espacios exteriores, se encuentran diversidad de aplicaciones del índice de temperatura y humedad- THI por sus siglas en inglés [2] con variedad de metodologías y ecuaciones de análisis que se aplican tanto a espacios habitados por personas, como los habitados por animales, enfocados en aspectos de la producción alimentaria.

El modelo de adaptación fisiológica, Universal Thermal Comfort Index -UTCI (por sus siglas en inglés) es el resultado de un trabajo conjunto de expertos de diferentes países, bajo la Comisión de Climatología de la Organización Mundial de Meteorología-MO por sus siglas en inglés (world Metereological Organization). El UTCI pretende ser un índice de aplicación Universal. Para este se encuentra una aplicación gratuita disponible, la cual involucra la noción de un ambiente de referencia con las siguientes condiciones: 50% HR, 20 hPa, aire en calma, y la temperatura media radiante igual a la del aire[12]. El UTCI desarrolla una escala de valoración que arroja resultados de acuerdo a rangos en °C.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados se organizan de lo general a lo particular. De esta manera se presenta la información climatológica, después los resultados de la medición en sitio de los escenarios escogidos y por últimos los resultados y análisis en escenarios de cambio climático.

Condiciones climáticas

Como se presenta en la Figura 3, los datos históricos de la estación meteorológica analizados entre las 7 a.m. y las 6 p.m, horas en que hay datos de radiación, presentan una temperatura promedio de 26.5 °C y radiación solar global promedio de 415 W/m². Sin embargo, como se presenta en la figura, muestran una tendencia a concentrarse en los valores altos de temperatura entre 26°C y 29°C, los que superan el rango de confort señalado por la resolución 0549 del 2015 entre 21 y 25°C para todas las regiones de Colombia; y los valores de radiación se concentran también en rangos altos entre 300 y 600 W/m².

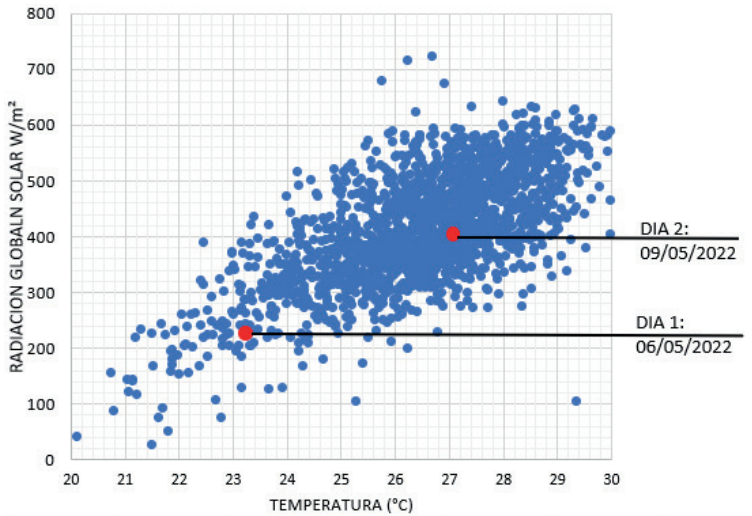


Figura 3. Radiación solar vs temperatura.

Fuente elaboración propia a partir de datos históricos de la estación meteorológica UNIVALLE del IDEAM.

Las mediciones en sitio en el día 1 con temperatura promedio de 23.4°C, y radiación (240 W/m²) frente a los valores del día 2 con valores más altos, de temperatura promedio 27 °C, y radiación de 400 W/m², se conservaron en su mayoría con valores dentro de los promedios del día más cálido y el más frío, resultado del archivo histórico, lo que evidencia la representatividad de los datos medidos en sitio. Es decir, que ninguno de los dos días de medición presentó un comportamiento excepcional con respecto al comportamiento histórico (Figura 9 y Figura 10).

En las mismas figuras se puede observar de manera lógica como las temperaturas más altas en los dos días se presentan en las zonas expuestas al sol en los dos días de medición. No obstante, es importante señalar que mientras el día 1 es un día con un comportamiento promedio (Figura 9) -salvo hacia el final de la tarde en donde las temperaturas bajan con respecto al día más frío del archivo histórico en línea gris-. Mientras el día 2 de medición, con temperaturas más altas, presenta el comportamiento térmico más alto, cercano al día en promedio más cálido, incluso superándola en algunos momentos hacia el mediodía como se presenta en la Figura 10.

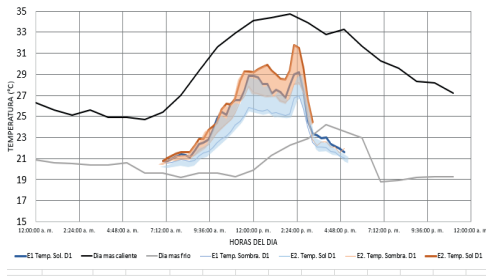


Figura 9: Comparativo E1 y E2 día 1

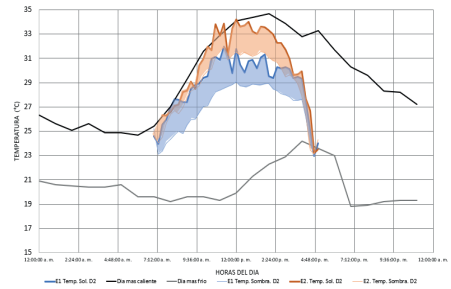


Figura 10: Comparativo E1 y E2 día 2

De lo anteriormente descrito se puede evidenciar que el comportamiento de los dos espacios no guarda un comportamiento similar en los dos días. Esto se puede explicar porque el día 1 con los valores de temperatura promedio, los dos espacios guardaron un comportamiento con tendencia similar; mientras en el día 2, hay mayor diferencia entre la temperatura del E1 y E2, siendo la máxima del espacio 2 (azul oscuro) cercana a la mínima del espacio 1 (naranja claro) expuesto al sol.

Esto quiere decir, que, frente a un día caluroso, el espacio que está más expuesto, sin tantos elementos de sombra, tiende a ganar y conservar más el calor, que el espacio que tiene mayor cantidad de árboles. Ya que los dos espacios tienen materiales similares.

Resultados del comportamiento térmico de los espacios y materiales

En las figuras Figura 11 y Figura 12 la temperatura superficial del espacio 2 (E2) con mayor área expuesta, se conservan con temperaturas más altas a lo largo del día, alcanzando 45°C de temperatura, mientras el E1 con mayor arborización llega a 41°C en su temperatura más alta. Por ejemplo, en el E2 en la zona soleada, el material con mayor ganancia de calor es el metal pintado de color negro el cual alcanza 45°C, mientras el que se mantiene más fresco es la grama (pasto) con 36°C como máxima. En el mismo espacio a la sombra, el metal alcanza sólo 31°C y la grama 26°C, reflejando entre 10°C y 14°C de temperatura del mismo material en condición expuesta vs sombreada.

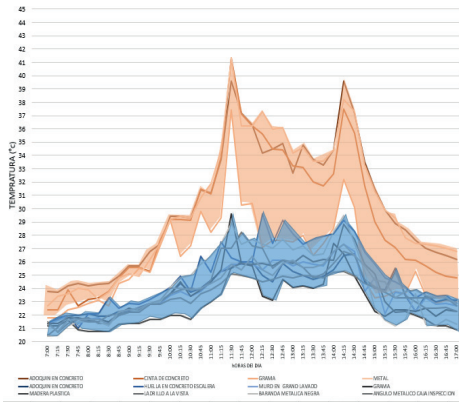


Figura 11: Temperatura superficial materiales E1

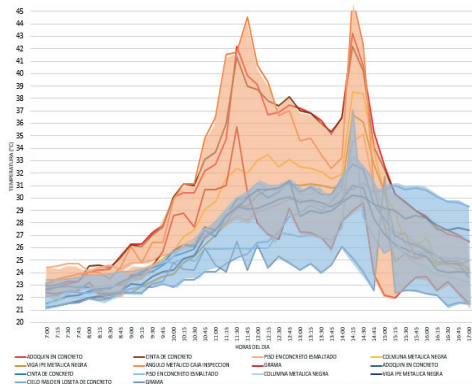


Figura 12: Temperatura superficial materiales E2

Desempeño térmico en escenario de cambio climático

Para definir el UTCI de los espacios, se usó como valor de base las temperaturas promedio. Las mediciones realizadas en sitio (línea azul) son las de comportamiento más cercano al estado de bienestar, y las pocas que alcanza a quedar dentro del estado de confort (zona verde) corresponden a los espacios en sombra. En la misma figura, es posible observar que de manera lógica el UTCI en escenarios de cambio climático se van incrementando, resultado todos en el estado de Calor moderado y los últimos, en calor fuerte.

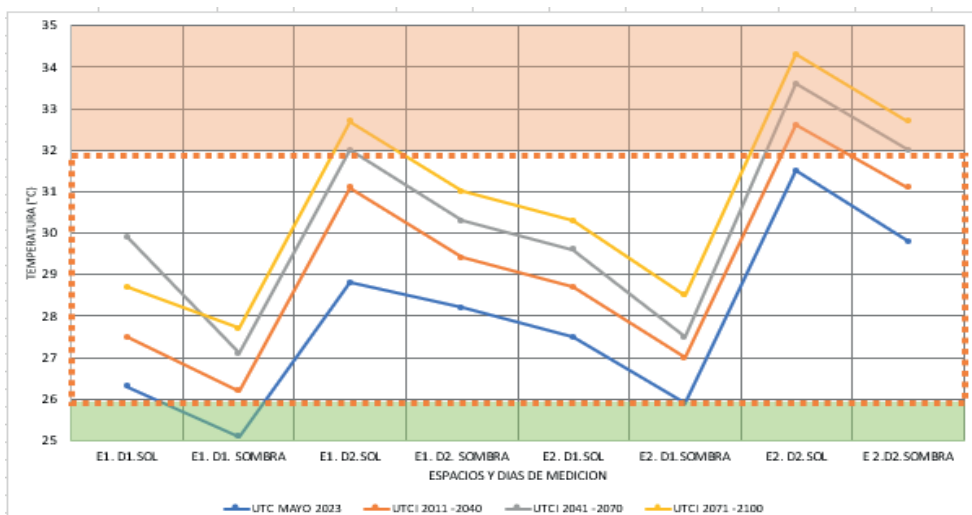


Figura 13: Comparativo UTCI mediciones en sitio vs. escenarios de cambio climático

Lo anterior evidencia que, si bien los resultados de las mediciones en sitio no alcanzan el estado de bienestar indicado por el UTCI, mucho menos lo logra el UTCI en escenarios de cambio climático, presentando una tendencia al incremento, alcanzando la zona superior definida como calor fuerte.

Confort térmico

Con el fin de contrastar los resultados del UTCI, se analiza las condiciones de confort posibles en el espacio a partir del climograma climático desarrollado por Olgay para Cali, la zona de confort que se identificó es de 21.2°C a 26.8°C, con temperaturas promedio de 24°C [13] y varios momentos en el día en confort. Sin embargo, en el análisis basado en los 12 días típicos del año con Ta promedio más elevada (26.4°C), se muestra que las temperaturas diarias no alcanzan a entrar en confort (Figura 14). Acorde con lo anterior, ante las situaciones mínimas, medias y algunas máximas, la estrategia recomendada es la ventilación cruzada, con aumento paulatino de la velocidad. Quedan algunas pocas condiciones máximas frente a las cuales no es posible restaurar el confort con la estrategia de movimientos de aire. Para situaciones máximas es necesario bajar el clo a 0.5, proporcionar sombra y medios arquitectónicos como materiales, radiación de onda larga de baja temperatura y enfriamiento evaporativo, para enfriar los alrededores [13]

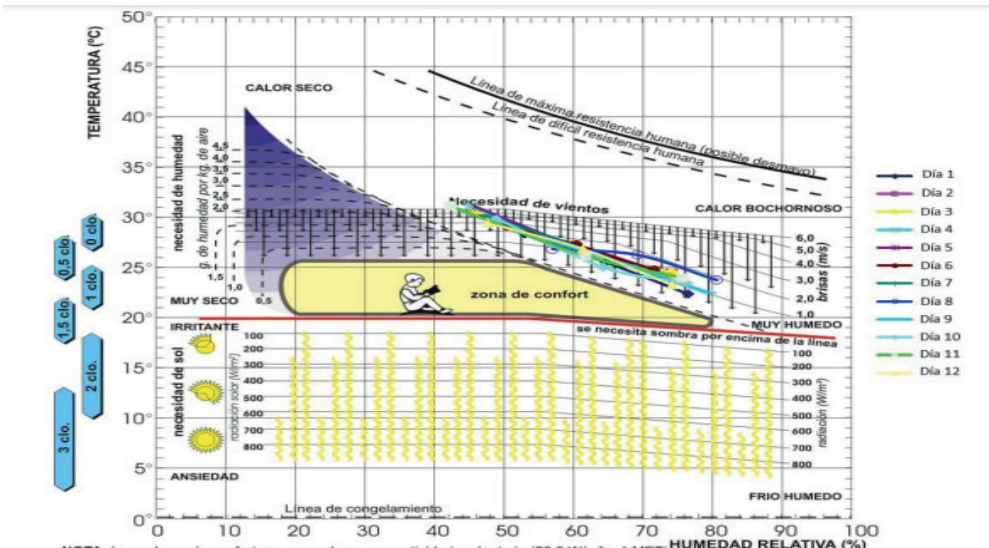


Figura 14: Climograma de Víctor Olgay con datos de Cali. Fuente elaboración propia a partir de la herramienta desarrollada por Guillermo Gonzalo.

CONCLUSIONES

Los espacios exteriores en el clima cálido de Cali no logran mantenerse en el rango de bienestar definido por el índice UTCI, como tampoco en el rango de confort definido por Victor Olgyay para Cali, como tampoco la definida en la resolución 0549. Estos rangos, como el índice, son de poca aplicabilidad para el contexto de Cali, los cuales son heredados de otros contextos con diferentes situaciones climáticas y no logra reflejar la habitabilidad en espacios exteriores en clima cálido, si estaciones climatológicas marcadas.

Como se demostró a lo largo de la contribución, no es suficiente con sombrear una zona arborización, es necesario explorar con los materiales y con otras estrategias de diseño en el espacio público para lograr acercarse a estados de bienestar o confort.

Los espacios exteriores no lograron estar dentro del rango de confort como resultado de las mediciones en sitio, lo que hace urgente la reflexión sobre las implicaciones de diseño, orientación y selección de materiales en los espacios públicos, no solo por la situación presente, sino porque como se ha indicado a lo largo del texto, en escenarios de cambio climático, esa situación se agudiza, con temperaturas más altas.

REFERENCIAS

1. IDEAM, PNUD, MADS, et al (2015) Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100. Bogotá
2. RUIZ A, Correa E (2009) Confort térmico en espacios abiertos, comparación de modelos y su aplicabilidad en ciudades de zonas áridas. Avances en Energías Renovables y Medio ambiente 13:0171–0178
3. ASHRAE (2005) Thermal Comfort. In: ASHRAE Handbook—Fundamentals. p 29
4. Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. República de Colombia (2015) Resolución 0549 de 2015
5. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC (2004) NTC 5316: Condiciones ambientales térmicas de inmuebles para personas. Colombia
6. PAPPARELLI A, KURBAN A, CONSULO M (2003) Aporte del diseño bioclimático a la sustentabilidad de áreas urbanas en zonas áridas. Revista Invi 18:31–68
7. MONTOYA OL, San Juan GA (2018) Calidad ambiental de las aulas de colegios en el trópico: Evaluación subjetiva y objetiva del confort térmico, Visual y sonoro. In: ASADES (ed) Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 6. pp 133–144
8. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE] (2017) Standard 55–2017 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Ashrae: Atlanta, GA, USA 7:1–14
9. ASHRAE-55 (2013) Thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE Standard 7:1–14

10. DE DEAR RJ, Brager GS (1998) Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Transactions* 104:1–18
11. DE DEAR RJ, Brager GS (2002) Thermal comfort in naturally ventilated buildings: Revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings* 34:549–561. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1)
12. TUMINI I, Pérez Alexis (2015) Aplicación de los sistemas pasivos para la evaluación del confort térmico en espacios abiertos, en Madrid. *Revista Hábitat Sustentable* 5:57–67
13. OLGAY V (1968) *Clima y arquitectura en Colombia*, 1st ed. Universidad del Valle, Cali