

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IMPACTO MICROCLIMÁTICO DE ESPACIOS VERDES URBANOS DE PEQUEÑA Y MEDIANA ENVERGADURA EN LA CIUDAD DE MENDOZA – ARGENTINA

Susana Stocco¹, Erica N. Correa¹

¹ Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

C.P. 5500 – Mendoza

Tel. 54-261-5244310 – Fax 54-261-5244401 e-mail: sstocco@mendoza-conicet.gob.ar

Recibido 08/2024; Aceptado 11/2024

RESUMEN.- Este trabajo evalúa si la tipología del espacio verde urbano influye en su capacidad para refrescar el entorno. Para ello se realizó una comparación de los beneficios térmicos que proporcionan los espacios verdes de pequeña envergadura respecto de los espacios verdes de mediana envergadura -como plazas-, localizados en la ciudad de Mendoza - Argentina. Metodológicamente se comparan cuatro casos de estudio, donde se utilizaron estaciones HOBO para registrar temperatura del aire y humedad relativa. Los puntos de monitoreo se determinaron en dos condiciones: la primera en el interior del espacio verde con dos esquemas diferentes - Bosque y Sellado- y la segunda en los cañones urbanos exteriores, para los cuatro puntos cardinales Norte, Sur, Este y Oeste. También se determinó el valor de SVF con el programa RayMan. Los resultados muestran que los espacios verdes de pequeña y mediana envergadura ofrecen beneficios térmicos significativos en comparación con sus alrededores. Durante el periodo de calentamiento, la estructura de bosque obtiene diferencias de 3°C para las plazas y 2°C para las plazoletas. En el periodo de enfriamiento, la estructura sellada propicia el refrescamiento en torno a 1.1°C y 1.4°C para las plazas y de 1°C para las plazoletas.

Palabras clave: Tipología de espacio verde- Beneficios térmicos- Capacidad de refrescamiento.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MICROCLIMATIC IMPACT OF SMALL AND MEDIUM SIZE URBAN GREEN AREAS IN THE CITY OF MENDOZA – ARGENTINA

ABSTRACT.- This work evaluates whether the typology of urban green space influences its capacity to cool the environment. To do so, a comparison was made of the thermal benefits provided by small-scale green spaces compared to medium-scale green spaces such as squares, located in the city of Mendoza - Argentina. Methodologically, four case studies are compared, where HOBO stations were used to record air temperature and relative humidity. The monitoring points were determined in two conditions: the first inside the green space with two different schemes - Forest and Sealed - and the second in the exterior urban canyons, for the four cardinal points North, South, East and West. The SVF value was also determined with the RayMan program. The results show that small and medium-sized green spaces offer significant thermal benefits compared to their surroundings. During the warming period, the forest structure obtains differences of 3°C for the squares and 2°C for the small squares. During the cooling period, the sealed structure provides cooling of around 1.1°C and 1.4°C for the squares and 1°C for the small squares.

Keywords: Green space typology- Thermal benefits- Cooling capacity

1. INTRODUCCIÓN

Las urbanizaciones guiadas por el crecimiento y el desarrollo, como valor central del urbanismo moderno, configuran los procesos de transformación del uso del suelo y de organización del hábitat humano. Estos procesos se caracterizan por la concentración de la población en espacios acotados y la sustitución de los ecosistemas naturales por ecosistemas humanizados. En consecuencia, la construcción del espacio urbanizado constituye una forma de transformación del paisaje natural, dado que su impacto no solo se limita a cambiar la morfología del terreno, su rugosidad, su biodiversidad, etc., sino que también altera las condiciones climáticas y ambientales del paisaje natural. A medida que

las ciudades se densifican, se reemplazan las áreas vegetadas por superficies selladas y las condiciones climáticas se vuelven cada vez más críticas para los entornos urbanos.

En décadas pasadas, los espacios verdes solo se pensaban con criterios estéticos, de belleza urbana y con carácter distintivo para la imagen de las ciudades (Lynch, 1958). En la actualidad, estos espacios urbanos son una oportunidad para mejorar el microclima urbano, aspirar a la sustentabilidad ambiental, contribuir al progreso social, el desarrollo económico y la mejora de la salud pública (Duivenvoorden et al., 2021). Por esta razón, instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) alientan a los gobiernos locales a aumentar la cantidad y mejorar la calidad de

los espacios verdes asociados a sus diferentes tipologías: parques, plazas, paseos y jardines. Incorporar estos espacios en las tramas urbanas consolidadas se presenta como un desafío debido a la escasez de espacio libre en las ciudades (Peschardt et al., 2012). Tanto las plazas como los pequeños espacios verdes permiten acercar un pequeño fragmento de naturaleza a los entornos urbanizados, ya que actúan como “pulmones urbanos” y generan un espacio abierto rompiendo la continuidad de la trama construida. Por otro lado, generan focos fríos, ya que disminuyen las temperaturas urbanas entre 0.50°C y 6.00°C respecto de su entorno (Stocco et al., 2015).

Este trabajo pretende profundizar en los beneficios térmicos que ofrecen dos categorías de espacios abiertos: las plazas, como espacios de mediana envergadura, y las plazoletas, como espacios abiertos urbanos de pequeña envergadura. Definimos a las plazas como espacios públicos ya consolidados, insertos en la estructura de las ciudades y en los que suelen realizarse gran variedad de actividades de esparcimiento e interacción social. Respecto a las plazoletas o espacios de pequeña envergadura, las definimos como espacios abiertos que se encuentran en terrenos libres o espacios residuales de la trama urbana (generalmente formados por la unión de dos tramas con diferente orientación) o que también aparecen con el fin de incorporar espacios abiertos de reunión o con importancia estética en grandes proyectos inmobiliarios. El uso habitual de estos pequeños espacios urbanos es el de reuniones sociales, espacios de descanso, de relax o como áreas de juego. Estos pequeños parques son una alternativa valiosa de recuperación de espacios vacíos, inutilizados o residuales en la trama urbana.

Si bien los espacios abiertos de pequeña y mediana envergadura cumplen funciones ecológicas, condicionadas por sus superficies limitadas, son de gran importancia urbana, social y ambiental. Por esta razón, es necesario trabajar en las características de diseño para potenciar los efectos positivos que se generan a escala urbana-edilicia y microescala (Chen, et. al 2024; Kariminia et al., 2015; Scudo et al., 2006; Lin, 2009).

Este trabajo tiene como objetivo evaluar si la tipología del espacio verde urbano es determinante de la capacidad de estos para refrescar el entorno. Para ello se realizó una comparación de los beneficios térmicos que proporcionan los espacios verdes de pequeña envergadura respecto de los espacios verdes de mediana envergadura como las plazas, localizados en la ciudad de Mendoza. De modo específico se compara el comportamiento térmico de dos plazas y dos plazoletas con el fin de establecer si existen diferencias en los efectos de refrescamiento que producen sobre el entorno.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

La ciudad de Mendoza es un caso especial dentro de las 24 jurisdicciones que conforman la República Argentina. Es una de las ciudades más antiguas, fundada en 1561 a los pies de la Cordillera de los Andes. Mendoza cuenta con 18 departamentos y está dividida en tres oasis que corresponden a las zonas irrigadas (oasis norte, oasis centro y oasis sur), que albergan al 98% de la población y concentran la mayor parte de las actividades económicas, políticas y sociales (Terrera, 2021). La capital es el departamento de Mendoza (ciudad de Mendoza), situado en el oasis norte a 32°53'23" al sur y 68°50'40" al oeste. Actualmente, cuenta con una población de 114,893 habitantes según el censo de 2022 y su superficie es de 57 km².

La ciudad de Mendoza es reconocida como “Ciudad Oasis” (Bormida, 1984) por transformar su condición natural árida gracias al uso del riego artificial lo que permitió la inserción de espacios verdes – parques, plazas, plazoletas y arbolado en alineación en su trama urbana, haciendo una ciudad habitable. La ciudad posterior al terremoto de 1861 fue concebida con una imagen de ciudad progresista e ilustrada, dejando atrás la ciudad de origen español que estaba organizada alrededor de la plaza mayor (Ponte, 2008). En 1863, el agrimensor francés Balloffet proyectó la ciudad nueva, planteando calles anchas, manzanas de 100 x 100 metros en torno a una plaza central de grandes dimensiones (cuatro cuadras) y cuatro plazas ubicadas de forma equidistante a la gran plaza central. Esta estructura respondía a una relación de espacios verdes-construidos de 1:4. En 1884, al ir consolidándose la ciudad nueva y al ir reconstruyendo la ciudad vieja, se fue degradando la proporción verde-construido planteada por Balloffet, quedando con una relación de superficies verdes-construidos de 1:19. Si bien las propuestas urbanas de reconstrucción de la ciudad de Mendoza tenían planificado el equipamiento verde en todas sus escalas, se carecía de una propuesta paisajística y de criterios estéticos (Bochaca, 2005).

En las décadas de 1980 y los 1990 se gestó un proceso de remodelación urbana que tenía la premisa de proyectar espacios del cual todos pudieran disfrutar, priorizando el concepto estético y la belleza. En este periodo se intervinieron todas las plazas de la ciudad de Mendoza y se construyeron nuevas plazoletas en pequeños vacíos urbanos. La tendencia de diseño para las plazas y plazoletas constaba del predominio de superficies selladas y en menor proporción de superficies verdes, ya que se quería disminuir el mantenimiento que generaba la vegetación. Entre los recursos de diseño que se utilizaban estaban las pérgolas, la presencia de grandes explanadas conmemorativas con elementos representativos como mástiles y placas recordatorias, fuentes y espejos de agua. En este periodo se le dio trascendencia a planificar los espacios verdes desde su diseño estético y paisajístico, pero se dejó de lado la funcionalidad y los beneficios microclimáticos y ambientales que proporcionan estos espacios.

Stocco 2014, trabaja en un relevamiento de espacios verdes del Área Metropolitana de Mendoza y determinó la importancia en porcentajes (%) de cada categoría de espacios verdes. Este trabajo concluye que: si tenemos en cuenta la representatividad de cada categoría de espacio verde en la trama urbana, las plazas conforman un 29 %, las plazoletas un 40%, mientras que los bulevares y paseos representan un 23%. Esto indica que las plazas y las plazoletas son la categoría de espacio verde público que más se repiten en la ciudad de Mendoza.

2.2. Caracterización de los Casos de Estudio

Para este trabajo se seleccionaron cuatro casos de estudio: dos plazas y dos plazoletas. Las plazas seleccionadas son plaza Italia y plaza Chile, que forman parte de las 84 manzanas fundacionales planificadas para la ciudad de Mendoza post- terremoto. Por otro lado, se seleccionaron dos espacios de pequeña envergadura, la plazoleta Ponce y Vergara que fueron planificados y construidos desde 1930 a 1950 como respuesta a la ampliación de la ciudad nueva hacia el oeste.

Estos cuatro espacios abiertos se seleccionaron por sus características de diseño representativas y por la interacción espacial que los vincula dentro de la trama urbana de la ciudad de Mendoza. Puntualmente la interacción espacial se estructura mediante el eje norte – sur, materializado por la calle Av. Belgrano donde podemos diferenciar

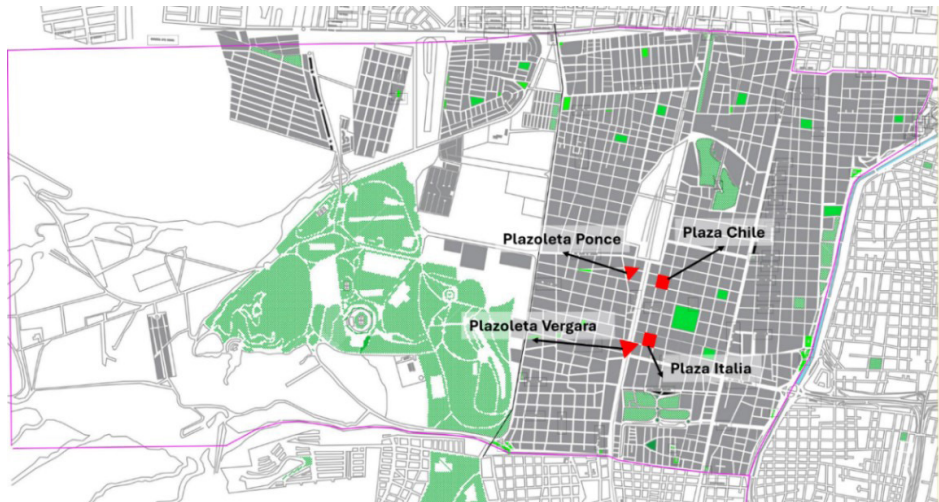


Fig 1. Mapa completo de la ciudad de Mendoza y la ubicación de los casos de estudio.

las plazoletas Ponce y Vergara hacia el oeste y las plazas Italia y Chile hacia el este. Así mismo respecto al eje oeste – este, conformado por la AV. Emilio Civit donde podemos ver que la Plazoleta Ponce y la plaza Chile se encuentran hacia el norte y la plazoleta Vergara y la plaza Italia se encuentran hacia el sur, generando una vinculación equitativa entre plaza y plazoleta.

2.3. Características particulares de los casos de estudio

Plaza Italia: Se encuentra en el centro de la ciudad de Mendoza, entre las calles 25 de mayo, Perú, Montevideo y San Lorenzo, en la denominada segunda sección de la ciudad, donde su entorno urbano es de alta densidad edilicia. Su forma es cuadrada, con una superficie de 12.234,48 m². Está compuesta por un núcleo central sellado, con una fuente central, pérgolas en los extremos norte y sur, y un monumento en el extremo oeste. Los espacios están agrupados con referencia a un sistema radial, de ejes longitudinales y transversales de distribución simétrica que delimitan las superficies verdes.

Plaza Chile: Al igual que la plaza Italia está ubicada en el microcentro de la ciudad de Mendoza, entre las calles 25 de mayo, Perú, Necochea y Gutiérrez, en la denominada segunda sección de la ciudad, donde el entorno urbano presenta una alta densidad edilicia. Es de forma cuadrada, con una superficie de 11.995,28 m². La organización interna consta de un núcleo central predominante semi-sellado, con la presencia de una fuente principal. Alrededor se sitúan las áreas verdes. La ubicación de la vegetación se da en referencia a un sistema radial. La materialidad del espacio está compuesta por pisos de baldosas graníticas y piedra laja negra.

Plazoleta Ponce: Está ubicada a 20 minutos a pie del centro de la ciudad de Mendoza, entre las calles Leónidas Aguirre, Tiburcio Benegas y Francisco J. Moyano, en la denominada quinta sección. Es de forma triangular y cuenta con 1.470 m². Su diseño interno está dado por tres ejes que surgen de los vértices y se unen en un centro sellado que da lugar a una pequeña fuente. Los ingresos están jerarquizados por pérgolas que enmarcan y direccionan los accesos a la plazoleta. La materialidad del espacio está compuesta por pisos de baldosas calcáreas rojas, superficies de césped, pérgolas metálicas cubiertas con enredaderas, árboles de gran porte y arbustos.

Plazoleta Vergara: Está ubicada a 18 minutos a pie del centro de la ciudad de Mendoza, entre las calles Tiburcio Benegas, Rufino Ortega, Aristides de Villanueva y Av. Belgrano, también en la

quinta sección. Es de forma triangular y cuenta con 1.871 m². El diseño general está marcado por un eje central materializado por pérgolas y ejes transversales que permiten el cruce. Su perímetro está determinado por caminos que se adecuan a su forma triangular. El remate del eje central se da en un espacio circular sellado, encabezado por un arco de acceso. La materialidad sellada es de baldosones rojos pulidos intercalados con venecitas recuperadas del diseño original y adoquines de piedra. La vegetación está compuesta por superficies de césped, pocas especies arbustivas y árboles de gran porte.

2.4. Metodología para el monitoreo microclimático

Con el objeto de analizar el comportamiento térmico de los cuatro casos de estudio y sus entornos, se realizaron mediciones fijas de temperatura del aire (Ta) y humedad relativa (HR) utilizando sensores HOBO- UX 100 de dos canales internos. Estos sensores registraron datos cada 15 minutos a una altura de 2 metros (Oke, 2004).

	Plazas		Plazoletas
Plaza Italia		Plazoleta Vergara	
Plaza Chile		Plazoleta Ponce	
	P- 1 Exterior Norte P- 2 Exterior Norte P- 3 Exterior Oeste P-4 Exterior Oeste P- 5 Exterior Sur		P- 6 Exterior Sur P- 7 Exterior Este P- 8 Exterior Este P- Bosque P- Sellado

Fig. 2 Casos de estudio y localización de los puntos de monitoreo Interiores “Bosque - sellado” y exteriores “Cañones urbanos”.

Para el desarrollo de este trabajo se adquirieron datos en el interior de los espacios verdes y en sus entornos inmediatos. Los puntos de medición fueron seleccionados siguiendo el criterio de Stocco et al. (2015) donde se identificaron dos condiciones: 1. Bosque- definido como un área con árboles de gran porte, donde el solapamiento de copas genera zonas de sombra y huecos de tamaños variables. Y 2. Sellado- definido como un área donde predominan las superficies impermeables, utilizada como lugar de encuentro y reunión. También se colocaron puntos exteriores ubicados en los cañones urbanos perimetrales a los espacios verdes, respetando una distancia de 60 metros (ver figura 2).

2.5. Selección del Día de Análisis

La campaña de monitoreo se realizó del 2 al 24 de enero de 2024, para determinar el día de análisis, se realizó una evaluación estadística de los datos de temperatura registrados durante el mes de enero de 2024. Estos datos fueron descargados del Catálogo de Datos Abiertos del Servicio Meteorológico Nacional (<https://www.smn.gob.ar/descarga-de-datos>). Se seleccionó el día 4 de enero de 2024.

En la figura 3 se presenta un análisis estadístico comparativo del mes de enero respecto al 4 de enero de 2024. Se observa que el día seleccionado es representativo de los días calurosos con mayor ocurrencia durante el mes de enero de 2024. Además, cumple con la condición de ser un día estable y representativo de un día de verano en Mendoza, caracterizado por altos niveles de radiación solar, baja nubosidad, baja velocidad del viento y bajos porcentajes de humedad.

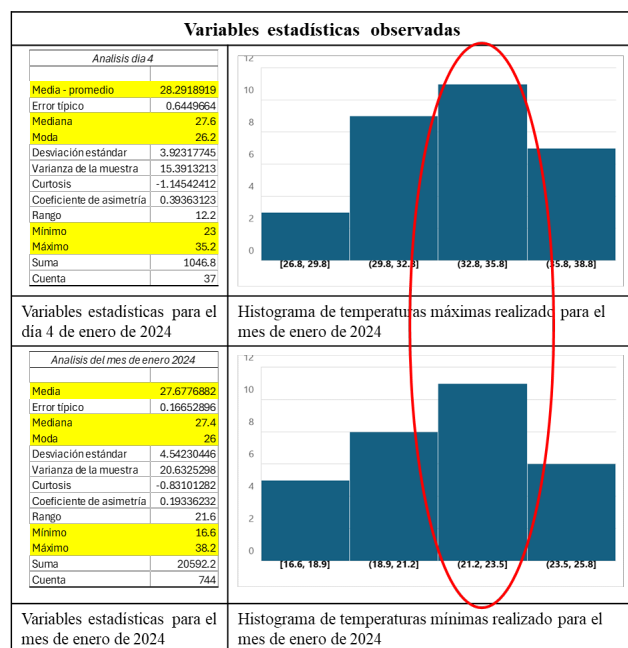


Fig. 3 Análisis estadístico comparativo del mes de enero respecto al 4 de enero de 2024.

2.6. Cálculo de Factor de visión de cielo - SVF

El factor de visión de cielo -SVF- es un parámetro de caracterización espacial utilizado para determinar las condiciones radiativas y la exposición solar en los espacios urbanos. Expresa la relación entre el área visible de cielo y la porción de bóveda celeste cubierta. Para calcular el SVF se utilizaron imágenes digitales hemisféricas tomadas en cada uno de los puntos de medición (ar-

boleada y sellado). Las imágenes fueron tomadas con una cámara digital Nikon Coolpix equipada con una lente de ojo de pez. La cámara, fue fijada por un trípode, a 1,5 metros de altura con el lente apuntando hacia el cenit identificando claramente el Norte.

Para procesar las imágenes se utilizó el programa RayMan desarrollado en la Cátedra de Meteorología Ambiental de la Universidad Albert-Ludwigs de Friburgo para calcular flujos de radiación en entornos simples y complejos (Matzarakis et al. 2007; 2010). Para el análisis de este apartado se utiliza un gráfico de ojo de pez binario que contiene los valores 1 para cielo libre y 0 para píxeles obstruidos. Los píxeles blancos se contaron como cielo libre y los píxeles de color se consideran obstáculos cubiertos. Se trabajó con el input- Sky view factor y se corrigieron los obstáculos de colores claros. Este proceso permitió resolver los datos gráficos y obtener el valor de SVF.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis de las características de diseño

Respecto a la forma podemos observar que los espacios verdes de mediana envergadura, denominados plazas, son de forma cuadrada, de 100 x 100 metros aproximadamente y ocupan la totalidad de una cuadra de la trama urbana. Por otro lado, los pequeños espacios verdes, denominados plazoletas, son de forma poligonal con las dimensiones de sus lados variables y fueron desarrollados en espacios residuales en la trama urbana.

Respecto a la materialidad para los cuatro casos identificamos superficies impermeabilizadas donde predominan los pisos graníticos o calcáreos. En relación con la estructura verde podemos determinar la presencia de árboles de gran porte, arbustos y en las superficies de piso predomina el césped.

En relación con los porcentajes de superficies verdes / superficies selladas podemos ver que las superficies selladas en los cuatro casos de estudio se presentan entre un 50.44% a un 54.98%. Las superficies verdes se encuentran entre un 45.02% a un 49.00% (ver figura 4). Esto indica que en términos generales en los cuatro casos hay un mínimo predominio de las superficies selladas respecto a las superficies de pisos verdes. Si hacemos una aproximación podemos determinar que los cuatro casos están mas cercanos a una relación 50% sellado y 50% verde.

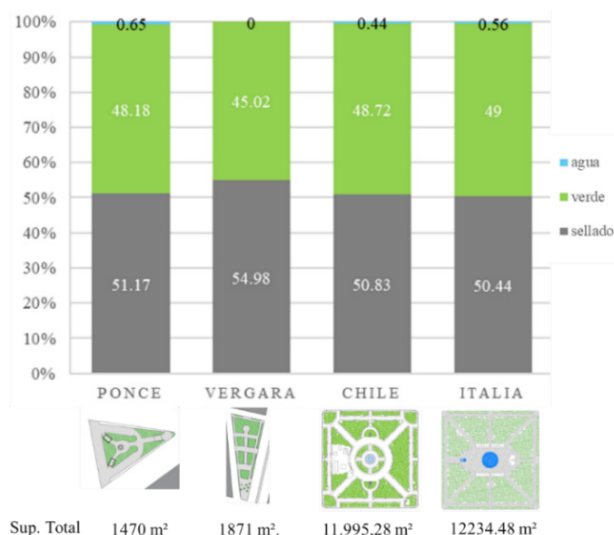


Fig. 4 Materialidad verde/sellada de las plazas Italia - Chile y las plazoletas Ponce- Vergara.

Plaza Italia										
Punto	P1- Norte	P2- Norte	P3- Oeste	P4- Oeste	P5- Sur	P6- Sur	P7- Este	P8- Este	P- Bosque	P- sellado
Imagen										
%	10	20	10	10	11	23	11	38	13	60

Plaza Chile										
Punto	P1- Norte	P2- Norte	P3- Oeste	P4- Oeste	P5- Sur	P6- Sur	P7- Este	P8- Este	P- Bosque	P- sellado
Imagen										
%	21	30	39	14	38	12	10	13	10	62

Fig. 5: Factor de visión de cielo (SVF) para los diferentes puntos interiores y exteriores de las plazas Italia y Chile.

Plazoleta Ponce										
Punto	P1- Norte	P2- Norte	P3- Oeste		P5- Sur		P7- Este		P- Bosque	P- Sellado
Imagen										
%	10	15	25		42		11		15	52

Plazoleta Vergara										
Punto	P1- Norte	P2- Norte	P3- Oeste	P4- Oeste	P5- Sur		P7- Este	P8- Este	P- Bosque	P- Sellado
Imagen										
%	22	32	27	21	19		23	11	21	62

Fig. 6: Factor de visión de cielo (SVF) para los diferentes puntos interiores y exteriores de las plazoletas Ponce y Vergara.

3.2. Valores del Factor de Visión de Cielo

Las tablas 5 y 6 presentan los resultados del análisis del Factor de Visión de Cielo (SVF) para los puntos interiores y exteriores en las plazas y en las plazoletas. Como se menciona en el apartado metodología se utilizó el programa RayMan, que además de determinar el porcentaje de SVF, permitió obtener el grado de exposición solar de cada punto.

En cuanto a los valores de SVF obtenidos en la Plaza Italia, se observa que en los cañones urbanos los valores máximos alcanzan el 38% en el punto P8-Este, mientras que los valores mínimos son del 10% en los puntos P1-Norte, P3-Oeste y P4-Oeste, con un valor promedio de 17%. En el interior del espacio verde, el punto Bosque presenta un SVF del 13% y el punto Sellado un 0.60%.

Para la Plaza Chile, los valores exteriores máximos son del 39% en el punto P3-Oeste, los valores mínimos son del 10% en el punto P7-Este y el valor promedio de SVF es del 22%. En el interior del espacio verde, la estructura P-Bosque tiene un SVF del 10%, mientras que el punto P-Sellado presenta un 62% de SVF.

Si analizamos los valores de visión de cielo (SVF) para las plazoletas, se puede determinar que la Plazoleta Ponce presenta valores exteriores máximos del 0.42% en el punto P5-Sur y valores mínimos del 0.10% para el punto P1-Norte y el promedio de los valores exteriores es del 21%. En el interior de la plazoleta, el punto P-Bosque tiene un SVF del 0.15% y el punto P-Sellado un 0.52%.

La Plazoleta Vergara muestra en los puntos exteriores un valor máximo del 0.32% en el punto P2-Norte y valores mínimos del 0.11% en el punto P8-Este, logrando un valor promedio de SVF en los exteriores del 22%. En el interior de la plazoleta Vergara, el punto P-Bosque tiene un SVF del 0.21% y el punto P-Sellado un 0.62%.

3.3. Análisis del efecto de enfriamiento de los espacios abiertos vegetados de pequeña y mediana envergadura.

Con el fin de evaluar el efecto de enfriamiento que generan los espacios abiertos vegetados de pequeña y mediana envergadura sobre el entorno urbano inmediato, se calculan las diferencias de temperatura entre cada una de las estructuras interiores en los espacios verdes (P-Bosque y P-Sellado) respecto a los puntos monitoreados en los entornos urbanos ubicados en las cuatro orientaciones (Norte, Sur, Este y Oeste). Este análisis se realiza para dos periodos del día: el periodo de calentamiento, comprendido entre las 9:00 y las 19:00 horas, y el periodo de enfriamiento, comprendido entre las 20:00 y las 8:00 horas.

3.4. Análisis para la plaza Italia

Si analizamos el periodo de calentamiento para la plaza Italia podemos observar que la estructura de bosque siempre se encuentra más fresca que sus entornos urbanos, el efecto de enfriamiento oscila entre 0.8°C y 4.2°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencias se registran respecto del entorno localizado al Sur de la plaza con valores frecuentes de 3,2°C donde la plaza se encuentra más fresca que el entorno. En el resto de las orientaciones la magnitud de

enfriamiento más frecuente oscila entre 1 y 1,2°C. La estructura sellada siempre se encuentra igual o más caliente que sus entornos urbanos, con valores que van entre los 4.1°C y 0.2°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencias se registran respecto del entorno urbano al Oeste con valores frecuentes de 2,4°C más caliente que su entorno. En el resto de las orientaciones la magnitud de calentamiento oscila frecuentemente entre 2,1 y 2,4°C.

Para el periodo de enfriamiento la estructura de bosque siempre se encuentra más fresca que sus entornos urbanos, las máximas diferencias se registran respecto al Norte con valores frecuentes de 1°C donde la plaza se encuentra más fresca que su entorno. En el resto de las orientaciones la magnitud de enfriamiento frecuente oscila entre 0,7 y 0,9°C. Si analizamos la estructura sellada ubicada en el interior de la plaza podemos observar que siempre se encuentra más fresca que sus entornos urbanos, con efectos de enfriamiento que oscilan entre los 0,6 °C y 1,2 °C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencias se registran respecto del entorno urba-

no que se localiza al Norte de la plaza con valores más frecuentes de 1,1°C más fresca. En el resto de las orientaciones la magnitud de enfriamiento más frecuente es de aproximadamente 0,9°C.

Durante el día, la estructura de bosque de la Plaza Italia contribuye a refrescar las temperaturas exteriores, reduciéndolas hasta 3.2°C gracias a su condición de sombra. Sin embargo, durante el periodo de calentamiento, esta estructura presenta efectos negativos. En contraste, las estructuras selladas muestran un comportamiento negativo durante el día, incrementando las temperaturas de su entorno. No obstante, en el periodo de enfriamiento, las estructuras selladas tienen un desempeño positivo, facilitando un enfriamiento nocturno promedio de 1.0°C.

3.5. Análisis para la plaza Chile

Respecto al periodo de calentamiento en la plaza Chile podemos observar que el punto que corresponde al bosque se encuentra siempre más fresco que los entornos, este efecto de refrescamien-

Tabla 1: Tabla para las plazas Italia y Chile que contiene diferencias de temperaturas representadas en gráficos de cajas y bigotes respecto al periodo de enfriamiento y calentamiento.

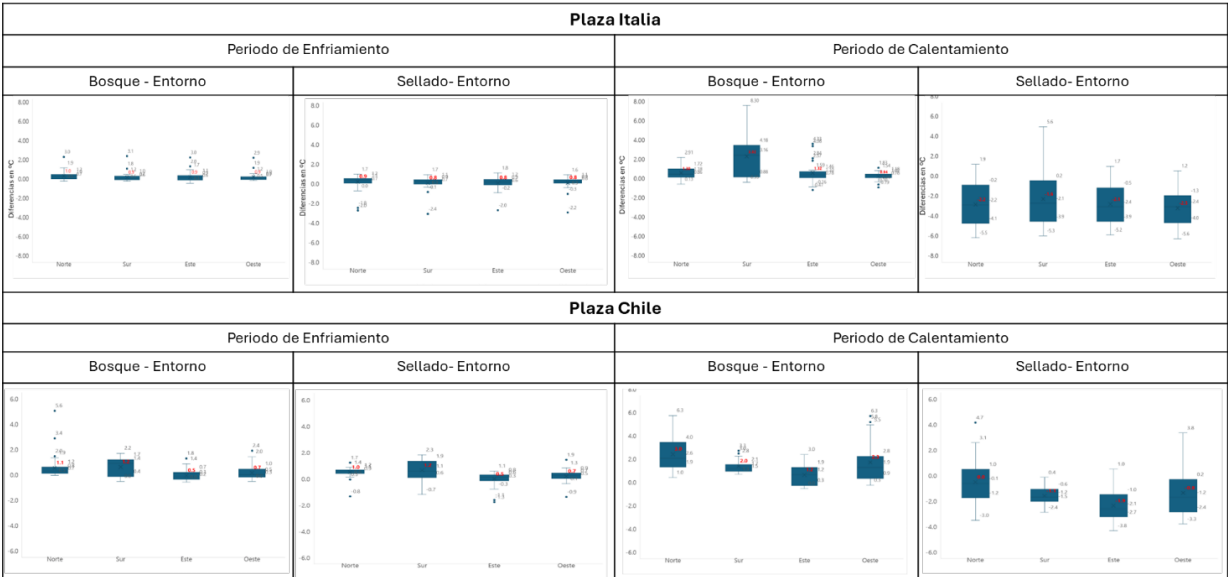
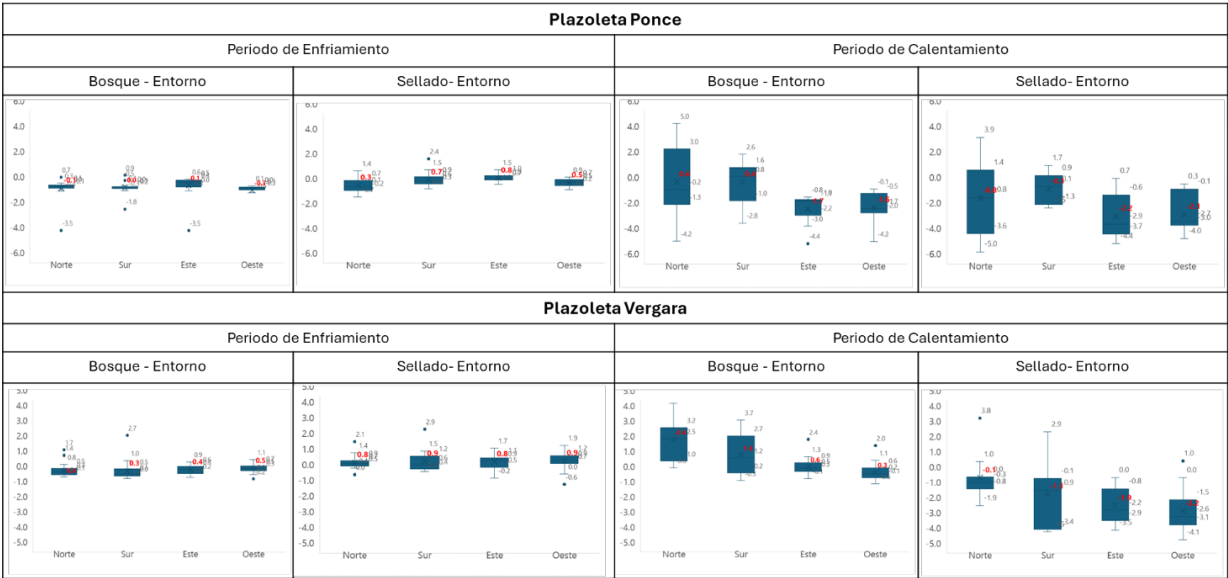


Tabla 2: Tabla para las plazoletas Ponce y Vergara que contiene diferencias de temperaturas representados en gráficos de cajas y bigotes respecto al periodo de enfriamiento y calentamiento.



to oscila entre 0.3°C a 4.0°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencias se registran con el entorno Norte que presenta diferencias frecuentes de 2.6°C. Respecto a los demás puntos exteriores la magnitud de enfriamiento oscila entre 1.2°C a 1.9°C. Para la estructura sellada podemos determinar que se encuentra igual o más caliente que los entornos. Las diferencias de temperaturas oscilan entre 0.2°C a 2.7°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencias se dan hacia el Oeste que presenta un valor frecuente de 1.2°C en este caso la estructura sellada de la plaza se encuentra más caliente que el entorno. Respecto a las demás orientaciones los valores frecuentes de las diferencias se dan de 0.1°C a 2.1°C.

Durante el periodo de enfriamiento las dos estructuras interiores a la plaza - bosque y sellado- se encuentran más frescas que el entorno. Podemos observar que para la estructura de bosque el efecto de enfriamiento se da desde los 0.2°C a 1.7°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. El entorno que proporciona las mayores diferencias es el exterior Sur que presenta valores frecuentes de 1.4°C. Para el resto de las orientaciones los valores oscilan entre 0.3°C a 0.8°C. En la estructura sellada podemos observar que el efecto de enfriamiento oscila entre los 0.3°C a 1.9°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las mayores diferencias se dan respecto al Sur, los valores más frecuentes son de 1.1°C. Para el resto de los entornos las diferencias frecuentes oscilan 0.5°C a 1.4°C.

En lo que respecta a la plaza Chile podemos determinar que la estructura de bosque se encuentra en los dos periodos – calentamiento y enfriamiento- siempre más fresca que sus entornos entre 0.5°C a 3°C en promedio. Respecto a la configuración sellada en las horas del día tiene un comportamiento negativo de hasta 2.1°C, pero durante el periodo de enfriamiento esta estructura propicia el refrescamiento nocturno en el orden de 0.5°C a 1.0°C en promedio.

3.6. Análisis para la plazoleta Ponce

Al analizar el periodo de calentamiento, observamos que la estructura de bosque presenta un comportamiento variable, en ocasiones se encuentra más fresca y en otras, más caliente respecto

de sus entornos. La variabilidad oscila entre -2.2°C a 3.0°C para el 50% de las condiciones monitoreadas, las máximas diferencias negativas se presentan en la orientación Oeste que tiene un valor frecuente de -1.7°C. Las diferencias positivas se dan respecto a la orientación Sur donde el valor frecuente es de 0.8°C. Para las demás orientaciones los valores oscilan en el rango de -2.2°C a -3.0°C. En lo que respecta a la estructura sellada se encuentra mayormente mas caliente que su entorno, su variabilidad oscilan entre -3.7°C a los 1.40°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencias negativas se registran en la orientación Este presentando un valor frecuente de -2.9°C. El resto de las orientaciones las magnitudes frecuentes oscilan entre -2.7°C a 0.1.

En relación con el periodo de enfriamiento la estructura de bosque se encuentra igual o más calientes que su entorno respecto a las diferencias mínimas, pero se encuentran más fresca que su entorno respecto a las diferencias medias y máximas. Sus efectos oscilan en el orden de -0.3°C a 0.5°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencias se dan respecto a la orientación Este donde el valor frecuente de 0.4°C, en este caso la estructura de bosque se encuentra mas fresca que el entorno. Para el resto de las orientaciones las diferencias oscilan entre -0.1°C a 0.4°C. Para la estructura sellada podemos observar que siempre se encuentra igual o más fresca que su entorno, con efectos de enfriamiento que oscilan entre -0.2°C a 1.0°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las mayores diferencias se registran respecto al entorno Este donde el valor mas frecuente es de 0.8°C. Para el resto de los entornos las magnitudes oscilan desde 0.1°C a 0.6°C.

Según los datos obtenidos en la plazoleta Ponce, podemos observar que la estructura de bosque presenta condiciones variables durante el periodo de mayor exposición solar (periodo de calentamiento) pero durante el enfriamiento la estructura de bosque propicia el refrescamiento nocturno en el orden de 0.4°C. Respecto a la condición sellada su comportamiento es desfavorable durante la condición irradiada del día ya que sus temperaturas se encuentran siempre mas cálidas que los entornos en torno a 2.9°C. Pero durante el periodo de enfriamiento la estructura sellada propicia el refrescamiento nocturno con temperaturas hasta 0.8°C.

Tabla 3 Tabla comparativa de diferencias de temperaturas para las plazas Italia- Chile y las plazoletas Ponce- Vergara. Las diferencias están realizadas en las dos estructuras interiores del espacio verde -Bosque y Sellado- respecto al periodo de enfriamiento y calentamiento.

	Plaza Italia															
	Periodo de Calentamiento								Periodo de Enfriamiento							
	Bosque - Entorno				Sellado- Entorno				Bosque - Entorno				Sellado- Entorno			
	Norte	Sur	Este	Oste	Norte	Sur	Este	Oste	Norte	Sur	Este	Oste	Norte	Sur	Este	Oste
Valor Máx	2.9	8.3	1.6	1.5	1.9	5.6	1.7	1.2	1.9	5.6	1.7	1.2	0.0	1.7	1.8	1.6
Valor Min	0.1	0.3	-0.2	0.4	-5.5	-5.3	-5.2	5.6	-5.5	-5.3	-5.2	5.6	1.7	0.3	-0.2	0.3
Variabilidad Máx	1.7	4.2	1.5	1.2	-0.2	0.2	-0.5	-1.3	-0.2	0.2	-0.5	-1.3	1.2	1.1	1.2	1.1
Variabilidad Min	0.9	0.9	0.8	0.8	-4.1	-3.9	-3.9	-4	-4.1	-3.9	-3.9	-4	0.7	0.7	0.6	0.8
Mediana	1.2	3.2	1.1	1.0	-2.2	-2.1	-2.4	-2.4	-2.2	-2.1	-2.4	-2.5	1.1	0.9	0.9	0.9
Media	1.3	3.0	1.3	0.9	-2.2	-1.6	-2.1	-2.5	-2.2	-1.6	-2.1	-2.5	0.9	0.8	0.8	0.8
Plaza Chile																
Valor Máx	6.3	3.3	3	5.5	3.1	0.4	1	3.8	1.9	2.2	1.4	2	1.4	2.3	1.1	1.3
Valor Min	1	1.3	0	0.3	-3	-2.4	-3.8	3.3	0.5	0	0	0	0.5	-0.7	-0.3	0.1
Variabilidad Máx	4	2.1	1.9	2.8	1	0.6	-1	0.2	1.2	0.4	0.7	1	1.2	1.9	0.8	0.9
Variabilidad Min	1.9	1.5	0.3	0.9	-1.2	-1.5	-2.7	-2.4	0.7	1.7	0.2	0.3	0.9	0.6	0.3	0.5
Mediana	2.6	1.7	1.2	1.9	0.1	-1.2	-2.1	-1.2	0.8	1.4	0.3	0.5	1.4	1.1	0.6	0.7
Media	3	2	1.2	2.3	0	-1.1	-1.9	-0.8	1.1	1.2	0.5	0.7	1	1.2	0.5	0.7
Plazoleta Ponce																
Valor Máx	5.0	2.6	-0.8	-0.1	3.9	1.7	0.7	0.3	0.3	0.1	0.6	0.1	1.4	1.5	1.5	0.9
Valor Min	-4.2	-2.8	-3.0	-4.2	-5	-1.6	-4.4	-4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.5	0.7	0	0.3	0.1
Variabilidad Máx	3.0	1.6	-1.1	-0.5	1.4	0.9	-0.6	-0.1	0.1	0	0.5	0	0.7	0.9	1	0.7
Variabilidad Min	1.3	-1.0	-2.2	-2.0	-3.6	-1.3	-3.7	-3	-0.1	-0.2	0	-0.3	-0.2	0.3	0.7	0.2
Mediana	-0.2	0.8	1.0	-1.7	-0.8	0.1	-2.9	-2.7	0	-0.1	0.4	-0.1	0.1	0.6	0.8	0.5
Media	0.4	0.4	-1.7	-1.6	-0.8	-0.1	-2.2	-2.1	-0.1	0	0.1	-0.3	0.3	0.7	0.8	0.5
Plazoleta Vergara																
Valor Máx	4.8	3.7	1.3	1.1	1	2.9	0	0	0.8	1	0.9	1.1	1.4	1.5	1.7	1.9
Valor Min	0.6	-0.3	-0.1	-0.5	-1.9	3.6	-3.5	-4.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.1	0.4	0.2	-0.2	0
Variabilidad Máx	3.2	2.7	0.3	0.6	0	-0.1	-0.8	-1.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9	1.2	1.1	1.2
Variabilidad Min	1	0.2	0.9	-0.1	-0.8	-3.4	-2.9	-3.1	0.1	0	0.2	0.3	0.5	0.4	0.5	0.7
Mediana	2.5	1.2	0.5	0.2	-0.3	-0.9	-2.2	-2.6	0.3	0.1	0.4	0.5	0.7	0.6	0.9	0.9
Media	2.4	1.4	0.6	0.3	-0.1	-1.1	-1.9	-2.2	0.4	0.3	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.9

3.7. Análisis para la plazoleta Vergara

En lo que respecta al periodo de calentamiento la estructura de bosque se encuentra más fresca que su entorno, presenta una variabilidad de -0.1°C a 3.2°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencias se registran con el entorno Norte donde el bosque se encuentra siempre más fresco, la diferencia frecuente es de 2.5°C . El resto de las orientaciones presentan diferencias frecuentes que van de 0.2°C a 1.2°C . La estructura sellada se encuentra más caliente o igual que su entorno, su variabilidad es de -3.4°C a 0.0°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencias se dan en torno a la orientación Oeste donde su valor frecuente es de -2.6°C . Para las demás orientaciones la variabilidad está comprendida entre -2.2°C a -0.3°C .

En relación con el periodo de enfriamiento las estructuras de bosque y sellada se encuentran más frescas que su entorno. Para la estructura de bosque la variabilidad de enfriamiento se da de 0.0 a 0.6°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. Las máximas diferencia se registran respecto a la orientación Oeste, con una diferencia frecuente de 0.5°C . Para el resto de las orientaciones la variabilidad es muy similar se encuentra entre 0.1°C a 0.4°C .

La estructura sellada presenta una mayor variabilidad que el bosque ya que sus valores se dan en el orden de 0.4°C a 1.2°C para el 50% de las condiciones monitoreadas. La orientación Oeste presenta diferencias máximas con un valor frecuente de 0.9°C . Para el resto de las orientaciones los valores frecuentes oscilan de 0.9°C a 0.6°C .

Respecto a la plazoleta Vergara podemos observar que la estructura de bosque tiene un comportamiento positivo tanto al periodo de calentamiento como para el periodo de enfriamiento, donde permite atenuar hasta 2.5°C las temperaturas durante el día y propicia el refrescamiento nocturno en torno a 0.5°C . Para la estructura sellada podemos observar que durante el día se encuentra entre 0.9°C a 2.6°C más caliente que su entorno, pero durante el periodo de enfriamiento permite disminuir las temperaturas urbanas en un rango de 0.6°C a 0.9°C .

Finalmente, y luego de este análisis podemos observar que en lo que respecta al periodo de calentamiento, todas las estructuras de bosque evaluadas en los cuatro casos permiten atenuar las temperaturas de los exteriores. En el caso de las plazas permiten aminorar las temperaturas exteriores de 1°C a 3°C y en el caso de las plazoletas esta relación se da entre 0.20°C a 2.0°C . Si observamos estas diferencias respecto a los valores de SVF obtenidos vemos que las plazas presentan un porcentaje menor de visión de bóveda de 13% (plaza Italia) y 10% (plaza Chile), las plazoletas tienen porcentajes de 15% (plazoleta Ponce) y 21% (plazoleta Vergara) esto puede indicar que la diferencia aproximada de alrededor de 1°C entre las plazoletas y las plazas puede darse por una mayor permeabilidad de la radiación solar en el SVF.

Para la estructura de bosque respecto al periodo de enfriamiento podemos observar que los comportamientos son variables, para las plazoletas Ponce y Vergara el efecto máximo de enfriamiento es del orden 0.50°C , en el caso de la plaza Italia las condiciones son negativas y para la plaza Chile la

estructura proporciona un efecto máximo de refrescamiento de 1.4°C .

En los cuatro casos evaluados la condición sellada al periodo de calentamiento se encuentra igual o más caliente que sus entornos. Las diferencias máximas reportadas están en el orden de los 2.5°C esto se debe a que sus SVF – 60% Italia, 62% Chile, 52% Ponce, 62% Vergara- permiten la exposición solar directa durante las horas de mayor irradiación. Esta misma condición descrita se transforma en una fortaleza para el periodo de enfriamiento ya que esta estructura propicia el refrescamiento nocturno. Para el caso de las plazas las diferencias máximas se dan en el orden de 1.1°C plaza Italia y 1.4°C plaza Chile, en el caso de las plazoletas estas diferencias son menores a 1°C de 0.8°C plazoleta Ponce y 0.9°C plazoleta Vergara.

4. CONCLUSIONES

Las estructuras de bosque y las estructuras selladas ofrecen beneficios térmicos durante el periodo de enfriamiento. En el periodo de calentamiento, únicamente el espacio boscoso o sombreado contribuye significativamente a disminuir las temperaturas circundantes, proporcionando refugio frente a las altas temperaturas urbanas.

Los cuatro casos analizados presentan condiciones bastante homogéneas en cuanto a sus características de diseño y entorno de inserción. En términos de diseño, se observa que los casos tienen una relación muy similar entre superficies verdes y superficies selladas, cercana al 50/50.

Respecto a los valores de SVF, podemos concluir que los puntos exteriores muestran condiciones variadas, con aperturas de bóveda que no superan el 40%. Los puntos interiores de los espacios verdes muestran dos condiciones distintas: en la estructura de bosque, los valores oscilan entre el 10% y el 21%, mientras que, en la estructura sellada, los valores están entre el 52% y el 62%.

En relación con el análisis de las diferencias de temperatura, concluimos que los espacios verdes de pequeña y mediana envergadura ofrecen beneficios térmicos significativos en comparación con sus alrededores. Durante el periodo de calentamiento, la estructura de bosque se mantiene más fresca que sus entornos, con una diferencia de aproximadamente 3°C para las plazas y 2°C para las plazoletas. En el periodo de enfriamiento, la estructura de bosque proporciona un efecto de refrescamiento de alrededor de 0.5°C para los pequeños espacios verdes y de 1.4°C para las plazas.

Por otro lado, la estructura sellada muestra un comportamiento negativo durante el periodo de calentamiento, con un impacto de 2.5°C , esta conducta se verifica tanto en las plazas como en las plazoletas. En el periodo de enfriamiento, los beneficios de la estructura sellada se sitúan en torno a 1.1°C y 1.4°C , mientras que para los pequeños espacios verdes las diferencias son de casi 1°C .

Los resultados encontrados refuerzan la hipótesis de los efectos beneficiosos de los espacios de pequeña envergadura sobre el espacio urbano, y cómo un diseño intensamente forestado de los mismos ofrece los mejores beneficios en cuanto a la regulación térmica y al refrescamiento de los entornos.

REFERENCIAS

- Arzberger, S., Egerer, M., Suda, M., Annighöfer, P. (2024) *Thermal regulation potential of urban green spaces in a changing climate: Winter insights, Urban Forestry & Urban Greening*. 128488, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128488>.
- Bórmida, E., (1984). Mendoza, una ciudad oasis. Facultad de Diseño, Arquitectura y Urbanismo. Revista de la Universidad de Mendoza. Edición año 1984. Mendoza. Argentina.
- Bochaca, F. (2005). El verde en la estructura urbana de Mendoza. ARQ (Santiago), 60, 68-71.
- Catálogo de Datos Abiertos del Servicio Meteorológico Nacional. <https://www.smn.gob.ar/descarga-de-datos>
- Chen, X., Wang, H., Yang, J. (2024) Effect of green blue spaces on the urban thermal environment: A field study in Hong Kong, *Urban Climate*, 55, 101912, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101912>.
- Duivenvoorden, E.; Hartmann, T.; Brinkhuijsen, M.; Hesselmanns, T. (2021) Managing public space – A blind spot of urban planning and design, *Cities*, 109.
- Kariminia, S.; Ahmad, S.; y Saberi, A. (2015) Microclimatic Conditions of an Urban Square: Role of built environment and geometry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 170, 718-727.
- Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H., (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model 51, 323–334.
- Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H., (2010). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model 54, 131–139.
- Li, X., Li, X., Guldmann, J. M., Cai, Z., Liao, W., Yang, C., Qiu, Q. (2024) A novel approach to identify the microclimatic edge effect width of urban green spaces at the landscape level: A case study of Changsha, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 99, 128462, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128462>.
- Lin, T. (2009) Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, 44, 2017-26.
- Lynch, K. (1958) *La Imagen de la ciudad* (4a ed.--). Buenos Aires: infinito.
- Oke, T., (2004) Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites. Iom Report, 2004, Td in Press, World Meteorological Organiz, Geneva.
- Organización Mundial de la Salud (2017) Banco Mundial y OMS: la mitad del mundo carece de acceso a servicios de salud esenciales y los gastos en salud abocan aún hoy a la pobreza extrema a 100 millones de personas.
- Peschardt, K. K.; Schipperijn, J.; Stigsdotter, U. K. (2012) Use of Small Public Urban Green Spaces (SPUGS). *Urban Forestry & Urban Greening*, 11,3, 235–244. doi:10.1016/j.ufug.2012.04.002
- Scudo, G.; Dessi, V. (2006) Thermal comfort in urban space renewal. En: PLEA 2006, 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland, 6-8 September.
- Stocco, S., (2014). Estudio de plazas del Área Metropolitana de Mendoza. Trabajo final de especialización. Universidad Tecnológica Nacional.
- Stocco, S., Cantón, M. A., Correa, E. N., (2015). Design of urban green square in dry areas: Thermal performance and comfort. *Urban Forestry & Urban Greening*. 14, 2, 323–335 doi:10.1016/j.ufug.2015.03.001
- Stocco, S., Cantón, M. A., Correa, E. N., (2017). Espacios verdes en ciudades de zona árida. Diagnóstico de la situación actual de plazas de la ciudad de Mendoza, Argentina. Cuaderno Urbano. Espacio, cultura, sociedad, Universidad Nacional del Nordeste, 23, 61-84 doi: <https://doi.org/10.30972/crn.23232689>
- Terrera, S. (2021) Oasis artificiales: fragmentos de la aridez convertidos en tierra fértil http://www.irrigacion.gov.ar/archivo_historico/2021/11/08/oasis-artificiales-fragmentos-de-la-aridez-convertidos-en-tierra-fertil/