REMODELACIÓN DE ESPACIOS VERDES PÚBLICOS: EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE CONFORT EN EL CASO DE LA PLAZA SAN MARTÍN MENDOZA – ARGENTINA

Susana Stocco (1); Maria Alicia Cantón (2); Erica N. Correa (3)

(1) Dra, Arquitecta, sstocco@mendoza-conicet.gob.ar, INAHE Instituto de Ambiente Hábitat y Energía, CONICET, Av. Ruiz Leal S/N Parque general San Martín, Mendoza, teléfono de contacto: 5492615244310.

(2) DEA, Arquitecta, macantón@mendoza-conicet.gob.ar, INAHE Instituto de Ambiente Hábitat y Energía, CONICET, Av. Ruiz Leal S/N Parque general San Martín, Mendoza, teléfono de contacto: 5492615244310.

(3) Dra, Ing, ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar, INAHE Instituto de Ambiente Hábitat y Energía, CONICET, Av. Ruiz Leal S/N Parque general San Martín, Mendoza, teléfono de contacto: 5492615244310.

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo evaluar las condiciones de confort térmico resultantes de los criterios de diseño con las cuales se están remodelando actualmente las plazas de la ciudad de Mendoza. Para ello se analiza comparativamente el diseño de la plaza San Martín (ciudad de Mendoza, Argentina) de 1970 respecto a su remodelación en 2018. Metodológicamente, se caracterizó desde el punto de vista térmico y espacial tres esquemas de diseño representativos de la plaza: bosque, prado y centro. Con este fin se realizaron mediciones con estaciones fijas y móviles que registraron datos microclimáticos -temperatura del aire, radiación solar, velocidad de viento, dirección de viento, humedad relativa y presión atmosférica-. Se determinó el valor de SVF con el programa RayMan y se calculó el confort térmico con el método COMFA. Los resultados muestran que las estructuras verdes evaluadas mantuvieron o mejoraron las condiciones térmicas y de confort. Mientras que la estructura de centro incrementó sustancialmente su condición de disconfort debido al incremento de las superficies selladas y la exposición solar. Se destaca que las decisiones de diseño han impactado levemente en términos de beneficios y significativamente en términos de perjuicios sobre la habitabilidad térmica de la plaza.

Palabras chave: remodelación de plazas urbanas, confort térmico, criterios de diseño.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the thermal comfort conditions resulting from the design criteria with which the squares of the city of Mendoza are currently being remodeled. To this end, the design of the San Martín square (city of Mendoza, Argentina) from 1970 is comparatively analysed with respect to its remodeling in 2018. Methodologically, three representative design schemes of the square were characterized from the thermal and spatial point of view: forest, meadow and center. Measurements were made with fixed and mobile stations that recorded microclimatic data - air temperature, solar radiation, wind speed, wind direction, relative humidity and atmospheric pressure-. The SVF value was determined with the RayMan program and thermal comfort was calculated with the COMFA method. The results show that the evaluated green structures maintained or improved the thermal and comfort conditions. While the center structure substantially increased its discomfort condition due to the increase in sealed surfaces and solar exposure. It is highlighted that the design decisions have slightly impacted in terms of benefits and significantly in terms of damages on the thermal habitability of the plaza.

Keywords: remodeling of urban squares, thermal comfort, design criteria.

1. INTRODUCCIÓN

La construcción del espacio urbanizado constituye una forma de transformación del paisaje natural, dado que su impacto no sólo 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.

Los espacios verdes son especialmente relevantes para los habitantes urbanos porque proporcionan servicios de infraestructura que contribuyen a preservar la integridad ecológica de las ciudades (WOLCH et al. 2014). Al mismo tiempo, proporcionan beneficios significativos en la mejora del clima urbano, entre los cuales se destaca la capacidad para atenuar la intensidad del fenómeno de "isla de calor". Además, en climas con importantes niveles de radiación solar contribuyen a la rehidratación de la atmósfera, propician el refrescamiento del aire, reducen las cargas térmicas de verano, producen ahorro de energía (NG et. al, 2012; EMMANUEL et. al, 2015) y mejora las condiciones de confort durante las estaciones cálidas (GRATANI, et. al 2016; WARD, 2015).

En décadas anteriores 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) alienta 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-. Además, 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).

Las plazas urbanas son espacios ya consolidados insertos en la estructura de las ciudades, generalmente destinadas a actividades de esparcimiento e interacción social. Sin embargo, en su diseño y ejecución no tienen presentes los efectos microclimáticos positivos que se generan a escala urbana - edilicia y microescala - interior de la plaza (LENZHOLZER, 2014; KARIMINIA, et al., 2015, SCUDO, et al 2006, LIN, 2009). Sin embargo, al ser espacios de superficies limitadas es necesario trabajar en las características de diseño para potenciar sus beneficios y de esta forma maximizar los efectos positivos.

La ciudad de Mendoza es un caso especial dentro de las 24 jurisdicciones (23 provincias más la Ciudad Autónoma de Buenos Aires) que conforman la Argentina. Es una de las ciudades más antiguas, fundada en 1561 a los pies de la Cordillera de los Andes. Se la reconoce como "Ciudad Oasis" (BÓRMIDA, 1984) por transformar su condición natural árida a partir de la inserción de espacios verdes – parques, plazas, plazoletas y arbolado en alineación en su trama urbana. En su estructura fundacional, posterior al terremoto de 1861, la ciudad de Mendoza respondía a una relación espacios verdes - construidos 1:4. Este modelo se debilitó con el tiempo debido a un conjunto de razones derivadas del crecimiento edilicio y el desarrollo urbano. En el periodo 1990 – 2006 se produjo un crecimiento del área urbanizada respecto del área verde: 16% de crecimiento de la primera contra el 1% de los espacios verdes. En los últimos años, los municipios que integran el Área Metropolitana de Mendoza (AMM) han tomado conciencia respecto del rol que juegan los espacios verdes en la ciudad, iniciando un proceso que involucra la remodelación de espacios verdes y la creación de nuevos parques. (GALLARDO, 2017; ROMANELLO, 2016). Sin embargo, el diseño de dichos espacios sigue asociado a criterios estético - paisajísticos, y no consideran estrategias para potenciar los efectos de las áreas verdes sobre el microclima de la ciudad y las condiciones de confort del espacio abierto.

Por lo tanto, es necesario capitalizar el potencial de esta herramienta de enverdecimiento urbano particularmente en las plazas teniendo en cuenta una visión superadora de los criterios que rigen el diseño actual de los espacios verdes, con el objetivo de incrementar sus beneficios para mejorar la calidad energético-ambiental de la ciudad y el confort de los espacios. Esto implica maximizar el potencial de los espacios abiertos como elemento regulador del clima de la ciudad y mejorar las condiciones de habitabilidad de los espacios y de sus entornos.

1.1 Caso de estudio

La plaza San Martin forma parte de la estructura fundacional de la ciudad de Mendoza de 1863, es una de las cinco plazas del damero planificado por Balloffet para la ciudad nueva. Originalmente se la denominó plaza Cobo en 1883. Es una de las plazas más destacadas y visitada, ya que está emplazada en una zona bancaria, junto a edificios con valor religioso y patrimonial y edificios de oficinas. El entorno que contiene a la plaza es de alta densidad edilicia y alcanza una altura promedio de 20 metros de altura. La superficie de la plaza es de 11.699,80 m2, su organización interna está compuesta por un núcleo central predominantemente sellado, con la presencia de un monumento principal. De forma periférica bordeando el centro se sitúan las áreas vegetadas, donde los espacios quedan agrupados con referencia a un sistema radial.

La Plaza San Martín sufrió numerosas remodelaciones que fueron modificando su aspecto a lo largo del tiempo. La imagen más reconocida y distinguida es la de la remodelación de 1970 que prioriza el aspecto estético – paisajístico. Incrementa las superficies selladas como estrategia para disminuir el mantenimiento de las áreas verdes y maneja la vegetación para priorizar el carácter de los espacios. Se caracteriza por los desniveles pronunciados y grandes escalinatas de hasta dos metros de altura. Los jardines asimétricos están delimitados por muros y canteros altos que marcan el recorrido y dirigen las visuales hacia el espacio central. Su materialidad está compuesta por 42.50% de superficies verdes, 57.25% de superficies selladas y un 0.22% de agua en reposo. Obteniendo una relación verde/sellado de 0.75:1. Los materiales empleados en la superficie sellada son: baldosa calcárea amarilla - vainilla 3 panes-, piedra laja negra y canteros de hormigón armado con recubrimiento cerámico que simula ladrillo (ver figura 1).

El aspecto actual de la plaza corresponde a la remodelación del año 2018. Este proyecto tiene como premisa garantizar la accesibilidad, ampliar y liberar las visuales e incorporar nuevas tecnologías al diseño. Con este fin se liberó a la plaza de barreras arquitectónicas, se unificó el nivel interior de la misma con las calles perimetrales y las veredas. También se soterraron las instalaciones aéreas preexistentes. Se agregaron nuevos equipamientos y mobiliarios para espacios de trabajo con conectividad USB y WI-FI y paradas de colectivos inteligentes. El centro de la plaza se preparó como un espacio de usos polivalentes para ceremonias y actos conmemorativos dándole un valor protagónico al monumento del General San Martín. Su materialidad está compuesta por un 35.16% de áreas verdes y un 64.83% de áreas selladas. Obteniendo una relación verde/sellado de 0.54:1. Los materiales utilizados para la superficie sellada son baldosones gris pulido y adoquines cuadrados (ver figura 1).



Figura 1: Diseño de la plaza San Martín de 1970 – 2018 mediante imagen satelital de Google Earth

2. OBJETIVO

Este trabajo tiene por objetivo evaluar el impacto sobre las condiciones de confort de nuevas tendencias de diseño con las cuales se están remodelando actualmente las plazas de la ciudad de Mendoza. Puntualmente este trabajo pretende analizar comparativamente los lineamientos de diseño de la plaza San Martin de 1970 respecto los empleados en la remodelación llevada a cabo en 2018.

3. METODO

Con el objeto de comparar el impacto de la remodelación de la plaza en su condición de confort térmico, se utilizó como índice de valoración el método COMFA. Para su determinación es necesario monitorear el comportamiento de un conjunto de variables meteorológicas y espaciales a fin de caracterizar la respuesta de los de espacios representativos del diseño de la plaza.

3.1 Caracterización térmica y espacial de la plaza.

Con el objeto de analizar el comportamiento térmico de la plaza antes y después de su remodelación se trabajó a partir de mediciones desarrolladas en dos periodos: el primer periodo corresponde al monitoreo de la plaza San Martín en su condición de diseño del año 1970. Este, se realizó, en el verano de 2013, durante 30 días con estaciones fijas y un día con estaciones móviles - 6 de febrero-. El segundo corresponde al monitoreo de la plaza remodelada en el año 2018, replicando el esquema de la campaña de medición de 2013. El día seleccionado para realizar el monitoreo con estaciones móviles fue el 24 de enero del año 2023.

Los puntos de medición fueron seleccionados siguiendo el criterio empleado por Stocco et al., (2015). En el cual se describe al espacio mediante tres esquemas de diseño: bosque, prado y centro. La estructura de bosque se define como un área donde la vegetación predominante la constituyen los árboles de gran porte, cuyo solapamiento de copas genera áreas de sombra y huecos de tamaños variables. Al prado se lo define como un área donde predominan las superficies de césped y vegetación herbácea perenne de escasa altura. Finalmente, la estructura de centro corresponde a un área donde predominan las superficies selladas, conformando un lugar de encuentro. (ver figura 2)

Los monitoreos mediante estaciones fijas se realizaron con estaciones del tipo H08-003-02, con dos canales internos de temperatura y humedad relativa. Los datos fueron adquiridos cada 15 minutos a una altura de 2 metros (OKE, 2004).

Los monitoreos mediante estaciones móviles se realizaron con estaciones del tipo Hobo Weather Stations que permiten recolectar datos de temperatura del aire (Ta), radiación solar, velocidad de viento (Vv), dirección de viento (Dv), humedad relativa (HR) y presión atmosférica en cada punto cada 15 min. Simultáneamente, se midieron las temperaturas superficiales mediante un termómetro infrarrojo Fluke 66.

Además de los datos registrados en la plaza fue necesario obtener datos de radiación solar global y difusa de una estación fija próxima a la plaza San Martin. En este caso se utilizó la estación ubicada en el centro científico y tecnológico - CCT Mendoza. Se encuentra en latitud 32°53'52.83"S, longitud 68°52'31.30"O y forma parte de la red mundial de estaciones de radiación dependiente de la CIE (MONTEOLIVA, et al. 2012).

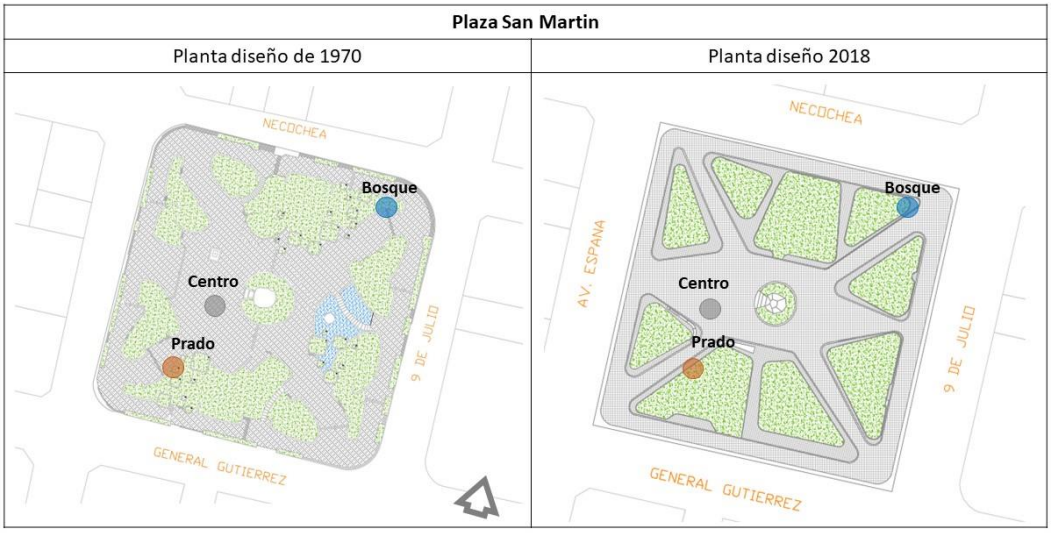


Figura 2: localización de los puntos de monitoreo bosque, prado y centro.

Para comparar el desempeño térmico de la plaza en dos periodos de medición es importante verificar que los días de monitoreo analizados son contrastables desde el punto de vista climático. Es por ello que del conjunto de días monitoreados en la plaza San Martín para el año 2013 y 2023, se seleccionó un día con características representativas, para cada periodo, que replica estadísticamente las condiciones microclimáticas del 80% del total de días medidos. Los días seleccionados cumplen con la condición de día estable y

representativo de un día de verano en Mendoza: con altos niveles de radiación solar, baja nubosidad, baja velocidad de viento y bajos porcentajes de humedad.

Los días seleccionados para trabajar son: el 6 de febrero de 2013 y el 24 de enero de 2023. El día 6 de enero de 2013 presenta temperaturas máximas de 35,00°C, temperaturas mínimas de 24,00°C y un promedio diario de 29.20°C. El día 24 de enero de 2023 muestra temperaturas máximas de 36,00°C temperaturas mínimas de 23,00°C y su promedio diario es de 28.68°C. En lo que respecta a los días seleccionados para trabajar podemos ver que hay diferencias de 1.00°C para las temperaturas máximas, 1.00°C para las temperaturas mínimas y 0.52°C para los promedios diarios (ver figura 3).

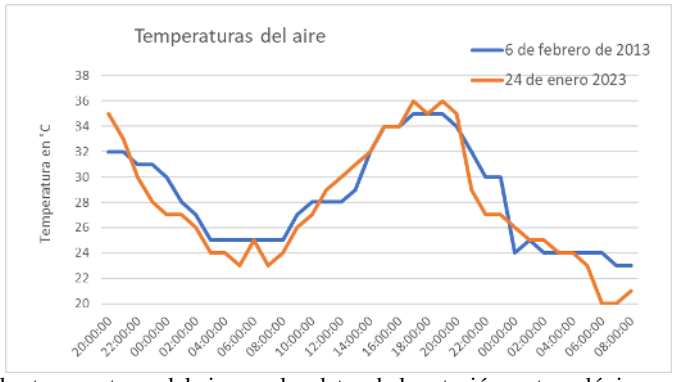


Figura 3: Comparación de las temperaturas del aire con los datos de la estación meteorológica aeropuerto para contrastar las características de los días medidos.

Por otra parte, 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 (bosque, prado y centro). Las imágenes fueron tomadas con una cámara digital NikonCoolpix 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 (MATZARAKIS et al. 2007; 2010), que es un modelo a microescala que calcula flujos de radiación en entornos simples y complejos. El cálculo de SVF 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 pixeles 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.

3.2 Cálculo de confort térmico mediante el método COMFA

Este trabajo utiliza el método COMFA para calcular confort térmico, según Ruiz y Correa (2015). El método COMFA con SVF tiene una buena capacidad predictiva para ciudades de clima árido. Este método mide el balance energético de una persona en un entorno al aire libre (BROWN Y GILLESPIE, 1995). El valor del balance energético, denominado – "S'–, fue calculado a partir de los datos recogidos en cada estructura estudiada y en los dos periodos comparados. Para esta evaluación, se determinó el periodo de 11:00 a 18:00 horas, ya que se considera el más exigente en cuanto a habitabilidad térmica.

$$S = M + R_{abs} - \text{Conv} - \text{Evap} - \text{TR}_{emitted} \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde: M, es la energía metabólica utilizada para calentar a una persona; R_{abs}, la radiación absorbida tanto solar como terrestre; Conv, el calor sensible perdido o ganado por convección; Evap, la pérdida de calor por evaporación; TR emitida, la radiación terrestre emitida.

De los resultados obtenidos en -S- se considera que la gente está en confort térmico cuando el balance se acerca a cero. Si el balance supera los 50, las personas ganan energía y se sienten incómodamente calientes. Si el balance es negativo (<50) sienten un frío incómodo. Los datos micrometeorológicos necesarios para calcular COMFA son: Factor de visión de cielo (SVF), temperatura del aire (Ta), punto de rocío (PR), velocidad de viento (Vv), radiación global (RG), radiación difusa (RD) y temperaturas superficiales (TS).

4. RESULTADOS

4.1 Condiciones radiativas y exposición solar.

La figura 4 es el resultado del procesamiento de los SVF (factor de visión de cielo) en las estructuras de bosque, prado y centro en la plaza San Martin. Los datos analizan las imágenes que corresponden al diseño de 1970 - monitoreado en el periodo 2013- y la remodelación del año 2018 - monitoreada en el año 2023. Se utilizó el programa RayMan que determinó el SVF, la trayectoria solar y el grado de exposición solar en cada espacio.

Podemos observar que los valores de SVF para los bosques son de 0.14% y de 0.20%. En los dos casos la estructura del bosque mantiene la trayectoria solar obstruida en su totalidad a pesar de que en el diseño de 2018 se encuentra más permeable. Los prados presentan valores de 0.66% y de 0.52%, en este caso la remodelación de 2018 modificó la configuración espacial de la estructura que reduce las horas de exposición desde el mediodía solar hasta el anochecer. La estructura de centro presenta exposición solar plena en el horario analizado con valores de 0.73% y 0.63%. Pese a que la estructura de centro de la remodelación de 2018 tiene un menor porcentaje de SVF, las horas de sol se incrementaron de 8 horas en 2013 a 10 horas en 2023. Estos datos demuestran que para los seis puntos analizados las características espaciales fueron modificadas en diferente medida.

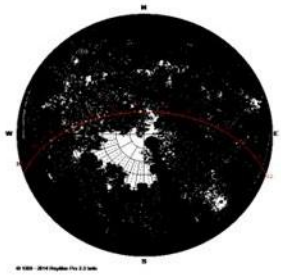
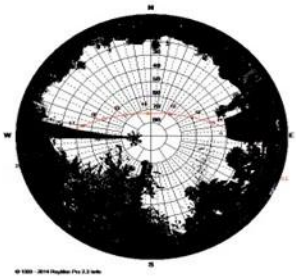
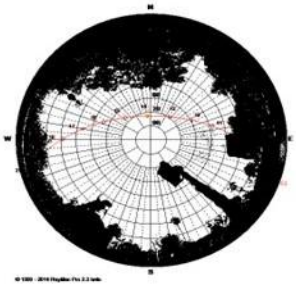
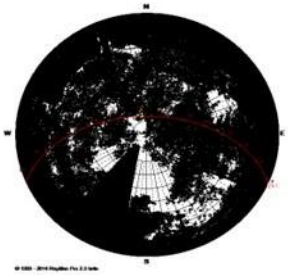
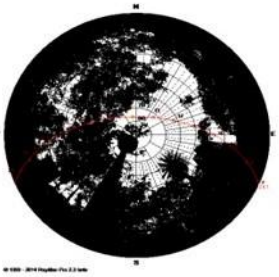
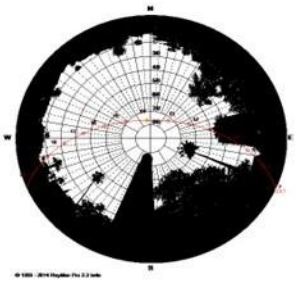
Estructura	Bosque	Prado	Centro
Año 2013			
Valor de SVF	0.14	0.66	0.73
Año 2023			
Valor de SVF	0.20	0.52	0.63

Figura 4 - Factor de visión de cielo (SVF) y su relación con el recorrido solar para las diferentes estructuras en los periodos analizados.

4.2 Comportamiento térmico

Este punto contrasta resultados sobre el comportamiento térmico de las estructuras de bosque, prado y centro para los diseños de 1970 (monitoreado en febrero de 2013) y el diseño de 2018 (monitoreado en enero de 2023) en la plaza San Martín. Los datos obtenidos se analizaron teniendo en cuenta dos periodos: periodo de calentamiento, comprendido entre 8:00 horas y las 19:00 horas. El segundo, periodo de enfriamiento, comprendido entre 20:00 horas y las 7:00 horas.

En términos generales podemos observar que las curvas de temperaturas en el diseño de 1970 conservan un mismo patrón de comportamiento tanto para el periodo de enfriamiento como para el periodo de calentamiento. Los promedios diarios se dan en el orden de 28.67°C para la estructura de bosque, 28.44°C para la estructura de prado y 29.11°C para la estructura de centro.

Respecto al periodo de enfriamiento la estructura de prado presenta los menores valores en términos de temperaturas máximas de 31.62°C, mínimas de 23.34°C, es decir que el espacio se enfría 8.28°C. Las temperaturas más elevadas se dan en la estructura de centro con máximas de 34.86°C, mínimas de 24.11°C, es

decir que el espacio se enfría 8.76°C. Esto se debe a que la estructura de centro tiene el mayor porcentaje de SVF - 0.73%. En este periodo la estructura de bosque presenta condiciones intermedias.

Para el periodo de calentamiento la estructura que atenúa en mayor medida las temperaturas máximas es el bosque, con máximas de 34.43°C y mínimas de 26.05°C. Esto se debe a que la estructura de bosque presenta el menor valor de SVF 0.14% sin horas de exposición solar directa y materialidad verde. La estructura que presenta las condiciones más desfavorables es el centro, con temperaturas máximas de 36.90°C y mínimas de 24.13°C. Esto se debe a que el centro tiene el mayor porcentaje de SVF 0.73%, la mayor cantidad de horas de exposición solar (8 horas) y materialidad sellada.

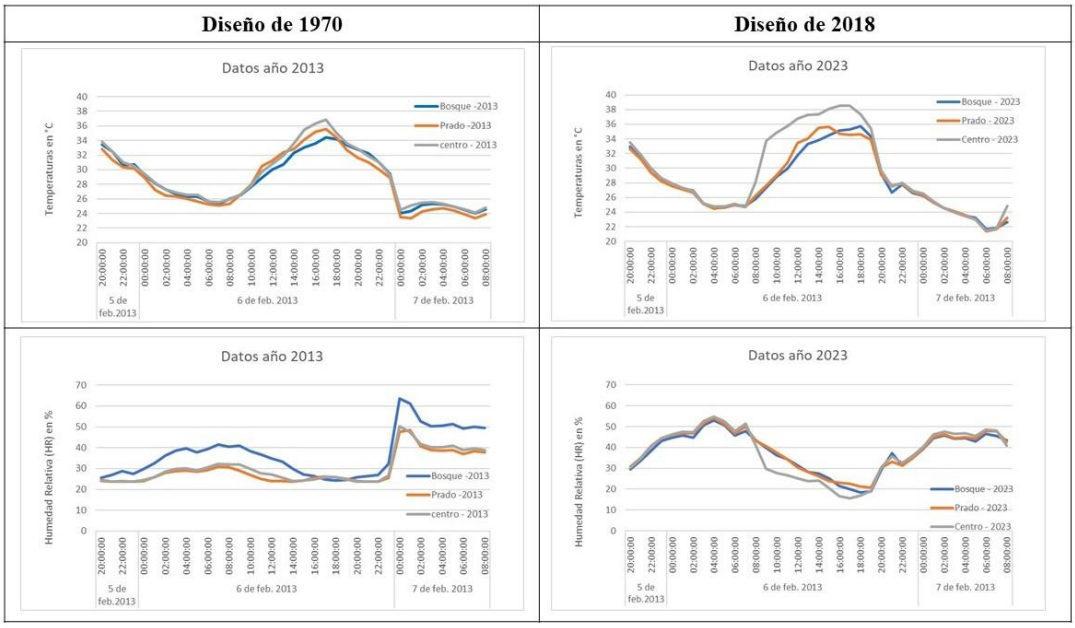


Figura 5: Comportamiento térmico y humedad relativa registradas en las estructuras de bosque, prado y centro para los diseños de la plaza San Martín de 1970 y remodelación de 2018.

El análisis de las curvas de temperatura de 2018 correspondientes a la plaza remodelada muestra que el bosque y el prado tienen un comportamiento similar, a diferencia del centro donde se elevan notablemente las temperaturas en el periodo de calentamiento. Los promedios diarios se dan en el orden de 28.06°C para el bosque, 28.14°C para el prado y 29.45°C para el centro.

Respecto al periodo de enfriamiento el prado presenta los menores valores de temperaturas máximas de 32.66°C, mínimas de 24.45°C y un menor enfriamiento del orden de 8.21°C. La estructura de centro presenta los valores más elevados de temperaturas máximas de 33.52°C, mínimas de 24.70°C y el mayor enfriamiento - 8.82°C -. Esto se debe a que la estructura de centro tiene un mayor SVF de 0.63%. Al igual que en el diseño de 1970 la estructura de bosque se encuentra en una situación intermedia.

Para el periodo de calentamiento la estructura de prado presenta las menores temperaturas máximas 35.65°C y el bosque las menores temperaturas mínimas 27.31°C. Esto se debe a la cobertura vegetal que produce sombras en las horas de mayor exposición solar. La estructura de centro presenta las condiciones más desfavorables de temperaturas máximas de 38.50°C y de temperaturas mínimas de 29.70°C.

Respecto a la humedad relativa podemos observar que en el diseño de 1970 - datos de 2023 la estructura de bosque presenta hasta un 12.65% más de humedad relativa respecto a las estructuras de prado y de centro durante la noche. Y en la remodelación de 2018 - periodo medido en 2023 el bosque y el prado presentan hasta 8.54% más de humedad relativa respecto al centro durante el día.

Respecto al comportamiento térmico podemos decir que si bien el periodo 2023 es más cálido que el periodo 2013 las diferencias entre los promedios diarios no superan los 0.62°C. La estructura que tiene la condición más favorable en el periodo de enfriamiento es el centro alcanzando diferencias de enfriamiento de 8.79°C en promedio. Esto se debe a que esta estructura tiene una mayor apertura de bóveda celeste - un mayor SVF - que potencian el enfriamiento nocturno. Para el periodo de calentamiento la situación más favorable se da en el bosque que atenúa 2.61°C en promedio respecto del centro, esto se debe a el menor SVF y la menor exposición solar. La estructura de prado que responde al diseño de 2018 mejoró notablemente su comportamiento térmico respecto al diseño de 1970 esto se debe a que la cobertura vegetal aumentó obstruyendo el recorrido solar a partir del mediodía.

4.3 Análisis del confort térmico

Las condiciones de confort se calcularon a partir de los datos obtenidos en las mediciones móviles. El periodo evaluado comprende desde las 10:00 horas hasta las 19:00 horas (ver figura 6).

Podemos observar que para las dos condiciones evaluadas (diseño de 1970 - medido en el año 2013 y la remodelación del año 2018 – medida en el año 2023), las condiciones de la estructura de bosque no varían. Se mantiene la condición de un 50% de las horas evaluadas donde la gente preferiría no cambiar de estado y el otro 50% del tiempo restante donde la gente preferiría estar más fresca. Esto se debe a que si bien el SVF aumentó de un 0.14% a un 0.20% en el diseño de 2018, la estructura no alteró su condición respecto del recorrido solar que se mantiene bloqueado a lo largo del día.

Para el caso del prado podemos ver que en el diseño de 1970 un 12.5% de la gente preferiría no cambiar de estado, un 62.5% del tiempo evaluado la gente preferiría estar más fresca y hay un 25% del tiempo donde la gente preferiría estar mucho más fresca. A diferencia de la remodelación de 2018 los datos muestran un 25% del tiempo donde la gente preferiría no cambiar de estado y un 75% donde la gente preferiría estar más fresca. En este caso podemos decir que la estructura de prado mejoró sus condiciones ya que se incrementa la condición de confort en un 12.5%, desaparece el disconfort severo en el mismo porcentaje y decrece el disconfort leve. Esta mejora se debe a las modificaciones que sufrió el espacio en la remodelación de 2018 donde se redujo un 0.14% el valor de SVF y por acción de la vegetación queda bloqueado el recorrido solar a partir del mediodía. Esta variación en el espacio es producto de la renovación de especies forestales y del crecimiento y a la evolución a lo largo del tiempo transcurrido.

En el caso de la estructura de centro para el diseño de la plaza de 1970, el espacio muestra un 62.5% del tiempo donde la gente preferiría estar más fresca y un 37.5% en el que la gente preferiría estar mucho más fresca. Mientras que en el diseño de 2018 el espacio muestra que durante el 100% del tiempo evaluado la gente preferiría estar mucho más fresca. Estos resultados indican que la estructura de centro empeoró un 62.5% sus condiciones incrementando su disconfort de leve a severo. Este empobrecimiento en las condiciones de confort del espacio se debe a que si bien el valor de SVF disminuyó un 10% se incrementó en dos horas la exposición solar del espacio sellado (SVF de 0.73% con 8 horas de sol vs SVF de 0.63% con 10 horas de sol).

Finalmente, podemos decir que en las estructuras donde no se modificó sustancialmente la configuración del espacio las condiciones de confort se mantienen como es el caso del bosque. En la estructura donde si se modificó la configuración a razón del manejo de la vegetación la condición mejoró un 12.5%. Sin embargo, para la estructura que incrementó la exposición solar y el porcentaje de superficies selladas las condiciones de disconfort extremo aumentaron en un 62.5%.

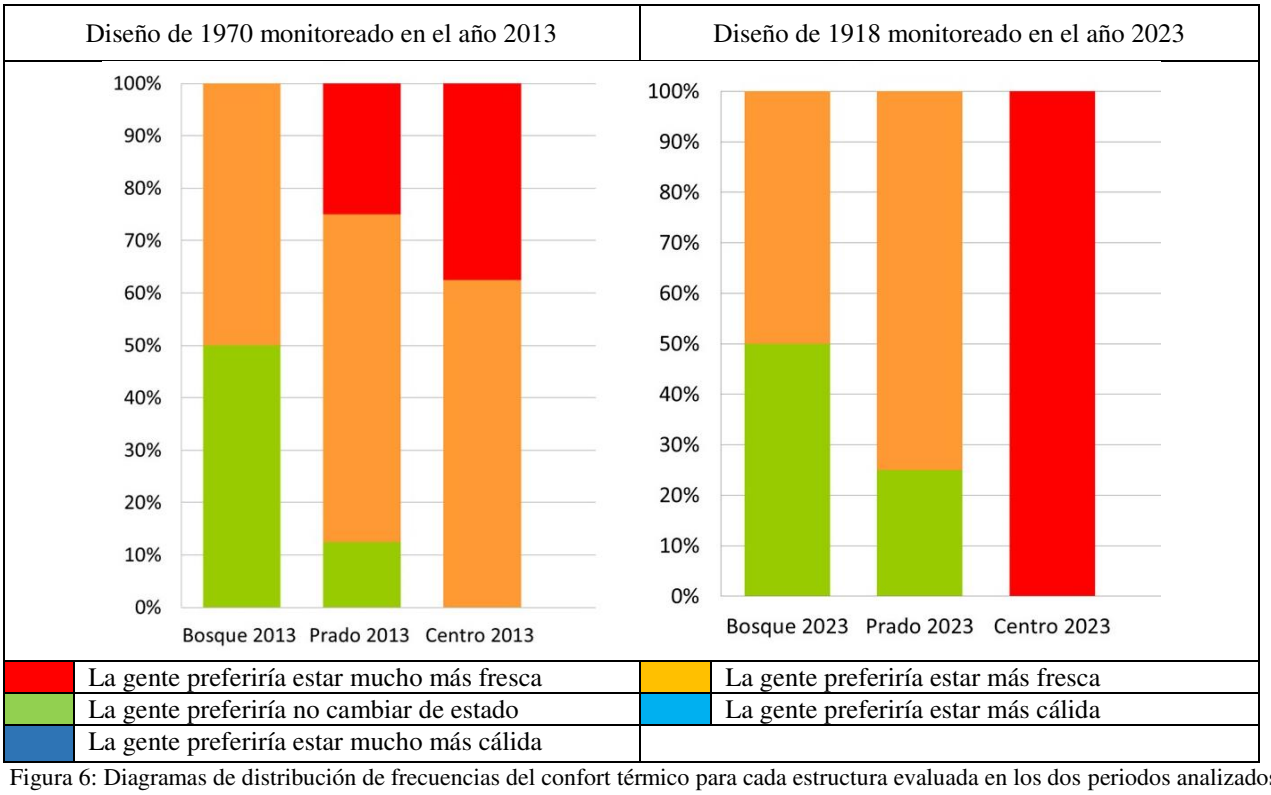


Figura 6: Diagramas de distribución de frecuencias del confort térmico para cada estructura evaluada en los dos periodos analizados.

5. CONCLUSIONES

Las ciudades consolidadas ya no cuentan con espacios libres para destinarlos a nuevas plazas. Por esta razón es necesario trabajar en la remodelación de estos espacios verdes utilizando estrategias de diseño que permitan maximizar el potencial de los espacios abiertos para mejorar las condiciones microclimáticas de la plaza y del entorno. Atendiendo a esta problemática se analizó el caso de la plaza San Martin para conocer si las tendencias de diseño actuales mejoran o empobrecen las condiciones térmicas del espacio público.

Las premisas de diseño que rigen la remodelación de la plaza San Martin 2018 priorizan las mejoras en la accesibilidad peatonal, la ampliación de las visuales y la incorporación de tecnologías al diseño urbano. Respecto a la materialidad de la plaza las superficies verdes disminuyeron un 7.34% y las superficies selladas se incrementaron en un 7.58%. Las superficies transitables fueron reemplazadas por baldosas de color gris claro pulido y adoquines. Se incorporaron árboles jóvenes en reemplazo de la vegetación que estaba en mal estado.

Desde el punto de vista térmico podemos concluir que las estructuras de centro presentan una condición favorable para el enfriamiento de la plaza. El centro que corresponde al diseño de 1970 se encuentra durante el enfriamiento 1.00°C más fresco que el diseño del año 2018. La estructura de bosque es la que atenúa las temperaturas extremas durante el periodo de calentamiento. Podemos determinar que para el diseño de 1970 como para el diseño de 2018 las condiciones son similares ya que se mantuvieron las características del espacio. En lo que respecta a la estructura de prado el diseño que responde a la remodelación de 2018 mejoró notablemente su comportamiento térmico respecto al diseño de 1970. Esto se debe a que la cobertura vegetal del espacio aumentó cubriendo el recorrido solar a partir del mediodía.

Desde el punto de vista del confort las estructuras donde no se modificó sustancialmente la configuración del espacio mantienen las condiciones de confort, como es el caso de la estructura del bosque. En la estructura donde sí se modificó la configuración del espacio a razón del manejo de la vegetación la condición de confort mejoró en un 12.5%, aún cuando la vegetación todavía está en desarrollo. Sin embargo, la estructura que aumentó la exposición solar y las superficies selladas incrementó su disconfort extremo en un 62.5%. Estos porcentajes muestran que las decisiones de diseño adoptadas en torno a la remodelación de la plaza han impactado levemente en términos de beneficios y sustancialmente los perjuicios asociados a las condiciones de confort térmico.

Los resultados obtenidos destacan la importancia de la vegetación en la configuración del espacio para disminuir las temperaturas del aire y para mantener el confort térmico en las plazas urbanas. Puntualmente en el diseño de la remodelación de 2018 de la plaza San Martin demostró que las estructuras verdes evaluadas mantuvieron o mejoraron las condiciones térmicas y de confort. Por otro lado, se perjudicaron las condiciones de los espacios sellados que representan el 65% del espacio de la plaza.

En etapas futuras se prevé trabajar en la simulación de los dos diseños monitoreados de 1970 y de 2018 de la plaza San Martín a los fines de validar los resultados encontrados mediante la homogenización de las condiciones climáticas y microclimáticas del espacio. Y de esta forma precisar el impacto de las variables de diseño en el comportamiento térmico y de confort de la plaza.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BÓRMIDA, E. **Mendoza, una ciudad oasis. Facultad de Diseño, Arquitectura y Urbanismo.** Revista de la Universidad de Mendoza. Edición año 1984. Mendoza. 1984

BROWN. R. D.; GILLESPIE, T. J. **Microclimate landscape design**. Wiley, New York. 1995

DUIVENVOORDEN, E.; HARTMANN, T.; BRINKHUIJSEN, M.; HESSELMANS, T. **Managing public space – A blind spot of urban planning and design**, Cities, Volume 109, 2021

EMMANUEL, R.; LOCONSOLE, A. **Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK**. Landscape and Urban Planning, 138, 71–86. 2015

GRATANI, L.; CATONI, R.; PUGLIELLI, G.; VARONE, L.; CRESCENTE, M. F.; SANGIORGIO, S.;

GALLARDO, G. **En el gran Mendoza se invertirán 360 millones en espacios verdes.** (07 de marzo de 2017) El Sol Online. http://www.elsol.com.ar/nota/296726. 2017

KARIMINIA, S.; AHMAD, S.; y SABERI, A. **Microclimatic Conditions of an Urban Square: Role of built environment and geometry.** Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol.170, pp. 718-727. 2015

LENZHOLZER, S. **Research and design for thermal comfort in Dutch urban squares.** Resources, Conservation and Recycling, 64:39–48. 2012

LIN, T. **Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions**. Building and Environment, vol. 44, pp. 2017-26. 2009

LYNCH, K. **La Imagen de la ciudad** (4a ed.--.). Buenos Aires: infinito. 1976

MATZARAKIS, A.; Rutz, F.; Mayer, H **Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model**. 51, 323–334. 2007

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. **Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model**. Int J Biometeorol 54, 131–139. 2010

MONTEOLIVA, J.; VILLALBA, A.; PATTINI, A. **Impacto de la utilización de bases climáticas regionales en la simulación de alta precisión de iluminación natural.** Avances en Energias Renovables y Medio Ambiente, 16: 57–64. 2012

NG, E.; CHEN, L.; WANG, Y.; YUAN, C. **A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong**. Building and Environment, 47, 256–271. 2012

OKE, T. **Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites**. Iom Report, 2004, Td in Press, World Meteorological Organiz, Geneva. 2004

OMS. Organización Mundial de la Salud, «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», Tokio, diciembre de 2017. https://www.who.int/es/news/item/13-12-2017-world-bank-and-who-half-the-world-lacks-access-toessential- health-services-100-million-still-pushed-into-extreme-povertybecause- of-health-expenses, consultado el 19 de julio de 2021.

PESCHARDT, K. K.; SCHIPPERIJN, J.; STIGSDOTTER, U. K. **Use of Small Public Urban Green Spaces (SPUGS).** Urban Forestry & Urban Greening, 11(3), 235–244. 2012

RUIZ, M.A.; CORREA, E.N. **Suitability of different comfort indices for the prediction of thermal conditions in tree-covered outdoor spaces in arid cities.** Theoretical and Applied Climatology, 122: 69–83. 2015

ROMANELLO, C. **La plaza San Martín, sin desniveles y más verde.** (7 de octubre de 2016). Los Andes, http://www.losandes.com.ar/article/la-plaza-san-martin-sin-desniveles-y-masverde 2016

SCUDO, G.; DESSI, V. **Thermal comfort in urban space renewal.** En: PLEA 2006, 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland, 6-8 September, 2006.

STOCCO, S.; CANTÓN, A.; CORREA, E. **Design of urban green square in dry areas: Thermal performance and comfort.** Urban Forestry & Urban Greening, 14, 323–335. 2015

WOLCH, J. R.; BYRNE, J.; NEWELL, J. P. **Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities "just green enough."** Landscape and Urban Planning, 125, 234–244. 2014

WARD, H. C.; KOTTHAUS, S.; GRIMMOND, C. S. B.; BJORKEGREN, A.; WILKINSON, M.; MORRISON, W. T. J.; IAMARINO, M. **Effects of urban density on carbon dioxide exchanges: Observations of dense urban, suburban and woodland areas of southern England.** Environmental Pollution, 198, 186–200. 2015

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONICET (Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica), a la AGENCIA NACIONAL DE PROMOCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN, EL DESARROLLO TECNOLÓGICO Y LA INNOVACIÓN por financiar el desarrollo de esta investigación. También se quiere agradecer al personal de apoyo técnico Javier Garro y Raúl Mercado por su colaboración la campaña de mediciones y a Valentina Capdevila por su labor en el monitoreo con estaciones.