

VALORACIÓN MICROCLIMÁTICA DE PROPUESTAS DE URBANIZACIÓN SUSTENTABLE. EL CASO DEL PIEDEMONTES DEL ÁREA METROPOLITANA DE MENDOZA

Ana L. Castillo, Erica N. Correa Cantaloube, María A. Cantón

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE)

CCT Mendoza – CONICET Argentina

Av. Ruíz Leal s/n. Parque General San Marín, CP 5500, Mendoza

inahe@mendoza-conicet.gov.ar (54) (261) 4 5244001

E mail: alcastillo@mendoza-conicet.gov.ar

RESUMEN: El desarrollo urbano del piedemonte del Área Metropolitana de Mendoza ha continuado con las características urbanas de llanura, generando un impacto negativo sobre los perfiles higrómetros del sector. Por ello, se diseñaron un conjunto de esquemas urbanos orientados a disminuir los riesgos naturales y preservar las características ambientales del sector, con el fin de mitigar el efecto de las urbanizaciones sobre el microclima. Para verificar si las propuestas mejoran el comportamiento térmico de las urbanizaciones actuales, un esquema urbano existente y dos esquemas de urbanizaciones adaptadas a condiciones de piedemonte fueron simulados utilizando el software ENVI-met. Los resultados muestran que el esquema urbano orgánico de tipo lineal con espacio verde público posee el mejor comportamiento térmico, logrando una disminución de la temperatura máxima del aire de hasta 1,5°C con respecto al esquema urbano existente. Además, se pone en relevancia los beneficios de utilizar ENVI-met como herramienta de simulación, dado que se verifica que el modelo reproduce de manera confiable los principales procesos de cambio atmosféricos que afectan al microclima, dando valor a las predicciones que derivan de su uso. Esto facilita la labor de los planificadores urbanos optimizando los procesos de toma de decisión durante la etapa de diseño.

Palabras clave: Propuestas urbanas sustentables. Modelo de simulación térmica. Piedemonte

INTRODUCCIÓN

El desarrollo urbano del Área Metropolitana de Mendoza (AMM) hacia la periferia ha generado una presión antrópica sobre el territorio al continuar con modelos urbanos que poseen patrones de asentamiento homogéneos a áreas consolidadas del centro de la ciudad. Esto ha originado un cambio en la morfología y en el paisaje del territorio a un tejido urbano continuo (Haller, 2017; Moschella, 2017, Abraham, 1990). En el caso particular del área de piedemonte, este crecimiento urbano ha producido un alto impacto en esta área, ya que se han urbanizado sectores que poseen una alta fragilidad ambiental y que además tienen la función de ser amortiguadores ambientales.

Entre los impactos ecológicos dados por el crecimiento urbano hacia esta área, se puede destacar el incremento del riesgo aluvional dado por el aumento de las superficies impermeabilizadas y a la deforestación. En relación a los impactos ambientales se destacan la pérdida de suelo natural y su biodiversidad, el sellado de terrenos y el aumento de contaminación atmosférica y ruido, que favorecen la modificación de los perfiles de temperatura y viento de la ciudad. Desde el punto de vista microclimático el área de piedemonte posee condiciones de aridez, alta heliofanía y escasez de recursos hídricos. La investigación de Correa (2006) determina la existencia del fenómeno de isla de

calor urbana donde la urbanización desmedida sumada a las propiedades térmicas de los materiales que componen el sector han favorecido el aumento de la inercia térmica, extendiendo el período de enfriamiento hacia las primeras horas de la mañana, lo que ha generado en este sector un foco caliente con un aumento de temperatura en relación a su periferia de 9°C.

Como resultado de este proceso de desarrollo urbano es necesario plantear esquemas urbanos que consideren estas dos problemáticas: que respondan a las características morfológicas del terreno y que además contribuyan a mitigar el incremento de la temperatura del aire del sector piedemontano. El Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE) lleva adelante investigaciones relacionadas con el desarrollo urbano sustentable fundamentadas en el diseño bioclimático a partir del monitoreo, análisis micro-climático y modelización mediante softwares de propuestas que permitan crear, modelizar y pronosticar cómo ciertas variables y características urbanas modifican y alteran a escala micro el clima urbano Mills, (1993). Esas investigaciones han contribuido a estudiar el efecto de las urbanizaciones sobre el micro-clima del sector a partir de dos técnicas: a) aproximaciones observacionales (mediciones de campo, teledetección a partir de herramientas SIG) y b) enfoques de simulación: estos pueden ser modelos de balance energético o estudio numéricos que utilizan la Dinámica Computacional de Fluidos (CFD) (Mirzaei & Haghighat, 2010). La principal ventaja de los estudios de simulación en comparación con los observacionales es la posibilidad de realizar análisis comparativos basados en diferentes escenarios. Los softwares CFD de microclima urbano varían sustancialmente en función de su base física, su resolución espacio-temporal y las variables de salida o “outputs” (Allegrini, et al., 2015). Siendo los más utilizados a nivel nacional e internacional: Envi-MET, Energy-Plus, SOLENE-Microclimate, TRNSYS, SIMEDIF, entre otros.

El presente trabajo tiene como objetivo valorar mediante simulaciones el desempeño micro-climático de urbanizaciones.

METODOLOGÍA

Con el fin de comparar el modelo urbano de desarrollo imperante en el área de piedemonte respecto a esquemas de urbanización adaptados al contexto de inserción se presenta la metodología empleada en relación a lo siguiente: a) Caracterización de los casos de estudio, b) Método de evaluación de ambos esquemas basado en simulaciones mediante el empleo del software ENVI-met; c) ajuste de los resultados del comportamiento térmico entre el modelo simulado y medido para el caso del esquema urbano existente. Permite validar la respuesta del modelo físico usado para la simulación con el monitoreo microclimático de una urbanización existente.

Caracterización de los casos de estudio

Esquema urbano existente

Para la selección de un esquema urbano representativo se realizó un análisis cartográfico del sector y se identificó un conjunto residencial representativo del esquema de urbanización y trama dominante en el área de piedemonte (80% de trama con morfología racional). El conjunto urbano donde se asienta esta trama está ubicado en la zona Norte del AMM, posee una pendiente natural del terreno del 15%. Además, este sector fue elegido por poseer una lógica de alto crecimiento y expansión urbana de viviendas de baja densidad. En la Figura 1 se puede observar la trama del esquema urbano existente.

Las características de este esquema son las siguientes: Largo de manzanas de 150 m, ancho de calles de 16 m, superficie de lotes de 200 m², Factor de ocupación de suelo de 0,55, Retiros: frontal de 2m, sólo tienen un retiro lateral de 5,50 m ya que el diseño del barrio consta de viviendas apareadas. La forestación de esta trama está conformada por especies del tipo Melia azedarach (Paraíso), árbol de segunda magnitud, altura máxima de 18m, dimensiones de copa que varía de 4 a 8 m de diámetro y una permeabilidad solar media de 48% en verano.

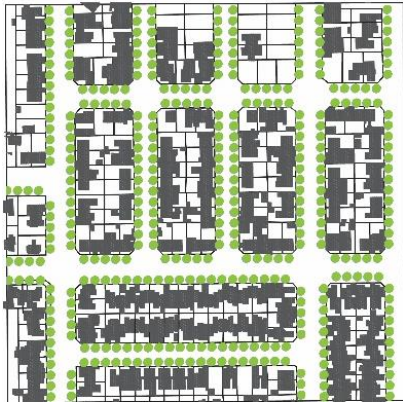


Figura 1: Esquema urbano existente en área de piedemonte del AMM.

Esquema urbano propuesto

Se propusieron dos esquemas urbanos adaptados a piedemonte: a) Trama orgánica lineal con espacio verde público cuyo esquema de diseño en relación a la distribución de la vegetación es del tipo distribuido: 10% del espacio abierto con forestación en el área central, 40% de superficie sellada en el área semi-perimetral y 50% de forestación en el área perimetral, (Stocco, 2016) y b) Trama orgánica con Cul-de-Sac sin espacio verde público. Estos esquemas poseen un diseño urbano que acompañan a la morfología y la pendiente del terreno (15%), se incorporaron áreas de infiltración tanto en los canales viales como en el interior de los lotes, el factor de ocupación del suelo está relacionado con la pendiente, es decir a mayor pendiente menor factor ocupación de suelo.

Las características de estos esquemas son las siguientes: Largo de manzanas de 200 m, ancho de calles de 20 m, superficie de lotes de 480 m², Factor de ocupación de suelo de 0,30, Retiros: frontal de 2m, retiro frontal de 1,5m; retiros laterales: retiro lateral Sur de 3m, y un retiro lateral orientación Norte de 11m. Los esquemas propuestos contemplan arbolado de alineación con especie *Morus alba* –árbol de segunda magnitud, alcanza una altura de 12m y las dimensiones de la copa varía de 6 a 8 m de diámetro– con una baja permeabilidad solar de 32% en verano (Cantón, 1992) La selección del tipo arbóreo tiene por objeto incrementar el control solar en un área caracterizada por una alta heliofanía. En la Figura 2 se pueden observar las tramas de los esquemas urbanos propuestos.

Estas consideraciones fueron extraídas a partir del análisis estadístico de los diferentes comportamientos micro-climáticos de las urbanizaciones previamente monitoreadas (Castillo et al, 2019) y de la realización de una revisión bibliográfica de las normativas internacionales y locales que regulan el desarrollo urbano del piedemonte (Castillo et al, 2017).

Trama orgánica lineal con espacio verde público



Trama orgánica con Cul-de-Sac



Figura 2: Esquemas urbanos propuestos adaptados a condiciones de piedemonte.

Método de evaluación de esquemas urbanos

Modelo de Simulación

La evaluación micro-climática de modelos urbanos se realizó mediante el uso del software ENVI-met 3.1, este software está basado en las leyes fundamentales de la dinámica de fluidos y la termodinámica (Bruse, 1999). Es un modelo computacional 3D que trabaja a escala urbana dentro de un ciclo diario diseñado para simular las interacciones entre el aire y la superficie del entorno urbano con una resolución típica de 0,5 a 10 metros cada 10 segundos. El modelo incluye la simulación de: flujos alrededor y entre edificios; procesos de intercambio de calor y vapor de las superficies de suelo y paredes; turbulencia; parámetros de la vegetación; bioclimatología; y dispersión de contaminantes (Bruse, 2009). Fue desarrollado por el grupo de trabajo Environmental Modelling Group del Dr. Michael Bruse del Institute of Geography of the University of Mainz, Alemania (<http://www.envi-met.com>). El uso de ENVI-met está ampliamente validado tanto a nivel internacional como nacional (Tumini, 2012; Perini & Magliocco, 2014; Alchapar, 2014; Stocco, 2016; Sosa, 2017).

Para la configuración de los modelos teóricos de ENVI-met, se incorporan datos en archivos de entrada principal:

- Área de entrada (Area Input File): se crea a través de una interfaz gráfica, contiene los datos de los valores del diseño físico del modelo, es decir la ubicación geográfica del esquema urbano, la forma y dimensiones de la edificación, la vegetación, el tipo de suelo de las condiciones reales del caso de estudio monitoreado y además se ubican los receptores en la grilla planteada.
- Base de Datos (Database): se incorporan en esta sección los datos y características de la forestación y la composición del suelo. La especie forestal utilizada fue la denominada "Tb" de la librería PLANTS.DAT de ENVI-met, la altura se determinó en 10m por corresponder con el desarrollo promedio de un forestal de 2° magnitud. Las características de esta tipología forestal son: 400 de resistencia mínima estomática, 0.20 de albedo de onda corta de la hoja de la planta, 2m de profundidad total de la zona radicular, LAD de 0.80 a 2.00 de densidad del área foliar en m^2/m^3 y RAD de 0.10 de densidad del área de la raíz en m^2/m^3 .
- Archivo de Configuración (Configuration File): contiene los valores de los parámetros meteorológicos y condiciones del entorno con los que va a simular (velocidad y dirección de viento, rugosidad, temperatura atmosférica inicial, humedad específica y humedad relativa).

Descripción del modelo físico empleado en la simulación

Las simulaciones se realizaron con una superficie de referencia es de 300 x 300 m, la grilla es de 100 x 100 x 30, por lo tanto, la resolución del área es de 3 x 3 x 3m y el número de grillas totales es de x: 86; y: 86; z: 30. Para la obtención de datos del efecto de la trama sobre la temperatura del aire de cada conjunto analizado se ubicaron 9 receptores en los canales viales urbanos y 6 receptores cercanos a los espacios verdes públicos. Los primeros 3 en un radio de 50m y los segundos en un radio de 100m. En el caso particular del esquema de trama orgánica con Cul de Sac, además de los receptores en los canales urbanos, se ubicaron (5) cinco receptores en los centros de cada Cul de Sac. En la Figura 3 se pueden observar la ubicación de los receptores en cada esquema urbano analizado.

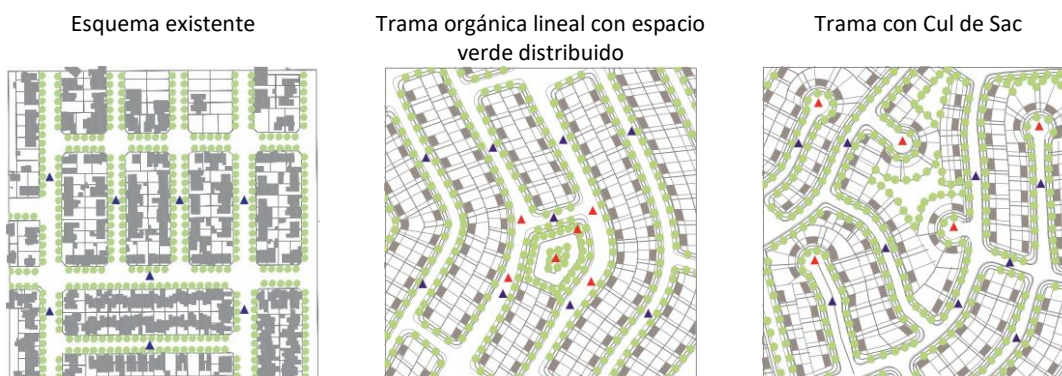


Figura 3: Ubicación de receptores en las tramas urbanas.

Ajuste de los resultados del comportamiento térmico entre el modelo simulado y medido

Para validar y dar confiabilidad estadística a los resultados de los esquemas urbanos a analizar, se realizó un ajuste de la situación monitoreada in situ con el modelo numérico. Para ello se escogió uno de los días monitoreados durante el año 2018 que representa las condiciones del total del periodo (12 de enero) día despejado con elevada heliofanía. El periodo de estabilización encontrado es de 72 horas, congruente con los resultados obtenidos por Wang & Akbari (2016), quienes también toman como salida válida sólo aquellos valores de las últimas 24 horas para reproducir correctamente la fenomenología que caracteriza el día elegido. Con el receptor r centro se ajustó el valor de SVF medido y simulado. En la Tabla 1 se presentan los datos de entrada del archivo “Configuration File”, para el ajuste del esquema de trama racional.

La Tabla 1 se divide en 3 categorías de datos: meteorológicos, edificación y suelo. Los datos meteorológicos de entrada se mantienen constantes en los ajustes, ya que son condiciones climáticas a nivel meso-escala. Los datos de edificación también se mantuvieron constantes ya que tanto la tecnología constructiva como la materialidad de las viviendas existentes en los casos de estudio es la misma (Trama urbana existente y Canales viales urbanos seleccionados). Por último, los datos de la categoría de suelos varían en cuanto a los valores de temperatura superficial, de sus capas inicial y media (0 a 50cm).

<i>Parámetros para configuración Envi-met</i>	<i>valores</i>
<i>Meteorológicos</i>	
Velocidad viento a 10m sobre suelo	3.5
Dirección viento (0°:N, 90°:E,	135°
Rugosidad z0	0.1
Factor de ajuste solar	1.5
Temperatura atmosférica inicial (K)	298
Humedad específica a 2500m.s.n.m	2.8
Humedad relativa a 2m (%)	37
<i>Edificación</i>	
Temperatura interior (K)	297
Conductividad pared (W/m²K)	2
Conductividad techo (W/m²K)	0.78
Albedo pared	0.3
Albedo techo	0.2
<i>Suelo</i>	
Temperatura superficial, capa inicial	293K
Temperatura superficial, capa media	290K
Temperatura superficial, capa	290K
Humedad relativa, capa inicial (0-20cm)	20%
Humedad relativa, capa media (20- 50cm)	35%
Humedad relativa, capa profunda	60%

Tabla 1. Valores archivo configuración ENVI-met.

Para validar la confiabilidad los resultados arrojados por la simulación se evaluó la magnitud de los errores que pueden resultar de su uso a partir del análisis comparativo de la curva de temperatura del aire simulada y medida. La identificación y cuantificación de los errores se realizó mediante la determinación del coeficiente de correlación ajustado o determinación (R2), el error de polarización media (MBE), el error absoluto medio (MAE), el error medio porcentual absoluto (MAPE), el error cuadrático medio (RSME), el error cuadrático medio sistemático (RSMES) y el error cuadrático medio aleatorio (RSMEu). Cada indicador expresa el grado de exactitud o error del modelo bajo diferentes perspectivas, MAE y RMSE indican la magnitud del error promedio. MBE describe la dirección del sesgo de error, su valor está relacionado con la magnitud de los valores utilizados; un MBE negativo se produce cuando los valores de las predicciones son más pequeñas que las observaciones. MAPE expresa al error como un porcentaje por lo cual es de fácil comprensión. La Tabla 2 muestra las curvas de ajuste del caso simulado con los valores de temperatura del aire máxima, mínima, promedio y amplitud; como así también se muestran los valores de SVF y los 6 indicadores estadísticos utilizados para estimar el grado de precisión del modelo numérico versus el real.

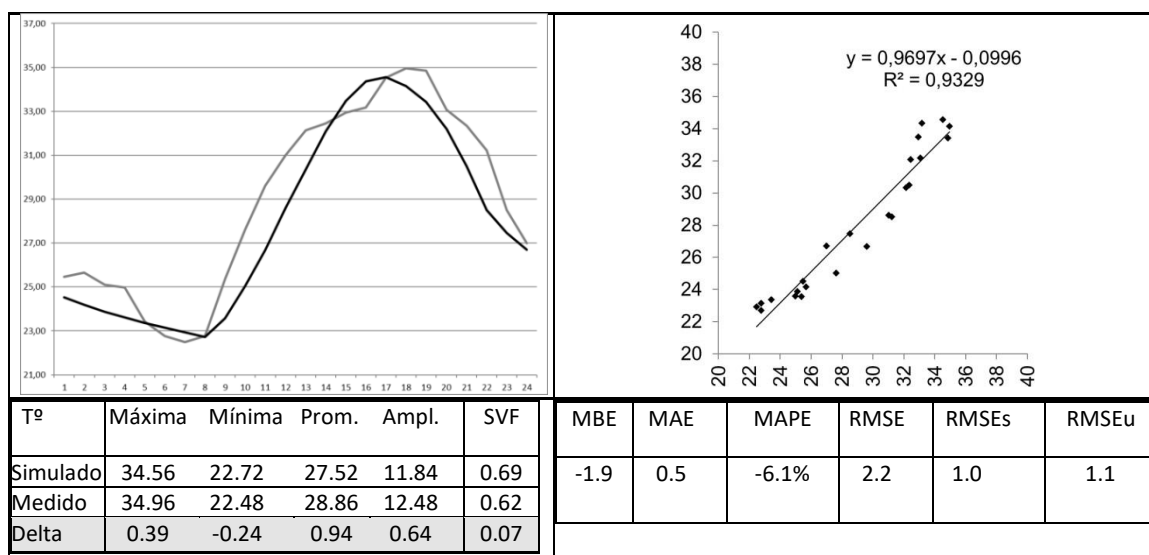


Tabla 2. Curva de ajuste del caso simulado y los indicadores estadísticos.

RESULTADOS

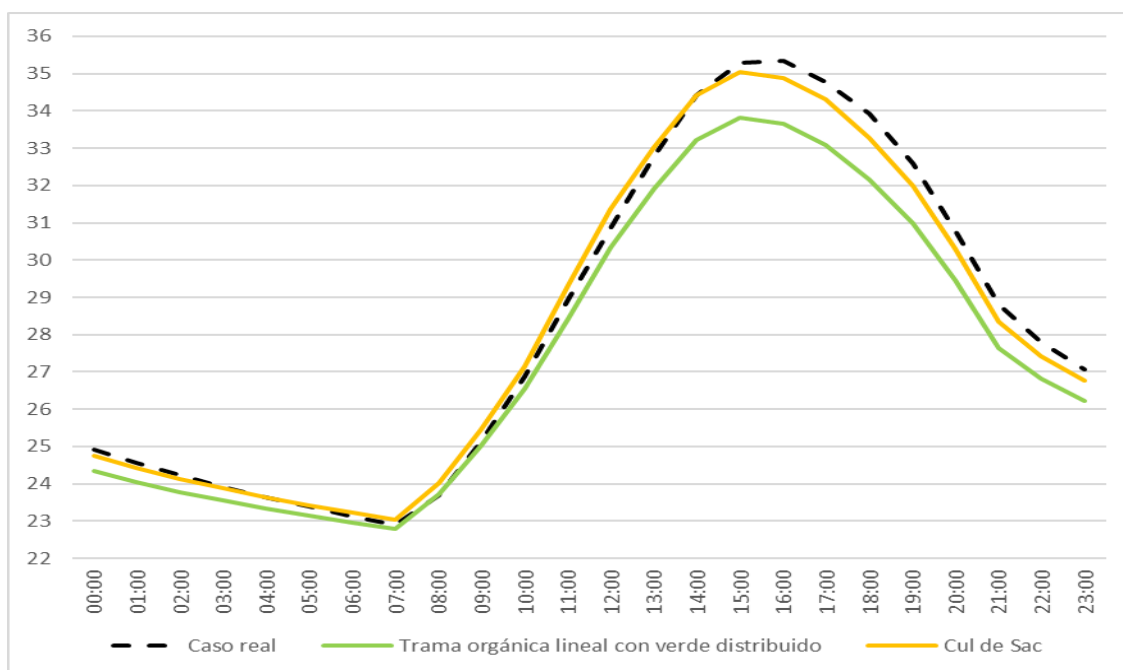
Para identificar el esquema urbano que brinda la mejor respuesta térmica se realizó un análisis comparativo de temperaturas del aire promedio máximas, mínimas y medias alcanzadas para un día típico de verano y una evaluación de imágenes termográficas del esquema urbano existente con respecto a la propuesta de urbanización que presenta el mejor desempeño térmico.

Análisis comparativo de temperaturas del aire promedio máximas, mínimas y medias

Se muestran a continuación los resultados de las simulaciones realizadas con el software ENVI-met 3.1. En la Tabla 3 se exponen los resultados de las temperaturas promedio de todos los receptores que corresponden a la condición de máxima, mínima y media de la curva de temperatura del aire. Las temperaturas promedio fueron calculadas a partir de los resultados arrojados por los receptores colocados en las tres tramas simuladas -el caso existente y dos propuestas urbanas adaptadas-.

A partir del análisis de las respuestas térmicas promedio de los esquemas urbanos analizados, la Tabla 3 muestra que la trama orgánica lineal con espacio verde público distribuido es la que posee el mejor desempeño térmico. En relación a la temperatura máxima, la diferencia entre el caso existente y la trama orgánica lineal con espacio verde distribuido es de 1.5°C y la diferencia en la temperatura media es de 0.8°C. En cuanto a la temperatura mínima, se puede interpretar que es el parámetro donde las

propuestas tienen menos impacto, por lo que no se observan diferencias significativas con respecto al comportamiento del caso existente.



Propuestas	Esquema urbano existente	Trama orgánica lineal con espacio verde distribuido	Trama orgánica con Cul de Sac	Dif. Temperatura
T máx.	35,36	33,81	35,03	1,54
T min	22,89	22,79	23,04	0,10
T media	28,32	27,54	28,23	0,78

Tabla 3: Temperaturas promedio de las propuestas analizadas.

Se puede observar que la trama orgánica con Cul de Sac es la alternativa menos favorable, ya que alcanza valores de temperatura mínima mayores al esquema existente y la diferencia entre los valores de temperatura máxima y media no es significativa respecto al caso existente.

Además, si se comparan los modelos de trama orgánica lineal con espacio verde distribuido y orgánico con Cul de Sac, se puede observar que la primera muestra un mejor comportamiento térmico y una simpleza en su distribución y diseño de trama, lo cual permitiría un ahorro para el emplazamiento de la infraestructura y la distribución de los diferentes servicios utilizando el trazado de calles lineal. A estos beneficios se suma el potencial de este diseño para ser replicado en diferentes áreas de piedemonte que posean morfologías de terreno similares a la analizada (15% de pendiente).

Evaluación de imágenes termográficas del esquema urbano existente con respecto a la propuesta de urbanización que presenta mejor desempeño térmico

En este apartado se presentan las imágenes termográficas obtenidas a partir de los datos de las simulaciones con la aplicación de la extensión Leonardo v3.7 del software ENVI-met. Correspondientes a los rangos horarios de las temperaturas del aire máximas (16hs.) y mínimas (08hs.) (Figura 4 y 5)

Termografías – Temperatura máxima

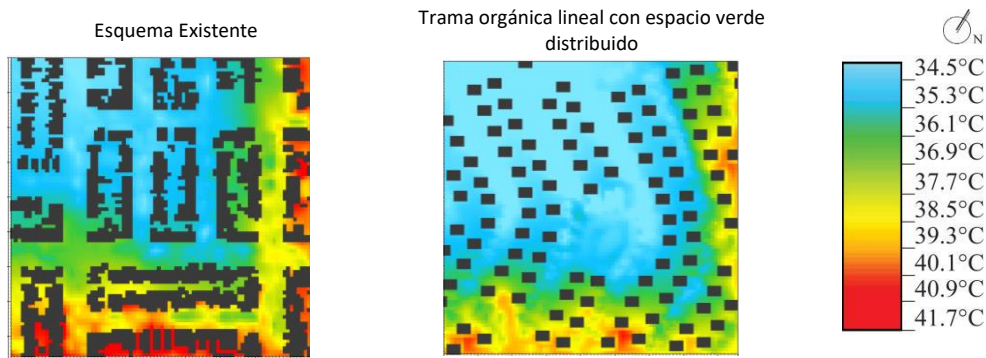


Figura 4.: Imágenes termográficas de temperatura máxima

Al analizar las imágenes de temperatura máxima de los escenarios propuestos en la Figura 4 se observa que:

- El esquema existente (trama racional utilizada en llanura) concentra las mayores áreas y focos calientes, tanto en las calles como en los patios de las manzanas de la periferia.
- En el esquema de trama orgánica lineal con espacio verde distribuido, se observa una influencia moderada de éste en torno al micro-clima del sector.
- El modelo adaptado a condiciones de piedemonte muestra una distribución más homogénea de las áreas frescas, ya que los patios presentan la misma temperatura que los canales viales.

Termografías – Temperatura mínima

Al analizar las imágenes de temperatura mínima en la Figura 5, se observa que:

- En el esquema existente la distribución de temperaturas muestra ser más heterogénea, al existir franjas más cálidas en los centros de manzana.
- En el esquema de trama orgánica lineal con espacio verde distribuido la incidencia de éste es más notable que durante el día sin bien su influencia se limita al perímetro del sector donde se implanta.

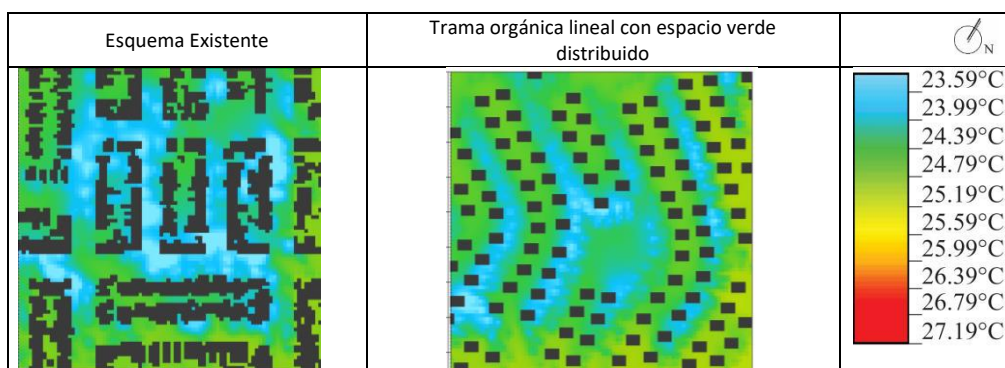


Figura 5: Imágenes termográficas de temperatura mínima.

CONCLUSIONES

A partir del análisis comparativo realizado en este trabajo, los resultados indican que las mejoras son más significativas en el esquema propuesto que considera la pendiente como factor de diseño para determinar la ocupación de suelo y que incorpora un espacio público verde con distribución de forestales. Este diseño no sólo disminuye en 1.5°C la temperatura máxima del aire, sino que además incorpora espacios que favorecen la infiltración de aguas provenientes de tormentas estivales. Otro aspecto favorable de esta propuesta es la simpleza en su diseño ya que, si se compara con la trama

orgánica con Cul de Sac, es superadora en relación tanto a la accesibilidad como a la distribución de servicios debido a la linealidad de su morfología urbana.

Desde el punto de vista metodológico, un aspecto a destacar es que el software ENVI-met es un modelo de simulación que reproduce de manera fidedigna los principales procesos de cambio atmosféricos que afectan al micro-clima de un sector: flujos de viento, radiación, temperatura y humedad. Además, este software posee la aplicación Leonardo v3.7 que permite la realización de imágenes termográficas, las cuales posibilitan la identificación de los elementos urbanos y su desempeño térmico a lo largo de las horas del día. Esta herramienta simplifica y facilita la labor de urbanistas y arquitectos ya que permite discernir, dentro de las propuestas analizadas, cuáles son los aspectos evaluados que mejoran el comportamiento térmico de un sector.

Finalmente, el uso de un modelo de simulación micro-climática es fundamental en el proceso de diseño urbano-edificio ya que permite testear y comprender cómo funciona cada uno de los componentes de un esquema de urbanización, posibilitando analizar el funcionamiento de propuestas teóricas que no son factibles de evaluar mediante mediciones *in situ*.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham E. (1990). Proyecto: Planificación y Ordenamiento Ambiental del Piedemonte al Oeste de la Ciudad de Mendoza. IADIZA. Gobierno de Mendoza. 213p.
- Alchapar, N. (2014). Materiales de la envolvente urbana. Valoración de su aptitud para mitigar la isla de calor en ciudades de zonas áridas. Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Allegrini, J., Dorer, V., y Carmeliet, J., (2015). Influence of morphologies on the microclimate in urban neighbourhoods. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 144: 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2015.03.024>
- Bruse, M. (1999). The influences of local environmental design on microclimate. University of Bochum.
- Bruse, M. (2009). StadtlandschaftimKlimawandel - Zu den Grundlagen des städtischenMikroklimas. Collinet, HD and Pesch, F (eds). *StadtundLandschaft*, KlartextVerlagEssen.
- Cantón, M.A., Cortegoso, J.L. y de Rosa, C. 1994. "Solar permeability of urban trees in cities of western Argentina". *Energy and Buildings*, Berkeley, USA. 20 (3): 219-230.
- Castillo, A. L., Correa, E. N. y Cantón, M. A. (2017) Regulación urbanística de piedemonte en ciudades latinoamericanas. Análisis crítico de la normativa internacional y el marco regulatorio de la Ciudad de Mendoza, Argentina. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*. 12 (35) pp. 39-70.
- Castillo, A., Correa, E., y Cantón, M. (2019). Geomorfología y forma urbana. Comportamiento térmico de distintas tramas en áreas de piedemonte: el caso de Mendoza, Argentina. *Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales*, 45(136).
- Correa, E. (Julio de 2006). Isla de Calor Urbana. El caso del aérea metropolitana de Mendoza. Salta: Universidad Nacional de Salta.
- Mills G. (1993). Simulation of the energy budget of an urban canyon I. Model structure and sensitivity test. *Atmos. Envir*, 27B (2), 157-170. Doi: 10.1016/0957-1272(93)90002-N
- Mirzaei, P., y Haghighat, F., (2010). Approaches to study Urban Heat Island e Abilities and limitations. *Building and Environment*, 45(10): 2192-2201. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.04.001>
- Perini, K. y Magliocco, A. (2014). Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13, 495–506.

- Sosa, M. B. (2017). Estrategias de mitigación de la isla de calor. Sustentabilidad ambiental y eficiencia energética de perfiles urbanos de baja densidad en zonas áridas. Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Stocco, S. (2016). Impacto de la morfología y materialidad de las plazas en la calidad energético-ambiental de ciudades emplazadas en zonas áridas. Mendoza: Universidad Tecnológica Nacional.
- Tumini, I. (2012). El microclima urbano de los espacios abiertos. Estudio de casos en Madrid. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Wang, Y. y Akbari, H. (2016). Analysis of urban heat island phenomenon and mitigation solutions evaluation for Montreal. *Sustainable Cities and Society*, 26: 438-446. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.015>

ABSTRACT: Urban development in the hillsides of the Metropolitan Area of Mendoza has continued urban characteristics of plain, generating a negative impact on the hygrothermal profiles of the sector. For this reason, a set of urban schemes were designed aimed at reducing natural hazards and preserving the environmental characteristics of the sector, in order to mitigate the effect of urbanization on the microclimate. To verify whether the proposals improve the thermal behavior of current developments, an existing urban scheme and two urbanization schemes adapted to hillside conditions were simulated using the ENVI-met software. The results show that the organic lineal urban scheme type with public green space has the best thermal behavior, achieving a decrease in the maximum air temperature of up to 1.5 ° C with respect to the existing urban scheme. Also, the benefits of using ENVI-met as a simulation tool are highlighted, since it is verified that the model reliably reproduces the main atmospheric change processes that affect the microclimate, giving value to the predictions derived from its use. This facilitates the work of urban planners optimizing decision-making processes during the design stage.

KEYWORDS: Sustainable urban proposals. Thermal simulation model. Hillside