

Propuestas de desarrollo urbano energético y ambientalmente sustentable de áreas de piedemonte en zonas áridas: Mendoza, Argentina

Energetic and environmentally sustainable urban development proposals for hillside arid zones: Mendoza Argentina

Ana Castillo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8240-4559>

Becaria posdoctoral Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), Mendoza, Argentina. Correo electrónico: alcastillo@mendoza-conicet.gob.ar

Erica Norma Correa Cantaloube

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1690-076X>

Investigadora independiente Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), Mendoza, Argentina.

María Alicia Cantón

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8714-9697>

Investigadora principal Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), Mendoza, Argentina.

Resumen

El crecimiento del Área Metropolitana de Mendoza hacia el piedemonte ha deteriorado su calidad ambiental, impactando negativamente sobre el desarrollo sustentable de la ciudad. Esta investigación busca proponer y evaluar esquemas de urbanización que mejoren la eficiencia energética y den respuesta a los condicionantes ambientales del piedemonte. Para ello, se propusieron y simularon 12 esquemas urbanos que incorporan criterios de diseño sustentable, usando ENVI-met. Los mismos son el resultado del análisis de variables de diseño que condicionan la respuesta térmica de las actuales urbanizaciones del piedemonte y de los lineamientos de ordenamiento y regulación seguidos internacionalmente. Los resultados muestran que todas las propuestas mejoran la condición térmica y ambiental de las urbanizaciones existentes, siendo mayor la magnitud del impacto en terrenos con pendientes menores al 15 %. Estos representan el 70 % de los suelos urbanizables, lo que pone de manifiesto el potencial impacto de la aplicación de las propuestas analizadas.

Palabras clave

piedemonte, propuestas de urbanización, sustentabilidad, zonas áridas

Abstract

The growth of the Metropolitan Area of Mendoza towards the hillside sector has deteriorated its environmental quality, negatively impacting the city's sustainable development. This research aims to propose and evaluate urbanization schemes that improve energy efficiency and respond to the environmental conditions of the piedmont. To this end, twelve urbanization schemes that incorporate sustainable design criteria were proposed and simulated using ENVI-met. They are the result of the analysis of design variables that determine the thermal response of the current developments in the hillsides and of the planning and regulation guidelines followed internationally. The results show that all the proposals improve the thermal and environmental condition of the existing developments, the magnitude of the impact being greater on land with slopes less than 15%. They represent 70% of the land for development, highlighting the potential impact of the application of the proposals analyzed.

Keywords

arid zones, hillside, sustainability, urbanization proposals

HISTORIAL DEL ARTÍCULO

Recibido:

20 septiembre de 2021

Aceptado:

23 de junio de 2022

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Castillo, A., Correa, E. N., y Cantón, M. A. (2022). Propuestas de desarrollo urbano energético y ambientalmente sustentable de áreas de piedemonte en zonas áridas. Mendoza, Argentina. *Revista de Urbanismo*, (47), 115-135. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2022.64896>

Introducción

El desarrollo de las ciudades latinoamericanas ha sufrido transformaciones tardías en comparación con el crecimiento de las ciudades mayormente consolidadas —EE. UU. y Europa— (Castells, 2017; Romero y Toledo, 2000). Este ha seguido criterios propios de los modelos expansionistas de las grandes ciudades, los que se ven reflejados en el crecimiento disperso de urbanizaciones de baja densidad (Oliver-Pujol y Bisbal-Grandal, 2019). La expansión urbana difusa y desordenada sobre áreas productivas o de valor ecológico ha transgredido los principios de urbanización sostenible, modificando las condiciones del territorio y su paisaje (Haller, 2017; Moschella, 2017; Rogers, 2001; Stadel, 2000; Vilela y Moschella, 2017).

En el caso particular de Mendoza, Argentina, el desarrollo urbano se dio a partir del mismo modelo expansionista, tanto hacia zonas irrigadas como hacia zonas de alta vulnerabilidad ecológico-ambiental como es el caso del piedemonte, que posee además la función de ser un amortiguador ambiental. En el sector de piedemonte del Área Metropolitana de Mendoza, los sucesivos asentamientos humanos planificados o espontáneos han producido un constante deterioro de la calidad ambiental (Abraham et al., 2014). La expansión urbana en el sector se caracteriza por el crecimiento de la baja densidad edilicia, emulando los modelos de ciudad dispersa internacionales. La presión antrópica sobre el medio natural y el rápido crecimiento de la población urbana hacia esta zona de alta fragilidad ha incrementado de manera notable la exposición a diferentes riesgos del tipo ecológico y ambiental.

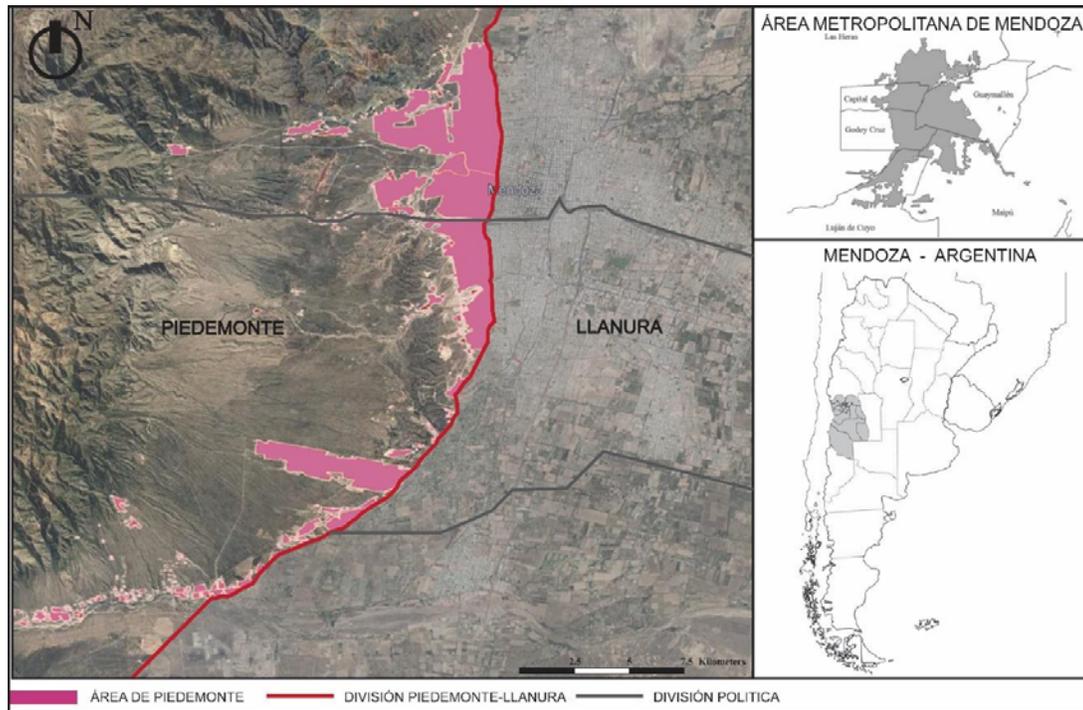
El área de estudio del presente trabajo está ubicada en la provincia de Mendoza, en el centro-oeste de la República Argentina, tiene una latitud de 32,5°S y la longitud 68,5°O, su tipo de clima es árido cálido (BSk) según la clasificación climática de Köppen. Se caracteriza por ser una amplia planicie semidesértica de tipo aluvial con pendientes que se extienden hacia el oeste, al pie de la precordillera de Los Andes. Constituye un ambiente frágil e inestable debido a sus grandes pendientes, cuya orientación predominante es de oeste a este, con altitudes que oscilan

entre los 1.600 y 1.800 m.s.n.m. y lluvias estivales violentas y concentradas en sectores parciales de la cuenca superior. Las geoformas que se destacan en este sector son las cerrilladas pedemontanas, que conforman un conjunto de cerros y lomadas a lo largo de un importante sistema de fallas (Abraham et al., 2005). Posee vegetación escasa y degradada, sus suelos no están consolidados y son factibles de padecer acelerados procesos de erosión principalmente hídrica. Desde el punto de vista climático prevalece la condición árida por la escasez de recursos hídricos: no existen en el piedemonte cursos de agua permanente, solo vertientes de escaso caudal y cauces temporarios (Abraham, 1990; Burgos y Vargas, 2008). En la Figura 1 se observa la situación del crecimiento urbano sobre el área de piedemonte en el Área Metropolitana de Mendoza (AMM).

Las urbanizaciones ubicadas sobre sectores de piedemonte del Área Metropolitana de Mendoza (AMM) se han desarrollado con criterios similares a los de la llanura, es decir, esquemas de trama racional, morfología urbana en forma de damero, con avenidas cuya orientación acompaña a la máxima pendiente (oeste-este), forestación no adaptada al sitio de inserción, que ha ocasionado una serie de impactos ecológicos y ambientales debido a que no se han tenido en cuenta las características especiales que este sitio requiere (Scoones, 2018). Ante la ausencia de una planificación consciente, orientada hacia la integración territorial (Mesa y Giusso, 2014), se originaron situaciones fragmentadas y superpuestas, donde conviven distintas funciones no siempre compatibles entre sí (Roitman, 2003). Dentro de los impactos ecológicos se observa el aumento notable de los volúmenes de los escurrimientos pluviales y la disminución de los tiempos de concentración, con el consecuente aumento de caudales. Esto se ha agravado en los últimos años por la excesiva urbanización especulativa y sin criterio urbanístico en las primeras estribaciones piedemontanas (Maza et al., 2004). Además, grandes movimientos de tierra han afectado considerablemente no solo al paisaje natural, tan valioso para sus habitantes, sino también la flora y fauna autóctona.

Entre los impactos ambientales se destacan la pérdida de suelo natural y su biodiversidad, el sellado de terrenos

Figura 1
Crecimiento urbano sobre área de piedemonte, Mendoza, Argentina



productivos y el aumento de contaminación atmosférica y sonora. El crecimiento sobre el piedemonte ha dificultado los procesos de renovación y purificación del aire urbano, provocando un aumento de las superficies de absorción y retención de la radiación solar (inercia térmica). Estos factores han promovido la intensificación de la isla de calor urbano (ICU) en la ciudad y generado focos de ICU satélite. En estudios realizados por Correa (2006), se ha determinado la existencia del fenómeno de isla de calor urbana sobre las urbanizaciones del piedemonte con una intensidad máxima de 9° C, valor semejante al que alcanza el ICU en el sector central del AMM (10° C).

El crecimiento del AMM hacia las zonas periféricas piedemontanas si bien cuenta con un conjunto de leyes, decretos y un plan de ordenamiento territorial (Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial [APOT], 2009),

estos son solo de carácter enunciativo y no establecen pautas que regulen el desarrollo urbano de acuerdo con la condición ambiental del sector. Aunque los municipios zonifican estipulando los usos de suelo permitidos en las distintas áreas, solo toman en cuenta el límite urbano, sin considerar que este es dinámico y se amplía conforme al crecimiento espontáneo de la mancha urbana. Como consecuencia, la legislación que establece los criterios de ordenamiento es posterior al desarrollo urbano. El Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE) comenzó en el año 2004 con el monitoreo y diagnóstico microclimático de esta área. Ha detectado, a partir de los resultados encontrados y su contrastación con el análisis de revisiones bibliográficas internacionales, variables que mejoran el acondicionamiento climático del piedemonte (Castillo et al., 2019). Además, debido a la vulnerabilidad que presenta el crecimiento de la ciudad sobre esta cuenca

ambiental dinámica, sería deseable evitar urbanizaciones en estos sectores o proponer modelos adaptados a sus condiciones particulares. Entre ellas, disponer de áreas destinadas a la protección de la vegetación y de los suelos que aseguren la infiltración de las aguas de las lluvias y mejoren la habitabilidad del espacio público exterior (Romero y Vásquez, 2005). En este sentido es imperativo unificar legislaciones y establecer pautas o parámetros que consideren al piedemonte como una unidad geográfica con características y vulnerabilidades propias.

Lo discutido anteriormente indica que, para revertir el crecimiento urbano desordenado y sus consecuencias sobre la calidad ambiental del sector, es necesario plantear esquemas urbanos que respondan a las características morfológicas del terreno y que además contribuyan a mitigar el incremento de la temperatura del aire, mejorando sus condiciones microclimáticas.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo proponer esquemas urbanos que incorporen variables e indicadores urbano-edilicios identificados como positivos en investigaciones previas (Castillo et al., 2017; Castillo et al., 2019) y que estén orientados a mitigar el sobrecalentamiento de áreas urbanas localizadas en el piedemonte, sin comprometer otros aspectos ambientales vinculados con la sostenibilidad del sector, como son el desmonte, la impermeabilización del terreno, etc. De este trabajo surge la interrogante de cuál es el esquema urbano adaptado a condiciones de piedemonte que presenta mejor desempeño microclimático y que procura mitigar el impacto ambiental del sector a intervenir. Persigue, como fin último, plasmar el desarrollo teórico y conceptual disponible en propuestas de diseño urbano-edilicio para la intervención sustentable de áreas de piedemonte.

Marco teórico

La acelerada, desordenada y anárquica urbanización de ciudades intermedias estuvo estrechamente relacionada con el alto crecimiento demográfico, centrado en la redistribución neta de la población desde las áreas rurales hacia las áreas urbanas (Mertins, 2000; Urriza, 2018; Zapatero Santos, 2017). Sin embargo, este

crecimiento se redujo luego de la década del setenta con el desplazamiento de una alta tasa demográfica hacia la periferia de las ciudades (Fuentes y Pezoa, 2018; Mignone et al., 2017). Muñiz et al. (2006) plantean el término de ciudad dispersa desde el punto de vista de los estudios morfológicos, caracterizándolo como un modelo de crecimiento desconcentrado, poco denso, discontinuo y falto de estructura. El proceso de expansión urbana constante en todo el borde de las ciudades se inició con una ocupación dispersa que poco a poco se fue densificando hasta que las zonas urbanas periféricas se incorporaron a la mancha urbana central (Bazant, 2008; Martino, 2019; Sánchez Sepúlveda, 2015). Como consecuencia de esta expansión se elevó tanto el consumo de recursos como la diversidad de los impactos negativos sobre el territorio. Este fenómeno propició un desarrollo vertiginoso de urbanizaciones fragmentadas, debido a una marcada explosión demográfica y a la rapidez de los avances tecnológicos, configurando un paisaje urbano complejo (Guzmán Ramírez y Hernández Sainz, 2013; Szupiany, 2018). Además, surgieron problemas comunes tales como desequilibrios regionales (García Zarza, 1997; Huerta González, 2020), redes urbanas extensas y desproporcionadas, urbanizaciones periféricas, marginalidad, subempleo, carencia de servicios, alteración de ecosistemas frágiles y reducción de la calidad ambiental (Mussetta, 2020).

En la actualidad, existen estudios que contemplan la evolución del crecimiento urbano sobre el medio natural relacionados con la pérdida de suelo rural destinado a la agricultura o con alto valor paisajístico, donde las condiciones naturales desaparecen frente a la expansión sin control de la ciudad (Fujihara et al., 2005; López et al., 2001; Morello et al., 2000; Rayburn, & Schulte, 2009). Otros trabajos que también abordan las transformaciones territoriales están relacionados con el ordenamiento territorial y ponen foco en aspectos de planificación urbana (Marina-Berón et al., 2013; Roitman, 2008), así como en temas institucionales y de gestión del territorio (Guardamagna y Cueto, 2015; Ortiz Sánchez et al., 2020) y de evaluación de la dinámica urbana sobre la rural (Mussetta et al., 2019).

Como se dijo anteriormente, el Área Metropolitana de Mendoza se ha extendido sobre el sector de piedemonte, el cual constituye un área de alta fragilidad ambiental. Debido a su ubicación estratégica en la periferia del Gran Mendoza, este se ha convertido en un gran atractivo para el avance de desarrollos urbanos de origen público y privado (Marchionni et al., 2020). Como resultado de este proceso, el sector científico ha desarrollado diferentes estudios tendientes a ordenar el piedemonte. Diversos autores han avanzado en la discusión sobre distintos criterios en torno a su planificación y gestión (Abraham et al., 2005), la tipificación de las urbanizaciones existentes y la cuantificación de diversos indicadores morfológicos y sociales (López Rodríguez, 2008; Mesa y Giusso, 2014), a la vez que han desarrollado estudios para mitigar las amenazas de origen hídrico (Burgos, 2007; Vera Rodríguez, 2008; Vich et al., 2014). Sin embargo, no se han realizado avances respecto de la elaboración de esquemas formales que integren un conjunto de propuestas de urbanización adaptadas a las condiciones específicas del área de piedemonte. Por ello, el objetivo del presente trabajo es generar conocimiento en esta área de vacancia.

Metodología

La metodología empleada consta de tres etapas: 1) caracterización de áreas a intervenir; 2) desarrollo de propuestas de diseño urbano para piedemonte; y 3) evaluación de esquemas urbanos adaptados a condiciones de piedemonte. Estas etapas se explicarán a continuación.

Caracterización de áreas a intervenir

Para la selección y caracterización de áreas a ser urbanizadas en el sector de piedemonte se realizó una búsqueda de documentos, leyes y decretos que establecieran áreas aptas a ser urbanizadas. De esa revisión se pudo identificar que la Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial (APOT) ha establecido 11 áreas que, de acuerdo con la lógica de las tendencias de crecimiento urbano, son las próximas a ser urbanizadas. Estos polígonos con aptitud para asentamiento humano presentan los siguientes criterios: pendientes menores al 30 %, baja peligrosidad por la ausencia de cauces

aluvionales que los atraviesen, clara accesibilidad desde las diferentes vías principales, no estar ubicados sobre áreas con fallas geológicas y acceso a los servicios e infraestructura. En la Figura 2 se visualizan las 11 áreas propuestas para urbanizar (APOT, 2009), como también la identificación y ubicación de los diferentes sectores aptos para ser urbanizados en el área de piedemonte.

De acuerdo con la tendencia de crecimiento urbano y la geolocalización de las áreas identificadas, se escogieron tres sectores en los cuales se proponen diferentes esquemas de urbanización. Esa selección se realizó luego de un relevamiento de planos catastrales en donde se analizó la topografía del terreno, como también la lógica de crecimiento urbano del AMM. Estos sectores difieren además en el porcentaje de su pendiente y en su geomorfología, por lo que los esquemas propuestos van a estar adaptados a esas características.

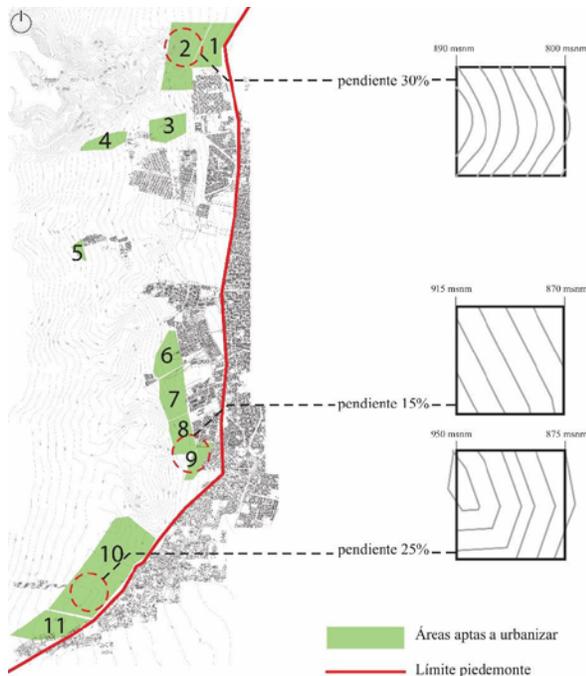
Sector norte: debido a la accidentada geografía que presenta esta ubicación se seleccionó un sector cuya pendiente es de 30 %, siendo esta la máxima permitida para ser urbanizada según la regulación norteamericana y la que más restricciones de ocupación del suelo posee. Este sector posee una altitud de 890 m.s.n.m.

Sector centro: se seleccionó un área con una pendiente de 15 %. En esta área, la topografía del terreno es menos accidentada, por lo cual ha quedado una gran extensión de terreno similar a las condiciones topográficas de llanura. Este sector posee una altitud de 915 m.s.n.m.

Sector sur: también presenta una topografía accidentada, por lo que se seleccionó un área cuya pendiente es de 25 %. Este sector cuenta con una altitud de 950 m.s.n.m.

Para las tres pendientes se propusieron esquemas adaptados a las condiciones del terreno, considerando las variables extraídas tanto de la revisión bibliográfica de la normativa internacional y local como del análisis del monitoreo.

Figura 2
 Delimitación de las áreas aptas para ser urbanizadas e identificación y ubicación de los diferentes sectores aptos para ser urbanizados en el piedemonte con la incorporación de la cota de terreno



Desarrollo de propuestas de diseño urbano para piedemonte

La etapa de elaboración de propuestas urbanas en áreas de piedemonte se sustenta en dos tareas previas: 1) análisis crítico de normativas que regulan el desarrollo urbano sobre el piedemonte; y 2) diagnóstico de la respuesta microclimática de la condición actual del desarrollo urbano y análisis estadístico de variables.

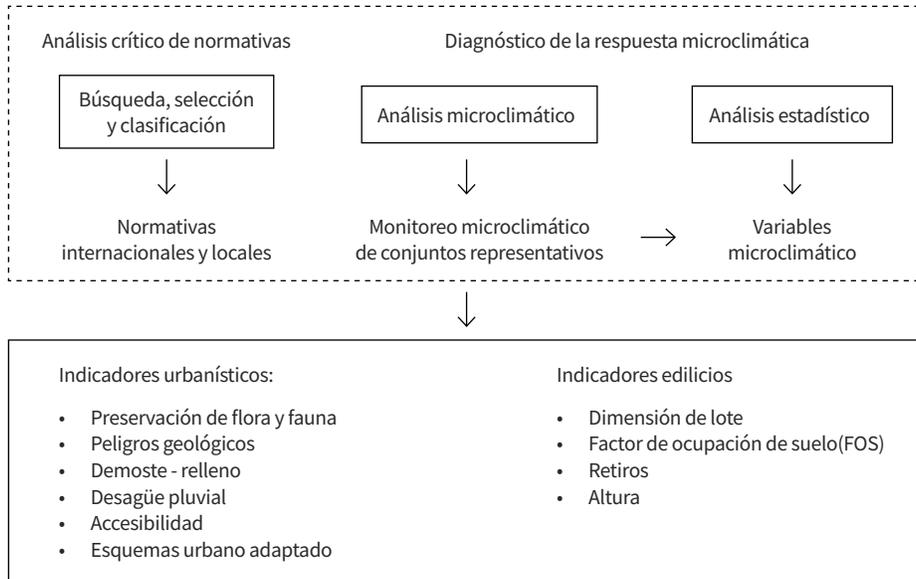
Análisis crítico de normativas que regulan el desarrollo urbano sobre el piedemonte. Con el objetivo de proponer posibilidades de urbanización y estructuras de ordenación del territorio adaptadas a condiciones de piedemonte, se realizó una revisión bibliográfica de documentos que contienen regulaciones, leyes, decretos y ordenanzas urbanas de municipios, condados y alcaldías relacionados

con el desarrollo urbano-edilicio. Se extrajeron 56 legislaciones de diferentes localizaciones geográficas ubicadas en EE. UU. y España con condiciones climáticas similares a las de Mendoza, para ser contrastadas posteriormente con la legislación local. Se seleccionaron estos países debido a que ambos cuentan con una vasta producción de normativas que reglamentan áreas de piedemonte y urbanizaciones sobre ladera. Además, se consultaron regulaciones pertenecientes a ciudades latinoamericanas que, si bien cuentan con códigos de ordenamiento territorial, no poseen una legislación específica para normar el crecimiento urbano en áreas con estas características.

Para el análisis comparativo se seleccionaron indicadores urbanísticos y edilicios utilizados con frecuencia para ordenar el desarrollo urbano de la ciudad. Los parámetros de esos indicadores están publicados por Castillo et al. (2017).

Diagnóstico de la respuesta microclimática de la condición actual de desarrollo urbano y análisis estadístico de variables. Con el fin de identificar las variables de diseño de mayor impacto en la respuesta térmica de diferentes conjuntos urbanos presentes en el piedemonte, se desarrolló un monitoreo microclimático durante tres períodos estivales consecutivos para diagnosticar e identificar características de desarrollo urbano que influyen sobre la habitabilidad térmica exterior. Se monitorearon 15 canales viales ubicados en los sectores norte y centro del área de piedemonte de AMM. Debido a la heterogeneidad de los casos monitoreados, fue necesario un análisis estadístico multivariado para determinar el comportamiento de las variables y su influencia sobre un determinado fenómeno. La metodología utilizada y los resultados alcanzados en ambas etapas han sido publicados por Castillo et al. (2019). Los indicadores utilizados en las regulaciones norteamericanas y españolas como criterio rector del ordenamiento territorial, sumado a las variables de diseño identificadas como de mayor impacto en el comportamiento microclimático de las urbanizaciones existentes monitoreadas, constituyen los lineamientos de partida para la elaboración de propuestas eficientes

Figura 3
 Diagrama síntesis de las principales etapas para la selección de indicadores urbano-edilicios para el diseño de esquemas urbanos



de diseño urbano del piedemonte. En la Figura 3, se exponen las etapas de la selección de indicadores urbano-edilicios con las cuales se sentaron las pautas de diseño de urbanizaciones ecológicas y ambientalmente eficientes adaptadas a condiciones de piedemonte.

Propuestas de modelos urbanos ubicados en áreas de piedemonte. Se propusieron 13 escenarios urbanos con diferentes modelos de urbanización que acompañan a la morfología y la pendiente del terreno de cada sector del área de piedemonte (norte, centro y sur). Para su diseño se consideraron indicadores urbanos que incluyen un conjunto de aspectos necesarios para garantizar la sustentabilidad del desarrollo de un área de alta fragilidad ambiental. Entre ellos: preservación de la pendiente; preservación de flora y fauna; identificación de peligros geológicos; posibilitar la infiltración de agua de lluvia para la mitigación de riesgos aluvionales; accesibilidad y ancho de calles y esquemas de urbanización.

Para los indicadores edilicios se tuvieron en cuenta los siguientes:

- Dimensión de lote: las normativas internacionales proponen lotes de grandes dimensiones con el objeto de urbanizar moderadamente las áreas de piedemonte.
- FOS: la ocupación de uso del suelo se relaciona con la pendiente de la zona a intervenir en pendiente menores al 30 %.
- Retiros que permitan la mejor captación de radiación solar de todas las viviendas.
- Altura: fijar una altura continua y homogénea que permita continuar un perfil edilicio que acompañe las pendientes del terreno.

Evaluación de propuestas urbana-edilicias adaptadas a condiciones de piedemonte. Para verificar el comportamiento de las propuestas urbanas se seleccionó un caso base considerado como representativo del área urbana

de piedemonte, los modelos se ajustaron microclimáticamente, para luego ser contrastados con la respuesta monitoreada en campo.

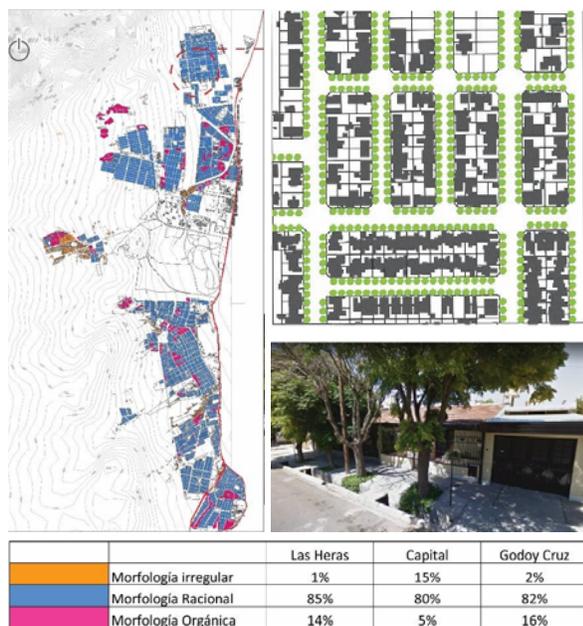
Caracterización del escenario base. Se seleccionó como conjunto residencial referente un esquema urbano de trama racional por ser la más representativa de todo el piedemonte del AMM (80 %), para la modelación de un escenario inserto en él. El barrio donde se asienta esta trama está ubicado en la zona norte del AMM, en el municipio de Las Heras. Este sector fue elegido por poseer una lógica de alto crecimiento y expansión urbana de viviendas de baja densidad, además de ser uno de los sectores que mayor crecimiento urbano ha tenido durante la última década. Mediante revelamiento de planos catastrales e imágenes obtenidas a través del uso de drones, se pudo realizar una caracterización y selección de un cañón urbano representativo en el esquema urbano seleccionado. El caso base a simular posee las siguientes características: largo

de manzanas de 150 m; ancho de calles de 16 m; superficie de lotes de 200 m²; factor de ocupación de suelo (FOS) de 0,55; retiros: frontal de 2 m, solo tienen un retiro lateral de 5,50 m, ya que el diseño del barrio consta de viviendas apareadas. La forestación de esta trama es la especie *Melia azedarach* (Paraíso), la cual consiste en un árbol de segunda magnitud, que logra una altura de 18 m y cuyas dimensiones de la copa varían de 4 a 8 m de diámetro (Figura 4).

Simulaciones dinámicas. Para la evaluación térmica se desarrollaron modelos o escenarios teóricos mediante el uso del software ENVI-met 3.1. Este es de acceso gratuito y fue desarrollado por el grupo de trabajo Environmental Modelling Group, del Dr. Michael Bruse del Institute of Geography of the University of Mainz, Alemania (envi-met.com). ENVI-met es un modelo computacional 3D que trabaja a escala urbana dentro de un ciclo diario. Su propósito es simular las interacciones entre el aire y las superficies de un entorno urbano mediante las leyes fundamentales de la dinámica de fluidos y la termodinámica (Bruse, 1999). Para configurar el modelo a simular, este software requiere dos archivos principales de entrada: 1) el archivo de configuración de datos geométricos del modelo simulado: posición y altura de los edificios, la vegetación, el tipo de suelo, la ubicación de los receptores y, por último, la geolocalización y geometría del entorno del proyecto; y 2) el archivo de configuración de salida, contiene los valores de los parámetros meteorológicos, nombres de las carpetas de salida y los tiempos de simulación. El uso de ENVI-met está ampliamente validado en el local (Alchapar y Correa, 2016; Sosa, 2017; Stocco, 2016), e internacionalmente (Middel, et al, 2014; Tsoka et al., 2018; Yucekaya, & Uslu, 2020).

Las simulaciones se realizaron con una versión 100 x 100 x 30. La resolución del área es de 3 x 3 x 3 m, el número de grillas totales es de x: 86; y: 86; z: 30, debido a que la superficie de referencia es de 300 x 300 m. Dentro de cada esquema urbano se ubicaron nueve receptores en cada canal vial urbano, para la obtención de datos del efecto de la trama sobre la temperatura. Además, dentro de cada modelo se instalaron seis receptores cercanos a las áreas con espacios verdes públicos, los primeros tres en un radio de 50 m y los segundos en un radio de 100 m, eso se realizó

Figura 4
Relevamiento de las diferentes morfologías urbanas presentes en el área de piedemonte del AMM y caracterización de caso base



para la obtención de datos que determinaran el impacto que provoca la incorporación de esos espacios. Para los esquemas de trama orgánica con cul-de-sac, además de los receptores en los canales urbanos, se dispusieron cinco receptores en los centros de cada cul-de-sac.

Ajuste de los modelos de simulación. Para validar y dar confiabilidad estadística a los resultados de los escenarios 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, el cual representa las condiciones del total del período (12 de enero). El modelo de área simulada fue realizado con una versión 100 x 100 x 30. La resolución del

área es de 3 x 3 x 3 m, el número de grillas totales es de x: 86; y: 86; z: 30, debido a que la superficie de referencia es de 300 x 300 m. Se colocaron tres receptores, uno de ellos se ubicó en el centro del área de estudio, y los otros dos en las esquinas de los cañones viales. 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 escenario de ajuste —racional—.

La Tabla 1 se divide en tres 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 mesoescala. 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 (tramas urbanas seleccionadas 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 50 cm).

Para alcanzar un cierto nivel de confianza del modelo se realizó una validación o evaluación adecuada de la magnitud de los errores que pueden resultar de su uso. Las medidas de resumen son las descriptoras de la calidad de la simulación, ya que intentan localizar y cuantificar los errores, algunas son: el coeficiente de correlación ajustado o determinación (R^2), el error de polarización media (Mean Bias Error, MBE), el error absoluto medio (Mean Average Error, MAE), el error medio porcentual absoluto (Mean Absolute Percentage Error, MAPE), el error cuadrático medio (Root Mean Square Error, RSME), el error cuadrático medio sistemático (Systematic Root Mean Square Error, RSMEs) y el error cuadrático medio aleatorio (Unsystematic Root Mean Square Error, RSMEu). Cada indicador expresa el grado de exactitud o error del modelo bajo diversas perspectivas, MAE y RMSE indican la magnitud del error promedio, pero no proporcionan información sobre el tamaño relativo de la diferencia media entre los valores observados y los valores predichos. MBE describe la dirección del sesgo de error, su valor está relacionado con la magnitud de los valores utilizados; un

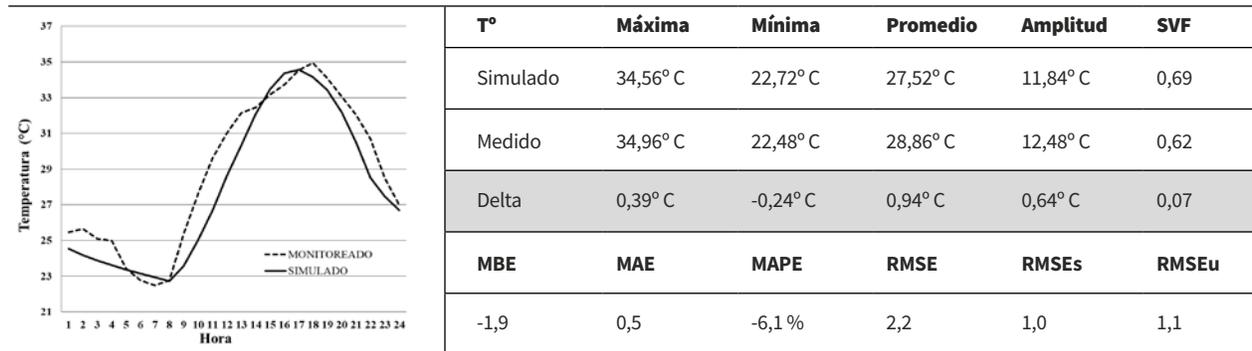
Tabla 1

Valores archivo configuración ENVI-met

Parámetros para configuración Envi-met	Valores
Meteorológicos	
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 2500 m.s.n.m	2,8
Humedad relativa a 2 m (%)	37
Edificación	
Temperatura interior (K)	297
Conductividad pared (W/m ² K)	2
Conductividad techo (W/m ² K)	0,78
Albedo pared	0,3
Albedo techo	0,2
Suelo	
Temperatura superficial, capa inicial	293 K
Temperatura superficial, capa media	290 K
Temperatura superficial, capa profunda	290 K
Humedad relativa, capa inicial (0-20 cm)	20 %
Humedad relativa, capa media (20- 50 cm)	35 %
Humedad relativa, capa profunda	60 %

Tabla 2

Curva de ajuste del caso simulado e indicadores estadísticos



MBE negativo se produce cuando las predicciones son más pequeñas en valor que las observaciones. MAPE expresa al error como un porcentaje, suponiendo que es 5, el pronóstico está errado en un 5 %. Como este número es un porcentaje, puede ser más fácil de entender que los otros estadísticos. 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 seis indicadores estadísticos utilizados para estimar el grado de precisión del modelo numérico versus el real. Este método ha sido validado regionalmente por varios trabajos (Alchapar y Correa, 2016; Sosa et al., 2018).

Tratamiento comparativo de los resultados de las simulaciones. Se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas con el software ENVI-met del caso base y de las diferentes alternativas de urbanización propuestas que buscan dar respuesta a los condicionantes del piedemonte mendocino. Para ello se compararon los valores promedio de las temperaturas máximas mínimas y medias.

Para contrastar el comportamiento de todos los receptores ubicados en los diferentes puntos de las propuestas urbanas, se realizaron gráficos del tipo box-plot. Estos muestran la variabilidad de la distribución de las temperaturas: máxima y mínima.

Resultados

Modelado de propuestas urbanas

Como se dijo anteriormente, para la propuesta de esquemas urbanos se extrajeron indicadores urbanos y edilicios a partir del análisis estadístico de los diferentes comportamientos microclimáticos de las urbanizaciones previamente monitoreadas y de la realización de una revisión bibliográfica de las normativas internacionales y locales que regulan el desarrollo urbano del piedemonte.

Indicadores urbanos. Se describe para cada uno de ellos el criterio adoptado para el desarrollo de las propuestas urbanas:

- Preservación de la pendiente: se propone continuar las formas de las cotas del terreno natural.
- Preservación de flora y fauna: se dispusieron espacios verdes de uso público y/o un área de terreno natural en cada lote para mantener las condiciones del sector y de esta forma crear corredores ecológicos que colaboren en continuar las vías para la libre circulación de la fauna nativa y preservar la biodiversidad.
- Identificación de peligros geológicos: de acuerdo con la cartografía consultada, los sectores seleccionados están ubicados en áreas que no presentan fallas geológicas.
- Posibilitar la infiltración de agua de lluvia para la mitigación de riesgos aluvionales: se destinaron

áreas, en ambos costados de las calzadas, que permitan la infiltración de agua derivada de grandes tormentas estivales, continuando la traza de las calles de los conjuntos urbanos. El ancho de esos sectores es de 2,5 m.

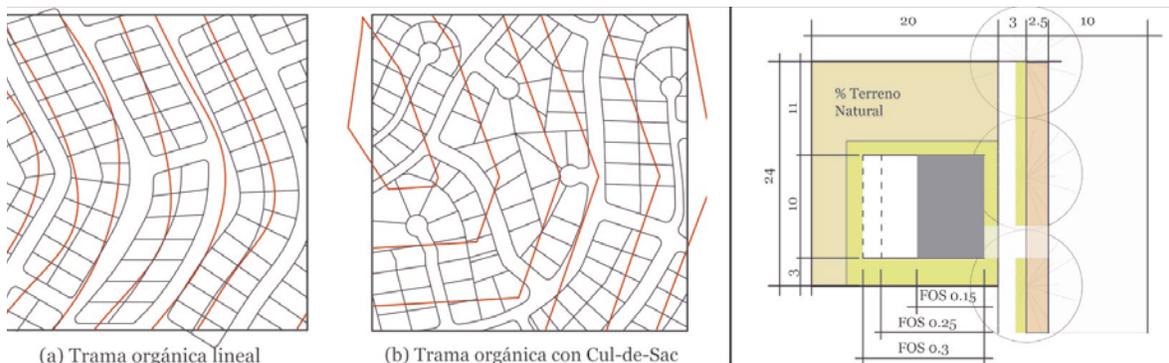
- Accesibilidad y anchos de calle: se establece un ancho de 2,5 m de vereda, esta dimensión es estipulada en función de las recomendaciones internacionales (Ayuntamiento de Sevilla, Gerencia de Urbanismo, 2008). Además, solo se ha dejado sellada una franja de 1 m de la vereda y se propone la incorporación de pisos de alta capacidad de infiltración. La Ley n.º 4.886 de Disposición del suelo de zona oeste del gran Mendoza (Provincia de Mendoza, 1983) indica anchos de calle de 16 m. Sin embargo, debido a la incorporación de áreas de infiltración, se propone un ancho mayor (20 m), el cual se encuentra comprendido entre los límites dimensionales que fija la Ley n.º 4.341 Régimen para loteos o fraccionamiento de terrenos, vigente en la Provincia (Provincia de Mendoza, 1979).
- Esquema de urbanización: se propusieron esquemas urbanos de tramas orgánicas adaptadas a la topografía del piedemonte del tipo lineal y con cul-de-sac. De acuerdo con los lineamientos de los códigos norteamericanos se adoptó el criterio de agrupamiento de viviendas mediante el trazado de parcelas en forma de racimo denominado clúster.

La Figura 5 muestra la forma de trama adoptada en las propuestas de esquemas urbanos en un área de 300 x 300 m.

Indicadores edilicios.

- Dimensión de lotes: de acuerdo con los lineamientos fijados por las normativas internacionales para urbanizar áreas de piedemonte, se proponen lotes de dimensiones superiores a la dimensión mínima establecida en la Ley de Loteo vigente para áreas de llanura y piedemontanas. De esta forma, queda establecida una superficie mínima de 480 m², con una proporción de 24 m de frente y de 20 m de profundidad para permitir el acceso a los recursos naturales que ofrece el clima.
- Factor de ocupación del suelo (FOS): como se dijo anteriormente, las regulaciones internacionales plantean que a medida que aumenta el grado de pendiente del terreno disminuye la ocupación del suelo. De acuerdo con las tres pendientes consideradas aptas para su urbanización, se definieron los siguientes factores de ocupación: FOS de 0,15 para pendiente de 30 %, FOS de 0,25 para pendiente de 25 % y FOS de 0,30 para pendientes de 15 %. Este criterio posibilita una mayor área de infiltración en la medida en que aumenta la pendiente para evitar el aceleramiento de las aguas pluviales (City of Los Gatos, 2012; City of Phoenix, 2011)

Figura 5
Esquemas urbanos adaptados a condiciones de piedemonte

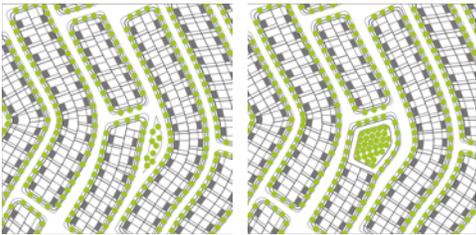


- Retiros: con el objeto de garantizar la disponibilidad solar de todas las viviendas del conjunto urbano se definieron los siguientes retiros: retiro frontal de 1,5 m; para los retiros laterales se decidió dejar un retiro lateral sur de 3 m y un retiro lateral norte de 11 m.
- Altura: la cota máxima de altura ha sido fijada atendiendo al criterio de acompañar el perfil topográfico del terreno, de esta forma, se definió un

valor constante de 8 m, altura considerada adecuada para permitir la construcción de viviendas en dos niveles con obstrucciones moderadas con respecto a la ventilación y a la radiación solar.

De la aplicación de cada uno de los indicadores previamente descritos se definieron cuatro propuestas para cada pendiente analizada (30 %, 25 % y 15 %):

Tabla 3
Indicadores utilizados para el diseño urbano de las propuestas

Forma de trama	Orgánica lineal		Cul-de sac	
Denominación del escenario	Trama orgánica lineal sin espacio verde público	Trama orgánica lineal con espacio verde público concentrado	Trama orgánica lineal con espacio verde público distribuido	Trama orgánica con cul-de-sac
Diseño urbano				
Esquema de urbanización	Diseño de calles y manzanas que continúan la forma de las cotas del terreno natural			
Ancho de canal (m)	20			
Sup. de infiltración (%)	8			
Sup. total (m²)	90.000			
Sup. lotes (m²)	482			400 - 500
FOS				
Altura (m)	8			
Retiro frontal (m)	1.5			
Retiro lateral norte (m)	11			
Retiro lateral sur (m)	3			
Especie forestal	Morera			
Diseño espacio verde público	Sin espacio verde	60 % forestación central, 40 % de superficie, sellada perimetral	10 % forestación central, 40 % superficie sellada, semiperimetral, 50% forestación perimetral	Espacio verde en intersticios de la trama
Sup. espacio verde público (m²)	-		4.375	2.447

1) trama orgánica lineal sin espacio verde público; 2) trama orgánica lineal con espacio verde público, cuyo esquema de diseño en relación con la distribución de la vegetación es del tipo concentrado: 60 % del espacio abierto con forestación en el área central y 40 % de superficie sellada en el área perimetral; 3) trama orgánica lineal con espacio verde público, cuyo esquema de diseño en relación con 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 semiperimetral y 50 % de forestación en el área perimetral (Stocco, 2016); y 4) trama orgánica con cul-de-sac sin espacio verde público.

Todas las propuestas contemplan arbolado de alineación con especies adaptadas a las condiciones áridas del sitio de inserción y bajo consumo hídrico. Para todas las pendientes de terreno consideradas, las propuestas han sido evaluadas con especies forestales de segunda magnitud correspondiente a la especie *Morus alba*—árbol de segunda magnitud, alcanza una altura de 15 m y las dimensiones de la copa varían de 6 a 8 m de diámetro— con una baja permeabilidad de 32 % en verano (Cantón et al., 1994).

En la Tabla 3 se observan los valores de cada uno de los esquemas urbanos propuestos.

Respuesta térmica de propuestas urbanas adaptadas a áreas de piedemonte

En esta sección se realizará la evaluación de la respuesta térmica de 13 escenarios en total (caso base y cuatro propuestas urbanas ubicadas en las tres pendientes analizadas). Las tramas propuestas han sido evaluadas a partir de un análisis comparativo de temperaturas promedio máximas, mínimas y medias alcanzadas para un día típico de verano y del análisis de la variabilidad de la distribución de las diferentes temperaturas.

Análisis comparativo de las temperaturas promedio. En esta sección se exponen los resultados de las simulaciones realizadas con el software ENVI-met de las diferentes alternativas de urbanización planteadas que buscan dar

respuesta a diferentes condicionantes del piedemonte mendocino. En la Tabla 5 se exponen los resultados de las temperaturas promedio máximas, mínimas y medias, calculadas a partir de los receptores colocados en las cinco tramas simuladas—el caso base y cuatro alternativas de mejora— para las tres pendientes evaluadas, 30 %, 25 % y 15 %.

En relación con la temperatura máxima y temperatura media, las diferencias están comprendidas en un rango de 0,94° C-1,54° C. La temperatura mínima es el parámetro donde las propuestas tienen menos impacto, por lo que no se observan diferencias significativas con respecto al comportamiento de cada propuesta.

A partir del análisis de las respuestas térmicas promedio de las propuestas urbanas, se puede observar que la trama orgánica lineal con espacio verde público distribuido es la que muestra el mejor desempeño térmico en todas las pendientes evaluadas. Este diseño de trama también es beneficioso, ya que si se compara con la trama orgánica con cul-de-sac, se evidencia la simpleza y economía que representa en cuanto a infraestructura y trazado de calles, lo que permite que sea replicada en diferentes sectores del piedemonte.

De las respuestas menos benignas se puede interpretar que, en general, la trama orgánica con cul-de-sac se muestra como la alternativa más desfavorable en las pendientes de 15 % y 25 %. En pendientes de 30 % su respuesta térmica es similar a la trama sin espacio verde.

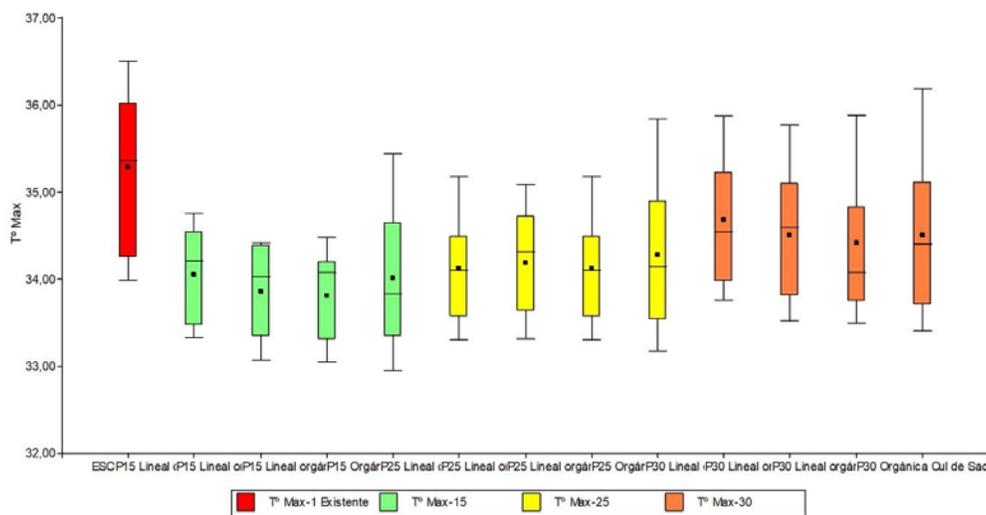
Análisis de la variabilidad de la distribución de las diferentes temperaturas

Temperatura máxima. En la Figura 6 se observa la variabilidad de las temperaturas máximas de todos los receptores ubicados en las 13 propuestas urbanas. Al comparar los valores de cada pendiente, se evidencia que las tramas ubicadas sobre la pendiente de 15 % son las que logran los menores valores de temperatura máxima. Además, se observa que la trama orgánica lineal con espacio verde distribuido de 15 % de pendiente posee el mejor comportamiento con mayor

diferenciación respecto del caso base y la menor variabilidad de temperaturas máximas, el 75 % de valores está comprendido entre 33,45° C-34,23° C (cuartiles Q1 y Q3). Además, se observa que presenta una temperatura máxima promedio similar a la de trama orgánica lineal con espacio verde concentrado de 34° C. Esto responde a dos componentes presentes en ambos esquemas: 1) el incremento de la inercia térmica de esas propuestas,

debido a un aumento de la ocupación del suelo, ya que las reglamentaciones para urbanizar el piedemonte establecen, para suelos con pendiente del 15 %, un FOS de 0,30; y 2) la existencia de espacio verde. Al comparar los valores de las propuestas de urbanización con el caso base, se ve un descenso pronunciado de las temperaturas máximas, las que llegan en este último caso a valores en el cuartil Q1 de 36° C.

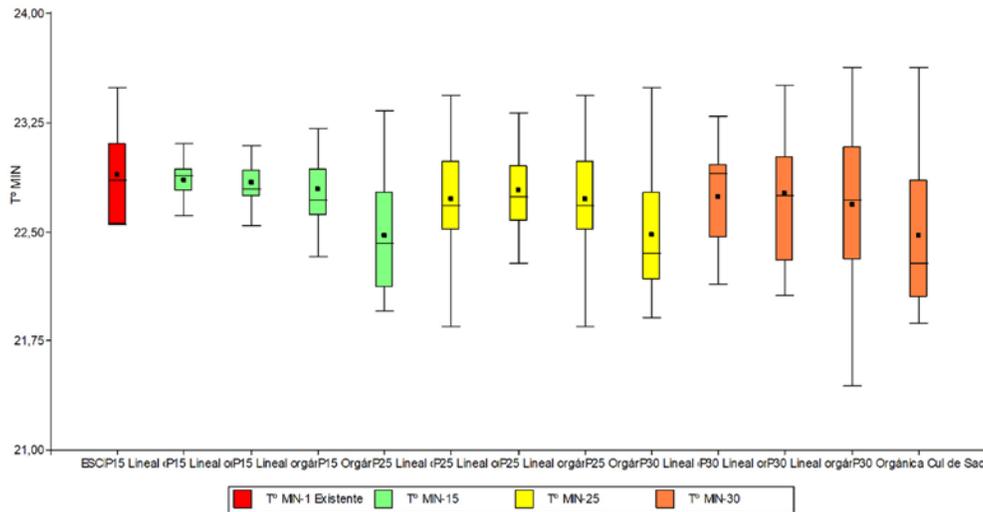
Figura 6
Gráfico box-plot para temperaturas máximas de las 13 propuestas



Temperatura mínima. A partir del diagrama de variabilidad de las temperaturas mínimas (Figura 7) se puede observar que las tramas orgánicas con cul-de-sac son las que mayor distribución poseen en sus valores, pero son las que menor valor de temperatura mínima alcanzan Q1 = 22° C. Esto se debe a que su morfología (concentrada en algunos sectores, dejando sin intervenir áreas con condiciones naturales del territorio) incide

en la disminución de temperatura en las horas de la noche. A diferencia de lo que sucede en las temperaturas máximas, las propuestas ubicadas sobre pendiente de 15 % son las que poseen los mayores valores de temperaturas mínimas y menor variabilidad. Se puede inferir entonces que en los escenarios con pendientes más pronunciadas hay mayor superficie expuesta que permite aumentar el refrescamiento nocturno.

Figura 7
Gráfico box-plot para temperaturas mínimas de las 13 propuestas



Discusión

En las propuestas urbanas presentadas se verifica una mayor disminución de la temperatura en las áreas consideradas urbanizables con una pendiente de menor a 15 % respecto de los modelos de crecimiento urbano imperantes en la actualidad, dichas disminuciones alcanzan valores de hasta 1,5° C. Esto se debe a que las propuestas desarrolladas para las áreas urbanizables de menor pendiente presentan una mayor ocupación del suelo de las manzanas (City of Phoenix, 2011), dando como respuesta un diseño urbano que incrementa el efecto de la masa térmica del espacio construido, y que disminuye la magnitud de la temperatura del aire durante las horas de sol. Es importante destacar que el piedemonte posee el 70 % del territorio urbanizable en el marco de estos valores de pendiente —menor o igual al 15 %— por lo que las urbanizaciones propuestas en este trabajo colaborarían en mejorar el desempeño microclimático de la mayor parte del sector. Dichas propuestas impactan en mayor medida en las temperaturas máxima y media,

y en menor proporción en las temperaturas mínimas, esto implica que generan beneficios durante las horas de la tarde en tanto mejoran la habitabilidad térmica de los espacios exteriores y disminuyen el consumo energético destinado a alcanzar condiciones de confort en los espacios interiores durante las horas del día. Sin embargo, presentan limitantes asociadas al refrescamiento nocturno que impactan sobre las posibilidades de mitigar la isla de calor en el área de piedemonte. Este comportamiento es coincidente con estudios nacionales e internacionales realizados en morfologías de llanura (Alchapar et al., 2018; Bueno et al., 2012; Sosa et al., 2017; Sosa et al., 2020).

Se observa que la respuesta térmica de las propuestas guarda estrecha relación con el impacto de la forma de la trama y sus esquemas de vegetación y, simultáneamente, responde a criterios de sustentabilidad ambiental del piedemonte asociados a la preservación de la pendiente natural del terreno y del área de infiltración para evitar el riesgo aluvional y sísmico.

Con relación a la distribución de la vegetación dentro de los espacios públicos, en las alternativas propuestas y evaluadas se observa que aquellos espacios con un esquema de verde distribuido (10 % del espacio abierto con forestación en el área central, 40 % de superficie sellada en el área semiperimetral y 50 % de forestación en el área perimetral) muestra el mejor comportamiento térmico. Este impacto también se observa en mayor medida en el valor de la temperatura máxima, lo que demuestra un comportamiento congruente con los estudios realizados por Stocco (2016). Respecto de esta área temática, en futuras etapas se prevé profundizar el análisis de un conjunto de variables asociadas al diseño de los esquemas de vegetación, en particular, en lo relativo a la selección de especies de modo de atender a la sustentabilidad de las áreas verdes en un sector caracterizado por una baja disponibilidad del recurso hídrico y una alta heliofanía.

Conclusiones

El crecimiento urbano de tipo expansionista que ha caracterizado el desarrollo del AMM sobre el área de piedemonte ha generado situaciones de vulnerabilidad ambiental, degradando las condiciones de habitabilidad del sector. Urbanizaciones tanto de origen privado como público han avanzado sobre el territorio a través de modelos urbanos semejantes a los utilizados en áreas de llanura, sin contemplar que las particularidades del sector demandan modelos de urbanización que ofrezcan soluciones específicas adaptadas a las características del sitio de implantación.

El presente trabajo representa una instancia superadora de las investigaciones desarrolladas hasta el momento, ya que ha elaborado y evaluado distintos esquemas formales que integran propuestas de urbanización adaptadas a las condiciones específicas del área de piedemonte. Estas propuestas persiguen preservar las características ambientales propias del sitio de inserción, manteniendo la morfología del terreno y además mejorar el comportamiento microclimático del sector. Los resultados muestran que la propuesta de trama orgánica lineal con espacio verde público distribuido cumple con este objetivo

multipropósito, ya que ofrece el mejor desempeño térmico en todas las pendientes evaluadas; además, su diseño orgánico lineal es beneficioso en cuanto a su simpleza, eficiencia en la distribución de infraestructura y su adaptabilidad a las formas orgánicas del terreno.

Por otro lado, como se discutió previamente, el AMM posee un variado conjunto de normativas, leyes y decretos que han intentado darle un marco regulatorio al crecimiento urbano del piedemonte, sin embargo, el resultado en términos del ordenamiento del territorio ha sido caótico y anárquico. Por lo mismo, es imperativo establecer criterios de diseño urbano que respondan a la complejidad del territorio. En este sentido, los indicadores urbano-edilicios y los criterios de diseño considerados en las propuestas formales de urbanización elaboradas en la presente investigación responden o se encuentran adaptados a las condiciones ambientales del piedemonte mendocino. Es por ello, que constituyen un insumo sustancial, ya que son susceptibles de ser incorporados en los códigos urbanos de los municipios que integran el AMM, con el objetivo de regular y controlar el crecimiento urbano y garantizar el desarrollo sustentable del piedemonte del AMM.

Referencias

- Abraham, E. (1990). *Proyecto: Planificación y ordenamiento ambiental del piedemonte al oeste de la ciudad de Mendoza*. IADIZA. Gobierno de Mendoza.
- Abraham, E., Soria, D., Rubio, M. C., Rubio, M. C. y Virgilito, J. (2014). *Modelo territorial actual, Mendoza, Argentina. Subsistema físico-biológico o natural de la provincia de Mendoza* [Proyecto de investigación y desarrollo, PID. 08/2009 Ordenamiento territorial para el desarrollo sustentable]. Gobierno de Mendoza.
- Abraham, M. E., Roig, F. A. y Salomon, M. (2005.). Planificación y gestión del piedemonte al oeste de la Ciudad de Mendoza. Un asunto pendiente. En *Conflictos socio-ambientales y políticas públicas en la provincia de Mendoza* (pp. 267-295). OIKOS-Red Ambiental. http://www.asicprimerazona.com.ar/asic/publicaciones/planif_oeste_mza.pdf

- Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial. (2009). *Plan de Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo. Provincia de Mendoza*. <https://www.legislaturamendoza.gov.ar/plan-de-ordenamiento-territorial/>
- Alchapar, N. y Correa, E. (2016). Diseñar pautas para reducir las temperaturas urbanas en regiones con alta productividad solar. Parámetros morfológicos y materiales. *Hábitat Sustentable*, 6(1), 84-95. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/2366>
- Alchapar, N., Pezzuto, C. C. y Correa, E. N. (2018). Parámetros urbanos morfo-materiales y su correlación con las temperaturas de aire en verano. *Ambiente Construido*, 18(4), 199-213. <https://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000400301>
- Ayuntamiento de Sevilla, Gerencia de Urbanismo. (2008). *Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla*. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0681581.pdf>
- Bazant, J. (2008). Procesos de expansión y consolidación urbana de bajos ingresos en las periferias. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 13(20), 117-132. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/18527/19437>
- Bruse, M. (1999). *The influences of local environmental design on microclimate*. University of Bochum.
- Bueno, L., Regina Tângari, V., Magalhães Pereira, J., Coutrim Pezzuto, C., Martins Montezuma, R. y de Queiroz Rego, A. (2012). Mudanças Climáticas e as Formas de Ocupação Urbana: Processo de Criação de Cenários Socioambientais. *Paisagem Ambiente: Ensaíos*, (30), 123-136. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i30p123-136>
- Burgos V. y Vargas, A. (2 al 6 de septiembre de 2008). *Estudio hidrológico urbano-rural de loteo en Piedemonte* [Sesión de conferencia]. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia.
- Burgos, V. (10 de noviembre de 2007). *Desarrollo urbano de bajo impacto hidrológico (DUBI): Pautas hacia una cultura hidrológica en Mendoza* [Sesión de conferencia]. IV Jornadas de Saneamiento Pluvial Urbano, Rosario. Argentina. <https://www.rosario.gob.ar/ArchivosWeb/pluvial/mendoza1.pdf>
- Cantón, M. A., Cortegoso, J. L., & de Rosa, C. (1994). Solar permeability of urban trees in cities of western Argentina. *Energy and Buildings*, 20(3), 219-230. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(94\)90025-6](https://doi.org/10.1016/0378-7788(94)90025-6)
- Castells, D. (2017). *The challenges of a Crowded Planet. The observer*. RBA Editors.
- 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), 39-70. <https://raco.cat/index.php/ACE/article/view/329270>
- 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 (Santiago)*, 45(136). <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612019000300183>
- City of Los Gatos. (2012). *Town of Los Gatos Downtown Guide*. <https://www.losgatosca.gov/DocumentCenter/View/2308/LG-Downtown-Guide-10-18-2012?bidId=>
- City of Phoenix. (2011) *Hillside Urban Ordinance*. <https://www.phoenix.gov/pdd/development/sitecivil/hillside>
- Correa, E. (2006). *Isla de Calor Urbana. El caso del área metropolitana de Mendoza*. Universidad Nacional de Salta.
- Fuentes, L. y Pezoa, M. (2018). Nuevas geografías urbanas en Santiago de Chile 1992 - 2012. Entre la explosión y

- la implosión de lo metropolitano. *Revista de Geografía Norte Grande*, (70), 131-151. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022018000200131>
- Fujihara, M., Hara, K., & Short, K.M. (2005). Changes in landscape structure of “yatsu” valleys: a typical Japanese urban fringe landscape. *Landscape and Urban Planning*, 70(3-4), 261-270. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.026>
- García Zarza, E. (1997). Incremento demográfico y urbano y degradación medioambiental en Iberoamérica. *Espacio y Desarrollo*, (9), 25-45. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/8026>
- Guardamagna, M. M. y Cueto, W. J. (2015). La implementación de la Política de Ordenamiento Territorial en Mendoza, Argentina: una mirada crítica sobre diseño del Plan provincial. *Revista Enfoques: Ciencia Política y Administración Pública*, 13(22), 135-153
- Guzmán Ramírez, A. y Hernández Sainz, K. M. (2013). La fragmentación urbana y la segregación social una aproximación conceptual. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, (14), 41-55. <https://www.redalyc.org/pdf/4779/477947373004.pdf>
- Haller, A. (2017). Los impactos del crecimiento urbano en los campesinos andinos. Un estudio de percepción en la zona rural-urbana de Huancayo, Perú. *Espacio y Desarrollo*, (29), 37-56. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201701.002>
- Huerta González, A. (2020). Los desequilibrios regionales y la desigualdad social en México. *Economía UNAM*, 17(49), 116-131. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X202000100116
- Ley n.º 4.341 de 1979. Régimen para loteos o fraccionamiento de terrenos. 15 de mayo de 1979. Id SAIJ: LPM0004341. <http://www.saij.gob.ar/4341-local-mendoza-regimen-para-loteos-fraccionamiento-terrenos-lpm0004341-1979-05-15/123456789-0abc-defg-143-4000mvorpyel>
- Ley n.º 4.886/83 de 1983. Disposición del suelo de zona oeste del gran Mendoza. Provincia de Mendoza. Argentina. 28 de octubre de 1983. <http://www.saij.gob.ar/4886-local-mendoza-disposicion-suelo-zona-oeste-gran-mendoza-lpm0004886-1983-10-28/123456789-0abc-defg-688-4000mvorpyel>
- López Rodríguez, M. (2008). Riesgo en el piedemonte del Gran Mendoza por avance urbano. Argentina. *Tiempo y Espacio*, 21, 47-57. <https://ubiobio.cl/miweb/webfile/media/222/Espacio/2008/03%20Riesgo%202008%20articulo%20pag%2047%20a%2057.pdf>
- López, E., Bocco, G., Mendoza, M., & Duhau, E. (2001). Predicting land cover and land use change in the urban fringe. A case in Morelia city, Mexico. *Landscape and Urban Planning*, 55(4), 271-285.
- Marchionni, F., Torres, L., Pastor, G. y Agneni, E. (2020). Orden y desorden territorial: discusiones en los bordes del campo y la ciudad. *Quid* 16, (12), 244-268.
- Marina-Berón, N., Padilla Rodríguez, C. y Rapali, N. (2013). Nuevo marco normativo de Ordenamiento Territorial en Mendoza. Su aplicación en el área Metropolitana. *Bitácora* 22, (1), 97-108. https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/97-107/pdf_472
- Martino, H. (2019). Desarrollo urbano sostenible con igualdad: el desafío de América Latina. *IC Latinoamérica-Mercado & Empresas para los Servicios Públicos*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/87435>
- Maza, J., Burgos, V. H., López, P. M. y Benegas, V. (2004). *Sustentabilidad hidrológica de urbanizaciones en piedemonte* [Informe técnico n.º 51-CRA]. Instituto Nacional del Agua, Mendoza. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2487.7289>

- Mertins, G. (2000). Ciudades medianas en América Latina: criterios, indicadores y el intento de un modelo de su diferenciación socio-espacial y funcional. *Espacio y Desarrollo*, (12), 123-140. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/8081>.
- Mesa, A. y Giusso, C. (2014). La urbanización del piedemonte andino del Área Metropolitana de Mendoza. *Revista Iberoamericana de Urbanismo RIURB*, (11), 63-77. http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/85227/11_04_Mesa_Giusso.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Middel, A., Häb, K., Brazel, A. J., Martin, C. A., & Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on midafternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and Urban Planning*, (122), 16-28. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.004>
- Mignone, A. M., Torre Geraldí, A. H., Alberto, J. A., Arce, G. A. y López, S. (2017). Procesos de expansión urbana en ciudades intermedias de la República Argentina. Modalidades de crecimiento en la periferia del núcleo bipolar Gran Resistencia-Gran Corrientes. *RIUNNE*. <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/28017>
- Morello, J., Buzai, G. D., Baxendale, C. A., Rodríguez, A. F., Matteucci, S. D., Godagnone, R. E., & Casas, R. R. (2000). Urbanization and the consumption of fertile land other ecological changes: the case of Buenos Aires. *Environment and Urbanization*, 12(2), 119-131.
- Moschella, P. (2017). Variación del paisaje para la gestión sostenible del territorio. En J. Stillemans, J. Canziani, M. Vilela y P. Dam Mazzi (Eds.), *Transversal: Acciones de integración en el territorio peruano* (pp. 333-346). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Muñiz, I., García, M. A. y Calatayud, D. (2006). SPRAWL. *Definición, causas y efectos* [Working Papers]. Department of Applied Economics at Universitat Autònoma of Barcelona.
- Mussetta, P. (2020). La adaptación como respuesta al cambio climático. Notas acerca de las contrararas de un paradigma dominante. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 24, 634. <https://doi.org/10.1344/sn2020.24.27841>
- Mussetta, P. C., Dalmasso, C., Perez, M. A. y Lettelier, M. D. (2019). *El ordenamiento territorial frente al debilitamiento de los espacios agrícolas periurbanos. Aportes para repensar los desafíos de la política en el caso del Área Metropolitana de Mendoza*. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de San Juan.
- Oliver-Pujol, M. y Bisbal-Grandal, I. (2019). Diversidad en la dispersión: Morfología de las áreas residenciales en el periurbano del Gran Mendoza/Diversity in urban sprawl: Morphology of residential areas in periurban Greater Mendoza. *Urbano*, 22(40), 46-63. <https://doi.org/10.22320/07183607.2019.22.40.03>
- Ortiz Sánchez, I., Fernández Salas, J. C. y Devoto Ykeho, A. (2020). Derecho y Planificación Urbana. Problemas actuales de la planificación de Lima Metropolitana. *IUS ET VERITAS*, (61), 246-262. <https://doi.org/10.18800/iusetveritas.202002.015>
- Rayburn, A. P., & Schulte, L. A. (2009). Landscape change in an agricultural watershed in the U.S. Midwest. *Landscape and Urban Planning*, 93(2), 132-141. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.06.014>
- Rogers, R. (2001). *Ciudades para un pequeño planeta*. Gustavo Gili.
- Roitman, S. (2003). Barrios cerrados y segregación social urbana. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 7(146), 118. [http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(118\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(118).htm)
- Roitman, S. (2008). Planificación urbana y actores sociales intervinientes: el desarrollo de urbanizaciones cerradas. *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 12(270), 54. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-270/sn-270-54.htm>

- Romero, H. y Toledo, X. (2000). Ecología urbana y sustentabilidad ambiental de las ciudades intermedias chilenas. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, 445-452.
- Romero, H. y Vásquez, A. (2005). Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. *Revista EURE (Santiago)*, 31(94), 97-118. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612005009400006>
- Sánchez Sepúlveda, M. (2015). Construir la ciudad desde los espacios públicos: herramientas de análisis y evaluación de tipologías urbanas para la integración socio-espacial. *Revista de Urbanismo*, (32), 127-138. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2015.35459>
- Scoones, A. (2018). Territorios rurales en Mendoza: inversiones vitivinícolas y avance urbano en el oasis norte. *Convergencias. Revista de Educación*, 1(1). <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/convergencias/article/view/1126>
- Sosa M. B., Correa Cantaloube E. y Cantón M. A. (2017). Forma urbana y comportamiento térmico exterior. Un estudio para reducir la isla de calor urbana en una ciudad árida. *Estudios del Hábitat*, 15(2), 1-12. <https://doi.org/10.24215/24226483e025>
- Sosa, M. B. (2017). *Estrategias de mitigación de islas de calor. Sostenibilidad ambiental y eficiencia energética de perfiles urbanos de baja densidad en zonas áridas*. Universidad Nacional de Salta.
- Sosa, M. B., Correa, E. N., & Cantón, M. Al. (2018). Neighborhood designs for low-density social housing energy efficiency: Case study of an arid city in Argentina. *Energy & Buildings*, 168, 137-146. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.006>
- Sosa, M., Correa, E. y Cantón, M. (2020). Eficacia de estrategias de disminución del calentamiento urbano. Estudio para una ciudad de clima árido. *Informes de la Construcción*, 72(559), e352. <http://dx.doi.org/10.3989/ic.66662>
- Stadel, C. (2000). Ciudades medianas y aspectos de la sustentabilidad urbana en la región andina. *Espacio y Desarrollo*, (12), 25-43. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/8082>
- Stocco, S. (2016). *Impacto de la morfología y materialidad de las plazas en la calidad energético-ambiental de ciudades*. Universidad Nacional de Salta
- Szupiany, E. (2018). La ciudad fragmentada. Una lectura de sus diversas expresiones para la caracterización del modelo latinoamericano. *Estudios Sociales Contemporáneos*, (19), 99-116. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11569/szupiany-laciudadfragmentada.pdf
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications—A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, 55-76. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.009>
- Urriza, G. (14 al 29 de junio de 2018). *Expansión urbana en ciudades intermedias de crecimiento demográfico bajo: el caso de Bahía Blanca, Argentina* [Sesión de conferencia]. X Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Córdoba.
- Vera Rodríguez, J. M. y Albarracín Calderón, A. P. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 109-136. <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2309>
- Vich, A. I. J., López Rodríguez, M. B., Lauro, C. y Vaccarino Pasquali, E. L. B. (2014). Propuestas para la gestión de recursos hídricos en el occidente argentino: Estudio de caso: Área Metropolitana del Gran Mendoza. *Scientific Research*, 103. <http://dx.doi.org/10.4236/cus.2014.21004>
- Vilela, M. y Moschella, P. (2017). Paisaje y expansión urbana sobre espacios naturales en ciudades

intermedias. El caso de Purrumpampa en Huamachuco, La Libertad, Perú. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 46(3). <https://doi.org/10.4000/bifea.9003>

Yucekaya, M., & Uslu, C. (2020). An analytical model proposal to design urban open spaces in balance with climate: A case study of Gaziantep. *Land Use Policy*, 95(4), 104564. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104564>

Zapatero Santos, M. (2017). Densidad urbana: Concepto y Metodología. Análisis Comparativo de los tejidos de Madrid [Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S. Arquitectura (UPM)]. Repositorio institucional. <http://oa.upm.es/45491/>