

01

Recibido: 6 de Septiembre del 2021

Aceptado: 15 de Febrero del 2022

Publicado: 21 de Junio del 2022

DOI: <https://doi.org/10.36800/madgu.v6i10.77>

ANÁLISIS DEL ANCHO DE CALLES DE LAS MANZANAS URBANAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE MENDOZA, ARGENTINA

Analysis of street width of urban blocks in the Metropolitan Area of Mendoza, Argentina

Mariela Edith Arboit

marboit@mendoza-conicet.gob.ar

<https://orcid.org/0000-0003-1929-5382>

Doctora en Arquitectura por la Universidad de Mendoza. Miembro de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la Universidad de Mendoza. Investigadora Independiente del Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (INCIHUSA-CONICET) y Coordinadora del Grupo de Estudios Regionales Interdisciplinarios.

Dora Silvia Maglione

dmaglione@uarg.unpa.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0003-4708-7089>

Magíster en Estadística Aplicada y Licenciada en Matemática por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Profesora investigadora en la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) y Directora del Instituto de Trabajo, Economía y Territorio. Asociada al Departamento de Ciencias Exactas y Naturales, y en Diseño experimental y técnicas de muestreo de la Maestría en Manejo y Gestión de Recursos Naturales.

Palabras clave: Morfología urbana, planificación urbana, energías renovables.

Keyword: Urban morphology, urban planning, renewable energy.

Resumen:

El estudio realiza un análisis del ancho de calles en el Área Metropolitana de Mendoza (AMM) y sus seis departamentos, como parte de la problemática del desarrollo ambiental y energéticamente sostenible del sector edilicio en ciudades de la región árida del centro-oeste de Argentina. La morfología urbano-edilicia está en estrecha relación con las condiciones energéticas, por lo que el conocimiento de las características del trazado urbano y la disponibilidad de datos para evaluar las posibilidades de implementar estrategias en procesos de densificación, renovación, rehabilitación y diseño de zonas urbanas es de gran utilidad para la planificación energéticamente más eficiente en ciudades con crecimiento de población y expansión urbana. Metodológicamente se cuantificó la variable urbana ancho de calle y se categorizó a las manzanas urbanas en función de dicha variable para el AMM en sistemas de información geográfica (SIG). Se analizaron estadísticamente los resultados para las manzanas urbanas y se construyeron gráficos de densidades a partir de las categorías definidas. La evaluación indica un valor medio de ancho de calles de 19.07m. Las conclusiones del estudio espacial evidencian que es posible elaborar estrategias energéticas basadas en los anchos de calle existentes, identificando prioridades por departamentos.

Abstract:

The study analyzes the width of streets in the Mendoza Metropolitan Area (AMM) and its six departments, as part of the problem of environmentally and energetically sustainable development of the building sector in cities of the arid region of central-western Argentina. The urban-building morphology is closely related to the energy conditions, so the knowledge of the characteristics of the urban layout and the availability of data to evaluate the possibilities of implementing strategies in densification, renovation, rehabilitation and Urban zone design is very useful for more energy efficient planning in cities with population growth and urban expansion. Methodologically, the urban variable street width was quantified and urban blocks were categorized according to said variable for the AMM in geographic information systems (GIS). The results for the urban blocks were statistically analyzed and density graphs were constructed from the defined categories. The evaluation indicates an average street width value of 19.07m. The conclusions of the spatial study show that it is possible to develop energy strategies based on existing street widths, identifying priorities by departments.

Mariela Edith Arboit

Dora Silvia Maglione

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial, la tasa de urbanización, el uso intensivo de los recursos naturales no renovables, las emisiones contaminantes y la calidad de vida no equitativa de las poblaciones representan un desafío especialmente en lo que respecta a la planificación urbano-territorial (Banco Mundial, 2020; International Energy Agency, 2019; Margulis, 2017); dichas problemáticas, a escala global, han mostrado una complejidad temporal y espacial en la morfología urbana (Ma, Li y Chen, 2021). Muchos estudios científicos han discutido y señalado que la morfología urbano-edilicia es un tema clave para el consumo general de energía en las ciudades, en dos sectores principales: transporte y edificación (Chen, Han y de Vries, 2020; Givoni, 1998; Golany, 1996; Li, Ying, Xu, Wang, Hussain, Hong y Wang, 2020; Ali, Shamsi, Hoare, Mangina y O'Donnell, 2021; Toparlar, Blocken, Maiheu y van Heijst, 2017).

Actualmente, de la demanda energética global internacional, un altísimo porcentaje de esta se satisface mediante el consumo de combustibles fósiles. En el caso de Argentina, la mayor parte de la energía que se utiliza proviene de fuentes de energía no renovables, y estas han tendido a un aumento sostenido del consumo anual de energía en los últimos años, superando en 2018 el máximo histórico de invierno (Cammesa, s.f.). En un ámbito más particular, el sector residencial nacional consume el 25% de la energía total, lo que le vuelve el segundo consumidor de energía más importante después del transporte (Gobierno de Argentina, s.f.). En la provincia de Mendoza, el consumo el sector edilicio residencial representa el 28% de la demanda energética total, con una eficiencia (Consumo Neto/Consumo Útil) del 55%. En concreto, del 100% de energía utilizada en el sector, 41.10% es utilizada para calefacción y el 32.60% para calentamiento de agua (Ministerio de Ambiente y Obras Públicas de Mendoza, 1998).

Al ser la ciudad compacta el modelo preferido de urbanismo sostenible (Bibri, 2020), el acceso al sol de los edificios y espacios públicos puede convertirse en uno de los desafíos principales. Por ejemplo, en ciudades con generoso recurso solar, el ahorro de energía puede lograrse mediante la aplicación de mayores niveles de conservación de energía, ganancia solar directa y uso de la energía solar: esto supone la implementación de sistemas solares para calefacción de espacios, calentamiento de agua y generación fotovoltaica. En cambio, para entornos urbanos de tierras áridas y semiáridas, además, son posibles estrategias para el acondicionamiento térmico de espacios durante la estación cálida; en este sentido se cuenta con los recursos climáticos que permiten sistemas de enfriamiento pasivo: enfriamiento convectivo nocturno (amplitud térmica día-noche asociada a la brisa estival nocturna), enfriamiento radiativo nocturno (bajas temperaturas aparentes de cielo) y enfriamiento evaporativo directo o indirecto (bajo contenido de humedad atmosférica).

La importancia del acceso al sol para calentar el aire, las superficies o evaporar el agua ha sido estudiada en numerosos trabajos de investigación desde la década de 1970 (Oke 1988), por ello ha sido demostrada la importancia de la reducción del consumo de energía en edificios y la creación de áreas

confortables en espacios urbanos exteriores en la estación invernal (Capeluto, Yezioro, Bleiberg, y Shaviv, 2005). El diseño de las calles influye en el confort térmico a nivel peatonal a través de la irradiancia solar que reciben las superficies, así como en el potencial de calentamiento solar pasivo de las envolventes edilicias. Algunos trabajos han analizado los efectos de la morfología urbana y de la morfología edilicia sobre el acceso solar y la viabilidad de implementar estrategias pasivas y activas (Leng, Chen, Ma, Hien Wong y Ming, 2020; Mohajeri, Gudmundsson, Kunckler, Upadhyay, Assouline, Kämpf y Scartezzi, 2019; Sharifi, 2019). En zonas con climas templados y fríos, mejorar la disponibilidad solar en invierno es crucial, ya que se busca compatibilizar el modelo de ciudad compacta y contrarrestar el impacto negativo del aumento de la densidad urbano-edilicia mediante el diseño óptimo del trazado urbano. De lograrse esto último, se maximizarían las ganancias térmicas en invierno y se minimizarían en verano, tanto en interiores como en exteriores.

Otros estudios consideran el impacto de la geometría de cañones urbanos y vegetación en el consumo de energía para enfriamiento; en general, evalúan edificios ubicados a ambos lados de una calle, mediante simulaciones con ENVI-met (microclima) y EnergyPlus (energía del edificio) (Huang y Li, 2017). Además, destacan otros estudios más específicos acerca del albedo de los cañones urbanos (Qin, 2015), la composición de sus superficies y las relaciones entre sus estructuras (Mesa, Arboit y de Rosa, 2010).

Metodológicamente, en comparación con la escala edilicia, el estudio de la disponibilidad solar en la escala urbana es más complejo y exigente en términos de tiempo y recursos, principalmente en ciudades altamente forestadas. Cabe señalar que, hasta hace poco, la mayoría de los estudios que examinaban las relaciones entre las variables de geometría urbana y los indicadores de disponibilidad solar se basaban en modelos genéricos de calles urbanas o configuraciones simples de volúmenes de edificios rectangulares (generando una abstracción geométrica del espacio urbano básico compuesto por dos filas paralelas de edificios y la superficie del suelo entre ellos), (García-Nevado, Pages-Ramon, y Coch, 2016). Sin embargo, en el AMM se han desarrollado varios estudios con modelados computacionales de conjuntos reales repre-

sentativos de la morfología urbano-edilicia analizando el potencial solar de entornos forestados de baja y alta densidad y la evolución previsible; se realizaron evaluando indicadores relevantes energéticos: Factor de Asoleamiento Volumétrico (FAV), Factor de Asoleamiento Efectivo (FAE), Factor de Asoleamiento Útil (FAU). En el mismo trabajo de García-Nevado, Pages-Ramon y Coch, se ha podido calcular el análisis de las principales variables que influyen en el acceso al sol utilizando análisis estadísticos (Arboit, Diblasi, Fernández Llano, y de Rosa, 2008). Además, se ha monitoreado in situ la irradiancia solar en fachadas norte (W/m^2), calculando el enmascaramiento sólido y el enmascaramiento del arbolado y se han establecido coeficientes de sombra e irradiación para las distintas configuraciones morfológicas urbano-edilicias (Arboit y Betman, 2016; Arboit y Betman, 2017). Las variables morfológicas de las configuraciones urbanas y edilicias tienen una incidencia fundamental en la factibilidad técnica de implementar estrategias de aprovechamiento de la energía solar en medios urbanos.

Más allá de las herramientas de medición y simulación necesarias, la investigación a escala urbana se basa también en la disponibilidad de información sobre la geometría urbano-edilicia (Mutani y Todeschi, 2017; Torabi, Toniolo, Mutani y Lombardi, 2018); en este sentido, los sistemas de información geográfica (SIG) permiten analizar las morfologías urbanas reales de toda la ciudad. Se ha avanzado recientemente sobre el estudio de la variable edilicia Factor de Forma (FF) y sobre las variables urbanas Forma y Orientación de manzanas e Índices de Vegetación. Sin embargo, aún queda pendiente el desafío de cuantificar y cartografiar la variable urbana Ancho de calles para toda el AMM, a fin de completar los resultados de la investigación, extraer conclusiones y elaborar estrategias que permitan a futuro generar propuestas normativas transferibles.

CASO DE ESTUDIO

El Área Metropolitana de Mendoza, ubicada a 32.85° de latitud Sur, 68.85° longitud Oeste y 870 m.s.n.m. de altitud, es el conglomerado urbano más importante de la región, conformado por seis departamentos administrativos: Capital, Godoy Cruz, Guaymallén, Las Heras, Luján de Cuyo y Maipú,

todas dentro del denominado Oasis Norte (Figura 1 y 2). Presenta inviernos templado-fríos, con valores de 1657.15K por día anuales de calefacción (base 291.15K) y 436.15K día anuales de enfriamiento (base 296.15K), contando con un generoso recurso solar (4.58kWh/m² día a 5.55kWh/m²) y con predominio de cielos claros que aportan una viabilidad comprobada para el uso de la radiación solar para calefacción de espacios y calentamiento de agua mediante sistemas pasivos y colectores planos, respectivamente (Servicio Meteorológico Nacional y Red Solarimétrica de la República Argentina). El AMM, con más de un millón de habitantes, se caracteriza por una baja densidad poblacional media (4310hab./km²), si bien la tendencia dominante es la ocupación de las tierras periféricas para nuevos loteos y asentamientos habitacionales, de manera que la ciudad crece e invade zonas productivas. La superficie urbanizada ha crecido a un ritmo mayor que la población urbana, a tasas desiguales, por lo que existe un aumento de consumos energéticos residenciales y una disminución en los índices de vegetación, también con desigualdades en los distintos departamentos del AMM; esto supone una complicación: de continuar esta tendencia identificada para las últimas cuatro décadas, se hace previsible un deterioro energético-ambiental aun mayor del hábitat (Molina, Arboit, Maglione, Sedevich y Mutani, 2020).

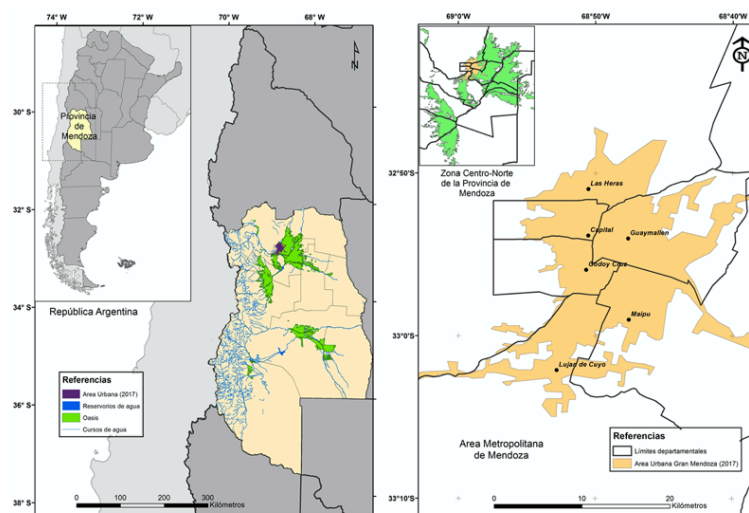


Figura 1. Ubicación del AMM, en el oasis de cultivo con aprovechamiento hídrico. Fuente: elaborado por Ricardo Cohn; basada en información de Dirección General de Catastro Mendoza.

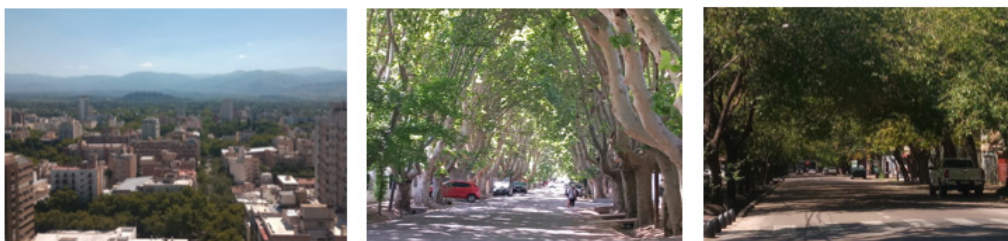


Figura 2. Morfología urbano-edilicia y calles típicas en el AMM. Fuente: elaboración propia.

Al examinar los marcos legales para el trazado urbano en Mendoza, se encuentra que está en vigencia, desde 1979, la Ley Provincial 4341, régimen para fraccionamiento* o loteos** de terrenos, donde se especifican las condiciones para el trazado de las circulaciones de características urbanas o suburbanas a realizarse en el territorio de la provincia”, (Tabla 1 y Figura 3).

Al examinar los marcos legales para el trazado urbano en Mendoza, se encuentra que está en vigencia, desde 1979, la Ley Provincial 4341, régimen para fraccionamiento* o loteos** de terrenos, donde se especifican las condiciones para el trazado de las circulaciones de características urbanas o suburbanas a realizarse en el territorio de la provincia”, (Tabla 1 y Figura 3).

Tipo	Ancho mínimo	Exclusivo calzada	Longitud máxima	Observaciones
Calle Secundaria	16 m	8 m	300 m	En caso de salida única: longitud máxima: 100 m, con ensanche de 24 m al final, con círculo de 16 m de diámetro mínimo. Salida: solo a calles primarias.
Calle Primaria	20 m	10 m	-	-
Avenida	30 m	20 m	-	-
Ruta	Anchos y características establecidas por las oficinas técnicas nacionales o provinciales competentes.			
Calle Marginal	Cuando el loteo linde con diques, embalses o vías férreas.			
Pasaje (peatón)	5 m	Longitudes y características se fijarán en cada caso.		
Circulaciones Separadas	Vehículo	9 m	6 m	Cuando existieran, cada lote deberá tener simultáneamente frente a ambas vías de circulación.
	Peatón	5 m	-	

*División en dos o más fracciones de un inmueble con frente a calle pública existente.

**División en dos o más lotes con necesidad de crear nuevos accesos, calles o espacios verdes.

Tabla 1. Circulaciones para terrenos > 5000 m².

Fuente: Elaborado por Dana Otero en base a Ley Provincial 4341/79

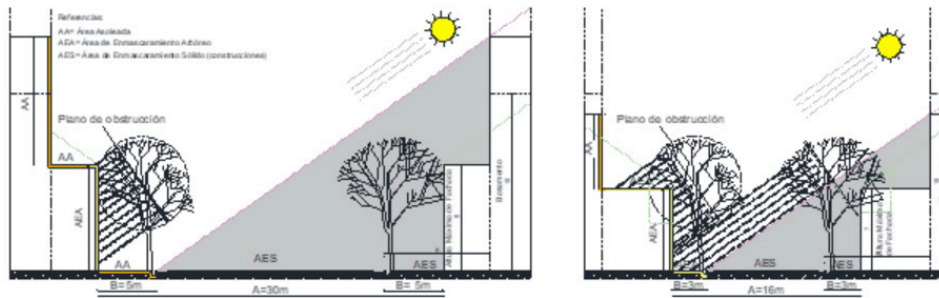


Figura 3. Esquema descriptivo de Avenida (30m) y Calle Secundaria (16m).
Fuente: elaboración propia.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló sobre la base de la recopilación de información cartográfica disponible en entorno SIG para el AMM y del análisis de datos catastrales urbano-edilicios (Dirección General de Catastro, 2015). Los datos disponibles refieren a trazado urbano (calzada, vereda, acequia, ubicación arbolado urbano) y lotes catastrales donde es posible identificar las unidades edilicias (Figura 4). Estos datos posibilitaron la confección de mapas base donde se identificaron las características principales del trazado urbano del AMM para el análisis espacial en SIG.

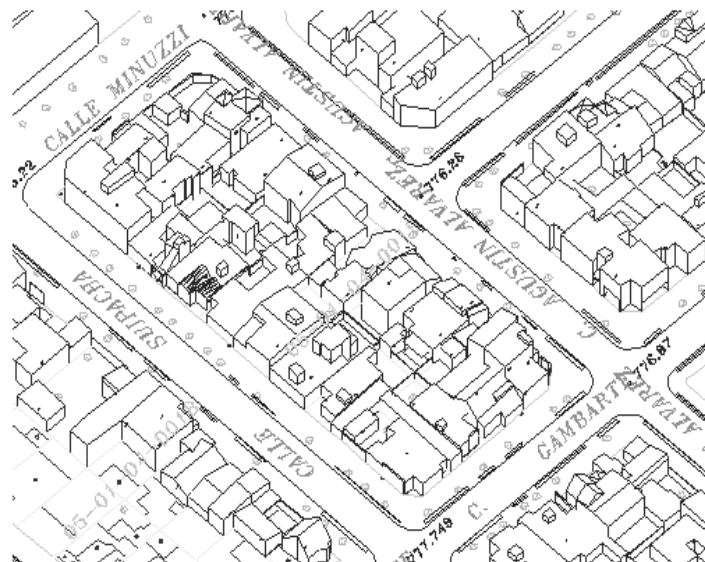


Figura 4. Morfologías urbano-edilicias 3D de baja densidad con base en la información disponible y relevamiento in-situ previo. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se definió el ancho de calles urbanas como la distancia entre manzanas (Figura 5). El ancho de calles es un parámetro similar a la distancia entre edificios, a nivel de suelo (2D).

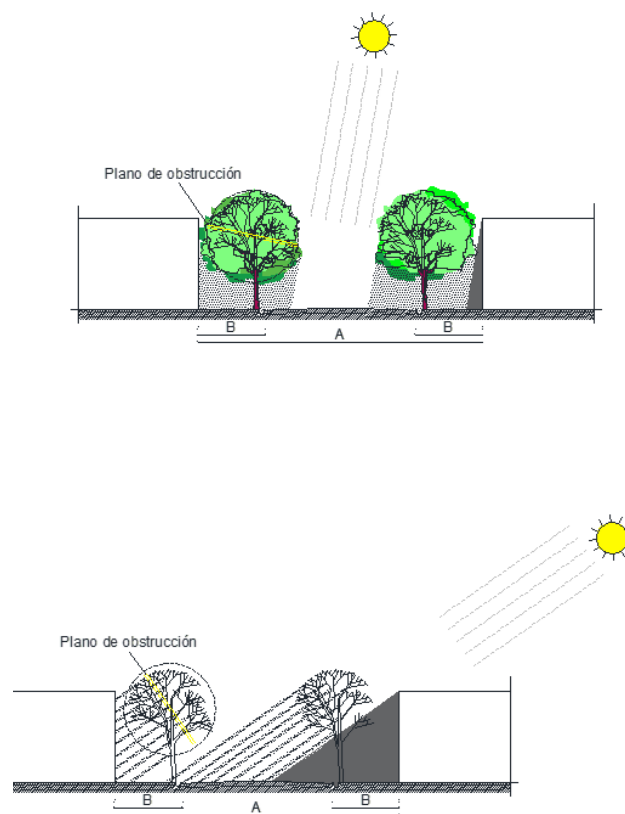


Figura 5. Ancho de calles. El ancho de la calle corresponde al elemento A (2D). Esquema descriptivo en la estación de verano e invierno para baja densidad edilicia.
Fuente: elaboración propia

Se calcularon y mapearon los valores de la variable ancho de calles urbanas para la totalidad de las manzanas del AMM, esta fue calculada como la distancia entre las manzanas urbanas. A fin de considerar solo las manzanas próximas, se contempló para el análisis un radio de 50m de cada manzana y la característica máxima 4 lados que componen una manzana regular (trazado urbano tradicional del AMM). Se descartaron las manzanas urbanas principalmente no edificadas con superficies mayores a 30000m². Se calculó la distancia media de cada manzana y posteriormente se corrigieron los datos

nulos; se asignó un valor de 50m. Esto significa que dichas manzanas están aisladas por un radio superior a 50m o más. En la Figura 6 se muestra el resultado cartográfico en SIG.

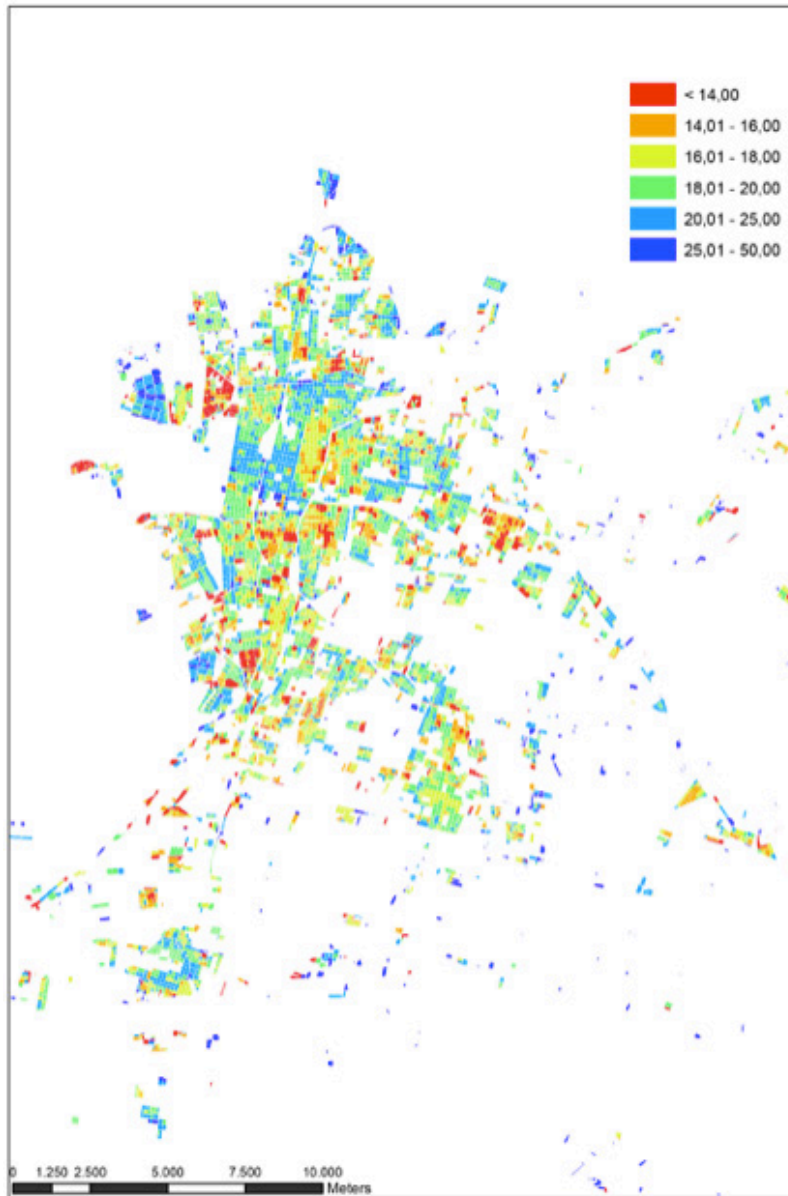


Figura 6: Valores de ancho de calles de las manzanas urbanas, con corrección de datos nulos (manzanas aisladas).
Fuente: elaborado por Manuela Fontanive.

Para los casos especiales de manzanas con 1 o 2 manzanas cercanas (enfrentadas en porciones mínimas) se le asignó también una distancia de 50m (manzanas aisladas).

Finalmente, se categorizaron las manzanas urbanas en función de una escala de valores para posibilitar el análisis espacial con un mayor grado de detalles: Categoría 1: 5m-14m; Categoría 2: 14.01m-16m; Categoría 3: 16.01m-18m; Categoría 4: 18.01m-20m; Categoría 5: 20.01m-25m; Categoría 6: 25.01m-50m.

Una vez conocidos los valores de ancho de calles urbanas por manzana, se realiza un análisis estadístico calculando los valores medios y datos centrales para el AMM. Para las categorías definidas se calcularon distintas medidas resúmenes, después se realizó un histograma y un análisis de densidad. Se compararon los valores medios de cada departamento usando el método no paramétrico de Kruskal Wallis, y se usó el test chi-cuadrado de independencia para tablas de contingencia. Finalmente, se construyeron gráficos de densidades a partir de las categorías definidas para ancho de calles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANCHO DE CALLES DE LAS MANZANAS EN EL AMM

En las figuras 7 y 8 se muestran los resultados de valores del ancho de calles de la manzana urbana.

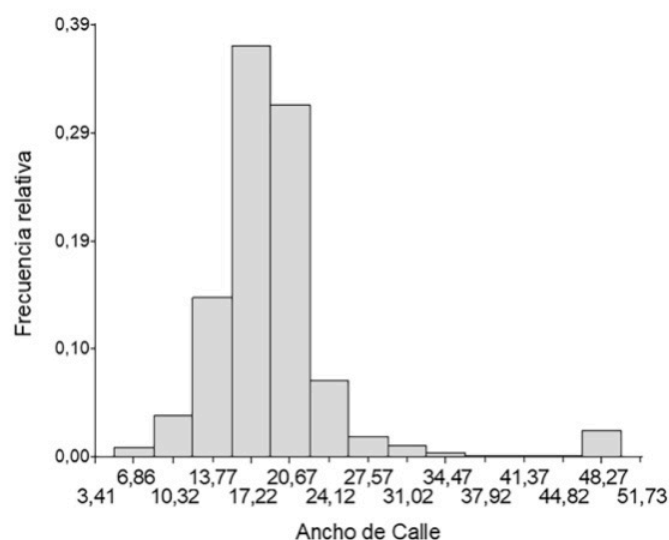


Figura 7. Histograma para ancho de calles de las manzanas urbanas.
Fuente: elaboración propia.

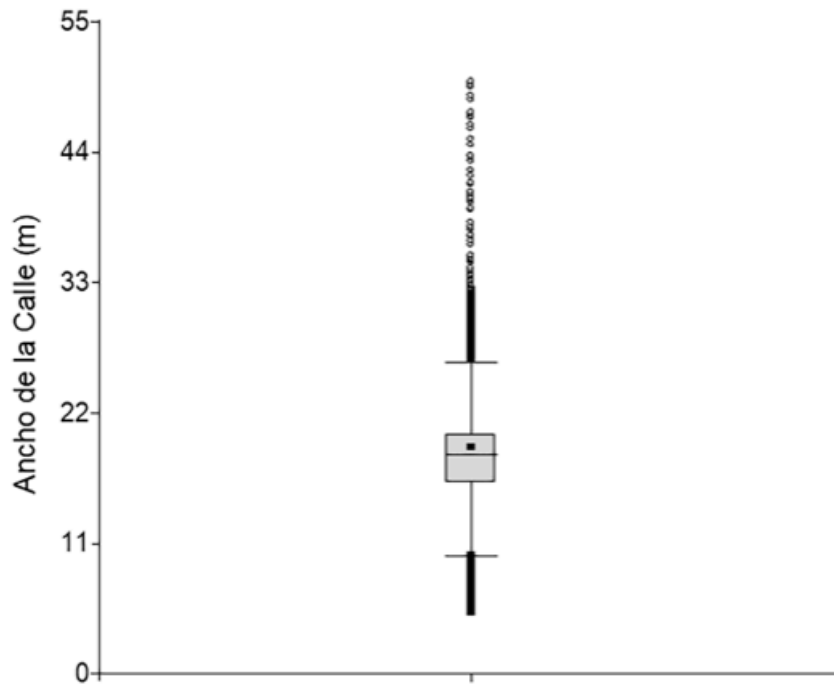


Figura 8. Box-plot para los valores de ancho de calles de las manzanas urbanas en el AMM. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 2 se muestran distintas medidas resúmenes para el ancho de calles para las 10348 manzanas urbanas analizadas.

Media	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3	D.E.	
Ancho de calle	19.07	5.14	50.00	16.08	18.42	20.18	6.17

Tabla 2. Valores de ancho de calles (en m). Fuente: elaboración propia.

La mediana del ancho de calle de manzana es 18.42m y el 50% de los datos centrales están entre 16.08m y 20.18m.

La representatividad de manzanas con calles primarias, secundarias y avenidas es del 72.38%. Considerando al 27.62% restante, 2858 manzanas que se encuentran fuera del ancho entre 16.01m y 30m, el 13.09% corresponde a grandes avenidas o manzanas aisladas (374 manzanas); el 47.83% pertenece a manzanas que poseen ancho de calles entre 14.01m-16m (1367), y el 39.08% faltante atañe a manzanas con ancho de calle entre 5m-14m (1117).

Del grupo de manzanas que presentan un ancho de calle inferior a 16m, hay 114 manzanas (10.21%) que poseen un ancho entre 5m y 9m y el otro 89.79% con ancho de calles entre 9 y 14m (1003 manzanas).

ANÁLISIS CATEGORIZADO DE ANCHO DE CALLES

En la Figura 9 se presentan gráficos de puntos para la categorización de las manzanas urbanas en función de los valores de ancho de calles calculados para las 6 categorías (Figura 6). A su vez, en la Figura 10 se muestra un histograma para cada una de las categorías antes mencionadas, el cual indica que para las categorías centrales (Categoría 3 y 4) los datos se distribuyen de manera uniforme, pero a medida que se va a las categorías extremas (Categoría 1 y 6) las distribuciones se hacen asimétricas.

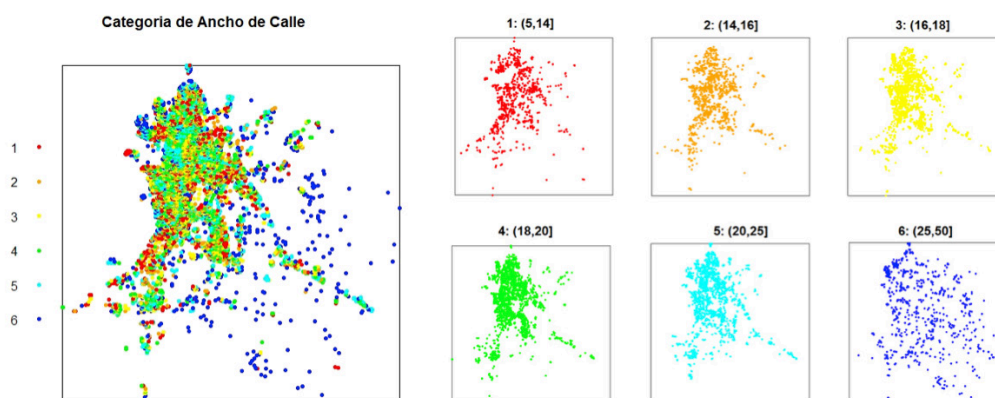


Figura 9. Gráfico de puntos para las Categorías definidas para ancho de calles.
Fuente: elaboración propia.

De las 10348 manzanas urbanas con datos catastrales del AMM, la categoría con mayor representatividad de ancho de calles es la Categoría 4, con un 27% de manzanas (valor medio 19.14m); el 50% de las manzanas que están en esa categoría presentan valores entre 18.64m y 19.68m. La anterior es seguida por la Categoría 3, con un 21.60%, y la Categoría 5, que cuenta con 20.90% de las manzanas urbanas. Las categorías 1 y 2 representan el 24%, (Figura 11 y Tabla 3).

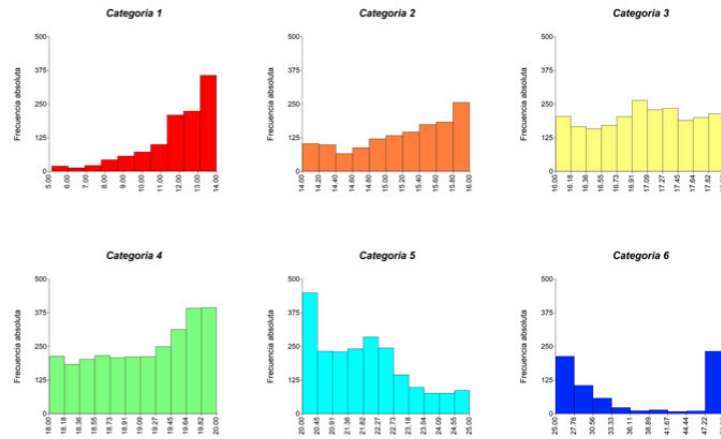


Figura 10. Histograma para cada categoría de ancho de calles.
Fuente: elaboración propia.

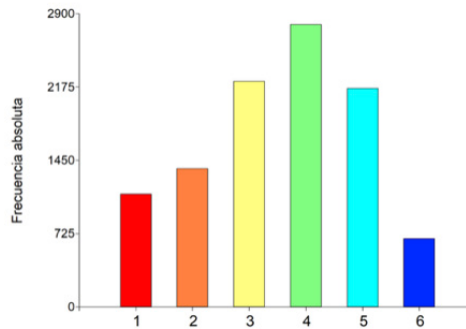


Figura 11. Ancho de calle por categorías definidas.
Fuente: elaboración propia.

Categoría	N°	Valores categorizados		
		Media	Q1	Q3
1	1117	11.86	10.98	13.35
2	1369	15.20	14.78	15.72
3	2232	17.04	16.58	17.50
4	2794	19.14	18.64	19.68
5	2162	21.79	20.66	22.58
6	674	36.57	27.14	50.00

Tabla 3. Valores categorizados para ancho de calles.
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 12 se observa un gráfico continuo, en donde visualmente se detectan las áreas con concentración de manzanas categorizadas.

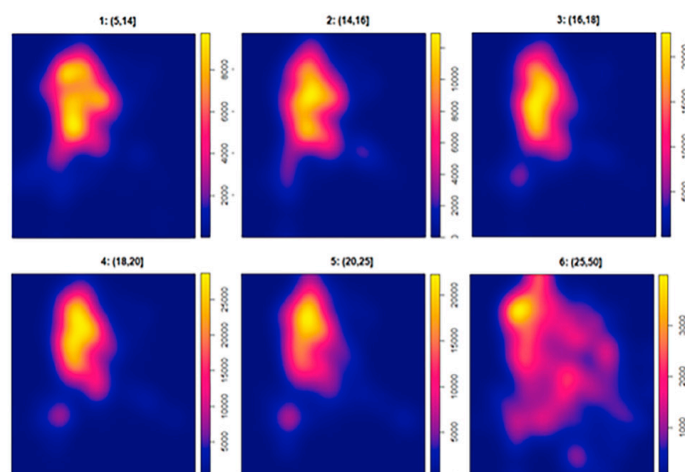


Figura 12: Análisis de densidad, número de manzanas categorizadas por ancho de calles. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS POR DEPARTAMENTO DE ANCHO CALLES

Los resultados para todos los departamentos indican valores medios de ancho de calles predominantes para la Categoría 4; en la Tabla 4 se ofrece un resumen de los valores categorizados por departamento. Usando un análisis de la varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis), se encuentra que existe diferencia entre valores medios de los departamentos ($p\text{-valor} < .0001$). Por ejemplo, de los seis departamentos del AMM, el valor medio más alto (20.56m) se ubicó en Maipú, seguido por La Heras (19.34m). A su vez, en valores absolutos los departamentos con valores de ancho de calles más bajos son Guaymallén y Godoy Cruz (18.49m y 18.56m respectivamente), (Tabla 5). Si se comparan las medias de los valores medios de los departamentos, se obtiene que los de Maipú son significativamente distintos al resto de los departamentos del AMM (Tabla 6).

Departamento	1	2	3	4	5	6	Total
Capital	129	143	243	365	289	50	1219
Godoy Cruz	243	277	492	604	374	95	2085
Guaymallén	276	365	567	717	509	114	2548
Las Heras	180	178	299	444	443	136	1670
Luján de Cuyo	107	172	245	272	230	68	1094
Maipú	182	234	386	392	327	211	1732
Total	1117	1369	2232	2794	2162	674	10348

Tabla 4. Frecuencias absolutas. Fuente: elaboración propia.

Departamento	N°	Media	Mín.	Máx.	Q1	Q3
Capital	1219	18.73	5.60	50.00	16.27	20.27
Godoy Cruz	2085	18.56	5.50	50.00	16.00	19.87
Guaymallén	2548	18.49	5.14	50.00	16.00	19.98
Las Heras	1670	19.34	5.45	50.00	16.52	21.14
Luján de Cuyo	1094	19.01	5.93	50.00	15.99	20.16
Maipú	1732	20.56	5.26	50.00	16.04	20.83

Tabla 5. Resumen valores de ancho de calles por departamento.

Departamento *			
Guaymallén	A		
Godoy Cruz	A		
Capital	A	B	
Luján de Cuyo		B	
Las Heras		B	
Maipú			C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Tabla 6. Ancho de las calles. Fuente: elaboración propia.

El test chi-cuadrado indica que las variables categorizadas departamento y categoría no son independientes (p-valor<.0001).

CONCLUSIÓN

La investigación ha posibilitado la cuantificación y análisis de la variable ancho de calle de las manzanas urbanas, la producción de documentos cartográficos en SIG y la categorización de las manzanas en función de dicha variable para el AMM. Se concluye que el valor medio de ancho de calles en las manzanas urbanas es de 19.07m. Además, la categorización en función del ancho de calles indicó que el 48.57% de las manzanas poseen valores de ancho de calle entre 16.01m y 20m (Categorías 3 y 4), correspondiente a calles primarias y secundarias; el 72.38% se ubica entre 16m y 30m. Se observa que existe gran variedad de ancho de calles, desde pasajes peatonales a manzanas aisladas o con grandes avenidas.

En trabajos previos para el AMM se ha demostrado que el ancho adecuado de calles con dirección de eje Este-Oeste, combinado con altura de edificación, reduce al mínimo el efecto de enmascaramiento solar sobre fa-

chadas Norte y veredas. Esto se evidencia mayormente durante la estación de calefacción, cuando se nota un impacto en las potenciales ganancias solares edilicias (Arboit, Mesa, Diblasi, Fernandez Llano y de Rosa, 2010). En verano, debido a la intensa radiación solar, las sombras arrojadas por el arbolado urbano son imprescindibles en las horas centrales del día, principalmente en calles de grandes dimensiones (Figura 2).

Se concluye que la Categoría 4 (entre 18.01m y 20m) es la más representativa en el AMM (27%). En el análisis categorizado por departamentos, Guaymallén concentra el 25% (2548) del total de manzanas analizadas en función del ancho de calles y la mayor representatividad para las Categorías 1 a 5 (Tabla 4); en cambio, el mayor porcentaje, que corresponde a la Categoría 6 (31%), se ubica en Maipú (211). Por último, las manzanas ubicadas en el área urbana de Godoy Cruz representan el 20%, mientras Luján de Cuyo y Capital son las que poseen menor representatividad, con 11% y 12% respectivamente.

Considerando la frecuencia absoluta, las estrategias deberían priorizar los departamentos de Guaymallén, Godoy Cruz y Maipú, a fin de abarcar la mayor cantidad de manzanas del AMM. En Guaymallén, por ejemplo, sería relevante incorporar estrategias para las Categorías 1 y 2 (hasta 14m de ancho de calles) a fin de mejorar el acceso al sol de dichas manzanas (en la estación de invierno). Por su parte, para el departamento de Maipú son relevantes estudios de estrategias posibles para la Categoría 6 en la estación cálida. Asimismo, para los departamentos de Guaymallén y Godoy Cruz sería interesante definir estrategias en ambas estaciones para las categorías 3 a 5 (anchos de calles de 16.01m a 25m).

Realizando un análisis de frecuencia relativas por departamentos para las categorías 1 y 2 (anchos de calles más angostos), Luján de Cuyo es el departamento con mayor representatividad, 26%; mientras que para la Categoría 1, Godoy Cruz posee el 12% de sus manzanas con un ancho entre 5m y 14m. En ambos departamentos la posible estrategia en refuncionalizaciones de áreas urbanas debería priorizar un estudio de retiros de edificación de fachadas que, combinados con otras variables edilicias como la altura, posibilite ingresos energéticos en invierno dentro de los bloques urbanos a través de aberturas, una

mayor ganancia solar directa, ventilación e iluminación natural. Al considerar los trabajos de simulaciones realizadas para dicha estación, con un modelo gráfico-computacional contemplando diferentes variables urbano-edilicias, los resultados demostraron que en canales viales de 13m con baja altura edilicia (1 y 2 niveles) hay un 21% menos de áreas asoleadas que en canales viales de 20m (si se relacionan con los volúmenes edilicios). Además, cuando el análisis se realiza para zonas de alta densidad, las obstrucciones solares por la edilicia aumentan ampliamente (Arboit et al. 2008; Arboit et al. 2010; Arboit, Diblasi, Pastor y de Rosa, 2012). Para las categorías 3 y 4 (calles primarias y secundarias), el 45% de las manzanas de Las Heras y Maipú se ubican en esta categoría, por debajo de la representatividad del resto de los departamentos. Las Heras, además, tiene el 34% de las calles de entre 20.01m y 50m (categorías 5 y 6); aquí el diseño de estrategias en la estación de verano y el estudio adecuado de la morfología y el arbolado urbano son fundamentales. En la estación de invierno, la configuración urbana con calles anchas, combinada con especies caducas, permite el acceso a la radiación solar. Si bien se ha verificado un porcentaje de enmascaramiento debido a la arboleda (dependiente de las características morfológicas y dimensionales de la especie arbórea, del follaje de las especies caducifolias, su ciclo de foliación y de la distancia de plantación), este no es lo suficientemente significativo como para invalidar su inclusión estructural en entornos urbanos principalmente de baja densidad (donde posee un impacto mayor) (Figura 5, Arboit et al., 2008). Debemos tener en cuenta los beneficios de la arboleda urbana en la estación cálida: control de la intensidad de la isla de calor urbana, absorción de contaminantes, refrescamiento y humectación del aire por evapotranspiración, reducción de las cargas térmicas de los edificios, habitabilidad de los espacios públicos abiertos y un aporte inestimable a la estética urbana, entre otras.

Desde aspectos metodológicos, en la presente investigación fue posible elaborar una base de datos y documentos cartográficos SIG de consulta, para las morfologías urbanas reales existentes en toda la ciudad que permitirán la vinculación con datos de población y vivienda del último censo, usos del suelo y consumos. Las conclusiones, por su parte, lograron establecer prioridades a escala urbana y departamental de la cuantificación del ancho de calles y la

categorización de las manzanas urbanas en función de dicha variable. La legislación de derechos solares en el diseño urbano-edilicio es fundamental para mejorar las posibilidades de mayor eficiencia energética en los edificios urbanos y mejorar el hábitat en calles, veredas y espacios abiertos.

Finalmente, se aspira a profundizar con la misma metodología el estudio de las distintas variables urbano-edilicias para el AMM con el propósito de complementar investigaciones vinculadas al diseño de la morfología en tierras áridas. En el mismo sentido, se espera la elaboración de un modelo multivariado que permita identificar una amplia gama de variables, las más influyentes en el consumo de energía de edificios residenciales en el AMM, para las distintas estaciones del año.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Se agradece el trabajo, la elaboración de datos y los aportes técnicos de Manuela Fontanive (Politecnico di Torino), con experticia en SIG como parte de prácticas profesionales supervisadas realizadas en INCIHUSA-CONICET.

Financiamiento de los Proyectos: 1. PUE CONICET 22920170100036 “Patrimonio cultural de Mendoza. Registro, análisis y prospectiva de bienes cultural-ambientales como recurso de desarrollo local e innovación socio-cultural” 2017- 2022 y 2. Proyecto de Investigación 2020-2023. DIUM. “Interrelación entre Planificación Urbana y Movilidad. El caso del Área Metropolitana Mendoza”.

REFERENCIAS

- Ali, U., Shamsi, M. H., Hoare, C., Mangina, E. y O'Donnell, J. (2021). Review of urban building energy modeling (UBEM) approaches, methods and tools using qualitative and quantitative analysis. *Energy and Buildings*, 246. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111073>
- Arboit, M. y Betman, E. (2016). Comparative Study of Solar Radiation Availability in Dry Climate Urban Environment Forested Areas, in Mendoza, Argentina. *International Journal of Environmental Science & Sustainable Development*, 1(1), <https://doi.org/10.21625/essd.v1i1.16>
- Arboit, M. y Betman, E. (2017). Evaluation of the energy impact of green area surfaces and vegetation cover in forested urban environments with dry climates. case: Mendoza metropolitan area, Argentina. *Procedia Environmental Sciences*, 37, 112-130.
- Arboit, M., Diblasi, A., Fernández Llano, J. C. y de Rosa, C. (2008). Assessing the solar potential of low density urban environments in andean cities with desert climates - The case of the city of Mendoza, in Argentina. *Renewable Energy*, 33(8),1733-1748. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.11.007>
- Arboit, M., Diblasi, A., Pastor, G. y de Rosa, C. (2012). Modelo estadístico para la evaluación del desarrollo sostenible presente y futuro del sector edilicio urbano de alta densidad. Caso: Área Metropolitana de Mendoza, Argentina. *Energías Renovables y Medio Ambiente. ERMA*, 29. Recuperado de: <http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/erma/article/view/1531/1480>
- Arboit, M., Mesa, A, Diblasi, A., Fernandez Llano, J. C. y de Rosa, C. (2010). Assessing the solar potential of low density urban environments in andean cities with desert climates- The case of the city of Mendoza, in Argentina. 2nd. Part. *Renewable Energy*, 35, 1551-1558. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.11.027>
- Banco Mundial. Panorama General. Desarrollo Urbano. (2020). Recuperado (16, 03, 2021) de: <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>
- Bibri, S. (2020). Compact urbanism and the synergic potential of its integration with data-driven smart urbanism: An extensive interdisciplinary literature review. *Land Use Policy*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104703>
- Cammesa. Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico. (s.f.). Recuperado (20, 05, 2021) de: <http://portalweb.cammesa.com/default.aspx>
- Capeluto, G., Yezioro, A., Bleiberg, T. y Shaviv, E. (2005). From computer models to simple design tools: Solar rights in the design of urban streets. *Ninth International IBPSA Conference, International Building Performance Simulation Association*, Montréal, Canadá.

- Chen, H-C., Han, Q. y de Vries, B. (2020). Urban morphology indicator analyzes for urban energy modeling. *Sustainable Cities and Society*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101863>
- Dirección General de Catastro. (2015). Recuperado (12, 01, 2021) de: <https://www.atm.mendoza.gov.ar/portalatm/zoneTop/catastro/catastro.jsp>
- Garcia-Nevaldo, E., Pages-Ramon, A. y Coch, H. (2016). Solar Access Assessment in Dense Urban Environments: The Effect of Intersections in an Urban Canyon. *Energies*, Volumen 9(10), 796. <https://doi.org/10.3390/en9100796>
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. New Jersey: John Wiley y Sons, Inc.
- Gobierno de Argentina. Balances Energéticos Anuales del Ministerio de Hacienda. (s.f.). Recuperado (12, 05, 2021) de: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>
- Golany, G.S. (1996). Urban design morphology and thermal performance. *Atmospheric Environment*, 30, 455–465. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)00266-9](https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00266-9)
- Huang, K.T. y Li, Y.J. (2017). Impact of street canyon typology on building's peak cooling energy demand: A parametric analysis using orthogonal experiment. *Energy and Buildings*, 154. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.054>
- International Energy Agency. Global Energy and CO2 Status Report. (2019). Recuperado (06, 09, 2021) de: <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019>
- Leng, H., Chen, X., Ma, Y., Hien W.N. y Ming, T. (2020). Urban morphology and building heating energy consumption: Evidence from Harbin, a severe cold region city. *Energy and Buildings*, 224. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110143>
- Ley Provincial 4341. (1979). *Régimen para el loteo o fraccionamiento de terrenos* Recuperado (16, 03, 2021) Recuperado de: <https://www.legislaturamendoza.gov.ar>
- Li, X., Ying, Y., Xu, X., Wang, Y., Hussain, S.A., Hong, T. y Wang, W. (2020). Identifying key determinants for building energy analysis from urban building datasets. *Building and Environment*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107114>
- Ma, R., Li, X. y Chen, J. (2021). An elastic urban morpho-blocks (EUM) modeling method for urban building morphological analysis and feature clustering. *Building and Environment*, 192. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107646>

- Margulis, S. (2017). *Vulnerabilidad y adaptación de las ciudades de América Latina al cambio climático*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41041/1/S1700017_es.pdf
- Mesa, A., Arboit, M. y de Rosa, C. (2010). Solar obstruction assessment model for densely forested urban environments. *Architectural Science Review*, 53(2), 224–237. <https://doi.org/10.3763/asre.2009.0047>
- Ministerio de Ambiente y Obras Públicas de Mendoza. (1998). *Estudio Energético Integral de la Provincia de Mendoza*. Mendoza.
- Mohajeri, N., Gudmundsson, Á., Kunckler, T., Upadhyay, G., Assouline, D., Kämpf, J. y Scartezzini, J. (2019). A solar-based sustainable urban design: The effects of city-scale street-canyon geometry on solar access in Geneva, Switzerland. *Applied Energy*, 240, 173-190. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.02.014>
- Molina, G., Arboit, M., Maglione, D., Sedevich, A. y Mutani, G. (2020). Estudio de expansión urbana, crecimiento poblacional, consumos energéticos e índices de vegetación en el Área Metropolitana de Mendoza. *AREA*, 26(1), 1-21. <https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/area/article/view/926>
- Mutani, G. y Todeschi, V. (2017). Space heating models at urban scale for buildings in the city of Turin. *Energy Procedia*, 122, 841-846. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.445>
- Oke, T. (1988). The urban energy balance. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 12(4), 471–508. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401>
- Qin, Y. (2015). Urban canyon albedo and its implication on the use of reflective cool pavements. *Energy and Buildings*, 96, 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.005>
- Toparlar, Y., Blocken, B., Maiheu, B., & Van Heijst, G. J. F. (2017). A review on the CFD analysis of urban microclimate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1613-1640. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.248>
- Sharifi, A. (2019). Resilient urban forms: A review of literature on streets and street networks. *Building and Environment*, 147, 171-187. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.040>
- Torabi, S., Toniolo, J., Mutani, G. y Lombardi, P. (2018). A GIS-statistical approach for assessing built environment energy use at urban scale. *Sustainable Cities and Society*, 37, 70-84. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.002>

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Mariela Arboit
Análisis formal	Mariela Arboit y Dora Maglione
Investigación	Mariela Arboit y Dora Maglione
Discusión de los resultados	Mariela Arboit y Dora Maglione
Revisión y aprobación de la versión final	Mariela Arboit y Dora Maglione