

TRAZADO URBANO PARA LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICO AMBIENTAL DEL PARQUE EDIFICIO EN CIUDADES ANDINAS. CASO: ÁREA METROPOLITANA DE MENDOZA, ARGENTINA

M. Arboit¹ y C. de Rosa¹

Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales. (INCIHUSA – CONICET)
Av. Adrián Ruiz Leal s/n Parque General San Martín. (5500) Mendoza, Argentina
Tel: +54 0261 524 4310 Fax: +54 0261 4287370 Email: marboit@mendoza-conicet.gob.ar

Recibido:21-03-12; Aceptado:07-05-12.

RESUMEN.- El trabajo intenta definir y ponderar un conjunto de variables de la morfología urbana del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), tendientes a posibilitar el mejoramiento energético-ambiental del parque edilicio-urbano mediante su incorporación progresiva a normativas pertinentes que es urgente actualizar e implementar.

Dichas variables en el ámbito urbano condicionan, en mayor o menor medida, la posibilidad de utilizar estrategias de diseño bioclimático, limitando la posibilidad de acceso a los recursos que ofrece el clima en distintas épocas del año.

El estudio tiene como objetivo profundizar el conocimiento de las variables urbanas que intervienen en el potencial solar de entornos urbanos típicos del AMM, considerando los indicadores urbano-edilicios de mayor incidencia: forma y orientación de las manzanas, ancho de calles e influencia del arbolado urbano.

La metodología utilizada en el trabajo consistió en seleccionar las variables de mayor impacto para la consecución de ese objetivo, analizar y cuantificar sus efectos específicos y combinados, para luego elaborar y transferir a los municipios del (AAM) y a otros de la región, un conjunto de recomendaciones técnicas básicas, aplicables a obras nuevas y/o recicladas.

Los resultados presentan limitaciones propias relacionadas con la forma, orientación y ancho de los cañones urbanos principalmente en las zonas de crecimiento y densificación urbana que están llevando a una situación crítica tanto en lo ambiental como en lo energético.

Palabras claves: desarrollo sostenible, planificación urbana, energías renovables.

URBAN LAYOUT FOR THE ENERGETIC AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF THE URBAN BUILDING STOCK IN ANDEAN CITIES CASE: MENDOZA'S METROPOLITAN ARE IN ARGENTINA

ABSTRACT.- The study aims at defining and assessing an urban morphology set of variables of Mendoza's Metropolitan Area (MMA), attempting to allow the energy and environmental improvement of the urban building stock, by the progressive incorporation of building norms, that is urgent to update and implement. In the urban environment such variables, more or less, condition the possibility of implementing bioclimatic design strategies by limiting the access to the climatic resources through the different seasons of the year.

The study aims at deepening the urban variable's knowledge in order to define the solar potential of MMA'S typical urban environments, considering the urban-building indicators of greater incidence: form and orientation of city blocks, street's width an impact of the urban tree structure.

The methodology used in the study consisted in selecting the variables of greater impact for the consecution of such goal, to analyze and quantify the combined specific effects, for elaborating and transferring a set of basic technical recommendations suitable to new and recycled buildings.

The results present their own limitations, related to the form, orientation and width of urban canyons, mainly in the present growth and densification zones which are driving towards a critical situation, both in the energetic and environmental aspects.

Keywords: sustainable development, urban planning, renewable energy.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe a nivel mundial, un consenso creciente respecto a que la civilización humana ha sobrepasado sus

límites al crecimiento y se encuentra comprometida en un rumbo ecológicamente insostenible (Dresner S., 2002). El modelo de crecimiento económico ilimitado, universalmente impuesto por las políticas de la globalización neoliberal, está poniendo en grave riesgo la supervivencia misma de la sociedad humana sobre el planeta en medios y largos plazos, al desconocer el carácter no-renovable de muchos de los

1. Investigador del CONICET

recursos naturales y los servicios ambientales prestados por los ecosistemas.

Entre los problemas más críticos que se debe enfrentar en la búsqueda del desarrollo sostenible se encuentran los interrelacionados correspondientes al hábitat y la energía. El primero constituye el continente espacial de toda actividad humana y produce el impacto más significativo y durable de dicha actividad sobre el medio natural. La energía por otra parte, es un insumo indispensable para el funcionamiento y la supervivencia de la sociedad urbana y es imperativo confrontar, durante el presente siglo, una difícil transición desde el consumo masivo de combustibles fósiles agotables y contaminantes a fuentes alternativas renovables y limpias.

Dentro del sinnúmero de problemas ambientales que afectan a las estructuras urbanas regionales, el presente estudio se concentrará en dos de ellos cuyo carácter es indiscutiblemente crítico: 1. En lo energético, el único recurso disponible en el medio urbano para su aprovechamiento irrestricto es el recurso solar. Las posibilidades de uso son: la calefacción solar de espacios, pasiva y activa, el calentamiento de agua para uso doméstico y la generación fotovoltaica, este último aún lejos de ser una alternativa económicamente viable en el medio local. En trabajos previos se ha estudiado exhaustivamente las implicancias de la morfología urbana para posibilitar el uso del recurso solar en entornos urbanos de baja y alta densidad. Sin embargo, es aún necesario abordar aspectos específicos no considerados hasta ahora para poder definir los lineamientos técnicos transferibles a municipios para la actualizar los Códigos Urbanos y de Edificación. 2. En lo ambiental, se considera necesario comenzar a legislar y promover el reciclaje energético de construcciones existentes, mediante el mismo podría lograrse una recuperación parcial del yacimiento energético subyacente, una recuperación de materiales y componentes posible de reutilizar o reciclar y finalmente, una menor emisión de residuos sólidos, de difícil absorción por el medio ambiente.

La zona definida como universo de análisis es el Área Metropolitana de Mendoza (AMM) ocupa actualmente una superficie urbanizada de aproximadamente 114.000 hectáreas, con una estructura lineal dominante en el sentido Norte-Sur. Está desarrollada sobre un oasis de cultivo con riego artificial, lindando su borde oeste con el piedemonte andino, es decir, la zona desértica natural de la región. El tejido urbano está integrado por la geometría de las manzanas, la morfología de los volúmenes construidos, las áreas verdes, acequias y arboleda. Mendoza urbana fue creciendo en torno a la red de acequias que antiguamente irrigaron sus cultivos y sus calles se alinearon paralelamente a las hijuelas, respondiendo a la necesidad de sobrevivir en medio de un desierto, este crecimiento no previó el consecuente crecimiento anárquico ni la expansión sobre tierras cultivadas.

2. METODOLOGÍA. Caracterización morfológica del trazado del Área Metropolitana de Mendoza.

En una primera etapa se identificaron y cuantificaron las características principales del trazado urbano:

1. Forma de las manzanas: Está referida a la proporción de los lados de manzanas aproximadamente rectangulares, según dichas proporciones se determinan 5 (cinco) tipos y se los identifica mediante sus proporciones: 5/5 (cuadrada), 5/4, 5/3, 5/2 y 5/1 (Figura 1). 2. Orientación de las manzanas: Se refiere al ángulo formado por el lado más

largo de la manzana y la directriz N-S. Se determinaron 12 tipos en tramos de 15° cada uno, resultando 0 (0°) para la directriz norte, +6 (+ 90°) para el este y -6 (- 90°) para el oeste (Figura 2). 3. Ancho de los canales viales: Se toman los anchos reales de calles existentes entre líneas municipales en el AMM (Figura 3). 4. Arbolado urbano: las características en función del tamaño del fenotipo de la especie arbórea; se definen 5 tipos: 1(uno) especies de mayor tamaño de diámetro de copa y altura, sucesivamente hasta 5 (cinco) para ejemplares jóvenes no más altos de 1,5 m (Figura 4).

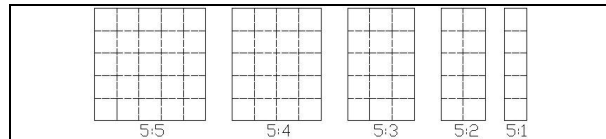


Fig. 1: Forma de las Manzanas.

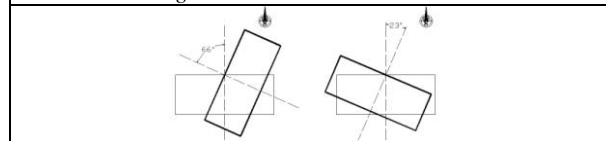


Fig. 2: Orientación de la Manzanas.

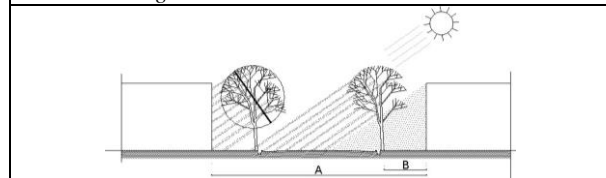


Fig. 3: Ancho de los canales viales.

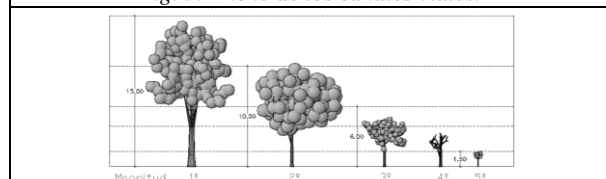


Fig. 4: Características de la arboleda urbana.

Metodológicamente los datos del trazado urbano se procesaron en programación CAD, y a través del modelo gráfico computacional (Mesa, 2000) se determinaron el total de áreas correspondiente a cada tipología, pudiendo calcular el porcentaje de representatividad de cada una en el AMM.

Determinación de Áreas Asoleadas y Enmascaras por Volúmenes y por la Arboleda Circundante: en una segunda etapa se analizaron las morfologías urbanas y sus áreas colectoras.

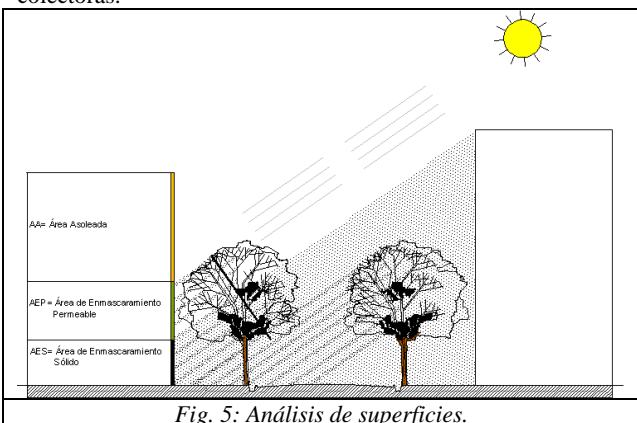


Fig. 5: Análisis de superficies.

ACP: Área Colectora Potencial. Considera las reducciones de áreas de fachadas norte y techos vistas desde el sol.
 AES: Área de Enmascaramiento Sólido (Área enmascarada por volúmenes circundantes). AEP: Área de Enmascaramiento Permeable (Área enmascarada por la arboleda circundante). AEP= (AA-ER)-(AA-ES). AER: Área enmascaramiento real, (incluye la reducción de la permeabilidad) (Figura 5).

Área Colectora Neta: El cálculo del área de captación total en fachadas para calefacción de espacios se obtiene de la adición de los valores de las superficies en fachadas asoleadas al norte +/- 15° sin árboles más las áreas asoleadas de fachada potencialmente colectoras afectadas por arbolado urbano (área del arbolado permeable).
 Se estableció: ACN_{fn}: Área colectora neta (calefacción de espacio) m². Área vertical de la fachada norte realmente asoleada.

$$ACN = ACP - (AES \pm (AEP \cdot (1 \pm \text{permeabilidad}))) \quad (1)$$

$$ACN = (AA - ES) \pm (AEP \cdot (1 \pm \text{permeabilidad})) \quad (2)$$

Se realizaron 2 (dos) series de evaluaciones (1600 imágenes), una con enmascaramiento sólido, que contiene las perspectivas axonométricas vistas desde el sol correspondientes a los sectores urbanos seleccionados sin arbolado urbano.

Posteriormente se elaboraron perspectivas axonométricas con la presencia del arbolado, para determinar enmascaramiento de la arboleda circundante y se aplicaron los porcentajes de permeabilidad solar estacional. El valor de permeabilidad corresponde al día promedio representativo de los meses de abril a septiembre para las especies representativas.

Determinación de Indicador: En una tercera etapa se analizaron las áreas asoleadas de entornos urbanos de baja densidad. El método utilizado para analizar el potencial solar de las manzanas urbanas, fue el de comparar los resultados del cálculo de áreas asoleadas de dos escenarios urbanos similares que ofrecen diferencias significativas en una sola variable. Los criterios de selección de la muestra para la definición de cada escenario están en función de la naturaleza de la variable analizada. (Tabla 1)
 Para el análisis de áreas asoleadas en entornos urbanos de baja densidad, se definieron dos indicadores:

3. RESULTADOS

Las características de la trama en cuadrícula imponen límites específicos a la volumetría que se sustenta en un conjunto de elementos asociados a las normativas caracterizados por: dimensiones de calzadas, veredas, estructura parcelaria, alturas de edificación, especies arbóreas, que son determinantes del potencial aprovechamiento y su consecuente demanda de energía.

Se puede identificar en el AMM dos escalas predominantes de densidad volumétrica, alta y baja densidad, siendo esta última la más representativa con una distribución mayor al 90% de la trama existente. En este sentido se evaluaron las

características espaciales y formales de entornos típicos tendientes a implementar en el futuro estrategias dirigidas a maximizar la eficiencia energética urbana. Las tramas de baja densidad se encuentran en constante proceso de expansión y renovación, por eso se presentan como uno de los campos más aptos para potenciales modificaciones que utilicen principios de diseño bioclimático.

Tabla 1: Determinación de Indicadores.

Factor de Área Asoleada Efectiva (FAAE):

Para calefacción de espacios (fachadas al norte +/- 15°) FAAE_m, y calentamiento de agua (proyección horizontal de techos) FAAE_t; definido como el cociente de la suma de áreas asoleadas (m²), sobre la suma de las áreas totales potencialmente colectoras (m²), expresado como porcentaje:

$$FAAE = \frac{\sum_{m:4}^{08} \sum_{d:1}^{30} \sum_{h:9:30}^{14:30} ACN}{Nm \cdot Nd \cdot Nh \cdot AFN} \cdot 100 \quad (3)$$

Donde:
 Nm: N° de meses a calefaccionar (5),
 Nd: N° de días mensuales (30),
 Nh: N° de horas diarias(5)

Factor de Área Asoleada Volumétrica (FAAV):

El FAAV_m es el cociente entre la suma de las áreas de fachadas al norte y techo FAAV_t efectivamente asoleadas (m²) y la suma de los volúmenes construidos en las manzanas urbanas (m³) expresada como porcentaje:

$$FAAV = \frac{\sum_{m:4}^{08} \sum_{d:1}^{30} \sum_{h:9:30}^{14:30} ACN}{Nm \cdot Nd \cdot Nh \cdot Volumen} \cdot 100 \quad (4)$$

Donde:
 Nm: N° de meses a calefaccionar (5),
 Nd: N° de días mensuales (30),
 Nh: N° de horas diarias(5)

El segundo indicador relaciona las áreas realmente asoleadas con el total del volumen construido a calefaccionar, proporcionando información comparativa entre los diversos escenarios de análisis.

3.1. Formas de las manzanas.

Los resultados de cuantificación de las tipologías de manzanas en la trama consolidada del AMM: de las 5 tipologías características sintetizadas en formas puras en función de la proporción entre los lados, la más representativa son las tipología 5:2 con 1325 hectáreas, seguida por la tipología 5:3, con 1281 hectáreas de la trama regular. (Figuras 6).

La Tipología 5:5 está representada por 892 hectáreas, que comprende el 18.84 % de la trama regular, mientras la tipología 5:4 representa el 18.63 %.

La tipología 5:1 es, en términos de superficie, la que menor presencia con (7.5 %) dentro de la trama urbana, sin

embargo existe una preferencia en los trazados recientes. (Figura 7)

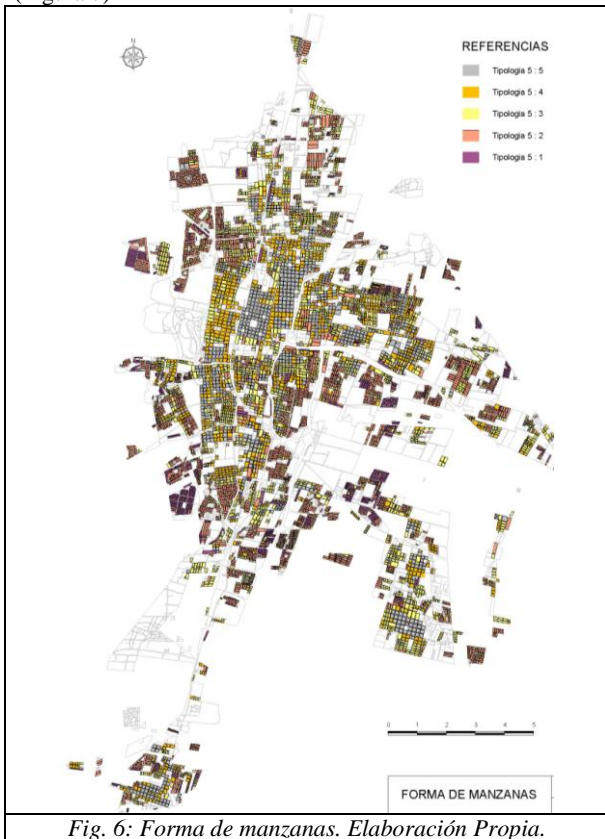


Fig. 6: Forma de manzanas. Elaboración Propia.

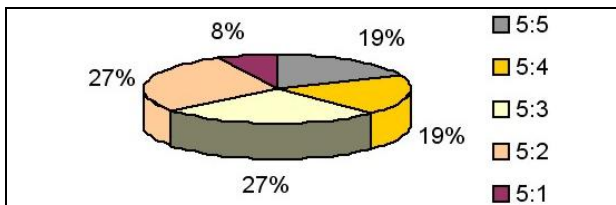


Fig. 7: Representatividad de cada tipología.

Las configuraciones rectangulares, con proporciones de lados de 5/3 y 5/2 (lado 5 en sentido E-O) resultan en el aprovechamiento más eficiente del terreno manteniendo buenas posibilidades de asoleamiento pleno, sobre fachadas al norte (calefacción de espacios) y techos horizontales y en pendiente (calentamiento de agua). Las manzanas de proporciones 5/5, típicas de la trama fundacional, demuestran ser las menos eficientes, aún estando correctamente orientadas.

Para la comparación de los resultados del cálculo de áreas asoleadas se estudiaron escenarios urbanos similares que ofrecen diferencias significativas en una sola variable.

Se consideraron dos escenarios que corresponden a tipologías 5:5 y 5:2. Los resultados obtenidos de las corridas del modelo indican la máxima captación para el día 21 de junio a medio día solar.

Hay diferencias significativas en los valores de áreas asoleadas cuando se considera sólo el enmacaramiento sólido (construcciones vecinas (AA-ES). Cuando se considera también el enmacaramiento del arbolado urbano (AA-ER), la disminución de áreas asoleadas es

particularmente importante en viviendas de un nivel con valores entre 15.96% y 11.89%.

La tipología 5:5 posee el mayor valor relativo de áreas de fachadas al norte asoleadas con valores de 75.8%, esto es un 3.18%, sobre la tipología 5:2 que presenta un valor medio de 72.63%. (Figuras 9 y 10)

Cuando las áreas asoleadas son referidas al volumen construido la relación se invierte y es más significativa: El valor de la Tipología 5:2 es de 0.58 m²/m³, esto es un 0.14 m²/m³ sobre la tipología 5:5 que muestra valores de 0.44 m²/m³ (Figura 8). Esto se debe a que existen volúmenes construidos mucho más grandes en el escenario de la tipología 5:5.

Cuando se relaciona el volumen a las áreas realmente asoleadas es más significativa: el valor para la tipología 5:2 es de 0.56 m²/m³, esto es un 24% más que la tipología 5:5 con 0.44 m²/m³.

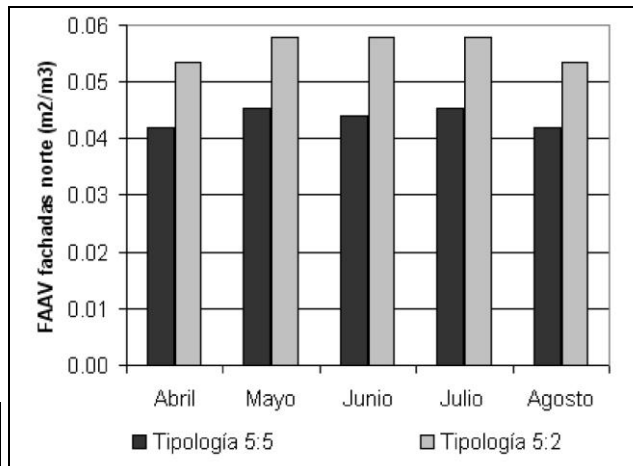


Fig. 8: Asoleamiento volumétrico de fachadas norte en función de la tipología de las manzanas.

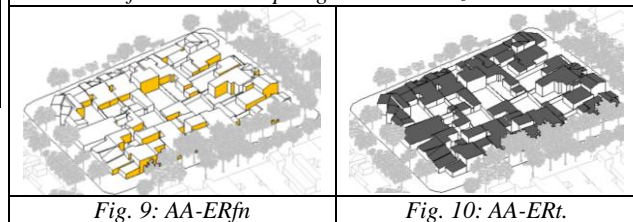


Fig. 9: AA-ERfn

Fig. 10: AA-ERt.

En techos, la variación del asoleamiento es menor en relación a la forma y orientación de las manzanas, con diferencias de valores del 0.4% y es dependiente principalmente de la variable morfología edilicia (forma y pendiente de techos).

3.2. Orientación de las manzanas

Sin considerar las manzanas cuadradas tipología 5:5, las manzanas con rotación norte entre 75° y 90° son las más representativas seguidas por las de orientación 15°, mientras que en los casos con desviaciones entre 45° y 60° se dan los porcentajes de representatividad menores acentuados en las tipologías 5:4 y 5:1. Sólo un 25,21% del área de manzanas están orientadas con el eje mayor este- oeste con un ángulo de desviación entre -15° y +15°.

Incluyendo los valores de las manzanas tipología 5:5 la representatividad de cada orientación de manzanas en la trama urbana regular se muestran en las Figuras 11 y 12.

Los valores de FAAE son: Escenario 1 $FAAE_{fn} = 74.77\%$ $FAAE_t = 94.99\%$. Escenario 2 $FAAE_{fn} = 66.57\%$ $FAAE_t = 97.27\%$.

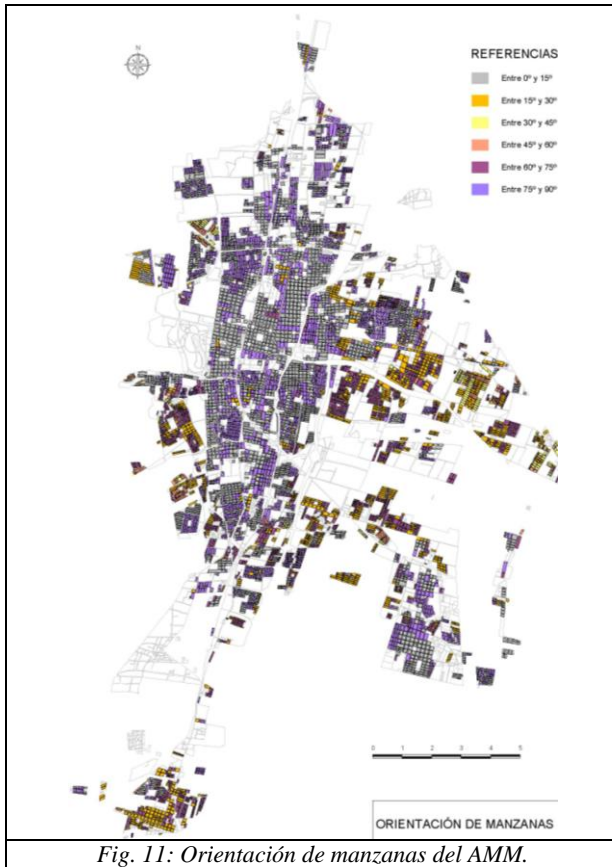


Fig. 11: Orientación de manzanas del AMM.

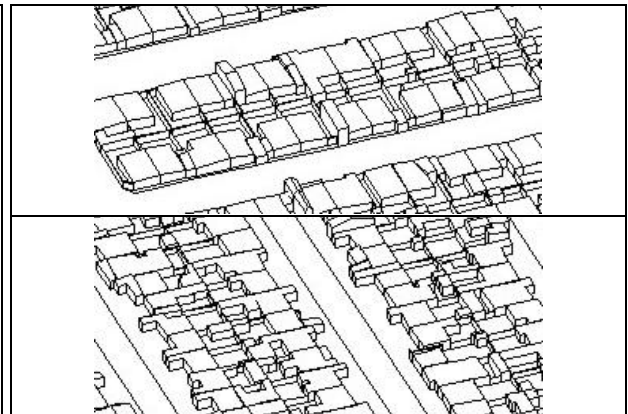


Fig. 13: Orientación de los escenarios 1 y 2

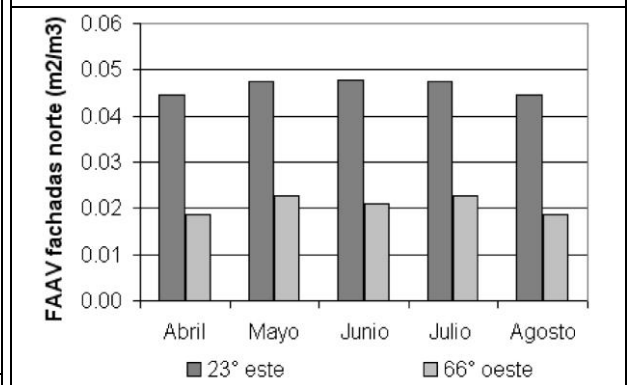


Fig. 14: Factor de Área Asoleada Volumétrica de fachadas norte.

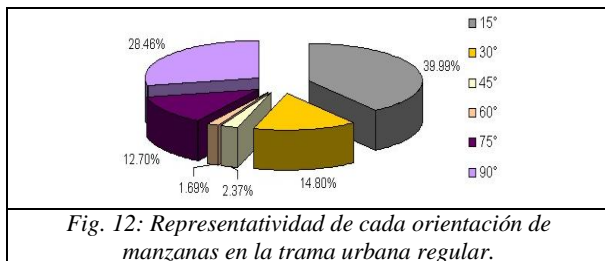


Fig. 12: Representatividad de cada orientación de manzanas en la trama urbana regular.

La orientación de las manzanas, condiciona las posibilidades de orientación de los edificios que contienen y es un aspecto de máxima importancia para la implementación eficiente de colectores solares para los usos mencionados. Como es sabido, los espacios principales de una vivienda y sus aventanamientos, captarán un máximo de energía radiante cuando están orientados exactamente al norte geográfico. Desviaciones angulares de hasta 15° al este o al oeste resultarán tolerables.

Se realiza un análisis comparativo de los resultados de dos escenarios urbanos similares con diferente orientación.

La tipología 5:2 fue seleccionada como la más representativa a nivel urbano con un 27.98% en el total de las manzanas urbanas de baja densidad. El escenario 1 presenta una desviación noreste de 23°, mientras el escenario 2 una desviación noroeste de 66° (Figura 13)

Hay una diferencia en los valores de FAAE en los casos analizados del (5.29%), en el escenario 1 el valores de FAAE es del (74.77%) sobre el escenario 2 que presenta un (66.57%) de asoleamiento efectivo.

En este caso los valores en techos no presentan diferencias significativas.

Las manzanas urbanas cuya proporción entre lados es diferente, presentan gran variación de superficies asoleadas en función de la orientación.

Los valores más altos alcanzados de FAAV en fachadas norte (74.77%) corresponden a las tipologías con orientación N-S, mientras que se presentan reducciones significativas de dichos valores (66.57%) en los casos de orientaciones E-O. El Área Asoleada Volumétrica presenta diferencias significativas cuando las manzanas urbanas poseen orientación norte. (Figura 14). Los valores calculados de FAAV son: Escenario 1: $FAAV_{fn} = 0.046 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $FAAV_t = 0.21 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Escenario 2: $FAAV_{fn} = 0.020 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $FAAV_t = 0.19 \text{ m}^2/\text{m}^3$

3.3. Ancho de cañones urbanos.

Como resultado del análisis se determinó que en las zonas de baja densidad los lineamientos establecidos históricamente presentan gran variedad de ancho de calles que va desde 13 metros de ancho hasta los casos que

contempla la ley vigente de 20m y 30m, debe considerarse que en los canales viales estrechos estudiados (13m) hay un 25% menos de captación solar que en canales viales de 20m. De los casos analizados se desprende como resultados una representatividad de ancho de cañón urbano de: ancho < de 16 metros 23%, ancho entre 16 y 18 metros 13%, ancho entre 18 y 20 metros 18%, ancho entre 20 y 25 metros 30% y > de 25 metros 16%. y (Figura 15 y 16).



Fig. 15: Ancho de Cañones Urbanos. AMM.

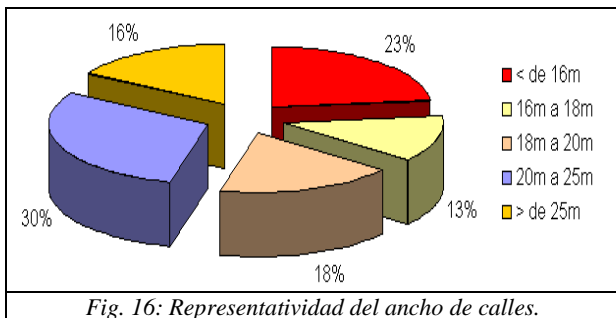


Fig. 16: Representatividad del ancho de calles.

El sistema vial es gravitante y define el trazado de la ciudad donde se compatibilizan circulaciones propias de la trama y vinculaciones regionales, es necesario en este punto considerar que un modelo sostenible de ciudad necesita, por parte de los entes locales políticas eficientes de planificación del desarrollo de los usos territoriales que

comprenden una valoración ambiental estratégica en este sentido.

La relación entre el ancho de los cañones urbanos y los volúmenes construidos, es esencial para obtener niveles aceptables de asoleamiento y de ventilación.

La reducción de áreas asoleadas potencialmente colectoras en fachadas al norte es resultado de diversas combinaciones del ancho de calles, su orientación y la morfología arbórea que incluye el tamaño, ubicación, permeabilidad y ciclos de foliación.

Los escenarios elegidos permiten analizar los resultados de dos casos distintos de ancho de cañón urbano de: 13.00m. y 20.00m. con una distancia de 2.00m. y 4.00m. de la línea de edificación a la ubicación del arbolado urbano público. (Figura 17 y 18)

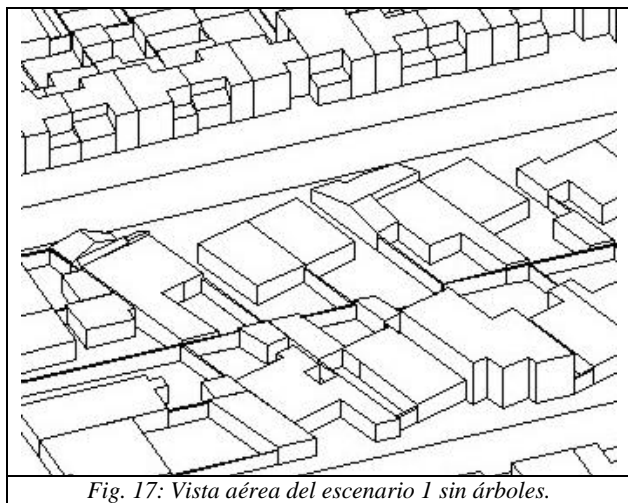


Fig. 17: Vista aérea del escenario 1 sin árboles.

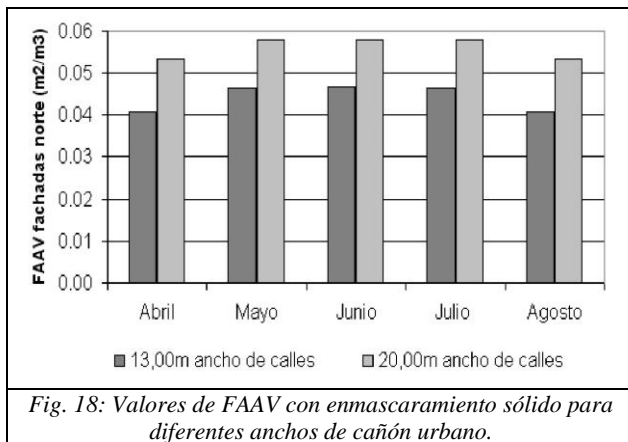


Fig. 18: Valores de FAAV con enmascaramiento sólido para diferentes anchos de cañón urbano.

Los resultados del cálculo del FAAE de fachadas al norte, para los cañones urbanos más representativos de 13,00m y 20,00m, sin considerar los efectos del arbolado urbano, varían entre (88.45% y 86.11%).

3.4. Arbolado urbano.

Las áreas verdes conformadas por parques, plazas, paseos y bulevares: espacios abiertos públicos de libre acceso y circulación que sustentan vegetación (Figura 19) del total de la superficie analizada del AMM el 8,44 % está representada

por áreas verdes si bien sólo el 6.40% de las áreas verdes están consolidadas.

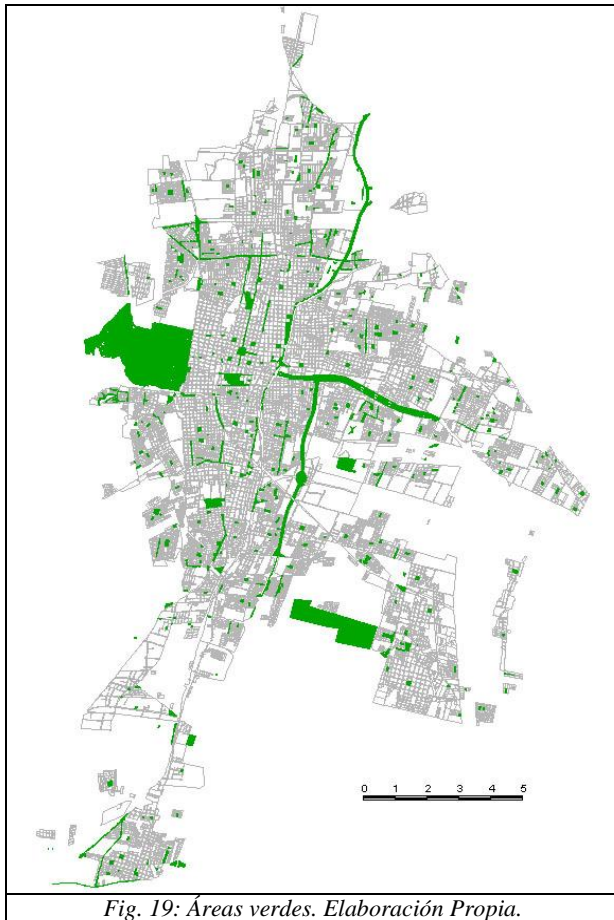


Fig. 19: Áreas verdes. Elaboración Propia.

Tabla 2: Cantidad de árboles por departamento

Departamento	Nº	
Capital	50000	
Las Heras	70000	
Godoy Cruz	120000	
Maipú	120000	
Luján de Cuyo	160000	
Guaymallén	370000	

Fig. 20: Arbolado en entornos de baja densidad del AMM.

La arboleda urbana, una característica distintiva del AMM, (Tabla 2 y Fig. 20) tiene una incidencia de primer orden en el potencial solar de los edificios urbanos. El enmascaramiento producido por los ramajes desnudos de los árboles puede ser considerable en invierno, cuando se trate de especies de buen porte (1ª. y 2ª. Magnitud), construcciones de una sola planta y canales viales angostos.(13 a 16 m.). Sin embargo, a pesar de esta limitación que puede ser compensada mediante mejoras en aspectos de conservación, los beneficios de la arboleda urbana en la estación cálida, son múltiples: 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.

Se realiza un análisis comparativo de los resultados de los dos escenarios urbanos analizados en el ancho de cañón urbano pero incorporando el arbolado.(Figuras 17 y 21)

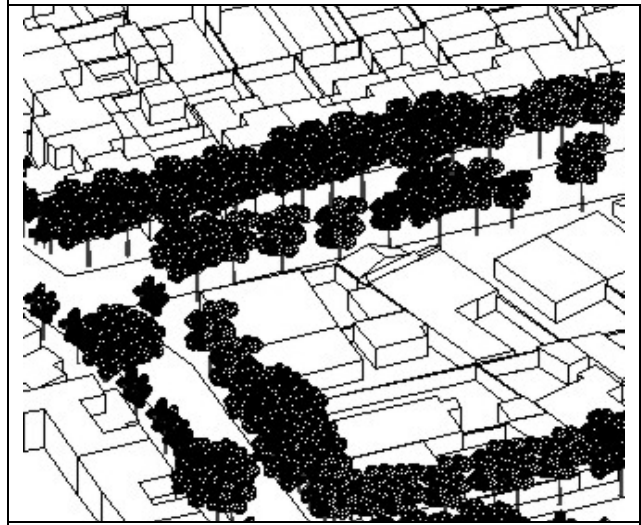


Fig. 21: Vista aérea del escenario I con árboles.

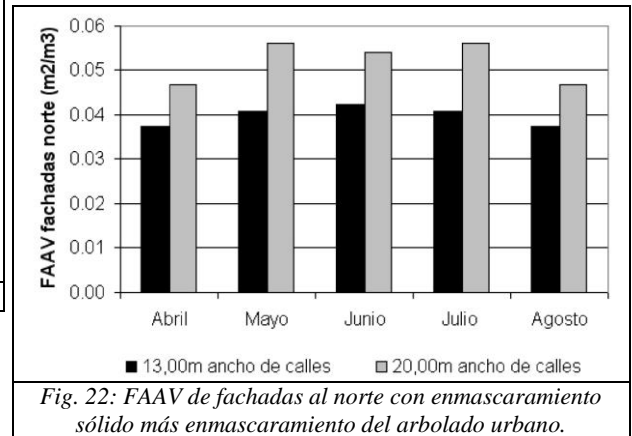


Fig. 22: FAAV de fachadas al norte con enmascaramiento sólido más enmascaramiento del arbolado urbano.

Los resultados del cálculo del FAAE de fachadas al norte, para los cañones urbanos más representativos de 13,00m y 20,00m, sin considerar los efectos del arbolado urbano, varían entre (88.45% y 86.11%).

Cuando se suma el enmascaramiento del arbolado las áreas asoleadas decrecen un 13.21% y 15.97% respectivamente. Los valores de Áreas de Asoleamiento Efectivo son: 75.23% y 70.15%, de las áreas colectoras potenciales respectivamente.

Cuando las áreas asoleadas se relacionan con los volúmenes edilicios respectivos, las diferencias son más importantes: el valor para ancho de cañón urbano de 13.00m es de: 0.046 m²/m³, esto es, un 20.68% menos que para la calle de 20.00m de ancho, cuyo resultado es de 0.058 m²/m³. (Figura 22)

4. CONCLUSIONES

El trabajo profundiza el conocimiento de los indicadores urbanos que inciden en el potencial solar de entornos urbanos, tomando en consideración la morfología urbana actual. Los indicadores definen la situación actual y presentan la posibilidad de ser considerados en futuras

estrategias de diseño. La investigación presenta avances de la capacidad de captación de energía solar dependiendo de los indicadores. Ante la posibilidad de aprovechamiento del recurso solar, la trama presenta limitaciones propias relacionadas principalmente con la forma, orientación y ancho de cañones urbanos no acertados de las manzanas, que reduce la potencialidad colectora solar.

La estructura urbana no puede estar disociada de la estructura del espacio construido que determina la densidad edilicia de cada sector, si la relacionamos con la energía posible de captar la relación es inversamente proporcional y esto es importante al evaluar entornos de baja densidad.

Se espera, con el avance del estudio, establecer la optimización del aprovechamiento solar para cada zona y la elaboración de lineamientos de diseño apropiados para la implementación de una legislación que regule el aprovechamiento pleno del recurso solar en la ciudad.

Del análisis del trazado urbano se desprende que la presente modalidad de crecimiento del AMM no es sostenible a largo plazo. Los distintos componentes de los subsistemas social, económico, ambiental y energético, se encuentran igualmente comprometidos en trayectorias no-sostenibles. Es posible alcanzar niveles aceptables de calidad ambiental urbana avanzando hacia un modelo de ciudad y de gestión que maximice el uso racional de la energía y de los recursos climáticos regionales en los edificios urbanos. De esta forma se podrían alcanzar, en forma progresiva, mejoras sustanciales en los índices de eficiencia energética y de sostenibilidad energético-ambiental de entornos urbanos en la región.

Las diversas normativas vigentes para el control del crecimiento urbano en el AMM son insuficientes para mejorar en lo mínimo los niveles de sostenibilidad ambiental y energética del ambiente construido. La implementación de ajustes incrementales y progresivos en las prescripciones mandatorias de las normas actuales, compatibles con la factibilidad económica y la viabilidad jurídica de las mismas, puede efectivamente contribuir a la consecución de niveles más altos de sostenibilidad ambiental y energética en los medios urbanos regionales.

REFERENCIAS

- Arboit, M.; Diblasi, A.; Fernández Llano, J. C. and 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*. Elsevier Editorial System. **33**, 8, ISSN: 0960-1481.
- Arboit, M.; Mesa, A. y de Rosa C. Análisis Morfológico del trazado urbano para una planificación urbana sostenible. El caso del área Metropolitana de Mendoza (2009). AVERMA. Salta, Argentina: INENCO, vol. 13 p.77-83 ISSN 0329-5184
- Argentina INDEC (1991). Censo Nacional De Población y Vivienda para El Dpto. de Luján de Cuyo, D.E.I.E., Mendoza.
- Basso M, Fernández J.C, Mesa N, Córlica M. L & de Rosa C. (2003). Urban morphology and solar potential of the built environment in Andean Cities of Hispanic Layout. Assessing proposals towards a more sustainable energy future. 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA. Santiago – Chile.
- Blowers, A. (1993) "Planning for a sustainable environment. A Report by the Town and Country Planning Association". Earthscan Publications Limited. London.
- Böhm, P., Breuste, J., Montaña, Elma, de Rosa, C. (1999). Diagnóstico ambiental de entornos urbanos. Identificación de zonas ambientalmente homogéneas de las ciudades de Lipzig y Mendoza a partir de indicadores funcionales y morfológicos. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, **7**, 43 - 54.
- Cantón M.A., Cortegoso J.L., de Rosa C. (1994). Cuantificación del efecto del arbolado en tramas urbanas. Primeros resultados de la aplicación de un modelo de cálculo analítico computacional. Actas de la XIX Reunión de Trabajo de ASADES. Rosario, Santa Fe, p.p. 223-228.
- Daly H (1996) *Beyond Growth*. Beacon Press. Boston.
- de Rosa, Carlos. (1988). Low-cost Passive Solar Homes built in a Tempered Arid Climate. Thermal and Economic Evaluation. Proceedings of the 6th. International PLEA Conference, pp. 795-802. Porto, Portugal.
- Deming W. E. (1989). Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis. Ediciones Díaz de Santos. Madrid.
- Dresner Simon, (2002). "The principles of sustainability". Earthscan, University of Liverpool, UK.
- Galopin, G.C. (1995). "El futuro ecológico de un continente". Editorial de la Universidad de las Naciones Unidas. México.
- Jenks, Mike, Elizabeth BURTON and Katie WILLIAMS (1996), *The Compact City: A Sustainable Urban Form?*, Oxford Brookes University, Oxford, U.K.
- Kristl Z, & Krainer A. (2001). Energy evaluation of the urban structure and dimensioning of building site using the ISO-Shadow method. *Solar Energy*, **70**, 1, 23-34.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L. Randers, J. (1992) "Beyond the Limits – Global Collapse or a Sustainable Future". Earthscan Publication Ltd. Londres.
- Nicol F, & Humphreys M. A. (2002). Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings. *Energy and Buildings*. **34** (6), 563-572.
- Owens S. (1986). *Energy Planning and Urban Form*. Pion Ltd. London.
- Ratti C, Raydam D, & Steemers K (2003). Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. *Energy and Buildings*, **35**, 49-59.
- Robinson D. (2006). Urban morphology and indicators of radiation availability. *Solar Energy*.
- Ruiz de Lima, Gladys, (2000). Mendoza, Metrópoli Regional en Transformación. Revista GeoNotas, vol.4 n° 4.