

AMBIENTE URBANO, ESTUDIO DEL ARBOLADO EN LA REGULACIÓN DEL CONFORT EN CALLES DE LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA

Autores: VAZQUEZ J. Y STECHINA L.

RESUMEN

La presencia de vegetación en las ciudades, altera el balance energético del clima a escala local, provocando variaciones en la radiación solar que llega a la superficie, en la velocidad y dirección del viento, en la temperatura ambiente y el contenido de humedad del aire. Estos efectos, aunque limitados, contribuyen, en gran medida, a mejorar la sensación de confort en los espacios urbanos, así como a amortiguar el impacto de las variaciones climáticas en el entorno construido. La infraestructura verde urbana se encuentra distribuida en el espacio público de diferentes modos y agrupamientos, en parques, plazas, arboleda de alineación. Uno de los usos más extendidos de la vegetación dentro del ámbito urbano, es seguramente, el control de la radiación solar. Su aplicación más inmediata es la de proporcionar sombra, sin embargo la vegetación tiene efectos sobre la radiación solar que no son tan evidentes. Varios autores estiman que del 100% de la energía solar incidente, las plantas absorben para la fotosíntesis aproximadamente el 5-20%, reflejan 5-20%, disipan por evapotranspiración 20-40%, emiten 10-15% y transmiten el 5-30%.

La amortiguación de la radiación solar incidente depende de la masa foliar, las características del follaje, el tamaño y geometría de la copa. El clima de la ciudad de Rosario presenta veranos extendidos con condiciones climáticas por fuera del entorno de confort, elevada temperatura y humedad relativa y cielos parcialmente cubiertos a despejados con altos niveles de radiación solar. Por ello es importante adoptar estrategias de sombreado y enfriamiento de las superficies tanto horizontales como verticales del cañon urbano, incrementando la cobertura de la copa de árboles de alineación. Se presenta un análisis comparativo de distintas relaciones geométricas de calles (Alto/ancho) con y sin arbolado de alineación para las orientaciones E/O y N/S. Se analizan y comparan las transmitancias visibles de la masa foliar de las especies más frecuentes en el arbolado de alineación.

INTRODUCCIÓN

El clima urbano está fuertemente condicionado por las características físicas y morfológicas de los espacios así como por la materialidad y concentración de la masa construida. Se parte de la premisa que la construcción de un "paisaje" no es sólo ordenar la belleza estética de masas forestales, o el alineamiento armonioso de edificios. Es cargar de contenido el funcionalismo de las estructuras ambientales. Es en este sentido que la noción de paisaje se asocia con la de espacios abiertos. Son áreas de dominio público, cuyo rol es fomentar la apropiación comunitaria (práctica de actividades que propicien el bienestar psicofísico) y procurar una adecuada regulación climática. La ciudad de Rosario, Argentina, (33 S, 60 W) con clima templado-húmedo, expone una gran variedad de espacios abiertos.

La idea de paisaje permite definir escenarios concretos e implica la asociación de geoformas, comunidades de plantas y animales, factores climáticos, suelo y formas de drenaje insertos en un territorio. (Sanchez R, 1995) Debe ser efectivo en costos económicos, posible en términos sociales y legales, utilizar los recursos locales, y propiciar una demanda energética mínima. (Montgomery D, 1981) Al concepto de paisaje, se incorpora la escala social, de fruición y de imagen o sistema de lectura. El paisaje condiciona y es condicionado a su vez. En la concepción del paisaje se evidencia la percepción de la funcionalidad del entorno humano. (Naselli C, 1978)

En la relación entre las necesidades de una persona y las condiciones ambientales, existen dos tipos de indicadores de acuerdo a Herzberg: satisfactores e insatisfactores. (Herzberg F, 1968) Los insatisfactores son atributos considerados como normales, en una ciudad, por ejemplo, la seguridad. Una cierta cantidad del atributo tiene que estar presente, pero a mayor cantidad del atributo no garantiza mayor nivel de satisfacción. Del mismo modo sucede con los satisfactores, a mayor número habría mayor satisfacción, sin embargo, su carencia no conduciría necesariamente a la insatisfacción. No obstante ambos atributos funcionan en forma diferente. Por ejemplo, los insatisfactores determinan si una persona circula o no por una calle o plaza. Los satisfactores determinan el tiempo de estancia y su amenidad. Los insatisfactores determinan la frecuencia de los recorridos; los satisfactores, su duración. Dentro de este planteo, el espacio público pasaría a cobrar un rol importante como generador de espacios amortiguadores entre actividades y como corredores de vinculación.

La calle es el conector por excelencia de las diferentes actividades urbanas. Las características arquitectónicas, formales y funcionales son determinantes en sus condiciones de habitabilidad en las diferentes estaciones del año. En el área urbana consolidada, la cuarta parte de la superficie está ocupada por las calles, sus dimensiones y características espaciales, la orientación, la radiación solar incidente, acumulada y reflejada influyen directamente en las condiciones de habitabilidad de esos espacios. Varios autores analizan estas condiciones en diferentes contextos y acuerdan que la forestación contribuye positivamente en el confort y la calidad ambiental de los corredores. (Moreno O, Lillo C y Gárate V., 2020) (Rosheidat A, Hoffman D, Bryan H. 2008) (Shishegar N. 2013) (Vieira de Abreu-Harbach L, Chebel Labaki L, Matzarakis A. 2012)

DESARROLLO

En general el ambiente urbano se distingue del rural por una o más de las siguientes características:

- Disposición regular de superficies masivas.
- Superficies cuyas dimensiones verticales son del mismo orden de magnitud que sus dimensiones horizontales.
- Materiales de superficie densos con altos valores de conductividad térmica y capacidad térmica.
- Bajo contenido de humedad en los suelos debido al rápido escurrimiento y materiales de superficie.
- Fuentes de calor interior, vapor de agua, contaminantes y turbulencias (Taesler R. 1984)

Los materiales que definen las superficies urbanas tienen capacidades térmicas más elevadas. La forma de la superficie urbana también difiere de las formas correspondientes al área abierta, conduciendo a una mayor fricción entre los vientos y las superficies locales. La evaporación y transpiración media urbana es baja en comparación con las correspondientes a áreas rurales adyacentes.

En el otoño-invierno de 2005 la Municipalidad de Rosario inició un plan de forestación de arboleda de alineación con diferentes especies en el Área Central de la ciudad, diferenciando el Área de Microcentro ya que solamente se colocaron árboles de menor porte en los retiros de vereda. De ese universo se analiza un tramo de calle San Martín que corre en sentido N-S, desde Mendoza hasta Av. Pellegrini, y un tramo en calle 9 de Julio que corre en sentido E-O. Distinguiéndose que la cuadra sobre San Martín más al norte ya forma parte del Área de Microcentro, por lo que no tiene la misma densidad de arboleda de alineación. Figura 1 y 2

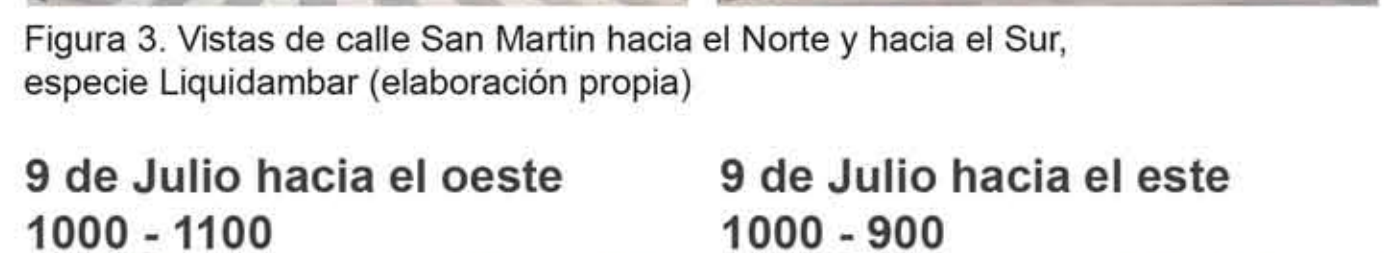


Figura 6. Transmisión foliar del arbolado de alineación especie Liquidambar TF = 0,40 (periodo estival) (elaboración propia)

A los fines de establecer un parámetro comparativo se utiliza el Indicador Densidad de Árboles por Tramo de Calle. (Rueda, 2008) Este indicador sirve para medir la cantidad de árboles que presenta cada tramo de calle cuyo ancho es mayor a 8 m. Este dato es importante pues se considera que los tramos que tienen un ancho mayor o igual a 8 m son aquellos en los cuales es posible incorporar nuevos árboles. El objetivo de este indicador es identificar aquellos tramos que tienen un claro déficit de árboles en sus calles. El objetivo final es visualizar los tramos en los que se puede intervenir para mejorar la conectividad del ecosistema urbano en donde estas calles actúan como corredores que conectan los diferentes hábitats: parques y jardines de la ciudad.

Forma de cálculo:
Para obtener este indicador se aplicó la fórmula:
Darb (árboles m-1) = número de árboles/longitud del tramo de calle.

Parámetros de evaluación:	
Objetivo mínimo	Densidad > 0,2 árboles m-1
	Cobertura > 50% de los tramos de calle
Deseable:	Densidad > 0,2 árboles m-1
	Cobertura > 75% de los tramos de calle

Se considera un valor adecuado de densidad cuando el 50% del total de tramos llegan a un valor de densidad igual o mayor a 0,2 árboles m-1 es decir 2 árboles cada 10 metros de tramo de calle.

Analizada calle San Martín hacia el norte, entre 3 de Febrero y Mendoza cuenta con 4 ejemplares de pequeño porte de las especies Prunus y Ligustrum por lo tanto ese tramo de calle de 100 m no cumple con el mínimo establecido por el indicador ya que la densidad es inferior al 20% y el porcentaje de sombra es de solamente el 3%. En calle San Martín hacia el sur desde 3 de Febrero hasta Av. Pellegrini, (límite del Área Central) cuenta con un promedio de 20 ejemplares en cada cuadra de 100m por lo que cumple con el Indicador de Densidad > 0,2 árboles m-1. La cobertura no alcanza el valor mínimo ya que el porcentaje de sombra es del 33% en los tramos de calle. Figura 3

Calle 9 de Julio, eje E-O, tiene una arboleda de alineación de la especie Jacarandá, se cuentan 20 ejemplares en promedio por cuadra por lo que cumple con el Indicador de Densidad > 0,2 árboles m-1. La cobertura supera el valor mínimo del indicador pero no alcanza al valor deseable, ya que el porcentaje de sombra es del 58% en los tramos de 100m de calle. Figura 4

Calle Zeballos, eje E-O cuenta con arboleda de alineación compuesta por ejemplares de Lapacho negro, con 18 ejemplares por cuadra en promedio, por lo que no cumple con el Indicador de Densidad > 0,2 árboles m-1. La cobertura supera el valor mínimo del indicador pero no alcanza al valor deseable, ya que el porcentaje de sombra es del 39% en los tramos de 100m de calle. Figura 5

Figura 10. Temperatura radiante de mosaicos en vereda áreas asoleadas y en sombra (elaboración propia)

Figura 11. Temperatura radiante de adoquines áreas asoleadas y en sombra (elaboración propia)



Figura 1. Forestación del Área Central de la ciudad. Fuente: Municipalidad de Rosario

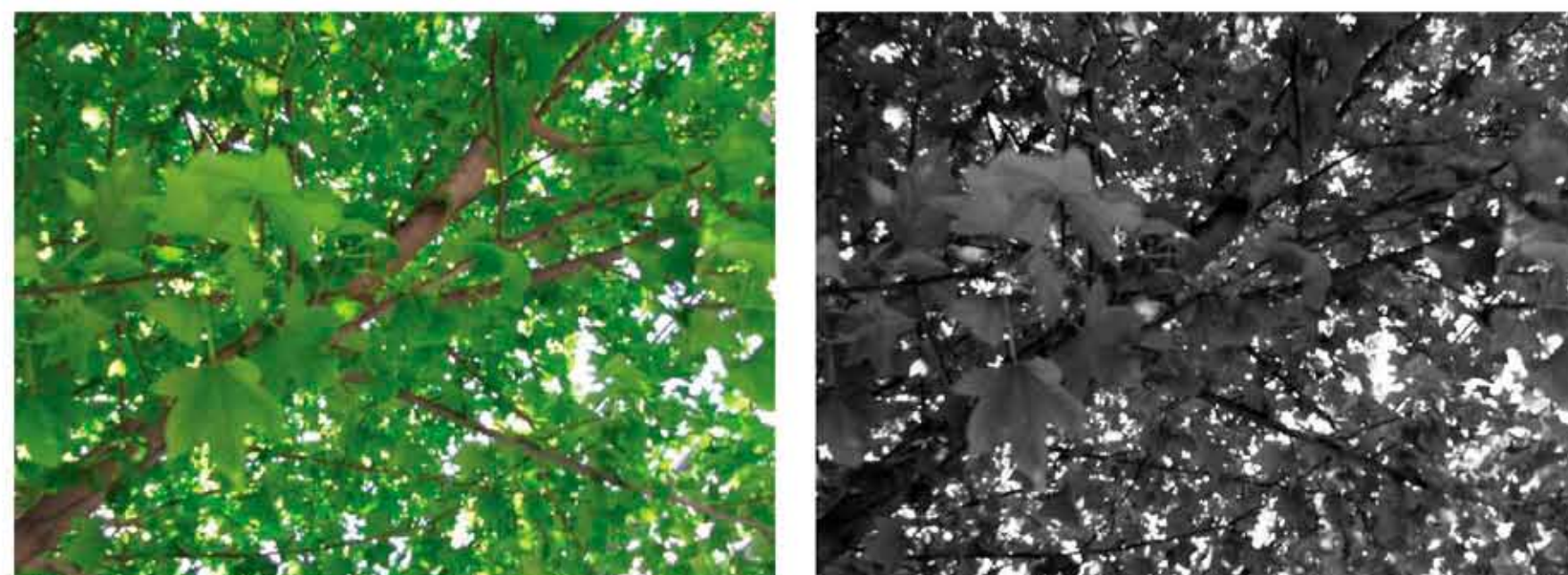


Figura 6. Transmisión foliar del arbolado de alineación especie Liquidambar TF = 0,40 (periodo estival) (elaboración propia)



Figura 7. Transmisión foliar del arbolado de alineación especie Jacarandá TF = 0,36 (periodo estival) (elaboración propia)



Figura 8. Transmisión foliar del arbolado de alineación especie Lapacho negro TF = 0,34 (periodo estival) (elaboración propia)

RADIACIÓN SOLAR Y SOMBRAS

Las superficies exteriores reflectantes de los edificios actúan como radiadores que amplifican los efectos de la radiación incidente. El efecto diferenciador de este factor urbano en relación al campo es maximizado cuando el sol se encuentra bajo en el cielo: el área abierta ofrece muy pocas superficies verticales. El albedo promedio varía del campo a la ciudad. En función de la dimensión de la copa de los árboles de alineación se estimaron los porcentajes globales de sombra. Tabla 1

Se analizaron las diferentes relaciones de proporciones, Altura de las construcciones, Ancho de calle, a fin de conocer el ángulo de cielo visible de acuerdo a la orientación para el caso de verano. Figura 9.

Para Rosario se puede considerar como día de diseño de verano, por su mayor frecuencia relativa en el periodo (13%), al denominado cálido-húmedo soleado o parcialmente cubierto: (Di Bernardo et al 1984)
T media: 24.6 (±1.7) T máx.: 30.5 (±1.0) T mín.: 18.6 (±2.0) Δt medio: 11.9
Radiación solar acumulada diaria s/plano horizontal p/cielo ASHRAE 59 industrial: Q_{dia} = 6260 W/m².

Para la superficie mayoritariamente vegetada de calle San Martín y calle 9 de Julio, y considerando una absorción global de 30%, y un ángulo de cielo visible de ~ 65° orientado al N tendríamos:
Q_{dia} = 1220 W/m²

Para la superficie mayormente pavimentada del tramo de calle San Martín entre Mendoza y 3 de Febrero, asumiendo una absorción media de 50%, y un ángulo de cielo visible similar de ~ 65° se obtiene:
Q_{dia} = 2035 W/m²

Es de destacar que la radiación solar incidente sobre la masa vegetal es utilizada por esta para su proceso de fotosíntesis, mientras que en las superficies graníticas o cementicias, ésta es acumulada y reirradiada con un retardo superior a las 4 hs.

Utilizando un Termógrafo FLIR TG 165 se registraron las temperaturas radiantes de diferentes tipos de solados en veredas (mosaicos calcáreos) y calles (adoquines) en condiciones de asoleamiento y en sombra. Se registraron variaciones de la temperatura radiante de aproximadamente 10°C entre las superficies asoleadas y en sombra. Figuras 10 y 11.

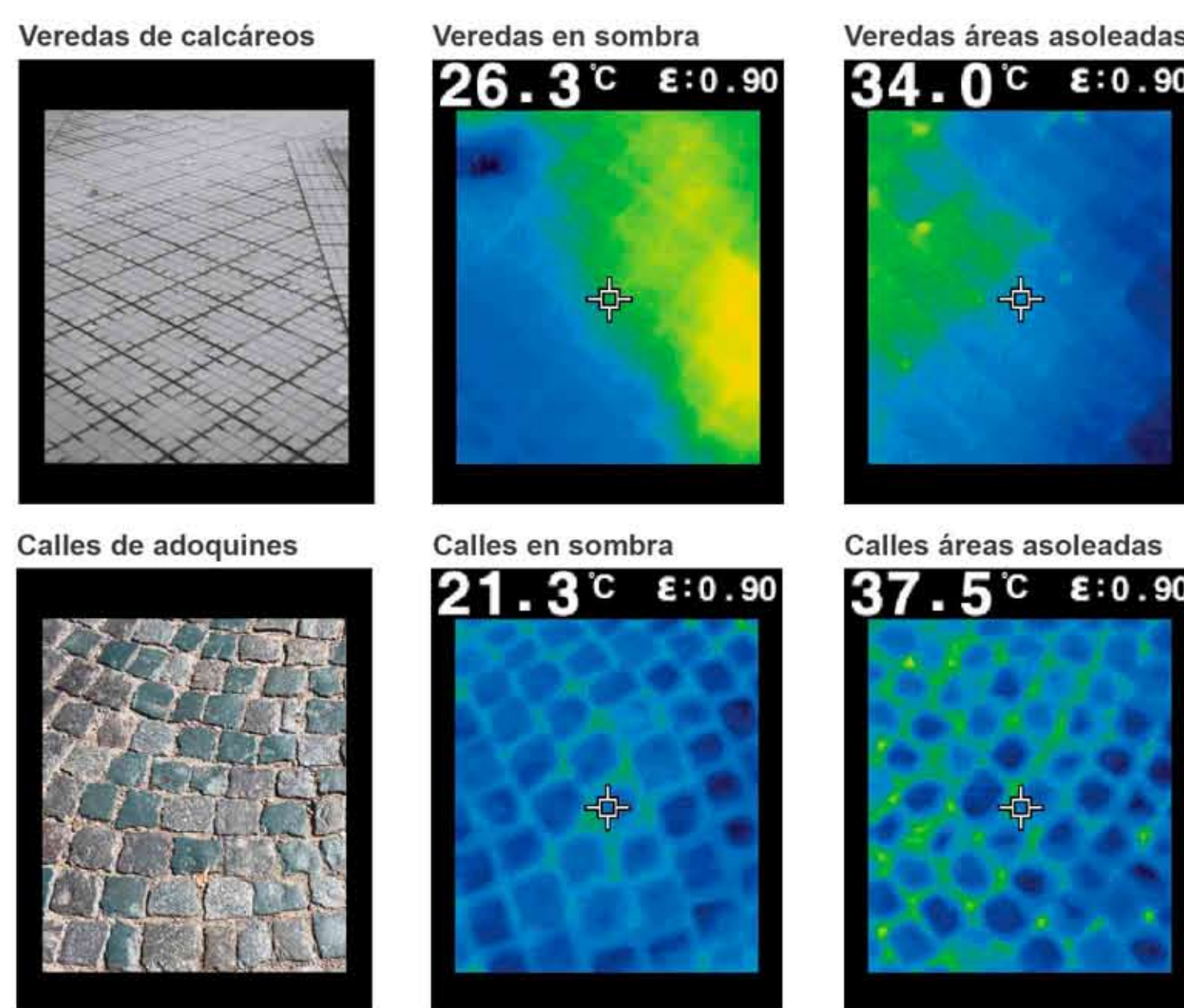


Figura 10. Temperatura radiante de mosaicos en vereda áreas asoleadas y en sombra (elaboración propia)

Figura 11. Temperatura radiante de adoquines áreas asoleadas y en sombra (elaboración propia)

Centro de Estudios del Ambiente Humano, Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño, Universidad Nacional de Rosario - Argentina
jvazquez@unr.edu.ar



Figura 2. Arbolado de alineación en los tramos de calles analizado. Fuente: Municipalidad de Rosario

TRANSMITANCIA FOLIAR

Otro indicador analizado es la permeabilidad o Transmitancia foliar. La permeabilidad de las coronas de los árboles a la radiación solar, no depende solamente de la permanencia del follaje sino también de la distribución de los elementos de filtro dentro de la estructura de la copa. En climas templados, como el de Rosario, y desde el punto de vista de clima urbano, el árbol ideal sería el que ofrece la menor permeabilidad durante el verano y la mayor durante el periodo frío. También sería aconsejable que el ciclo de foliación demostrara las variaciones de permeabilidad en relación con el clima. (Cantón et al 1994)
Se ha utilizado el método de recuento de píxeles de Rall, para analizar las variaciones estacionales en la permeabilidad foliar a la radiación solar y del cielo de ejemplares existentes en las calles analizadas (Rall J. 2001, 2003).

Aplicando este método a las 3 especies presentes en las calles analizadas, tienen una permeabilidad a la radiación solar que varía estacionalmente y de acuerdo con sus periodos biológicos de foliación y caducidad. Figuras 6, 7 y 8.

Tabla 1				
calle	tramo	superficie calle + vereda (m ²)	superficie sombreada (m ²)	porcentaje de sombra
San Martín	1200 - 1300	1500	90	6 %
San Martín	1300 - 1700	6800	2250	33 %
9 de julio	900 - 1100	2800	1650	58 %
Zeballos	900 - 1100	2800	1100	39 %

Tabla 1. Porcentajes de sombra producto de la arboleda de alineación en cada calle (elaboración propia)

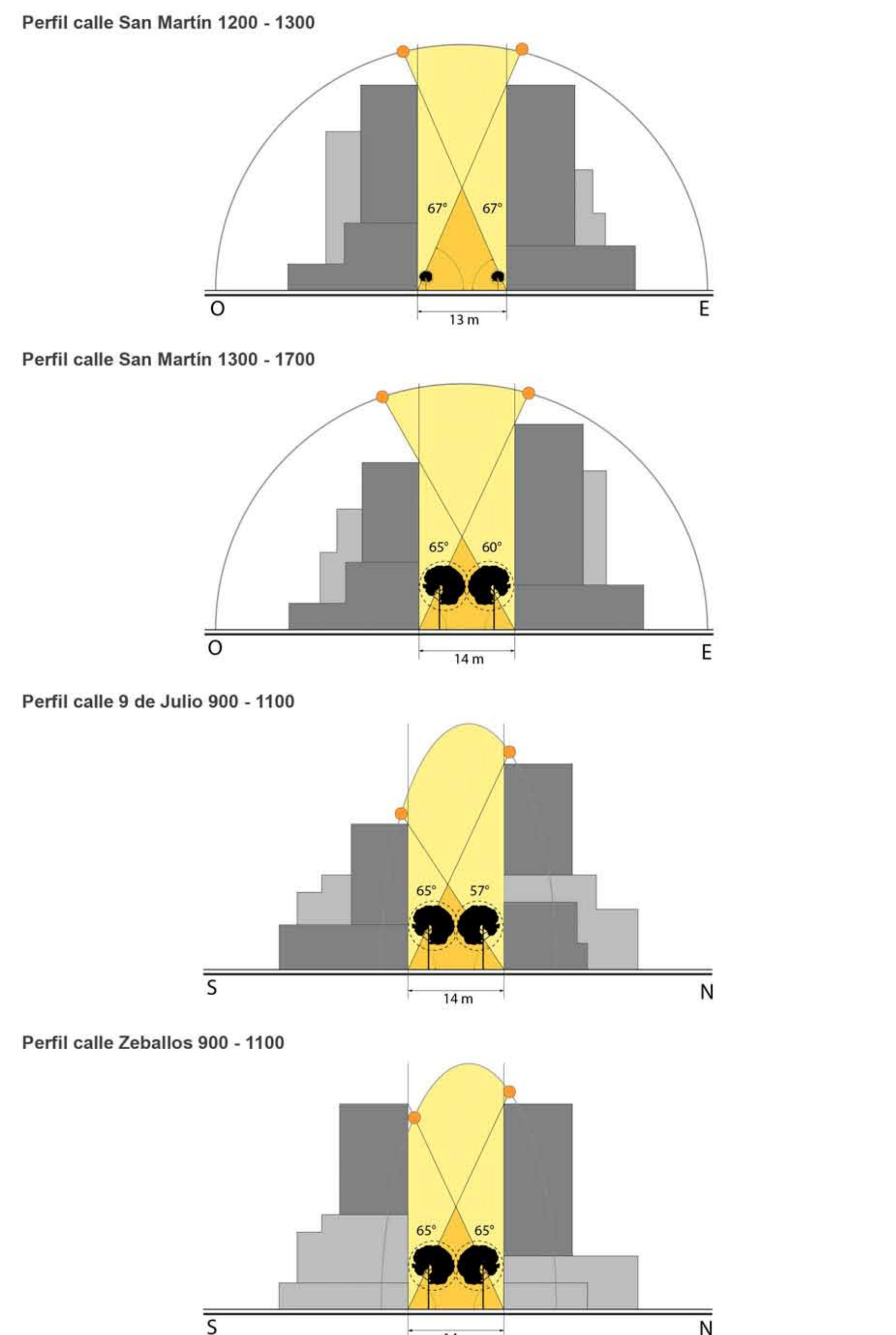


Figura 9. Perfiles de calles, proporciones de alto/ancho, cielo visible y recorrido aparente del sol según orientaciones (elaboración propia)

CONCLUSIONES

Del análisis comparativo surge claramente la importancia de la arboleda de alineación para el clima de la ciudad de Rosario en periodo estival. Es evidente su contribución para atenuar el impacto de la radiación solar sobre la calle y las veredas, superficies horizontales generalmente de colores medios y oscuros. Es indudable que en aquellos tramos de calles donde no hay presencia de vegetación no se alcanzan las mínimas condiciones de confort para transitar o permanecer en esos espacios.

La importancia de la sombra se ve reforzada por las contribuciones en el mejoramiento de las condiciones de confort higrotérmico que experimentan los transeúntes. La geometría de las calles, la proporción de altura/ancho y la orientación son factores que influyen en la incidencia de la radiación solar y por tanto en las condiciones ambientales globales de los corredores urbanos. En consecuencia, en relación con proveer un microclima más satisfactorio en las áreas urbanas, en el diseño de las calles, es esencial la presencia de vegetación y mobiliario adecuado.