

EL EFECTO DEL CONFORT TÉRMICO PRODUCIDO POR LA ESPECIE ARBÓREA ALMEZ EN EL ESPACIO PÚBLICO

Gilkauris Rojas-Cortorreal, Jaume Roset, Francesc Navés,
Carlos López-Ordóñez e Isabel Crespo

Cómo citar este artículo: ROJAS-CORTORREAL, G.; ROSET, J.; NAVÉS, F.; LÓPEZ-ORDÓÑEZ, C. y CRESPO, I. *El efecto del confort térmico producido por la especie arbórea almez en el espacio público* [en línea] Fecha de consulta: dd-mm-aa. En: ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno, 11 (32): 187-202, 2016. DOI: 10.5821/ace.11.32.4839. ISSN: 1886-4805.

THE EFFECT OF THERMAL COMFORT PRODUCED BY ALMEZ TREE SPECIES IN THE PUBLIC SPACE

Key words: urban environmental design; vegetation; solar radiation; celtisaustralis

Abstract

It's widely accepted that vegetation improves environmental conditions in cities. The shade of the trees directly affects the thermal conditions of the surrounding environment to people who use public space, since it prevents solar radiation reaches them, both them and the pavement, reducing contributions. The aim of this study is to determine how much solar radiation and radiant temperature reduces a species, achieving better thermal conditions for the human body. To do these assess the Celtisaustralis, known as Almez, in two urban scenarios: a street and a square. The analysis is divided into five steps. First identify the variables studied. Two scenarios are selected for analysis. In situ measurements are performed in summer and winter. The luxuriance of the specimens is evaluated. And the data are entered in the energy balance model Ochoa de la Torre. The leafy the Almez quantifies between 0 - 0.25 during a day, reduces la radiation between 300 and 827 W/m²; between 4 y 21 °C radiant temperature and up to 219 W/m² contributions to the energy balance of the human body. The Celtisaustralis is an excellent tool for urban environmental design since unmitigated thermal environment contributions to improving the environmental conditions for users of urban space.

EL EFECTO DEL CONFORT TÉRMICO PRODUCIDO POR LA ESPECIE ARBÓREA ALMEZ EN EL ESPACIO PÚBLICO

ROJAS-CORTORREAL, Gilkauris¹

ROSET, Jaume²

NAVÉS, Francesc³

LÓPEZ-ORDÓÑEZ, Carlos⁴

CRESCO, Isabel⁵

Remisión inicial: 15-05-2016

Remisión final: 13-10-2016

Palabras clave: Diseño ambiental urbano; vegetación; radiación solar; celtis australis

Resumen

Es ampliamente aceptado el hecho de que la vegetación mejora las condiciones ambientales de las ciudades. La sombra de los árboles incide directamente en las condiciones térmicas del entorno próximo a las personas que usan el espacio público, puesto que impide que la radiación solar les llegue, tanto a ellas como al pavimento, reduciendo así los aportes. El objetivo de este estudio es conocer qué cantidad de Radiación solar y temperatura radiante reduce una especie arbórea logrando mejores condiciones térmicas para el cuerpo humano. Para ello se evaluará el *Celtis australis*, conocido como Almez, en dos escenarios urbanos: una calle y una plaza. El análisis se desarrolla en cinco pasos. Primero se identifican las variables a estudiar. Se seleccionan los dos escenarios de análisis. Se realizan mediciones in situ en verano e invierno. Se evalúa la frondosidad de los ejemplares. Y los datos se introducen en el modelo de balance energético de Ochoa de la Torre. Se cuantifica la frondosidad del almez entre 0 - 0.25 que, en el transcurso de un día, reduce la radiación solar entre 300 y 827 W/m²; entre 4 y 21°C la temperatura radiante y hasta 219 W/m² las aportaciones al balance energético del cuerpo humano. El *Celtis australis* es una excelente herramienta de diseño ambiental urbano puesto que logra mitigar las aportaciones térmicas al ambiente mejorando las condiciones ambientales para los usuarios del espacio urbano.

¹ Gilkauris Rojas-Cortorreal. Candidata a doctorado en el programa Arquitectura, Energía y el Medio Ambiente, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Universidad Politécnica de Catalunya, Av. Diagonal 649, 08028, Barcelona, España. Email de contacto: gilkaurisrojas@gmail.com

² Jaime Roset. Departamento de Física Aplicada, Universidad Politécnica de Catalunya, Av. Diagonal 649, 08028, Barcelona, España. Email de contacto: jaime.rosset@upc.edu

³ Francesc Navés. Departamento de Estructura en la Arquitectura, Universidad Politécnica de Catalunya, Av. Diagonal 649, 08028, Barcelona, España. Email de contacto: francesc.naves@upc.edu

⁴ Carlos López-Ordoñez. Candidato a doctorado en el programa Arquitectura, Energía y el Medio Ambiente, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Universidad Politécnica de Catalunya, Av. Diagonal 649, 08028, Barcelona, España. Email de contacto: carlosflo@gmail.com

⁵ Isabel Crespo. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I, Universidad Politécnica de Catalunya, Av. Diagonal 649, 08028, Barcelona, España. Email de contacto: isabel.crespo@upc.edu

1. Introducción

El estrés térmico se define como el estado en que el cuerpo crea una alta demanda de sus mecanismos de estabilidad térmica, conocido como dis-confort. El dis-confort térmico urbano es un fenómeno que afecta los espacios urbanos impidiendo que se pueda coexistir en ellos (Marincic, Ochoa de la Torre y del Río 2012).

Estudios previos han demostrado que la vegetación es uno de las herramientas que logra disminuir el aumento de temperaturas Paolini (Paolini, 2012), Rojas Cortorreal, Roset y Navés (Rojas Cortorreal, Roset y Navés, 2013), Barradas (Barradas, 2013), Skelhom, Lindley y Levermore (Skelhorn, Lindley y Levermore, 2014), Villanueva Solís (Villanueva Solís, 2014), Ballinas y Barradas (Ballinas y Barradas, 2015), Rojas Cortorreal, Roset y Navés (Rojas Cortorreal, Roset y Navés, 2015), Duarte et al. (Duarte et al., 2015), Villalonga (Villalonga, 2016), Lindberg et al. (Lindberg et al., 2016) y Rojas Cortorreal et al. (Rojas Cortorreal et al., 2016). Investigaciones han demostrado que el paisajismo juega un rol importante a nivel urbano (Sabaté, 2013). Tomando estos antecedentes como base principal elegimos para el estudio una especie arbórea que predomine en el uso urbano. El estudio se realizará en la ciudad de Barcelona, por lo que la especie idónea es el *Celtis australis* conocido como el Almez.

Los escenarios seleccionados donde predomine el uso de la especie arbórea fueron Carrer Bailén y Plaza Tetuán. Estos dos escenarios se caracterizan por ser modelos de diseño de la ciudad permitiendo con esto luego interpolar la metodología a otros escenarios.

2. Metodología

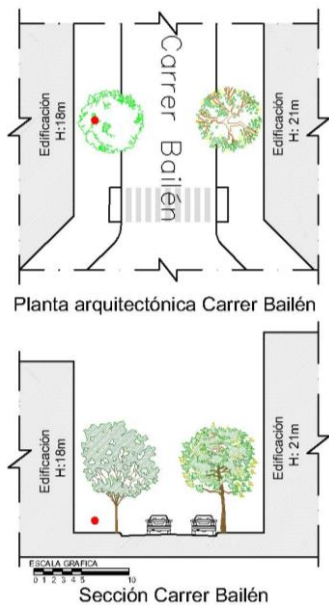
La metodología utilizada en la investigación es un estudio de campo, el cual se basa en cinco pasos:

1. Selección de variables a evaluar, las cuales son: *agronómicas* (forma, diámetro, altura [copa y árbol], tipo de hoja, tipo de sombra y poda), *urbanas* (orientación de la trama urbana, ancho vial, tipología de material, ubicación y localización), *edilicias* (altura edilicia, tipología de materiales, separación entre los árboles y separación de edificio), *ambientales* (temperatura del aire, humedad Relativa, velocidad del viento, radiación solar y temperatura radiante superficial) y *personales del usuario* (tipo de vestimenta, color de piel).
2. Selección de los puntos de mediciones, a partir de considerar las variables.
3. Mediciones in situ en verano del 2015 e invierno del 2016 de los parámetros de confort térmico⁶. Las horas de mediciones fueron 7:00h, 11:00h y 15:00h solar.
4. Análisis de la permeabilidad de la especie arbórea.
5. Simulaciones con el modelo de cálculo del balance energético con los datos recolectados de las mediciones in situ y la frondosidad de la especie arbórea.
6. Análisis de los resultados obtenidos.

⁶ Los parámetros de confort son: La temperatura del aire (Ta), Humedad Relativa (HR), Velocidad del Viento (m/s), Radiación solar en plano horizontal (R) y la Temperatura radiante (Tr)

3.2 Escenarios

Figura 2. **Planta arquitectónica y sección de Carrer Bailén**



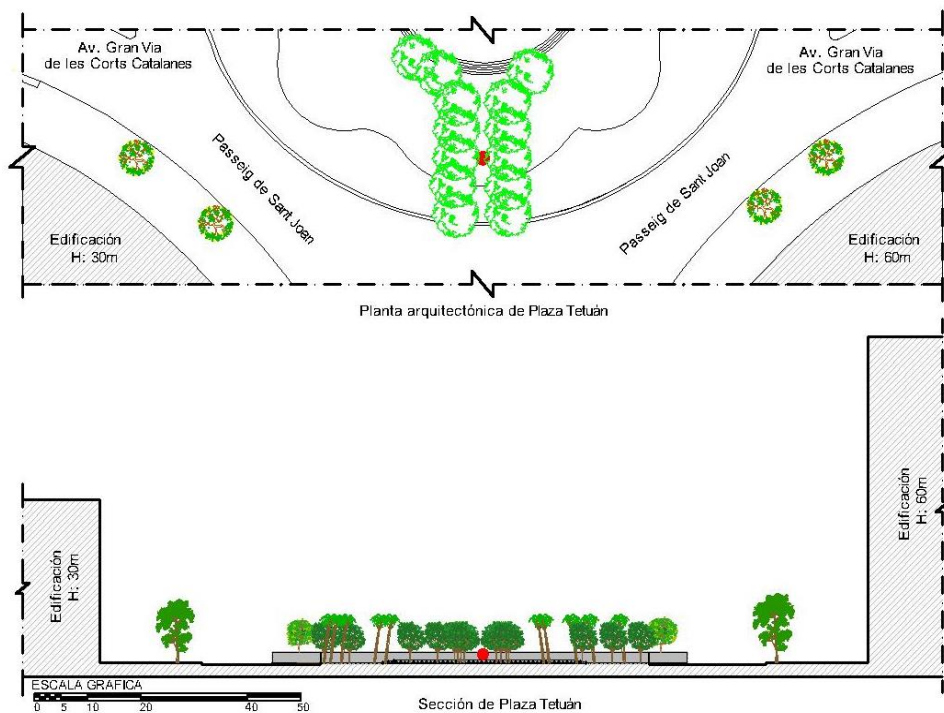
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Google maps.

Escenario 1. Carrer Bailén es una calle de una sola calzada de tráfico rodado con carriles para bicicletas y automóviles. Sus características morfológicas urbanas son una dimensión de 20m de ancho de calle entre las dos fachadas. Su altura edilicia, en este punto, es de 18m y de 21m de altura. La sección de la calle se distribuye en aceras de 5 metros de ancho y una calzada de 10 metros de ancho. El pavimento es de losetas de hormigón.

El tramo donde se ubica el punto de estudio seleccionado está entre la Gran Vía de les Corts Catalanes y Carrer Casp. El punto de medición (punto rojo en la figura 2) está próximo a la esquina con Carrer Casp. En todo ese tramo de la calle la vegetación predominante es el *Celtis australis* (Almez) alternado con el *Platanus x hispánica* (Plátano de sombra), como se puede apreciar en la Ilustración.

Escenario 2. Plaza Tetuán es una plaza con una diversidad de usos urbanos como el tráfico rodado de todo tipo, de reposo de los vecinos o juegos infantiles (Figura 2). El pavimento es de sauló (arena).

Figura 2. **Planta arquitectónica y sección de Plaza Tetuán**



Fuente: Elaboración propia

Sus características morfológicas se deben a que la plaza ocupa el centro del cruce entre dos avenidas de 50 metros de ancho, que son la Gran Vía de Les Corts Catalanes y el Passeig de Sant Joan. La altura de los edificios que dan fachada a ella varía entre 12 metros y 30 metros. Para este análisis utilizaremos la altura de 30m y 60m que son los edificios más próximos al punto de análisis. El punto de medición está en la zona peatonal central de la plaza, en la embocadura de Passeig Sant Joan, tal como se indica con un punto rojo en la Figura 2. En la plaza la vegetación integrada principalmente por el *Celtis australis* (Almez), La *Tipuana Tipu* (Tipuana) y *Phoenix canariensis* (Palmera Canaria), como se puede apreciar en la Ilustración.

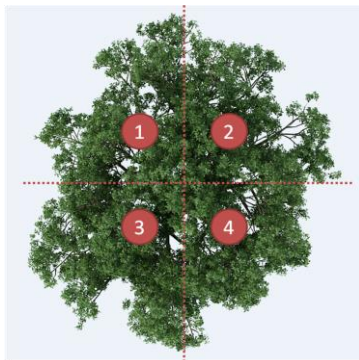
3.3 Características de la Especie arbórea *Celtis australis*.

El *Celtis australis* o Almez es una especie caducifolia que pierde la hoja en momentos tardío del otoño (Diciembre) y recupera sus hojas en marzo o abril. Es una de las especies arbóreas que más resiste el clima mediterráneo, por su gran densidad de ramaje y su tipo de hoja en comparación con otras especies de alineación. La estructura de su copa es de forma esférica y un ramaje expandido. Con un tipo de hoja alterna pinnada oval dentada de color verde oscuro o medio, de un tamaño de 6 a 12 cm (Navés Viñas et al. 1995).

Evaluación de la frondosidad

La vegetación cuenta con muchas características que afectan la configuración del ambiente. Para este estudio nos centraremos en sus dimensiones (altura/diámetro) y su frondosidad. Las dimensiones de la especie arbórea se tomaron in situ con la aplicación EasyMeasure (Caramba App Development 2010), estos datos serán utilizados en el cálculo del balance energético.

Figura 3. Ejemplo de la toma de imágenes fotográfica bajo la copa del árbol



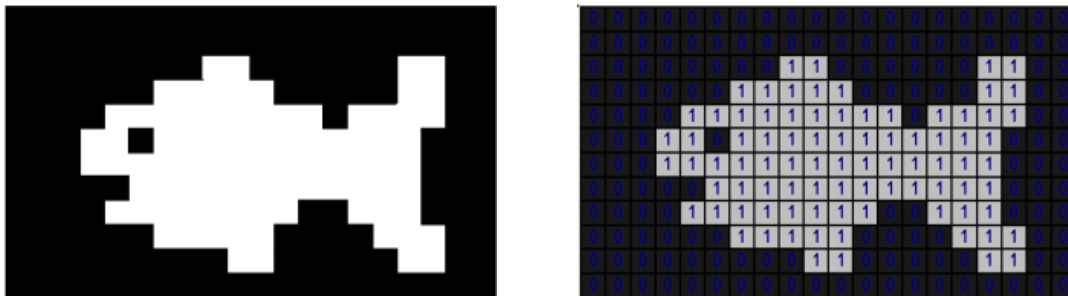
Fuente: Elaboración propia

La frondosidad se evaluó utilizando la fotografía de campo. El estado del arte arroja que Ochoa de la Torre (Ochoa de la Torre 1999)(Ochoa de la Torre 2009), Cantón (Cantón, Cortegoso y De Rosa 2000) y Arboit (Arboit 2013) han realizado metodologías para conocer la frondosidad de una especie arbórea. Quedando demostrado que la implementación de métodos fotográficos para el análisis de permeabilidad en especies arbóreas es fiable (Cantón, Cortegoso y De Rosa 2000) permitiendo que se evalúen un número determinado de imágenes en un lapso corto de tiempo. Tomando como base estos estudios, hemos desarrollado una metodología a partir de la toma de imágenes en cuatro puntos, de la copa del árbol desde abajo. Luego estas imágenes son procesadas en una imagen binaria que nos permita saber la cantidad de puntos de la imagen y los valores de cada uno (Blancos o Negros) a

través de un software informático, llamado ImageJ.

La imagen binaria (Solé Sugrañes 2016) es una imagen digital que se caracteriza porque solamente tiene dos valores para cada pixel. Que se pueden representar por valores 0 o 1 o bien por colores en este caso blanco y negro. (Figura 5), (LibroVisión 2012). Permitiendo considerar solamente dos colores para cada pixel el blanco (valor 1) y el negro (valor 0). Para el tratamiento de las imágenes en un elemento binario se utilizó un software informático *ImageJ* (Image Processing and Analysis in Java 2011).

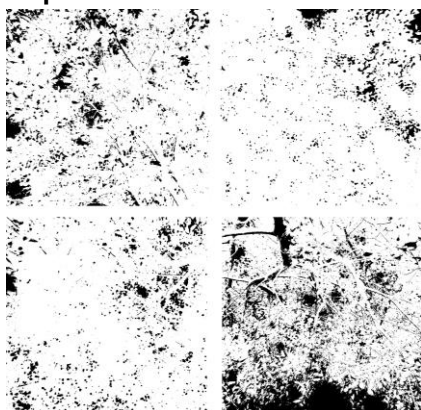
Figura 5. Representación de una imagen binaria



Fuente: Obtenido de LibroVisión (LibroVisión 2012)

Para la evaluación de la frondosidad de la especie definimos dos zonas blanco y negro. De modo que el color blanco es la vegetación y el negro la cantidad de cielo visible a través de la copa. Se realiza el conteo de la cantidad de puntos blanco y negro para cada imagen. Una vez obtenidos los dos valores para cada una de las cuatro imágenes del mismo ejemplar, se calcula la media de las cuatro imágenes, entre la cantidad de número de píxeles total de la imagen. El valor resultante es el de la frondosidad.

Figura 4. Evaluación de la Transmisividad de la especie arbórea de Carrer Bailén



Fuente: Elaboración propia

Carrer Bailén

El *celtis australis* situado en Carrer Bailén tiene una característica morfológica de una altura de 9.30m y un diámetro de 5.80m. Su morfología es de ramaje expandido y una forma esférica.

Estas características están dentro de los rangos normales de la especie arbórea. Su composición en el cañón urbano es lineal.

El resultado de su análisis de frondosidad es de 0.83.

Plaza Tetuán

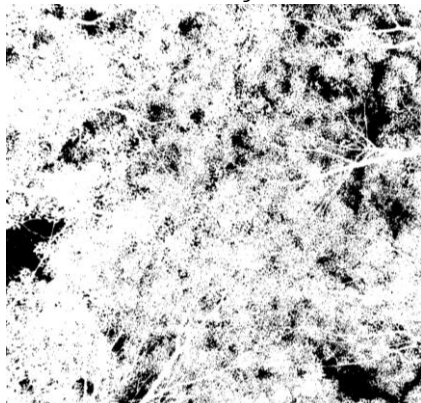
El *celtis australis* situados en Plaza Tetuán tiene una altura de 7.45m y un diámetro de 5.10m. Su morfología es también de ramaje expandido y una forma esférica.

Estas características están dentro de los rangos normales de la especie. Su distribución en la plaza es lineal y grupal.

Se puede apreciar en las imágenes su disposición más próxima favorece el solape de las copas de dos ejemplares próximos.

El resultado de su análisis es una frondosidad de 0.78.

Figura 7. Evaluación de la Transmisividad de la especie arbórea de Plaça Tetuán



Fuente: Elaboración propia

3.4 Modelo de cálculo

Las mediciones in situ se realizaron en verano del 2015 y en invierno del 2016. Se procuró que las mediciones fueran en un día soleado permitiendo de esta forma conocer con más detalle el efecto de la especie arbórea. Procesados los datos se procedió a calcular el balance energético (B) (Ochoa de la Torre 2009):

$$B = M + R_a - C - E - R_e$$

Donde M es el calor metabólico liberado por una persona, R_a es la radiación solar y de onda larga absorbida, C es el calor sensible perdido o ganado por la convección (C es positivo si se pierde), E es el calor perdido por evaporación y R_e es la radiación de onda larga emitida.

Se discutirá los resultados de los parámetros de confort y se graficarán los más afectados por la vegetación que son la radiación solar, la temperatura radiante y el balance energético. Para la simulación de este cálculo se tomaron en cuenta el tipo de vestimenta que interviene en la pérdida o ganancia de calor por convección, en la variable R_a . Los valores dados para el cálculo en la resistencia de la ropa del usuario en verano "camiseta, pantalones cortos, calcetines, zapatillas deportivas" siendo la resistencia de la ropa $50 \text{ m}^2\text{C/W}$ y en invierno "Camisa manga larga, pantalones largos, calcetines, zapatos, suéter y anorak" siendo la resistencia de la ropa $200 \text{ m}^2\text{C/W}$.

3.5 Mediciones In-situ

Las mediciones in situ se realizaron en tres puntos que denominaremos Zona A, Zona B y Zona C, ver figura 8. En estas zonas se realizaron mediciones de las condiciones ambientales (temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y temperatura radiante). Estas zonas podemos definir las como:

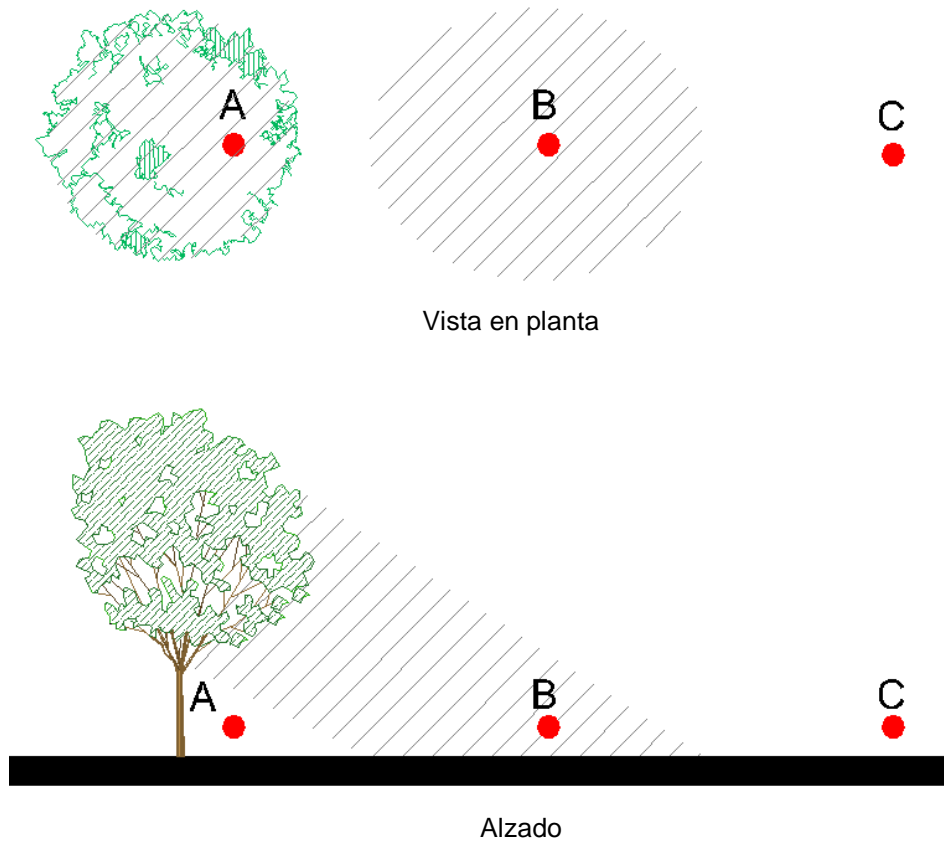
Zona A: es el área localizada a bajo de la copa del árbol. Esta medición busca analizar como es el intercambio térmico entre el cielo, la copa y el área bajo la copa del árbol.

Zona B: es el área localizada bajo la sombra proyectada del árbol. Esta área es móvil en el transcurso del día ya que está condicionada por el recorrido del sol.

Zona C: es el área que no tiene ningún contacto con el árbol, se encuentra totalmente expuesta al ambiente sin ninguna obstrucción.

Al comparar las mediciones realizadas entre las tres zonas, se pudo determinar que entre la zona A y B no existe mucha variación de los parámetros medidos, por lo que nos centraremos en el análisis de la Zona A y Zona C en este artículo.

Figura 5. Representación gráfica de los puntos de mediciones



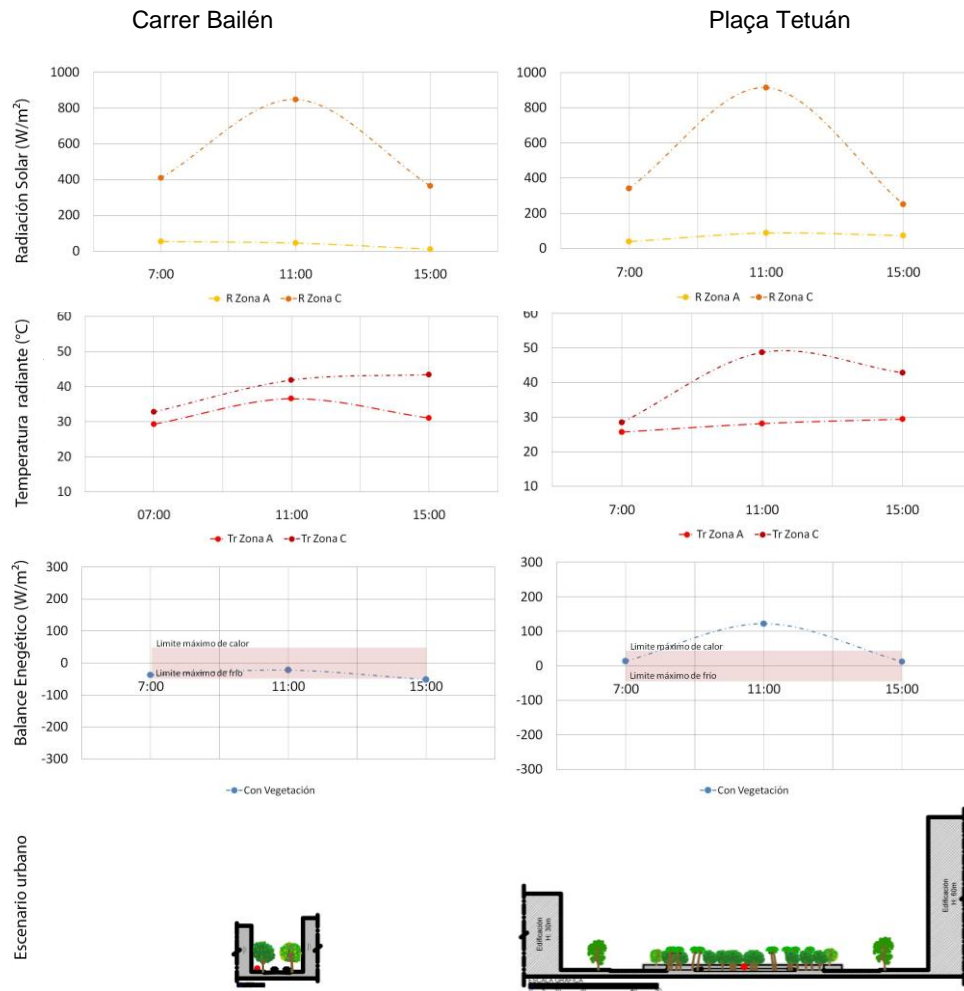
Fuente: Elaboración propia

Verano 2015

En la Temperatura del aire (T_a) en Carrer Bailén y en Plaza Tetuán se mantuvo en valores entre 24°C y 32°C durante el día. En la Humedad Relativa (HR) en Carrer Bailén mantuvo en un rango constante de 60 a 64% y en Pl. Tetuán, en cambio, tuvo una reducción significativa de 61% de HR disminuyó a 38% de HR debido a un aumento de la temperatura del aire.

La velocidad del viento (V) en Carrer Bailén dio unos registros de hasta 2.55 m/s en el transcurso del día debido a su orientación Noroeste –Sureste y la orientación de los vientos predominantes que viene del sur en verano. Logrando un mayor caudal en la orientación NO - SE.

Figura 6. Gráficas de mediciones In situ en verano 2015



Fuente: Elaboración propia

En Pl. Tetuán por otra parte, la velocidad del viento registrado fue de 1.5 m/s. Esta diferencia registrada entre Carrer Bailén y Pl. Tetuán es debido a su diferente sección de la calle. La proporción más angosta de la calle provoca una mayor corriente de aire. En la Figura 6 se pueden apreciar los parámetros donde la vegetación tiene mayor incidencia, que son la radiación solar, la temperatura radiante y el balance energético.

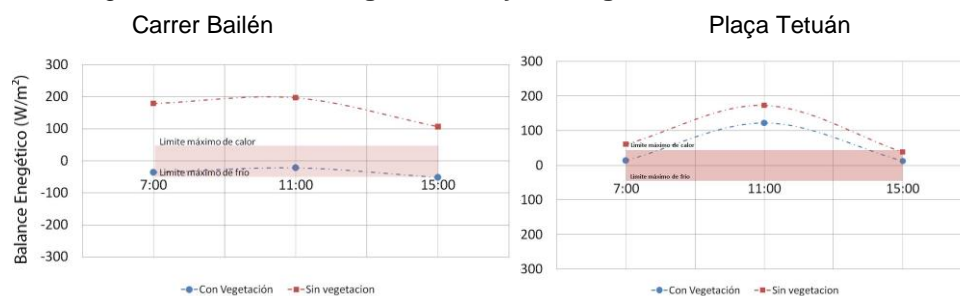
La Radiación solar (R) en ambos escenario, presenta valores registrados dentro de un rango de entre 250 a 915W/m². En Carrer Bailén el *Celtis australis* provoca una disminución de entre 354 a 804 W/m² la radiación Solar. Antes de las 7:00 hora solar y después a las 15:00, hora solar, no hay radiación solar en el punto de medición, por causa de la edificación próxima. En Pl. Tetuán el *Celtis australis* logra una disminución de la radiación solar de entre 178 a 827 W/m². En este punto la distancia de las fachadas al punto de medición hace que el sol incida en él durante todo el día, pero ambos casos se han trabajado en la misma franja horaria.

La Temperatura radiante (Tr) bajo la copa del árbol se mantiene, en ambos escenarios, un rango de 26 a 37 °C, en el transcurso del día. El *almez* en Carrer Bailén reduce de 3 a 15°C la

temperatura radiante y en Plaza Tetuán disminuye de 3 a 21°C. En Carrer Bailén aunque el *almez* tiene una frondosidad menor que en Pl. Tetuán se registraron valores menores debido a que a las 7:00 y 15:00 hora solar, la sombra arrojada de los edificios logra proteger las superficies urbanas. Por otra parte, debido a su configuración urbana Pl. Tetuán recibe más radiación solar y sus superficies se calientan más, y gracias a la vegetación la amplitud térmica diaria se reduce considerablemente.

Finalmente, el balance energético nos permite conocer las condiciones ambientales sobre un individuo a partir de los datos recogidos. Se observa que en los tres escenarios el usuario se encuentra en confort térmico, como consecuencia de una reducción de la radiación solar, tal como mencionamos anteriormente. Esto se refleja en la Temperatura radiante superficial logrando menos aportaciones en el balance energético de una persona. Si planteáramos un caso hipotético donde esta calle no tuviera los árboles las condiciones de confort de una persona sería el siguiente.

Figura 7. Balance Energético con y sin vegetación en verano 2015



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos reflejan un estado de dis-confort constante en los dos escenarios por ausencia de la vegetación. Donde el usuario se encuentra en un estado de ligeramente caluroso y caluroso. Excepto Plaza Tetuán a las 15 hora solar, en este caso el usuario está en confort (Figura 7).

De igual forma se puede observar que en Plaza Tetuán el usuario siempre se encuentra en mejor circunstancia en relación a Carrer Bailén. Esto es debido a la diferencia de tipología de sección de calle. Plaza Tetuán tiene mayor relación con el cielo logrando un mayor intercambio energético y permitiendo que las superficies urbanas y el mismo usuario logren disminuir su temperatura radiante.

Invierno 2016

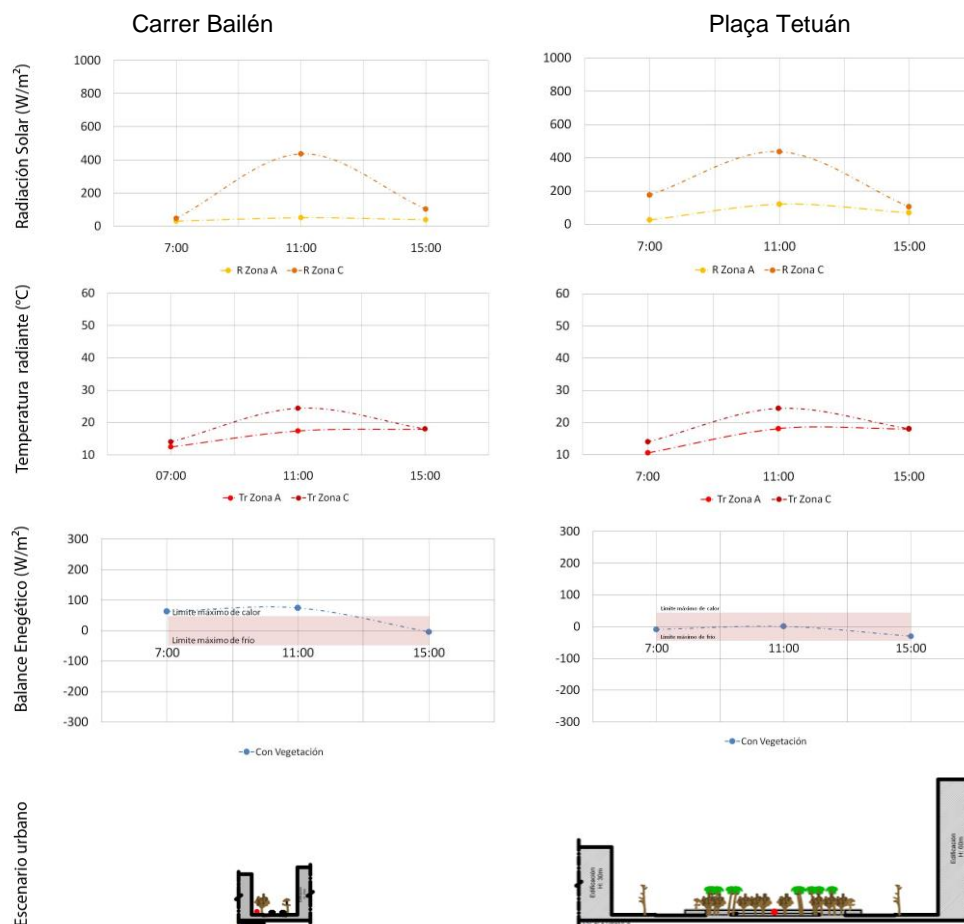
La Temperatura del aire (T_a) en Carrer Bailén y en Plaza Tetuán se mantuvo en un rango de 15 a 20 °C logrando una constancia durante el día. La Humedad Relativa (HR) desarrolla el mismo comportamiento en los dos escenarios, manteniendo un rango entre 37 a 66%.

La Velocidad del Viento (V) en Pl. Tetuán es mayor en relación a Carrer Bailén (NO-SE) logrando un comportamiento constante. La velocidad del viento es mayor en Pl. Tetuán debido a los vientos predominantes de Oeste de invierno. En la figura 8 se indican los parámetros más afectados por la vegetación, que son la radiación solar, la temperatura radiante y el balance energético.

La Radiación Solar (R) registra una gran obstrucción de la radiación solar directa en Carrer Bailén, esta obstrucción es debida en mayor parte por la edificación. La especie arbórea *Celtis australis* es caducifolia (pierde sus hojas en invierno) aunque sus ramas logran obstruir una pequeña parte de la radiación solar directa, en este caso la edificación realiza el mayor trabajo. Esto es debido a la inclinación solar (equinoccios) en relación a la altura de la edificaciones que impiden en gran medida la filtración de la radiación solar directa, permitiendo solamente el paso de la radiación solar difusa. En Pl. Tetuán debido a su configuración urbana el sol sí logra ingresar durante todo el día.

En ambos escenarios se registró rangos de R entre 46 a 437 W/m². En Carrer Bailén el *Celtis australis* produce una disminución entre 17 a 385 W/m² la radiación Solar. En Pl. Tetuán disminuyo entre 36 a 317 W/m² la R. La Temperatura Radiante (Tr) bajo la copa del árbol (en este caso las ramas) mantiene en ambos escenarios un rango de 11 a 18 °C, en el transcurso del día. El *almez* en Carrer Bailén el disminuye de 2 a 7 °C y en Plaza Tetuán disminuye de 3 a 6°C. En Carrer Bailén aunque el ejemplar medido tiene una frondosidad menor que en Pl. Tetuán se registraron mayor rango de disminución debido a la sombra arrojada de los edificios, como se explicó anteriormente en la R.

Figura 8. Gráficas de mediciones In situ en invierno 2016

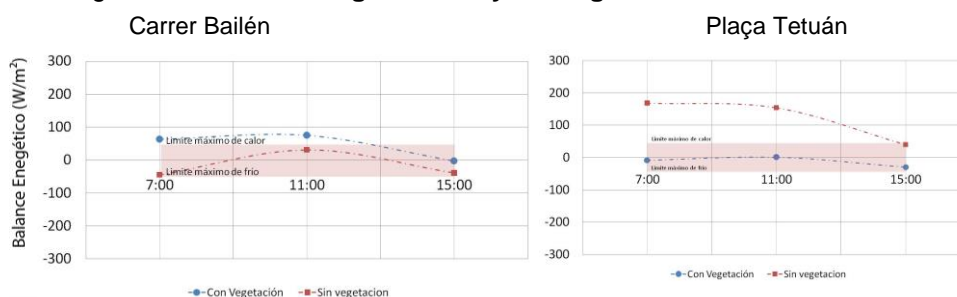


Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en el balance energético en invierno en los mismos escenarios que en verano, fueron un estado de confort constante para el usuario, exceptuando las 11 hora solar en Carrer Bailén debido a que el intercambio térmico con el cielo es menor. Al perder sus hojas en invierno el *celtis australis* permite el paso de la radiación solar logrando aportar calor al cuerpo en invierno.

Planteando un caso hipotético donde esta calle no tuviera vegetación (en este caso ausencia del ramaje), el comportamiento del balance energético sería el siguiente (Figura 9).

Figura 9. Balance Energético con y sin vegetación en invierno 2015



Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Las conclusiones principales obtenidas son:

Debido a que la radiación solar es el factor de mayor repercusión en el confort térmico en espacios exteriores, es necesario que la evaluación de dicho confort se realice en las horas de mayor incidencia solar. En este sentido, en calles con la tipología de Carrer Bailén (svf de 0.62), este momento se presenta a las 11:00 hrs (hora solar), ya que el resto del día se encuentra bajo la sombra de los edificios circundantes.

La vegetación en el cañón urbano contribuye en gran medida en la disminución de la temperatura radiante superficial. Su utilización a una mayor escala ayudaría a generar microclimas más confortables.

La frondosidad de la especie arbórea, a través de su sombra proyectada, contribuye en la disminución de la temperatura radiante de diferentes tipos de pavimento, como el hormigón y la arena.

La especie arbórea *Celtis australis* en diferentes escenarios (calle o plaza) genera la misma protección a la radiación solar. Creando un ambiente de confort térmico constante en el transcurso del día a día, tanto en verano como en invierno.

La frondosidad del *celtis australis* influye en la radiación solar disminuyendo de 300 a 827W/m² y esto repercute en la temperatura radiante que disminuye de 4 a 21°C en verano.

La frondosidad del *Celtis australis* (Almez) alcanza valores de hasta 1, lo que la convierte en una especie arbórea densa, que limita en gran medida el paso de la radiación solar. Esto permite disminuir en verano aportaciones térmicas de hasta 219 W/m² al cuerpo humano, lo que la hace una de las herramientas idóneas para la protección solar. Asimismo, su condición de *caducifolio* permite el paso de la radiación solar invierno, lo que contribuye también a mantener el estado de confort. Por lo que esta especie arbórea es una excelente herramienta de diseño, idónea para uso urbano. La metodología implementada ha dado los resultados esperados.

Agradecimientos

Al Ministerio de Educación de la República Dominicana (MESCYT), a la Dr. Arq. Helena Coch, como a su grupo de AEM y al Proyecto competitivo Morfología Urbana Mediterránea (MUMM) 2013-2016 - BIA 2013-45597.

Bibliografía

AJUNTAMENT DE BARCELONA, 2015. Cartobcn. [en línea]. [Consulta: 5 junio 2015]. Disponible en: <<http://w20.bcn.cat/cartobcn>>

ARBOIT, M.E. *Permeabilidad del arbolado urbano a la radiación solar: Estudio de dos especies representativas en entornos urbanos de baja densidad del Área Metropolitana de Mendoza, Argentina*. En: Hábitat Sustentable [en línea] 3: 3-18, 2013. Disponible en: <<http://www.revistahabitatsustentable.cl/ojs/index.php/arquitec/article/view/591/369>>

BALLINAS, M. y BARRADAS, V.L. *The Urban Tree as a Tool to Mitigate the Urban Heat Island in Mexico City: A Simple Phenomenological Model*. En: Environmental Quality, 2015. DOI 10.2134/jeq2015.01.0056.

BARRANDAS, V. *La isla de calor urbana y la vegetación arbórea*. En: Oikos, 7: 16-19, 2013.

CANTÓN, M., CORTEGOSO, J.L. y DE ROSA, C. *Evaluación energética – ambiental del bosque urbano: desarrollo y puesta a punto de un método de análisis*. En: Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 4: 13-17, 2000.

CARAMBA APP DEVELOPMENT, 2010. *EasyMeasure* [en línea]. 2010. Netherlands: Netherlands. 14.3. Disponible en: <<https://itunes.apple.com/us/app/easymeasure-measure-your-camera/id349530105?mt=8>>

DUARTE, D.H.S., SHINZATO, P., GUSSON, C. dos S. y ALVES, C.A. *The impact of vegetation on urban microclimate to counterbalance built density in a subtropical changing climate*. En: Urban Climate [en línea], 14: 224-239, 2015. ISSN: 22120955. DOI: 10.1016/j.uclim.2015.09.006. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2015.09.006>>

IMAGEN PROCESSING AND ANALYSIS IN JAVA, 2011. *ImagenJ* [en línea]. 2011. S.I.: s.n. 1.6.0. Disponible en: <<https://imagej.nih.gov/ij>>

LIBROVISIÓN, 2012. *Imágenes Binarias*. En: E. DE LA FUENTE LÓPEZ y F.M. TRESPADERNE (eds.), *Visión Artificial Industrial. Procesamiento de Imágenes para Inspección Industrial y Robótica* [en línea]. Valladolid. Valladolid: s.n., pp. 59-96. ISBN 978-84-8448-730-2. Disponible en: <<http://www.librovision.eii.uva.es/pdf/cap4.pdf>>

LINDBERG, F., THORSSON, S., RAYNER, D. y LAU, K. *The impact of urban planning strategies on heat stress in a climate-change perspective*. En: Sustainable Cities and Society [en línea], 25: 1-12, 2016. ISSN: 22106707. DOI: 10.1016/j.scs.2016.04.004. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.004>>

MARINCIC, I., OCHOA DE LA TORRE, J.M. y DEL RÍO, J.A. *Confort térmico adaptativo dependiente de la temperatura y la Humedad*. En: ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno. 7 (20): 27-46, 2012.

NAVÉS VIÑAS, F., PUJOL SOLANICH, J., ARGIMON DE VILARDAGA, X. y SAMPERE MONTLLÓ, L., *El Árbol en Jardinería y Paisajismo*. Omega, S. Barcelona: Spain. 1995. ISBN 84-282-1042-X.

OCHOA DE LA TORRE, J.M. *La Vegetación como instrumento para el control microclimático*. Barcelona, Spain: Universidad Politecnica de Catalunya. 1999.

OCHOA DE LA TORRE, J.M. *Ciudad, vegetación e impacto climático. El confort en los espacios urbanos*. 1ª. Barcelona, Spain. 2009. UE. ISBN 978-84-936972-3-5.

PAOLINI, L., *Arbolado y calentamiento en el gran San Miguel de Tucuman*. En: Guía de Arbolado de Tucuman. Tucuman, Argentina: s.n., pp. 1-9. 2012.

ROJAS CORTORREAL, G.M., ROSET, J. y NAVÉS, F. *La vegetación tropical en el confort climático urbano. Aplicado a Santo Domingo, República Dominicana en comparación con el clima mediterráneo*, Barcelona España. 2013. S.I. Universidad Politécnica de Cataluña.

ROJAS CORTORREAL, G.M., ROSET, J. y NAVÉS, F. *La vegetación en el confort micro climático. Comparación de especies del clima mediterráneo de Barcelona, España*. En: Arquitectura, Ciudad y Entorno, 11 (29): 59-84, 2015. DOI: 10.5821/ace.11.29.3589.

ROJAS CORTORREAL, G.M., ROSET, J., NAVÉS, F., LÓPEZ ORDÓÑEZ, C. y VIDMAR, J. *Evaluation of vegetation in urban space" Barcelona base model and proposed to Dominican Republic*. En: Europe and the Mediterranean: Towards a Sustainable Built Environment [en línea], 78-99957-0-935-8, 195-206, 2016. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/301821452_Evaluation_of_vegetation_in_urban_space_Barcelona_base_model_and_proposed_to_Dominican_Republic>

SABATÉ, J. *Turismo, paisaje y urbanismo: un diálogo necesario*. En: ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno. 9 (25): 229-278, 2014. DOI: 10.5821/ace.9.25.3627.

SKELHORN, C., LINDLEY, S. y LEVERMORE, G. *The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK*. En: Landscape and Urban Planning [en línea], 121: 129-140, 2014. ISSN: 01692046. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2013.09.012. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.012>>

SOLÉ SUGRAÑES, L. *Binarización de las Imágenes*. En: Digital Image System [en línea]. [Consulta: 5 febrero 2016] Disponible en: <<http://www.dimages.es/TutorialA.I/segmentacion/binaria.htm>>

VILLALONGA, C., 2016. *La NASA reitera el drama: la Tierra lleva siete meses consecutivos batiendo récords de calor*. *La Vanguardia*. mayo 2016.

VILLANUEVA SOLÍS, J. *Isla de Calor Urbana*. *Universidad Gestalt de Diseño* [en línea]. México: s.n. 2014. Disponible en: <https://youtu.be/x5eAjG2xw8I?list=PL0d8n_jsAVKnlNerFmrQOkNlyOTnhy5SB>

