

# Las fachadas verdes como herramienta pasiva de ahorro energético en el bloque administrativo de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería

## Green facades as a passive tool to save energy in the Pontifical Universidad Bolivarian University's administrative building in Montería

Recibido: 30 de abril de 2013. Aceptado: 29 de agosto de 2013

Lina María Muñoz Campillo

✉ [lina.munozc@upb.edu.co](mailto:lina.munozc@upb.edu.co)

Msc. en Arquitectura del Paisaje  
Miembro del Grupo de Investigación  
Arquitectura, Urbanismo y Clima (CAU)  
Universidad Pontificia Bolivariana,  
seccional Montería, Colombia

Rubén David Torres Sena

✉ [ruben.torres@upb.edu.co](mailto:ruben.torres@upb.edu.co)

Msc. en Gestión Sostenible  
y Desarrollo Ambiental  
Miembro del Grupo de Investigación  
Arquitectura, Urbanismo y Clima (CAU)  
Universidad Pontificia Bolivariana,  
seccional Montería, Colombia

### Resumen

Por su tecnología constructiva, las fachadas verdes influyen positivamente en la sostenibilidad de los edificios y en el ahorro energético, pues disminuyen el efecto de calentamiento y mitigan la radiación solar. Esta investigación se centró en el papel de la vegetación como técnica pasiva de ahorro de energía en el edificio administrativo de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería. Según los resultados, este tipo de fachadas serían más eficaces que las que emplean otros materiales y funcionan de una manera similar a las fachadas ventiladas. Por esa razón, deben considerarse herramientas adecuadas para modificar el ambiente térmico interior en el edificio estudiado, dada su ubicación en una zona con un clima cálido y húmedo.

**Palabras clave:** fachadas verdes, sensación térmica, eficiencia energética, termografía.

### Abstract

Due to their structural technology the green facades positively influence the sustainability of the buildings as well as saving energy, as they decrease the warming effect and mitigate solar radiation. This research paper is based on the role of vegetation as a passive method of saving energy in the Pontifical Universidad Bolivarian University's administrative building in Montería. According to the results these types of facades are more effective than those that use different materials. They work in a similar way to ventilated facades, and it is for this reason that they should be considered as appropriate tools to change the thermal interior atmosphere in the building that is the object of study, given their location in an area with a hot and humid climate.

**Key words:** green facades, wind chill factor, energy efficiency, thermography.

## Introducción

En el campus de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería, Colombia, la escasez de áreas verdes hace que el porcentaje de radiación solar absorbida o reflejada por las superficies expuestas de sus edificaciones y espacios exteriores (cubiertas, fachadas, pavimentos, etc.) afecten en gran medida la distribución de temperaturas en el campus, especialmente en el edificio administrativo. Los revestimientos del edificio (horizontales y verticales) están muy expuestos a la radiación solar directa y los materiales de estas superficies tienen alta capacidad de absorción y capacidad térmica. Dichas características tienen consecuencias importantes en la sensación térmica percibida en su espacio interior, lo que ha llevado al uso de equipos de climatización (fig. 1).



Figura 1. Edificio administrativo Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería

El albedo solar y la emisividad infrarroja de los materiales tienen un fuerte impacto en el balance energético del edificio. De acuerdo con varios estudios analizados en este trabajo, las edificaciones funcionan como almacenamientos de calor durante el día, mientras que la energía almacenada se libera en su espacio interior a lo largo de la noche; así se presenta un efecto negativo, puesto que la demanda de climatización artificial se aumenta y el potencial para la ventilación pasiva se reduce durante la noche. Además, la contaminación ambiental se favorece de dos maneras: directamente, porque las temperaturas del aire más altas aumentan, e indirectamente, por el consumo creciente de energía. Los materiales de aislamiento y el revestimiento de los edificios tienen una mayor capacidad térmica que el agua y la vegetación.

- 1 Priyadarsini, "Urban Heat Island".
- 2 Del Coz Díaz, *Desarrollo de la fachada ventilada*.
- 3 Dakal y Hanaki, "Mejora del entorno urbano térmico".
- 4 Akbari, "Árboles de sombra".
- 5 Carrera Acosta, citado en Bruse, Thonnessen y Radtke, "Investigación práctica y teórica".
- 6 Grujic, citado en Catalá, "Técnicas no destructivas".

Una revisión de la isla de calor urbana y su impacto en el consumo energético de las edificaciones han sido investigadas por Rajagopalan Priyadarsini;<sup>1</sup> así como las fachadas vegetales ventiladas y su impacto en el consumo energético en edificios, que han sido investigadas por Juan José del Coz Díaz.<sup>2</sup> Otras causas de las superficies albedo de este fenómeno son el calor antropogénico, el efecto de invernadero urbano y la evapotranspiración. Dakal y Hanaki analizaron las consecuencias de los vertidos de calor antropogénico en el medio ambiente urbano térmico de Tokio.<sup>3</sup> Se simularon nueve casos con la ayuda del DOE-2, un modelo de construcción de simulación energética. La máxima mejora en la temperatura media para el día resultó ser de 0,47 °C, como resultado de enverdecer las áreas de Tokio alrededor del edificio. La vegetación reduce la temperatura del material y su emisividad de infrarrojo por absorción solar y el enfriamiento evaporativo.<sup>4</sup>

Por la orientación del edificio, el índice de radiación en las fachadas sur y oeste son más altas durante el periodo de sequía que en el periodo de lluvias. La fachada norte es la que recibe menos radiación; por lo tanto, la ejecución de las fachadas verdes en estos casos podría ser una estrategia eficaz para mejorar la sensación térmica en los espacios interiores del edificio administrativo (figs. 2, 3 y 4).

Algunos autores como Carrera Acosta<sup>5</sup> o Grujic<sup>6</sup> han demostrado que el uso de plantas trepadoras en las fachadas puede modificar la interacción entre los edificios y la atmósfera. Además de mejorar el ambiente



Figura 2. Fachada sur expuesta y sin tratamiento de muros verdes



Figura 3. Fachada sur expuesta y sin tratamiento de muros a las 10:00 a. m.

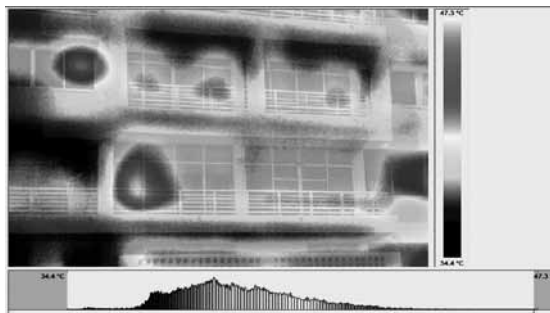


Figura 4. Fachada sur expuesta y sin tratamiento de muros a las 2:30 p. m.

interior, los efectos en la distribución y acumulación de contaminantes en las calles son notables, lo que permite revisar las estrategias y materiales en envolturas del edificio. Este documento se centra en el papel de la vegetación para la mejora de la sensación térmica del edificio administrativo de la sede de la Universidad Pontificia Bolivariana, ubicada en Montería, Colombia.

## Materiales y métodos

Teniendo en cuenta el importante papel que desempeña la vegetación, el objetivo de esta investigación fue analizar los efectos de las fachadas verdes en la sensación térmica interior del edificio administrativo de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería. Las simulaciones con ENVI-met V3.1<sup>7</sup> e imágenes captadas con cámara de termografía y modeladas en Irisys IR Series Imager<sup>8</sup> se evaluaron en muros verdes instalados en el mismo escenario, variando la ubicación sobre las fachadas del edificio, la cantidad y el tipo de vegetación. ENVI-met 3.1 tiene limitaciones para el modelado de muros verdes; por esta razón se tomaron imágenes termográficas. La fachada verde es de tres metros de ancho y seis metros de alto, y se encuentra a una distancia de un metro del edificio.

- 7 Modelo de pronóstico basado en las leyes fundamentales de la dinámica de fluidos y termodinámica. Permite simular el flujo alrededor y entre los edificios, cambio de los procesos de calor y vapor en las paredes, entre otros.
- 8 Software para modelación de imágenes de cámaras termográficas.

### Clima

Las simulaciones del clima interior se hicieron para el edificio administrativo de la Universidad Pontificia Bolivariana, ubicada en la ciudad de Montería, Colombia, que se considera tiene un clima tropical húmedo, caracterizado por un periodo de lluvias y un periodo seco, con una humedad relativa alta (80%) y una velocidad de vientos baja durante todo el año (0,3 m/s). Las temperaturas medias mensuales (28 °C) son muy constantes entre el periodo de lluvias y el periodo seco.

Montería tiene un promedio diario de radiación solar de 5 Kwh/m<sup>2</sup> como promedio anual. En cuanto a la orientación del edificio, el grado de radiación en la fachada sur es mayor durante los primeros meses del año. La fachada norte es la que recibe menos radiación. La fachada oeste recibe la radiación más alta, mientras que la fachada este no recibe radiación en ningún momento, debido a que se encuentra adosada a otra edificación; por lo tanto, la ejecución de las fachadas verdes en estos casos podría ser una estrategia eficaz para reducir la radiación solar y la temperatura en el interior del edificio. En consecuencia, esta mejora permitirá que la sensación térmica interior sea mucho más agradable.

## Fases del estudio

En la fase inicial con el fin de verificar los beneficios de las fachadas verdes se revisaron experiencias previas y se compararon varios casos, como investigaciones de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Sheffield (Reino Unido), titulada *Simulaciones termales de los*

*efectos en paredes vegetales de ambientes cerrados en edificios* (2011), en el cual se sostiene que “la vegetación en los exteriores de edificios estabiliza las temperaturas internas, mitigando el calor de los rayos solares e inoculando la pared en la noche en climas calientes y fríos”, o el trabajo de A. Carrera Acosta sobre los efectos de la integración arquitectónica de sistemas verticales y propuestas de uso como técnica pasiva de ahorro energético. En el mismo escenario se simuló con una fachada verde, variando en los parámetros siguientes la dirección del viento y la orientación del edificio. La orientación de las fachadas es un parámetro importante para variar, debido a la influencia de la radiación entrante al edificio y la capacidad de absorción o transmisión de los materiales constructivos.

Durante la siguiente fase se diferencia la relación-proporción entre la separación de la fachada verde y el edificio. En las principales simulaciones se utilizaron proporciones de 1, 1,6 y 2,6 m (figs. 5 y 6).

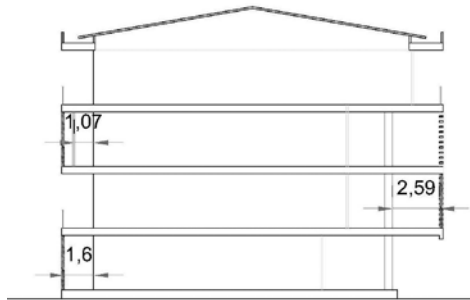


Figura 5. Proporciones de instalación de fachadas verdes instaladas



Figura 6. Fachadas verdes instaladas

## Análisis de la sensación térmica

Los principales factores que afectan la sensación térmica humana en los espacios arquitectónicos son la temperatura (°C), la humedad relativa (%), la radiación solar y el movimiento del aire (m/s) (tabla 1).

Para la medición de los aspectos relacionados con la sensación térmica en los espacios interiores del edificio, se midieron los factores que afectan la sensación térmica con equipos y *software* especializados para cada uno de ellos, y posteriormente se procesaron los resultados por medio del manejo de bases de datos y se interpretaron con procedimientos estadísticos, mediante la aplicación de *software* adecuado.

Una vez realizadas las mediciones se estableció la diferencia entre las mediciones en el espacio interior del edificio con fachadas verdes, con mediciones tomadas en las áreas con las fachadas expuestas a la radiación solar el mismo día y a la misma hora, las cuales permiten desarrollar simulaciones para las distintas horas del día en un periodo determinado. El procedimiento se hace tanto para temperatura como para humedad relativa.

Para analizar las sensaciones térmicas de las personas, considerando la evaluación de los parámetros climáticos que afectan la sensación térmica, se realizaron entrevistas a los habitantes del edificio, tanto en los lugares donde fueron instaladas las fachadas verdes como en los lugares con las fachadas totalmente expuestas a la radiación solar, con el fin de corroborar los resultados con la sensación térmica de las personas.

Tabla 1. Datos comparativos de mediciones de temperatura

			Fachada expuesta		Fachada verde	
Orientación	Espacio	Distancia de separación	10:00 a.m.	02:30 p.m.	10:00 a.m.	02:30 p.m.
Fachada sur	Espacio interior	1,0	39,0	48,6	27,8	38,3
Fachada sur	Espacio exterior	1,0	38,6	46,2	32,2	38,0
Fachada oeste	Espacio interior	1,0	30,1	36,2	27,8	33,5
Fachada oeste	Espacio exterior	1,0	27,3	31,4	35,5	38,0
Fachada sur	Espacio interior	1,6	38,1	40,1	23,8	29,0
Fachada sur	Espacio exterior	1,6	37,0	39,0	26,2	29,0
Fachada oeste	Espacio interior	1,6	28,8	31,2	24,1	26,2
Fachada oeste	Espacio exterior	1,6	26,0	29,1	25,7	32
Fachada sur	Espacio interior	2,6	36,0	37,2	25,4	30,1
Fachada sur	Espacio exterior	2,6	36,2	38,2	28,1	30,0
Fachada oeste	Espacio interior	2,6	27,0	29,1	26,0	30,2
Fachada oeste	Espacio exterior	2,6	25,9	27,2	32,1	31,4

## Estudio de las especies vegetales

9 Método que permite facilitar la elección de un objeto.

Se estudiaron cincuenta especies vegetales de plantas trepadoras de acuerdo con las propiedades físicas y térmicas y por el método multicriterio Electra<sup>9</sup> se eligieron dos especies vegetales para utilizar en las fachadas vegetales, una para la fachada sur y oeste, y otra para la fachada norte (fig. 7).

10 Bruse, Thonnessen y Radtke, "Investigación práctica y teórica".

Para ambas especies se tomaron mediciones ambientales e imágenes termográficas en cada uno de los muros donde fueron instaladas, teniendo en cuenta que las imágenes termográficas como "Técnicas no destructivas para diagnóstico de elementos constructivos"<sup>10</sup> permiten examinar las ganancias o pérdidas de energía en las superficies que se encuentran expuestas directamente, para hacer un diagnóstico más acertado. Estas imágenes permitieron establecer las comparaciones en los muros cubiertos con las diferentes especies, y en diferentes orientaciones en la fachada (fig. 8).

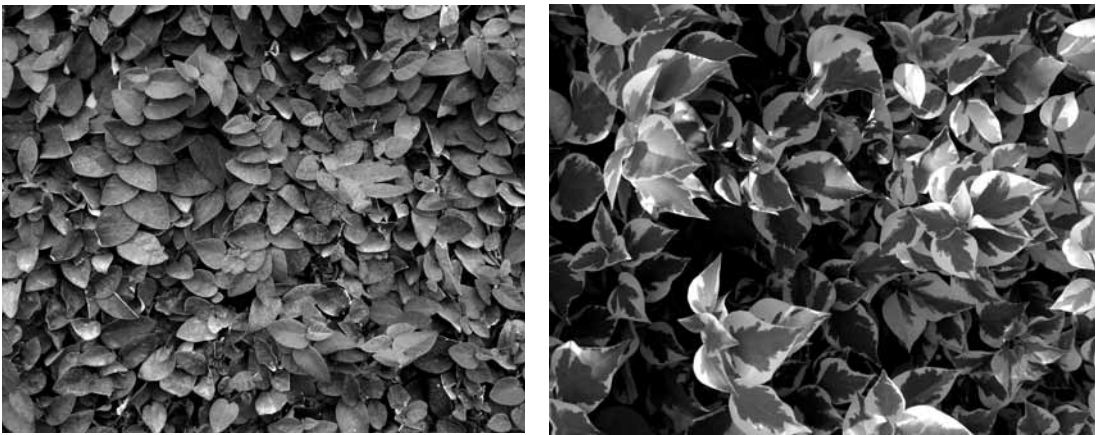


Figura 7. De izquierda a derecha: hiedra (*Ficus repens*) y veranera (*Bougainvillea*)

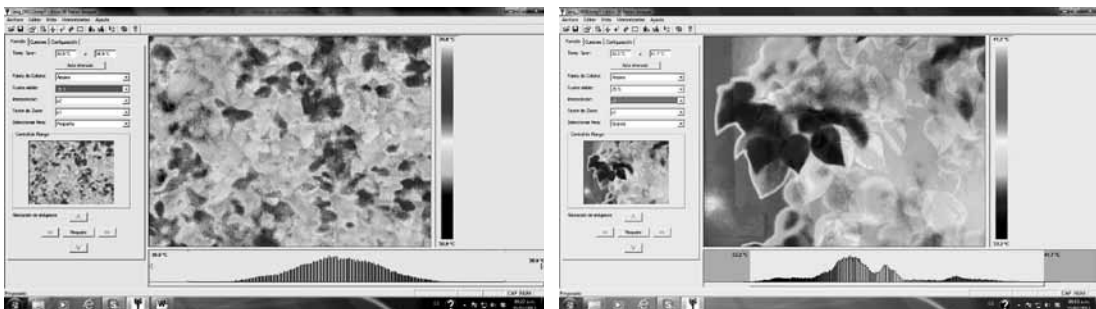


Figura 8. De izquierda a derecha: imagen termográfica de hiedra (*Ficus repens*) y de veranera (*Bougainvillea*)



## Resultados y discusiones

Los resultados se analizaron de acuerdo con los valores medios de los dos escenarios (con fachadas verdes y con fachadas expuestas al sol), en un intervalo de tres horas, a las 10:00, a las 12:00 y a las 15:00. Seguidamente, se evaluaron los valores máximos y mínimos para cada escenario y cada hora. Estos resultados se analizaron a 1,2 metros de alto.

Los principales parámetros estudiados fueron los siguientes: humedad relativa, temperatura y velocidad del viento, tanto en la fachada sur como en la fachada oeste. Sus datos de tiempo se compararon con los resultados para cada parámetro. Todos los parámetros tienden a disminuir su valor, mientras que la humedad relativa se aumenta.

Según el análisis de los primeros resultados, los factores con mayores diferencias entre los promedios son la humedad relativa y la velocidad del viento. Los valores más bajos de viento se logran con la fachada verde. Al comparar los valores de humedad relativa y velocidad del viento, la fachada verde tiene humedades relativas más altas y más bajas temperaturas; estos datos suponen una mejora en la sensación térmica por el sombreado.

El siguiente parámetro fue la separación entre la fachada verde y el edificio. El análisis fue longitudinal y transversal. La mejora de la fachada verde fue más alta cuando la relación del edificio es más de uno para los siguientes parámetros: humedad relativa, temperatura y velocidad del viento.

Los resultados de la temperatura del aire se analizaron a través de los espacios interiores del edificio con las fachadas verdes instaladas a diferentes alturas, 1,5 metros, debido a la comodidad humana, 3 y 6 metros de alto, a causa de la distribución del calor y es posible bajo techo transferencia. Es importante reducir la temperatura del edificio durante las horas de mayor radiación solar. Todas las temperaturas del aire son mejores con una fachada verde. El valor de la diferencia máxima es de 4 °C en 3 metros de altura entre una fachada verde y sin ella.





## Bibliografía

Akbari, H. "Los árboles de sombra para reducir el consumo de energía, contaminación ambiental y las emisiones de CO<sub>2</sub> de las centrales eléctricas". LBL Report 28308: S119-S126 Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, Ca., 2002.

ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers). *ANSI-ASHRAE 55-1992 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, 1992.

Barroso-Krause, Claudia. "Centre d'Energétique, Ecole de Mines de Paris, France, Vegetal Shelter: Is a Good Thermal Option as a Passive Cooling Strategy". Tercera Conferencia Europea de Arquitectura, 17-21 mayo, Florencia, Italia, 1993.

Bruse, M., M. Thonnessen y U. Radtke. "Investigación práctica y teórica de la influencia de las fachadas verdes en la distribución de los metales pesados en las calles de áreas urbanas", 1999. <http://www.envimet.com/documents/papers/facade1999.pdf>.

Carrera Acosta, Álvaro. "Sistemas vegetales verticales: estudio de la integración arquitectónica de sistemas vegetales verticales y propuestas de uso como técnica pasiva de ahorro de energía en el clima continental mediterráneo". Tesis de Máster Sistemas de la Edificación. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 2011.

Catalá, Enrique Alario. "Técnicas no destructivas para diagnóstico de elementos constructivos", 2011. <http://www.enriquealario.com/tecnicas-de-ensayo-no-destructivas/>.

De Dear, Richard. A. "A Global Database of Thermal Comfort Field Experiments". *ASHRAE Transactions*, 104, no. 1 (1998): 1141-1152.

Del Coz Díaz, Juan José. "Desarrollo de fachada ventilada vegetal industrializada y sostenible". s. d., 2009.

Dhakal, S. y K. Hanaki. "Mejora del entorno urbano térmico mediante la gestión de las fuentes de calor altas y modificación de superficies en Tokio". *Energía y Edificios* (2002): 13-23.

Escuela de Arquitectura Universidad de Sheffield. " Simulaciones termales de los efectos en paredes vegetales de ambientes cerrados en edificios", 2011. [http://www.larazon.es/detalle\\_hemeroteca/noticias/LA\\_RAZON\\_480774/historico/5161-jardines-verticales-una-alternativa-para-reducir-la-factura-electrica#.Ump0RPlyFc8](http://www.larazon.es/detalle_hemeroteca/noticias/LA_RAZON_480774/historico/5161-jardines-verticales-una-alternativa-para-reducir-la-factura-electrica#.Ump0RPlyFc8).

Fernández, Alfredo. "Historia de los índices de confort térmico". En *Estudios de arquitectura bioclimática*, 161-179. *Anuario 2003*, vol. V. México: Limusa, 2003.

García Chávez, José Roberto. *Viento y arquitectura*. México: Noriega, 2004.

Givoni, Baruch. *Man, Climate and Architecture*. London: Applied Science Publishers, 1976.

Gómez-Aspeitia, Gabriel, Gonzalo Bohjórquez, G. y Raúl Pável Ruiz. "El confort térmico: dos enfoques teóricos". *Palapa*, 2, no. 1 (2007): 45-57.

Humphreys, M. A. "Outdoor temperatures and comfort indoors". *Building Research and Practice*, 6, no. 2 (1998).

- Humphreys, M. A. y F. J. Nicol, F. J. "Outdoor Temperature and Indoor Thermal Comfort-Raising the Precision of the Relationship for the 1998 ASHRAE Database Fields Studies". *ASHRAE Transactions*, 106, no. 2 (2000): 991-1004.
- Ian McHarg, Ian. *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.
- Marincic, I., J. M. Ochoa, M. G. Alpuche y G. Gómez-Azpeitia. "Adaptive Thermal Comfort in Warm Dry Climate: Economical Dwellings in Mexico". 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA 2009, Quebec City, 2009 (en prensa).
- Olgyay, Aladar. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1963.
- Parker, John. "The Effectiveness of Vegetation on Residential Cooling". *Passive Solar Journal*, 2, no. 2, (1983): 123-132.
- Priyadarsini, Rajagopalan. "Urban Heat Island and its Impact on Building Energy Consumption". *Advances in Building Energy Research*, 3 no. 1 (2009): 261-270.
- Rodríguez Vaqueira, Manuel. *Estudios de arquitectura bioclimática*, vol. 5. México: Limusa, 2003.
- Rodríguez Vaqueira, Manuel. *Estudios de arquitectura bioclimática*, vol. 6. México: Limusa, 2004.
- Salazar Trujillo, Jorge Hernán. *Buenas prácticas arquitectónicas*. Medellín: Ed. Universidad Nacional de Colombia, 2001.
- Yeang, Ken. *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.
- Yori, Carlos Mario. *Ciudad y sustentabilidad N°1: marco general y descripción de la problemática*. Bogotá: Editorial Universidad Piloto de Colombia, 2004.