

# Propiedades ópticas de enredaderas en fachadas vegetadas

Carbajal-Avila J.<sup>1</sup>, Rodríguez-Rosales A.<sup>1</sup>, Avila-Caballero L.P.<sup>2</sup>, Rodríguez-Herrera A.<sup>3</sup>,  
López-Velasco R.<sup>3</sup> y Hernández-Cocoletzi H.<sup>4</sup>

Desarrollo tecnológico e Instrumentación<sup>1</sup>, Facultad de Ciencias Químico Biológicas<sup>2</sup>,  
Unidad Académica de Ciencias de Desarrollo Regional<sup>3</sup>, Facultad de Ingeniería Química<sup>4</sup>  
Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Guerrero, A.C.<sup>1</sup>, Universidad Autónoma de Guerrero<sup>2,3</sup>,  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla<sup>4</sup>  
Acapulco, Gro.<sup>1,3</sup>; Chilpancingo Gro.<sup>2</sup>; Puebla, Pue.<sup>4</sup>; México  
jzmna@gmail.com, antonio.rodriguez@cicteg.org.mx, patcaballero09@hotmail.com, amerodriguez@gmail.com,  
heribert@ifuap.buap.mx, rocio\_lopezv@hotmail.com

**Abstract**— In this work the optical properties of the vines *Pentalinon luteum* and *Clitoria ternatea* native of tropical America whose qualities are reported as: adaptability to hostile environment, low water requirement, broad foliage and aesthetic appearance, they can be used in the green facades to cover buildings. Both species function as attenuating radiation for wavelengths in the range 700 - 1000 nm (near infrared); in this same region the species *pentalinon luteum*, has standardized values of 0.54 - 0.80. In the visible region of the electromagnetic spectrum, in the length equal to 550 nanometers the diffuse reflectance was 0.22 to 0.48 and absorbance of 0.51 to 0.76. The experimental development was carried out following the life cycle of leaves, classifying them by their maturity in three sizes: young leaves, mature leaves and senescent leaves.

**Key words**— *Green facades, climbing species, optical properties,*

**Resumen**— En este trabajo se reportan las propiedades ópticas de las enredaderas *Pentalinon luteum* y *Clitoria ternatea* nativas de las regiones tropicales de América que por sus cualidades como son: adaptabilidad al entorno hostil, bajo requerimiento en agua, amplio follaje y apariencia estética, pueden utilizarse en las fachadas vegetadas para cubrir las edificaciones. Ambas especies funcionan como atenuadoras de la radiación para longitudes de onda en el intervalo 700 – 1000 nanómetros (cercano al infrarrojo); en esta misma región la especie *pentalinon luteum*, presenta valores normalizados de 0.54 – 0.80. En la región visible del espectro electromagnético, en la longitud igual a 550 nanómetros la reflectancia difusa fue de 0.22 – 0.48 y la absorptancia de 0.51 – 0.76. El desarrollo experimental se realizó siguiendo el ciclo biológico de las hojas, clasificándolas por su madures en tres tamaños: hojas jóvenes, hojas maduras y hojas seniles.

**Palabras claves**—*fachadas vegetadas, especies trepadoras, propiedades ópticas.*

## I. INTRODUCCIÓN

Las propiedades ópticas de los materiales expuestos a la radiación solar influyen en su comportamiento térmico ya que parte de la energía es absorbida (A), otra es reflejada (R) y una porción puede ser transmitida (T) a través de ella. La suma de estas tres es igual a la unidad.

$$A+R+T=1$$

Ec. 1

El espectro electromagnético está subdividido en regiones, la región visible de interés en este trabajo corresponde a longitudes onda en el intervalo 400 – 700 nm; longitudes de onda menores tiene la radiación ultravioleta mientras que longitudes de onda mayores se halla a la radiación infrarroja [1]; las fronteras entre ellas son bastante flexibles y depende del detector que se utilice. En el presente estudio se analizó el intervalo de 400 – 1000 nm.

Por otro lado, en las edificaciones la envolvente arquitectónica<sup>1</sup> es la que está expuesta a la radiación solar y en condiciones de calor resulta útil elegir los materiales que tengan más capacidad para reflejarla y menor para absorberla.

Los materiales blancos pueden reflejar el 90% o más de la radiación recibida y los negros el 15% o menos. Además, el intercambio térmico con el entorno se realiza a través de longitudes de onda infrarrojas. Las características de los materiales desde el punto de vista de la reflexión de longitudes de onda infrarrojas depende más de la densidad de su superficie y de su composición molecular que del color [2].

La naturación urbana es una de las estrategias de diseño solar pasivo aplicada a las envolventes de las edificaciones. En los últimos años el uso de los muros vegetados se ha incrementado; sin embargo, no todos los sistemas llegan a perdurar pues una incorrecta elección de las especies vegetales o del sistema constructivo puede ocasionar que no permanezcan por mucho tiempo o que el funcionamiento térmico de los espacios habitables sea deficiente.

Las propiedades ópticas de los materiales constructivos están comúnmente disponibles en manuales de ingeniería; sin embargo, cuando se trata de una fachada vegetada, donde el material es la planta misma, resulta necesario conocer la absorptancia (**A**), la transmitancia (**T**) y la reflectancia (**R**) de luz a través del follaje.

En el presente estudio se reportan las propiedades ópticas de dos especies de enredaderas utilizadas en un sistema de fachada vegetada en el contexto de un clima cálido-húmedo, con la finalidad de conocer la absorptancia, la transmitancia y la reflectancia de la radiación solar en función de la longitud de onda y del ciclo vegetativo de las hojas con el fin de tener un mejor criterio al elegir las especies e incluso utilizar los datos en una simulación térmica del edificio antes de ser construido.

El experimento se realizó bajo condiciones controladas, dentro de un cuarto oscuro utilizando un espectrómetro ASEQ Instruments modelo LR1 V2.1 y una fibra óptica para guiar la luz. Para simular la radiación solar se elaboró una fuente de luz por medio de un foco de halógeno – tungsteno de 20W. El elemento de referencia para comparar los resultados de reflexión difusa de las hojas fue el carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  el cual tiene una reflectancia 99% [3].

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

### A. *Propiedades térmicas y funcionamiento energético de techos verdes.*

En un experimento realizado en un hotel en la ciudad de Loutraki Atenas se observó que la temperatura de la superficie externa de la azotea presentó una variación significativa dependiente del tipo de vegetación utilizada en cada sitio. La temperatura más bajas en el techo vegetado estuvo en el intervalo de 26 °C a 29 °C la cual fue medida en los lugares dominados por vegetación verde y densa, las temperaturas más altas osciló de 36 °C a 38 °C hallada en lugares cubiertos por vegetación roja esparcida, mientras que en lugares sin vegetación, hallaron valores cercanos a los 40 °C [4]

### B. *Reducción térmica por la capa vegetal para azoteas.*

En un estudio realizado en Taiwán sobre la reducción térmica debido a la capa vegetal sobre las azoteas, en el que la cobertura promedio del follaje y el grosor total de la hoja fueron las variables, se

---

<sup>1</sup> La envolvente arquitectónica se refiere a los cerramientos verticales y horizontales que separan el espacio interior del exterior en un edificio.

concluyó que al aumentar el grosor total de la hoja mejora la difusión de la luz y el efecto de la reducción térmica. Las plantas pueden reducir la energía térmica de la radiación solar del 70% al 90% cuando el grosor excede los 2.25 milímetros (mm) [5].

### C. *Propiedades ópticas de especies de flora en hábitats de sotobosque.*

El estudio incluyó 26 especies de hierbas y árboles en hábitats de sotobosque en Kansas y Misisipi, E.U.A. La absorptancia media en la región visible (400-700 nm) fue de 0.87 en las hojas de sombra y 0.83 en especies de sol. Por lo tanto, no se hallaron diferencias generales en las propiedades ópticas de las especies en los grupos de sol y sombra [6]

### D. *Propiedades ópticas de tres especies de vid.*

En un estudio realizado en Baja California México sobre las propiedades ópticas de las tres especies de vid Merlot, Cabernet y Tempranillo, se obtuvieron los valores medios de absorptancia de las hojas 0.80, 0.82, y 0.78 respectivamente, menores al valor de 0.84 de las plantas vasculares. La reflectancia en longitudes de onda  $> 750$  nm aumentó con la edad de las hojas mientras que a 550 nm se mantiene relativamente constante. Otros autores han reportado variaciones de 0.805 a 0.916 en varias especies; sin embargo, generalmente se utiliza un valor promedio de 0.84 [7]

## III. BIOLOGÍA DE LAS ESPECIES UTILIZADAS

En el experimento se utilizaron dos especies de enredaderas nativas de las regiones tropicales húmedas de América, seleccionadas por su alta tolerancia a la sequía, a la exposición solar, por su mínimo mantenimiento y por su aspecto estético. Ambas presentan un ciclo vegetativo perennifolio.

La especie *Clitoria tematea* pertenece a la familia Fabacea, es una leguminosa que crece de manera silvestre en el clima cálido - húmedo; su follaje de hojas pequeñas, ovaladas, de color verde claro y sus flores azules o blancas la hacen atractiva desde el punto de vista estético. Cabe señalar que no se distribuye en los viveros comerciales de la región; por lo que fue necesario realizar una exploración y colecta en el sitio para reproducirla. Se debe tener control en el espacio circundante de su reproducción.

La especie *Pentalinon luteum* es una enredadera de tallos leñosos, originaria de Centro América, pertenece a la familia Apocinaceae; sus hojas son medianas, ovaladas y ligeramente brillantes de color verde claro, sus flores son amarillas en forma de campana. Actualmente se utiliza como planta ornamental, posee alta tolerancia a la sequía y crece en suelos pobres de nutrientes. En la figura 1 se muestra parte del follaje de cada especie y en la tabla I se presentan sus características y requerimientos.

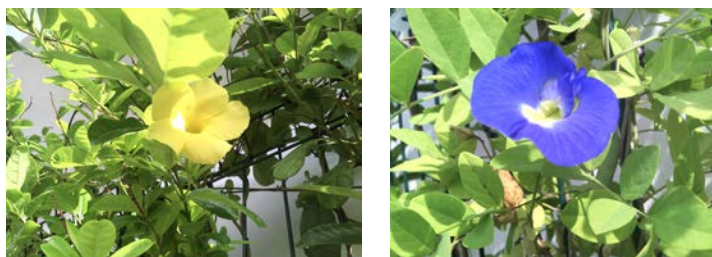


Fig. 1. *Pentalinon luteum* (izquierda) & *Clitoria ternatea* (derecha).

Tabla I. Paleta vegetal.

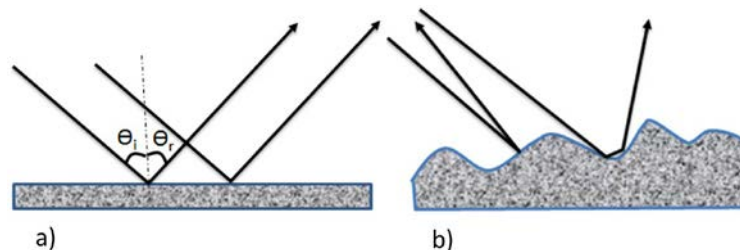
Taxonomía			Características			Requerimientos			
Familia	Género	Nombre científico	Origen	Altura	flor	Agua	Sol	Suelo	Plantación
Fabaceae	Clitoria	<i>Clitoria ternatea</i>	Regiones tropicales y subtropicales de ambos continentes.	2.4 m	Azul y Blanca	Cada 3 días	Abundante	Drenado	@ 40 cm
Apocynaceae	Pentalinon	<i>Pentalinon luteum</i>	Centro America	2.00 - 3.00 m	Amarilla	Cada 3 días	Abundante	Drenado	@ 60 cm

#### IV. PRINCIPIOS DE ÓPTICA Y ESPECTROSCOPÍA UTILIZADOS

##### A. Óptica

La óptica trata de la interacción de la luz con la materia. En este caso se tiene la interacción de la luz solar con la vegetación.

- Reflexión. En los fenómenos ópticos se tiene el inherente a la reflexión de un rayo de luz, en el caso de la reflexión sobre a una superficie especular como un espejo, el ángulo de incidencia del haz es igual al ángulo reflejado  $\theta_i = \theta_r$ ; en una superficie rugosa por ejemplo un papel o la hoja de una planta la reflexión es difusa por lo tanto, los ángulos de reflexión varían. Puede verse en la figura 2.



- Transmisión. Es el paso de luz a través de los cuerpos transparentes o translúcidos. En este fenómeno la dirección de los rayos luminosos cambia por refracción al pasar oblicuamente de un medio a otro de distinta densidad, el fenómeno se aprecia en la figura 3.

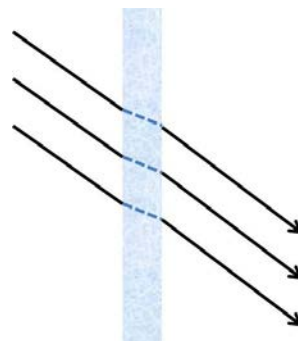


Fig. 3. Transmisión de la luz en un material translúcido.

- Absorción. Es la conversión de la luz en otra forma de energía. Parte de la luz que incide sobre los cuerpos es absorbida en mayor o menor proporción según la constitución de los materiales que la componen [8]. El proceso de absorción lleva aparejado un calentamiento de la superficie por su transformación en energía calórica. Puede verse en la figura 4.

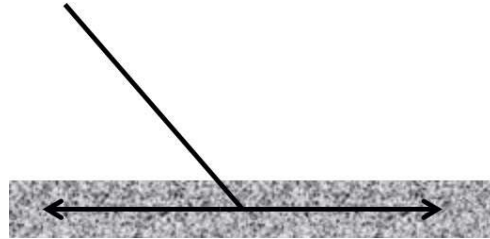


Fig. 4. Absorción de la luz en un medio opaco.

*B. Espectroscopía.*

La espectroscopía es el estudio de los espectros o las radiaciones que emite y absorbe un material, de ahí que es importante entender conceptos como, reflectancia, transmitancia, absorptancia, con el fin de tener una mejor comprensión del comportamiento óptico en la naturación de fachadas vegetadas ante la radiación solar.

- Reflectancia óptica (**R**). Se refiere a la proporción de la radiación reflejada ( $I_r$ ) por un cuerpo respecto a la radiación incidente en éste ( $I_i$ ) a una longitud de onda ( $\lambda$ ) y a un cierto ángulo ( $\Theta$ ) dado, se observa en la ecuación 2. Para el caso de las hojas en estudio, la superficie en la que incide la luz solar es de tipo difusa.

$$R(\lambda) = \frac{I_r(\lambda) \cos \theta_r}{I_i(\lambda) \cos \theta_i} \tag{Ec. 2}$$

- Transmitancia (**T**). Se define como el cociente del flujo transmitido e incidente y queda dado por (3). En forma similar la transmitancia Óptica (T), se define como el cociente del flujo transmitido e incidente y queda dado por la ecuación 3.

$$T(\lambda) = \frac{I_t(\lambda) \cos \theta_t}{I_i(\lambda) \cos \theta_i} \tag{Ec. 3}$$

La relación anterior se refiere a la fracción de luz incidente (%) que se transmite a través de un material semi-transparente a una cierta longitud de onda, donde  $I_i(\lambda)$  es la intensidad del rayo incidente a un ángulo  $\theta_i$  e  $I_t(\lambda)$  es la intensidad de la luz a un ángulo  $\theta_t$  que sale de la muestra ambos a una longitud de onda ( $\lambda$ ) determinada. En los experimentos realizados el ángulo de incidencia es normal a la muestra ( $\theta_i = \theta_t = 0^\circ$ ).

- Absorptancia (**A**). Es la fracción de la densidad de flujo absorbida por el material; esta fracción se determinó como:

$$I+T+R=A$$

Eq.4

## V. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Las pruebas ópticas fueron realizadas en condiciones estables dentro de un cuarto oscuro. Se utilizó un espectrofotómetro ASEQ Instruments modelo LR1 V2.1 el cual maneja un intervalo de 200 a 1100 nm, una fuente de voltaje VCD matrix modelo MPS-3005L-3, un ordenador y como fuente una lámpara de halógeno-tungsteno de 20W y cuenta con un ventilador interno para evitar el calentamiento. El diámetro del spot es de 1 mm, la distancia entre la lente y la hoja fue de 1 cm.

Se analizaron dos especies de enredaderas, utilizando tres hojas de distinta maduración. Seleccionadas por tamaño (de base a ápice) y clasificándolas como: hoja joven (h1) de 5 cm, hoja madura (h2) de 6 cm y hoja senil (h3) de 7.7 cm. El espesor promedio fue de 0.139 mm para la especie *Clitoria ternatea* y de 0.169 mm para la especie *Pentalinun luteum*. Se hicieron tres repeticiones en cada muestra para cada una de las pruebas ópticas.

### C. Determinación de transmitancia

Para medir de la transmitancia, la hoja se colocó entre dos placas de acrílico perforadas al centro y sujetadas por imanes de Neodimio. Se orientó en forma perpendicular al haz de luz colimado. En la parte posterior a la hoja se colocó la fibra óptica conectada al espectrofotómetro, por último los datos espectrales se capturaron en el ordenador. El arreglo experimental se muestra en la figura 5. Se hicieron tres repeticiones para cada tamaño de hoja y especie.

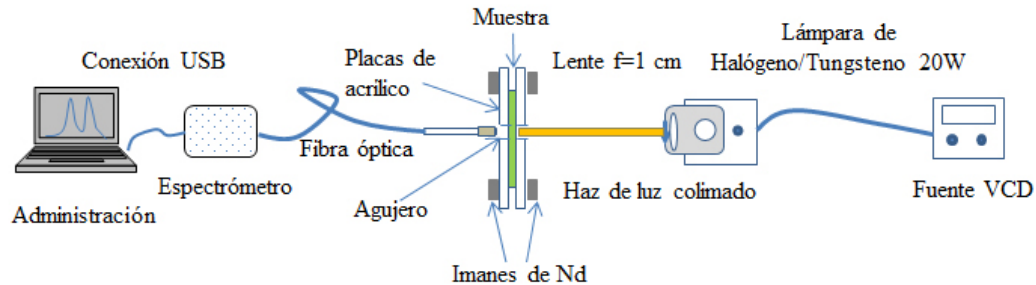


Fig. 5. Arreglo experimental para medir la transmitancia de luz a través de las hojas.

### C. Determinación de la reflectancia

Para medir la fracción de luz reflejada por la hoja se utilizó como base de referencia una muestra de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) J.T. Baker CAS1288 Lote 417859. Ambas muestras (hoja y  $\text{CaCO}_3$ ) del mismo espesor, se colocaron sobre una pieza de cartulina alternando su registro, se orientaron a  $45^\circ$  respecto a la normal para detectar el pico máximo de luz reflejada. La fibra óptica del espectrofotómetro se colocó a  $90^\circ$  respecto a la normal de incidencia. El arreglo experimental se muestra en la figura 6. Se hicieron tres repeticiones para cada tamaño de hoja y especie.

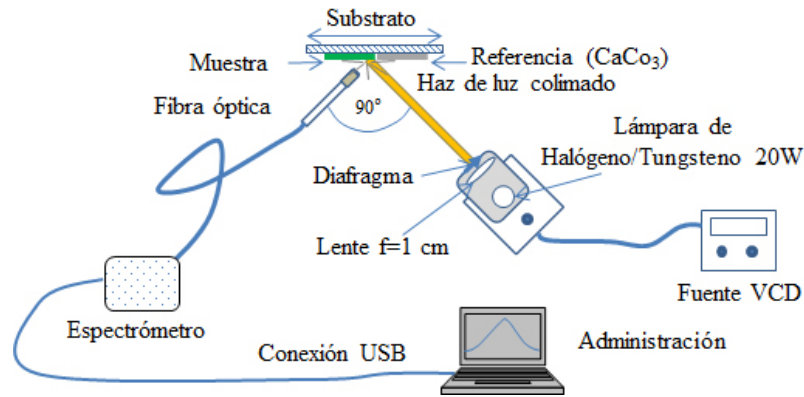


Fig. 6. Arreglo experimental para medir la reflectancia de luz a través de las hojas.

### VI. RESULTADOS

La figura 7 muestra la reflectancia en porcentaje de la especie *Pentalinon luteum* en el intervalo de 400 – 1000 nm. Las hojas jóvenes *h1* presentan mayor reflectancia que las hojas maduras *h2* y éstas a su vez mayor que hojas seniles *h3*. En la región visible el mayor porcentaje de reflectancia se ubica a 550 nm alcanzando un promedio de 34%. En la región cercana al infrarrojo se mantiene relativamente constante en el intervalo de 700 – 1000 nm, en la longitud de 750 nm alcanza un promedio de 68%.

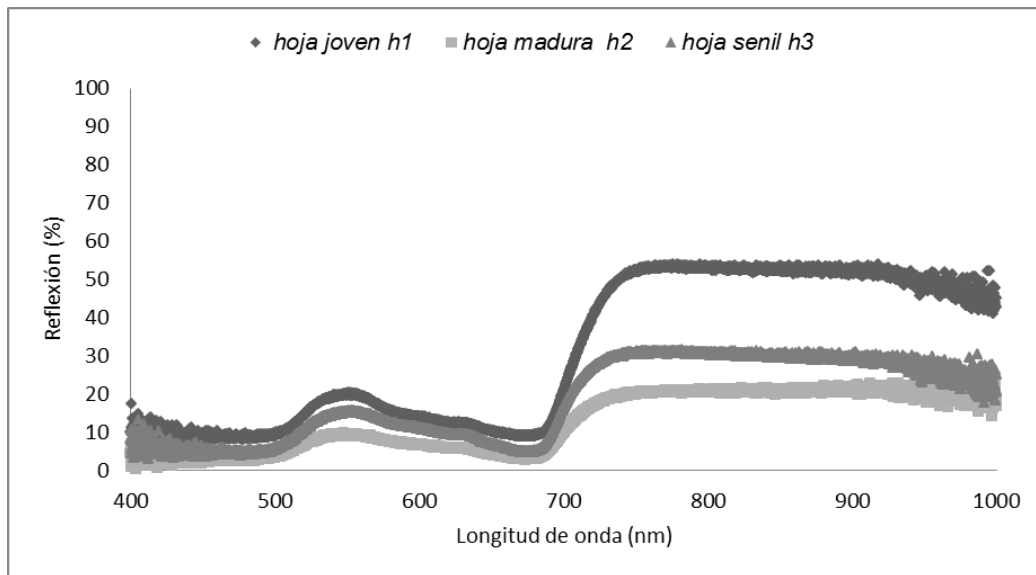


Fig. 7. Reflectancia de la especie *Pentalinon luteum*.

La tabla II muestra la reflectancia normalizada de la especie *Pentalinon luteum* para distintas longitudes de onda y su respectivo promedio de acuerdo al tamaño de la hoja. Se puede observar que la reflectancia es mayor cuanto más joven es la hoja.



Tabla II. Reflectancia normalizada de la especie *Pentalinon luteum* por longitud de onda.

Longitud de onda ( $\lambda$ )	Tamaño de la hoja			Media
	<i>h1</i> (5 cm)	<i>h2</i> (6 cm)	<i>h3</i> (7.7 cm)	
380 nm	0.52	0.30	0.32	0.38
550 nm	0.48	0.33	0.22	0.34
650 nm	0.31	0.22	0.14	0.22
750 nm	0.80	0.70	0.54	0.68

La figura 8 muestra la reflectancia en porcentaje de la especie *Clitoria ternatea* en el intervalo de 400 – 1000 nm. Las hojas jóvenes *h1* presentan mayor reflectancia que las hojas seniles *h3* y estas a su vez mayor que las hojas maduras *h2*. En la región visible el mayor porcentaje de reflectancia se ubica a 550 nm, alcanzó 15% en promedio. En la región cercana al infrarrojo en el intervalo de 700 – 1000 nm se mantiene relativamente constante, en la longitud de 750 nm alcanzó 34% en promedio.

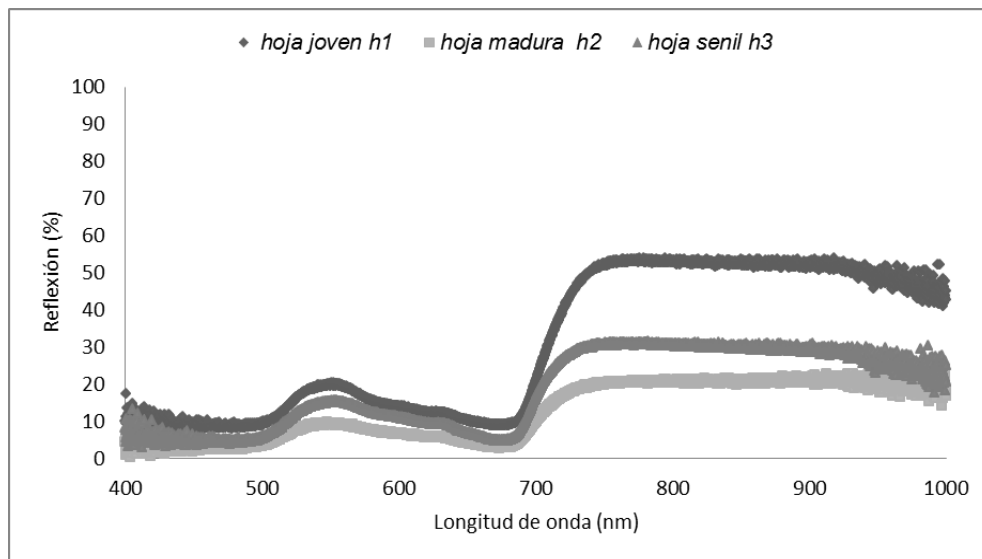


Fig. 8. Reflectancia de la especie *Clitoria ternatea*.

La tabla III muestra la reflectancia normalizada de la especie *Clitoria ternatea* para distintas longitudes de onda y su respectivo promedio de acuerdo al tamaño de la hoja. Puede observarse que la reflectancia es mayor en las hojas jóvenes; sin embargo, las hojas seniles presentan mayor reflectancia que las hojas maduras.



Tabla III. Reflectancia normalizada de la especie *Clitoria ternatea* por longitud de onda.

Longitud de onda ( $\lambda$ )	Tamaño de la hoja			Media
	<i>h1</i> (5 cm)	<i>h2</i> (6 cm)	<i>h3</i> (7.7)	
380 nm	0.17	0.11	0.17	0.17
550 nm	0.20	0.09	0.15	0.15
650 nm	0.10	0.04	0.07	0.07
750 nm	0.52	0.20	0.31	0.34

La transmitancia de la especie *Pentalinon luteum* como función de la longitud de onda se muestra en la figura 9. En general fue muy baja y constante en los tres tamaños de hoja *h1*, *h2* y *h3*. En la región visible a 550 nm fue de 1% en promedio y en la región cercana al infrarrojo a 750 nm fue de 3% en promedio.

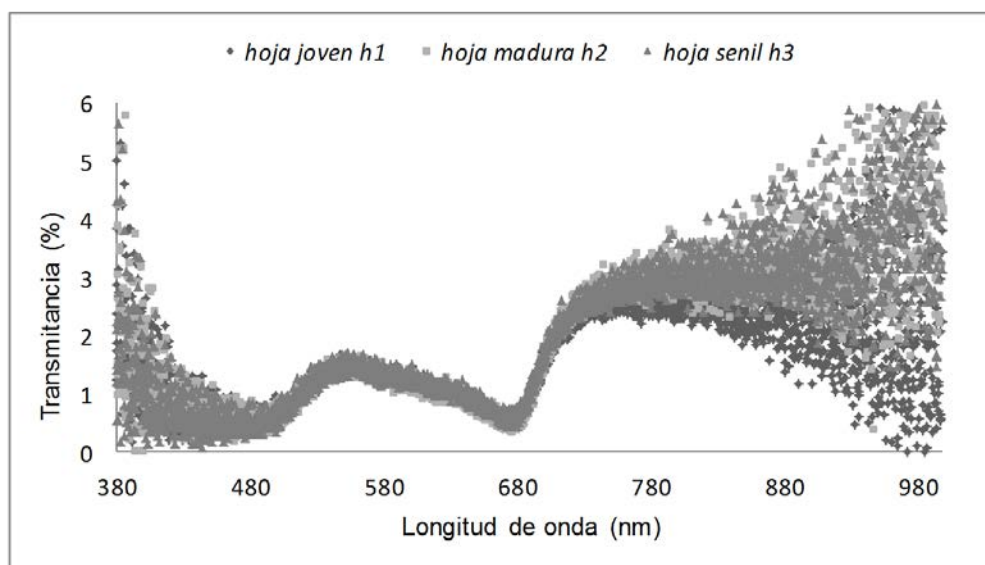


Fig. 9. Transmitancia de la especie *Pentalinon luteum*.

La tabla IV muestra la transmitancia normalizada de la especie *Pentalinon luteum* para distintas longitudes de onda y su respectivo promedio de acuerdo al tamaño de la hoja. Puede observarse que la transmitancia se comporta homogénea en los tres tamaños de hoja.

Tabla IV. Transmitancia normalizada de la especie *Pentalinon luteum* por longitud de onda.

Longitud de onda ( $\lambda$ )	Tamaño de la hoja			Media
	<i>h1</i> (5 cm)	<i>h2</i> (6 cm)	<i>h3</i> (7.7.)	
380 nm	0.05	0.04	0.04	0.04
550 nm	0.01	0.01	0.02	0.01
650 nm	0.01	0.01	0.01	0.01
750 nm	0.02	0.03	0.03	0.03

La transmitancia de la especie *Clitoria ternatea* como función de la longitud de onda se muestra en la figura10. En general fue muy baja y constante en los tres tamaños de hoja *h1*, *h2* y *h3*. La transmitancia se observa en la región cercana al infrarrojo pero no supera el 1%.

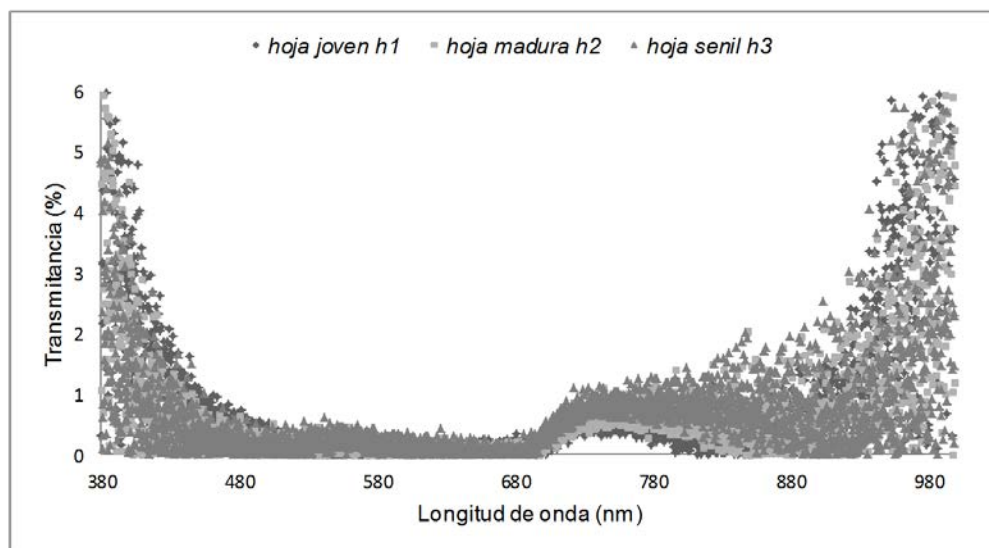


Fig. 10. Transmitancia de la especie *Clitoria ternatea*.

La tabla V muestra la transmitancia normalizada de la especie *Clitoria ternatea* para distintas longitudes de onda y su respectivo promedio de acuerdo al tamaño de la hoja. Tanto en la región visible como en la región cercana al infrarrojo fue prácticamente nula.

Tabla V. Transmitancia normalizada de la especie *Clitoria ternatea* por longitud de onda.

Longitud de onda ( $\lambda$ )	Tamaño de la hoja			Media
	<i>h1</i> (5 cm)	<i>h2</i> (6 cm)	<i>h3</i> (7.7 cm)	
380 nm	0.00	0.04	0.00	0.00
550 nm	0.00	0.00	0.00	0.00
650 nm	0.00	0.00	0.00	0.00
750 nm	0.00	0.00	0.01	0.00

La absorptancia normalizada de ambas especies se obtuvo utilizando la ecuación 4. Los resultados de la especie *Pentalinon luteum* se muestran en la tabla VI. En la región visible a 550 nm fue de 0.64 en promedio, en la región cercana al infrarrojo fue de 0.29 en promedio. Esto indica que tiene baja capacidad de absorber la radiación térmica.

Tabla VI. Absorptancia normalizada de la especie *Pentalinon luteum* por longitud de onda.

Longitud de onda ( $\lambda$ )	Tamaño de la hoja			Media
	<i>h1</i> (5 cm)	<i>h2</i> (6 cm)	<i>h3</i> (7.7 cm)	
380 nm	0.43	0.66	0.64	0.58
550 nm	0.51	0.66	0.76	0.64
650 nm	0.68	0.77	0.85	0.77
750 nm	0.18	0.27	0.43	0.29

La absorptancia normalizada de la especie *Clitoria ternatea* se muestra en la tabla VII. En la región visible a 550 nm fue de 0.85 en promedio, en la región cercana al infrarrojo fue de 0.65 en promedio. Esto indica que esta especie tiene mayor capacidad de absorber la radiación térmica comparada con la especie *Pentalinon Luteum*.

Tabla VII. Absorptancia normalizada la especie *Clitoria ternatea* por longitud de onda.

Longitud de onda ( $\lambda$ )	Tamaño de la hoja			Media
	<i>h1</i> (5 cm)	<i>h2</i> (6 cm)	<i>h3</i> (7.7cm)	
380 nm	0.83	0.85	0.83	0.84
550 nm	0.80	0.91	0.85	0.85
650 nm	0.90	0.96	0.92	0.93
750 nm	0.48	0.80	0.68	0.65

## VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para ambas especies los valores de reflectancia son más altos cuando las hojas son más jóvenes. La especie *Pentalinon luteum*, en la longitud de onda 550 nm (visible) el valor varía de 0.23 a 0.48, en longitudes de onda >750 nm (infrarrojo cercano) varía de 0.54 a 0.80. Para la especie *Clitoria ternatea* la reflectancia en la longitud de onda 550 nm (visible) varía de 0.09 a 0.20, en longitudes de onda >750 nm (infrarrojo cercano) varía de 0.20 a 0.52. El valor de transmitancia no excede de 0.05 para ambas especies y se mantiene relativamente constante independientemente del crecimiento de las hojas. Respecto a la absorptancia en ambas especies es menor cuando las hojas son más jóvenes, para la especie *Pentalinon luteum* en la longitud de onda 550 nm (visible) varía de 0.51 a 0.76, a 750 nm (infrarrojo cercano) varía de 0.18 a 0.43; para la especie *Clitoria ternatea* en longitud de onda 550 nm (visible) el valor varía de 0.80 a 0.91 y para longitudes de onda 750 nm (infrarrojo cercano) varía de 0.48 – 0.80.

En la tabla VIII se observa la absorptancia, la reflectancia y la transmitancia de pastas hechas de cemento portlant tipo III en versión gris y blanco Hoyos, M. (2012), materiales comúnmente utilizados en la construcción, comparándolos con los resultados promedio de las especies estudiadas en el presente trabajo. En función a la longitud de onda 550 nm por ser la de mayor visibilidad para el ojo humano.

Tabla VIII. Comparativa normalizada de materiales constructivos y especies vegetales (Hoyos, 2012).

Longitud de onda ( $\lambda$ )= 550 nm	Propiedades ópticas		
	Absorbancia	Reflectancia	Transmitancia
*Pasta de cemento gris	0.99	0.01	0.00
*Pasta de cemento blanco	0.91	0.09	0.00
<i>Pentalinon luteum</i>	0.64	0.34	0.01
<i>Clitoria ternatea</i>	0.85	0.15	0.00

Para ambas especies la reflectancia en el visible es mayor entre más joven es la hoja. La transmisión prácticamente se comporta homogénea independientemente del crecimiento de las hojas.

La absorptancia en la especie *Pentalinon Luteum* tiene valores notablemente menores al promedio documentado de plantas vasculares. La reflectancia difusa para longitudes de onda de 750 nm (infrarrojo cercano) varía de 54 a 80%. Por lo tanto, desde el punto de vista térmico es una especie recomendable para la utilización en fachadas vegetadas en los climas cálidos-húmedos.

## RECONOCIMIENTOS

Al Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Guerrero CICTEG por el financiamiento y el equipo para elaborar las pruebas de laboratorio, al Dr. José O. Flores catedrático del laboratorio de Materiales y Nanotecnologías del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET-UNAM) por la donación de la muestra de carbonato de calcio.

## REFERENCIAS

- [1] Hecht, E. (2000). *Óptica*, Madrid: Addison Wesley Americana.

- 
- [2] Olgyay, V. (2006). *Arquitectura y clima, manual del diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Barcelona: Gustavo Gili.
- [3] Arrizabalaga I., Gomez O., Carrero J.A., Bustamante J., Rodríguez, A., Arana G., Madariaga, J.M. (2015). Diffuse reflectance FTIR database for the interpretation of the spectra obtained with a handheld device on built heritage materials, *The Royal Society of chemistry*, (7), 1061-1070 DOI: 10.1039/C4AY02189D
- [4] Niachou N., Papakonstantinou K., Santamouris M., Tsangrassoulis A., and Mihalakakou G. (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance, *Energy and Buildings*, 33(7), 719-729
- [5] Fang Fang Chih, (2008). Evaluating the thermal reduction effect of plant layers on rooftops, *Energy and buildings*, 40(6),1048-1052 DOI: 10.1016
- [6] Knapp, A. & Carter, G., (1998). Variability in leaf optical properties among 26 species from a broad range of habitats, *American journal of botany*, 85(7), 940-946
- [7] Cabello, A. & Macías, V. (2011), propiedades ópticas de las hojas de vid: reflectancia, transmitancia, absorptancia y concentración de clorofila, *Agrociencia*, 45(8), 943-957 ISSN 1405-3195
- [8] Taboada, J. A. (1979). *Manual de luminotecnica*, Barcelona: Dossat.
- [9] Hoyos, M. (2012). *Concreto traslucido transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino*. (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de [http://www.bdigital.unal.edu.co/7232/1/76328514.\\_2012.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/7232/1/76328514._2012.pdf)