

## **PROPIEDADES ÓPTICAS DE HOJAS Y FOLLAJE DE ENREDADERAS PARA DOBLES FACHADAS VERDES**

**N. Castro<sup>1</sup>, S. Flores Larsen<sup>2</sup>, S. González<sup>3</sup>.**

Laboratorio de Edificios Bioclimáticos - Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta  
Tel: 0387-4255424 – Fax: 0387-4255389 – e-mail: nicocastro7@gmail.com

*Recibido 31/07/17, aceptado 03/10/17*

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo es el estudio de las propiedades ópticas de hojas y follaje de enredaderas de interés para uso como dobles fachadas verdes. Se seleccionaron dos variedades por sus adecuadas características: *Parthenocissus quinquefolia* y *Podranea ricasoliana*. Mediante un espectrorradiómetro Licor LI-1800 se estudiaron las propiedades ópticas de las hojas en el rango visible: reflectancia y transmitancia espectral. A partir de un espectro solar de referencia se calcularon la reflectancia y transmitancia solar total de las hojas y con un modelo simplificado de follaje se calculó la transmitancia total para valores variables del índice de área foliar. El estudio se realizó en hojas de diferentes edades fisiológicas y recogidas en distintas estaciones del año. Los resultados estuvieron en concordancia con resultados para variedades similares encontrados en la literatura.

**Palabras clave:** fachadas verdes, espectrometría, transmitancia, absortancia.

### **INTRODUCCION**

Actualmente en la República Argentina, el sector residencial consume alrededor del 27% del consumo energético total, y el 36% del total de energía eléctrica (MinEM, 2015). Estos porcentajes han ido aumentando progresivamente a través de los años y se espera que sigan creciendo en los años venideros. Ante este panorama resulta de vital importancia adoptar medidas y políticas de eficiencia energética, y particularmente, en el sector residencial se hace indispensable trabajar para mejorar la performance energética de los edificios y el ambiente construido.

#### *Las fachadas verdes.*

En los últimos años la utilización de dobles fachadas verdes y jardines verticales ha demostrado buenos resultados como una estrategia de eficiencia energética y de mitigación del efecto de la isla de calor urbana.

La aplicación de coberturas vegetales como dobles fachadas tiene múltiples propósitos proporcionando beneficios de variada índole. Por un lado, es una estrategia bioclimática interesante para reducir el consumo energético en verano dados los efectos propios del material vegetal: sombreado, enfriamiento pasivo y humidificación a través de la evapotranspiración, reducción de los vientos incidentes, aislación, como así también mejoras estéticas y en el bienestar percibido en los ambientes. Presenta un mejor comportamiento térmico que los elementos tradicionales de sombreado, dado que por sus mecanismos fisiológicos las plantas se mantienen a una menor temperatura que otros materiales expuestos a la radiación, reduciendo así la ganancia térmica radiativa durante períodos estivales.

---

<sup>1</sup> Becario doctoral ANPCyT

<sup>2</sup> Investigadora Adjunta CONICET

<sup>3</sup> CPA CONICET

Un fenómeno que está tomando cada vez mayor importancia en las ciudades modernas es la isla de calor urbana, calentamiento producido en las zonas densamente construidas por la exposición de grandes áreas de materiales de construcción (principalmente concreto) a la radiación solar. Dadas las altas capacidades de absorción y acumulación de estos materiales se produce un calentamiento del aire circundante, lo cual sumado a la cada vez mayor demanda de equipos de aire acondicionado, contribuyen al aumento de la temperatura del ambiente urbano que en grandes ciudades pueden alcanzar los 10°C por encima de las temperaturas de las zonas rurales circundantes. De esta manera la introducción de la vegetación en las ciudades da una posibilidad para mejorar el ambiente y las condiciones climáticas locales, a la vez de mejorar la sensación de bienestar de los habitantes y contribuir al aumento de la biodiversidad urbana. Numerosos estudios han encontrado una relación entre la presencia de plantas y una mayor salud mental y sensación de bienestar de las personas (Sheweka et al., 2012).

Un factor de suma importancia en la aplicación de coberturas verdes es la elección de la variedad vegetal a utilizar. En este sentido, algunas de las características beneficiosas son: bajo mantenimiento, vigorosidad en su crecimiento, adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y ambientales, alto potencial de desarrollo foliar y cualidades estéticas. En el contexto del ahorro energético las variedades vegetales utilizadas deben tener las debidas propiedades ópticas, es decir: buen índice de área foliar (LAI), y una baja transmisividad de las hojas para la radiación solar. Además, si bien durante períodos estivales el sombreado es un efecto deseado, éste puede ser perjudicial para el calentamiento solar pasivo durante épocas invernales, principalmente en las fachadas expuestas a la radiación solar en estos períodos, es decir, las orientadas al Este, Norte y Oeste. Para esta aplicación las variedades caducifolias toman valor, ya que la caducidad de las hojas en el invierno permitiría a la radiación llegar a las superficies construidas proporcionando el beneficio del calentamiento pasivo (Manso et al., 2015).

En el presente trabajo se determinaron experimentalmente las propiedades ópticas (transmitancia y reflectancia) espectrales para hojas de variedades vegetales de potencial uso como dobles fachadas verdes. Se estimaron también las transmitancias del follaje de estas variedades, para su futura utilización en modelos de simulación térmica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio espectrométrico de las hojas de dos variedades de enredaderas de interés para su uso como dobles fachadas verdes: *Parthenocissus quinquefolia* (Parra Virgen) y *Podranea Ricasoliana* (Bignonia Rosada). El barrido espectrométrico se realizó con un espectrómetro Licor LI-1800. Se realizaron medidas de reflectancia y transmitancia espectral para hojas en distintos estadios de crecimiento a lo largo de distintas épocas del año.

### *Espectrorradiómetro Licor LI-1800.*

El LI-1800 es un espectrorradiómetro controlado por microprocesadores que permite la adquisición de datos espectrorradiométricos, radiométricos y fotométricos para longitudes de onda entre los 400 y 1100nm. Su receptor óptico es un coseno corrector de cúpula de teflón con un campo de visión de 180°. El monocromador está compuesto por una rejilla de difracción holográfica que separa la radiación en sus componentes y previamente una rueda con 7 filtros para eliminar los componentes armónicos fuera de banda. Una muestra opaca provee la señal oscura que es sustraída automáticamente luego de cada barrido. Su detector consiste en un fotodiodo de silicio trabajando en modo fotovoltaico. Para experiencias de laboratorio es posible utilizar una esfera integradora que permite la colección del total de la radiación reflejada o transmitida. La esfera integradora utilizada es el modelo 1800-12, con el interior revestido de sulfato de bario para una alta reflexión y difusividad interna. A partir de tres configuraciones distintas del montaje entre la esfera integradora, el espectrorradiómetro y la fuente de luz se obtienen mediciones que permiten calcular las propiedades ópticas de una muestra (reflectancia, transmitancia y absorptancia).

La Figura 1 muestra un diagrama de la esfera integradora y del montaje experimental del espectrorradiómetro Licor LI-1800 con una fuente de luz externa.

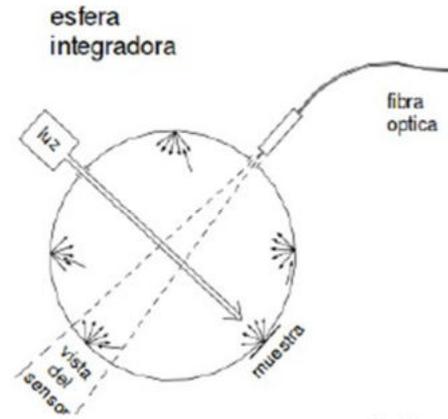


Figura 1: Montaje del espectrorradiómetro con una fuente de luz externa y la esfera integradora.

#### *Las enredaderas estudiadas.*

Se estudió la reflectancia y transmitancia de hojas de dos tipos de enredaderas que poseen características deseables para su utilización como dobles fachadas verdes. Para la elección de las enredaderas a estudiar se buscaron variedades que posean ciertas características consideradas deseables: que estén adaptadas al clima local; que pierdan sus hojas en el invierno para permitir la entrada de luz; que presenten un rápido desarrollo foliar y elevado índice de área foliar (LAI); que no necesiten demasiado mantenimiento; y que puedan crecer sobre estructuras metálicas como mallas, rejas o pérgolas (Manso et al., 2015). A partir de estas premisas se eligieron las dos enredaderas a estudiar: una Bignonia Rosada (*Podranea Ricasoliana*) y una Parra Virgen (*Parthenocissus quinquefolia*).

La *Podranea Ricasoliana* es una enredadera de la familia de las Bignonias, de gran densidad de follaje que no requiere condiciones especiales de cultivo y se desarrolla con alta exposición solar sobre vallas o cercos. Presenta flores en los períodos cálidos y un gran desarrollo foliar durante gran parte del año. A pesar de considerarse una planta perenne, en la zona de Salta la *Podranea* pierde las hojas alrededor del solsticio de invierno a causa de las bajas temperaturas, y vuelve a desarrollarlas antes de la primavera.

La Parra Virgen o Viña de Virginia es una enredadera leñosa que presenta hojas caducas compuestas por cinco folíolos. Es una planta tradicionalmente utilizada para cubrir fachadas que presenta como atractivo ornamental la coloración rojiza de sus hojas en otoño. Presenta también un rápido desarrollo, pocas exigencias y alta adaptabilidad a diversas condiciones tanto de luz como de temperatura. En nuestra zona de estudio cambia la coloración de sus hojas a mediados de otoño y las pierde a todas antes del solsticio de invierno. Con las primeras temperaturas cálidas a fines del invierno comienzan a aparecer los nuevos brotes.

#### *Mediciones experimentales.*

Se realizaron varias instancias de medición en distintas épocas del año y en cada una de ellas se eligieron varias muestras de hojas en diferentes estados de edad fisiológica.

A partir de los datos medidos en las distintas configuraciones del espectrorradiómetro se calcularon los valores promedio de la transmitancia y reflectancia espectrales de las hojas de ambas variedades, y para sus distintas edades. Para conocer el comportamiento óptico in-situ de las hojas, los valores espectrales calculados fueron integrados pesándolos con un espectro solar de referencia para calcular numéricamente el valor de las correspondientes transmitancias y reflectancias solares de las distintas muestras.

El espectro solar de referencia utilizado fue el ASTM G173-03, para una inclinación global de 37° respecto a la horizontal, orientado hacia el sol y con una irradiancia total integrada de 1000,4 W/m<sup>2</sup> (NREL, 2012). Este es un espectro de referencia normalmente utilizado para la determinación de propiedades ópticas de equipos fotovoltaicos.

Las reflectancias y transmitancias solares totales fueron calculadas según las siguientes ecuaciones:

$$R = \frac{\int \rho(\lambda) I(\lambda) d\lambda}{\int I(\lambda) d\lambda} \quad T = \frac{\int \tau(\lambda) I(\lambda) d\lambda}{\int I(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

donde  $\rho$  y  $\tau$  son la reflectancia y transmitancia, respectivamente, de la muestra para la longitud de onda  $\lambda$  e  $I$  es la irradiancia espectral solar incidente para esa longitud de onda.

#### *Podranea Ricasoliana*

Las hojas de Bignonia Rosada se estudiaron en dos estaciones: primavera y verano. En primavera se recolectaron hojas en las tres edades fisiológicas: juveniles, maduras y senescentes. En verano sólo se encontraron hojas juveniles y maduras. Para cada instancia de medición se recolectaron al menos 5 muestras de las hojas representativas de cada edad.

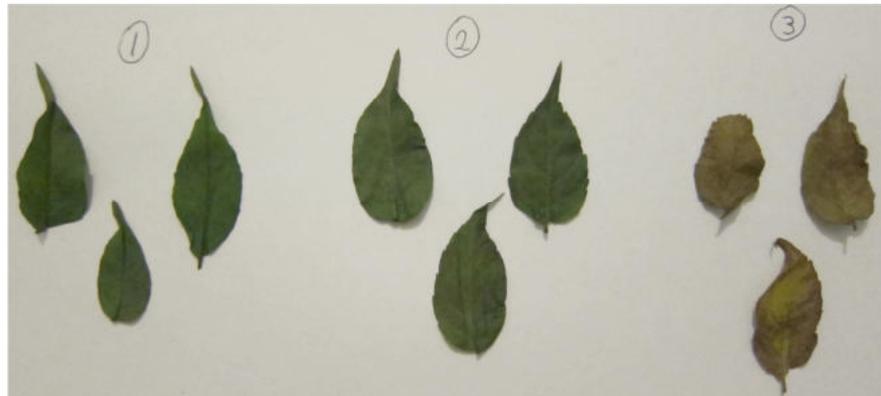


Figura 2: Hojas de *Podranea Ricasoliana*, de izquierda a derecha: juveniles, maduras y senescentes.

#### *Parthenocissus quinquefolia*

Las hojas de la Parra Virgen se estudiaron en las estaciones de verano y otoño, ya que por haber sido recientemente transplantada tardó en presentar brotes y no se consiguieron hojas desarrolladas en primavera. Durante el verano se encontraron hojas juveniles y maduras. En el otoño no produce brotes de nuevas hojas por lo que sólo presentó hojas maduras, senescentes (color rojizo) y hojas en transición entre estas dos edades.

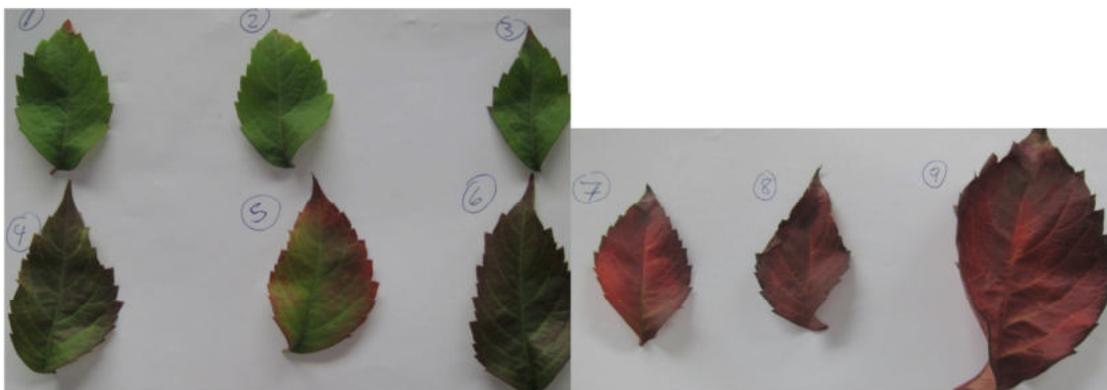


Figura 3: Hojas de *Parthenocissus quinquefolia* en otoño: maduras (arriba izq.), en transición (abajo izq.) y senescentes (der.)

### *Intercepción de la radiación solar de las fachadas verdes*

Para conocer la interacción entre la radiación solar en las longitudes de onda visibles, a partir de los datos de reflectancia y transmitancia de las hojas, se utilizaron los modelos simplificados propuestos por Palomo del Barrio (Palomo del Barrio, 1998) basados en los trabajos de Goudriaan (Goudriaan, 1977). En estos trabajos se simplifica la estructura foliar de la planta, generalizando las distribuciones angulares de las hojas, para radiación de onda corta incidente. Así, la radiación de onda corta transmitida por un follaje es la radiación que no ha sido interceptada o la que ha sido transmitida o reflejada hacia adentro por alguna hoja. De esta manera, la transmitancia en onda corta del follaje  $\tau_s$  es dependiente del índice de área foliar (LAI) y puede ser representada por una exponencial decreciente (Stanghellini, 1983):

$$\tau_s = \exp(-k_s LAI) \quad (2)$$

donde  $k_s$  es el coeficiente de extinción, que es una función de las propiedades ópticas de las hojas. Este coeficiente de extinción puede aproximarse como (Goudriaan, 1977):

$$k_s = [(1 - \tau_h)^2 - \rho_h^2]^{1/2} k_l \quad (3)$$

donde  $\tau_h$  y  $\rho_h$  son las transmitancias y las reflectancias de las hojas para las longitudes de onda solares, y  $k_l$  es el coeficiente de extinción del follaje en las longitudes de onda largas. En este rango de longitudes de onda el follaje se comporta como 'hojas negras' es decir, solo lo atraviesa la radiación que no ha sido interceptado ni una sola hoja en su trayecto (Palomo del Barrio, 1998). El coeficiente de extinción  $k_l$  puede estimarse para distribuciones angulares de las hojas en forma generalizada. Para el caso de las enredaderas en cuestión las hojas tienen una distribución angular predominantemente vertical, así el valor de  $k_l$  se estima como 0,436 (Goudriaan, 1977).

Este modelo simple fue incluido en una simulación implementada en Python, como una primera aproximación al comportamiento radiativo en las longitudes de onda visibles para las fachadas verdes. El objetivo es aproximar la radiación visible que atravesará el follaje, que en el caso de una doble fachada verde, representa la luz que llega del lado sombreado, es decir, a la envolvente edilicia. Para el balance energético total es necesario tener en cuenta las longitudes de onda largas, y las contribuciones térmicas debidas a la convección del aire en el exterior, dentro del follaje, y en la cara interior, como así también la evapotranspiración de las hojas.

En los últimos años se han propuesto nuevos métodos simplificados para su aplicación sobre follajes con desarrollo vertical, que prescinden del valor del LAI, tomando un nuevo parámetro denominado coeficiente de sombreado o de biosombreado (Ip et al., 2010).

## **RESULTADOS**

Se muestran a continuación los resultados encontrados para las reflectancias y transmitancias espectrales para las hojas en las diferentes épocas y en las distintas etapas de su ciclo. Se muestran los resultados integrados de las reflectancias y transmitancias solares, para el rango de longitudes de onda visibles.

### *Parra Virgen*

Las hojas de la Parra Virgen se estudiaron en verano y en otoño. En verano solo se encontraron hojas en estado juvenil y maduro. En el otoño, por el contrario, no se encontraron hojas juveniles, solo hojas en estado maduro y senescente, y en estado intermedio entre estos últimos que llamamos de transición. Se muestran a continuación los resultados espectrales obtenidos para el rango visible de longitudes de onda:

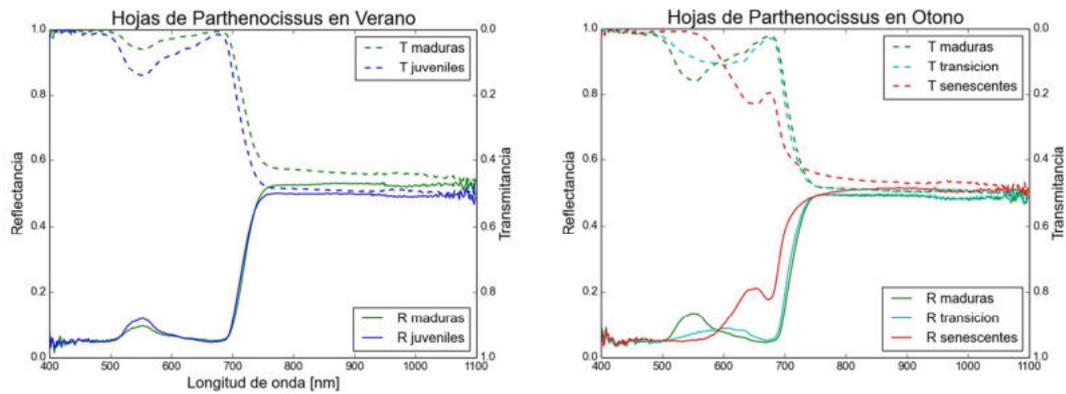


Figura 4: Reflectancias y transmitancias espectrales de hojas de *Parthenocissus* en verano (izquierda) y otoño (derecha). La línea completa representa las reflectancias y la línea de puntos las transmitancias. Los colores: hojas juveniles en azul, maduras en verde, senescentes en rojo y en transición en cian.

Utilizando el espectro solar de referencia se calculó mediante las ecuaciones (1) las reflectancias y transmitancias solares para la Parra Virgen en los distintos estadios. Este cálculo se realizó a través de una integral numérica implementada en Python.

	Hojas	Reflectancia Solar	Transmitancia Solar
<b>Parthenocissus Verano</b>	Juveniles	0.2090	0.1995
	Maduras	0.2145	0.1586
<b>Parthenocissus Otoño</b>	Maduras	0.2125	0.2092
	Transición	0.2116	0.2056
	Senescentes	0.2402	0.2104

Tabla 1: Valores integrados de las reflectancias y transmitancias de hojas de *Parthenocissus quinquefolia* para el espectro solar.

#### *Podranea Ricasoliana*

Las hojas de *Bignonia Rosada* fueron estudiadas en primavera y en verano. En la primavera se encontraron hojas en las tres edades fisiológicas: juveniles, maduras y senescentes. Mientras que en el verano sólo se encontraron hojas juveniles y maduras.

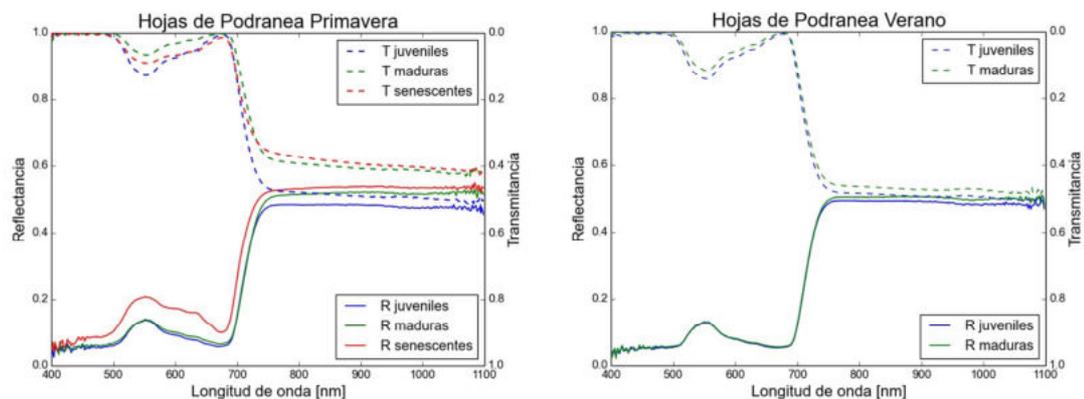


Figura 5: Reflectancias y transmitancias espectrales de hojas de *Podranea* en primavera (izquierda) y verano (derecha). La línea completa representa las reflectancias y la línea de puntos las transmitancias. Los colores: hojas juveniles en azul, maduras en verde y senescentes en rojo.

Con los valores espectrales de reflectancia y transmitancia nuevamente se calcularon las integrales totales para obtener los valores con respecto al espectro solar.

	Hojas	Reflectancia Solar	Transmitancia Solar
<b>Podranea Primavera</b>	Juveniles	0.2115	0.1975
	Maduras	0.2162	0.1827
<b>Podranea Verano</b>	Juveniles	0.2143	0.1946
	Maduras	0.2292	0.1490
	Senescentes	0.2693	0.1574

Tabla 2: Valores integrados de las reflectancias y transmitancias de hojas de *Podranea Ricasoliana* para el espectro solar.

De las curvas puede observarse que ambas variedades presentan un comportamiento espectral selectivo, presentando mayores transmitancias a partir de 700 nm (cercasas a 0,5) que indican un mayor porcentaje de la radiación transmitida en las longitudes de onda largas del espectro visible.

#### Intercepción de la radiación visible.

Utilizando los modelos propuestos a través de las ecuaciones (2) y (3) se calcularon mediante una rutina en Python las transmitancias totales del follaje para diferentes valores del LAI y con los valores de reflectancias y transmitancias de hojas de diferentes edades fisiológicas. Se hizo variar el LAI entre 0 (enredadera sin hojas) y 5 (enredadera con completo desarrollo foliar). Cabe aclarar que si bien para estas variedades de plantas el índice de área foliar puede superar el valor que tomamos como máximo, teniendo en cuenta que las enredaderas utilizadas como dobles fachadas verdes no pueden desarrollarse excesivamente, sino que necesitan podas regulares variables según la especie. Un valor de LAI de 5 puede considerarse como una cota máxima para el esperable desarrollo in-situ de las plantas en consideración (Pérez et al., 2017).

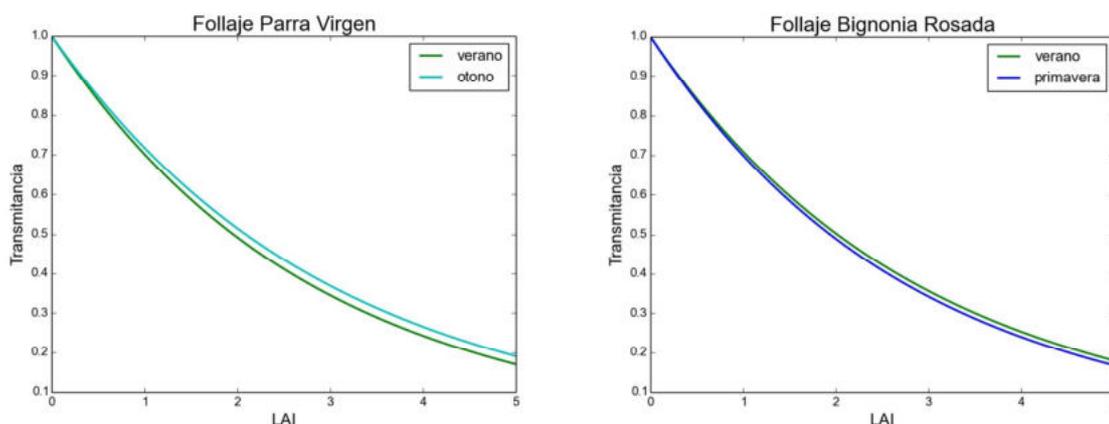


Figura 6: Transmitancia total para el espectro solar del follaje de *Parthenocissus quinquefolia* (izquierda) y *Podranea Ricasoliana* (derecha) para valores variables del LAI, con hojas maduras en dos estaciones distintas. En azul se presentan los valores para primavera, verde para verano y cyan para otoño.

Se puede observar que para valores máximos del LAI la transmitancia total de ambas enredaderas se sitúa alrededor de 0,2. Este valor está en concordancia con los estudios similares: Ip estudió la transmitancia total de una fachada de *Parthenocissus quinquefolia* (Ip et al., 2010) y Sulaiman hizo lo correspondiente con una fachada experimental de *Anemopaegna chamberlaynii*, enredadera tropical de la familia de las Bignoniaceas (Sulaiman et al., 2013).

## CONCLUSIONES

Se midieron las transmitancias y reflectancias espectrales de hojas de *Parthenocissus quinquefolia* y *Podranea Ricasoliana* para hojas de distintas edades fisiológicas y en distintas épocas del año. A partir de estas mediciones se calculó la transmitancia y reflectancia total solar utilizando un espectro solar de

referencia. Se estimó mediante un modelo simple, pero validado de larga data, las transmitancias totales para un follaje compuesto por dichas hojas, para diferentes valores de LAI.

Para *Parthenocissus quinquefolia* se encontró que las reflectancias totales varían alrededor de un 5% entre las distintas edades fisiológicas y épocas del año. Mientras que para la transmitancia se producen mayores variaciones (30%). En particular, las hojas juveniles presentan mayor transmitancia (0,199) que las maduras en el verano (0,156), y en el otoño los valores se acercan entre sí, aumentando para las hojas maduras (0,209). Con respecto a la transmitancia total del follaje para un mismo valor de LAI resultó menor para el verano. Para esta variedad de enredadera se aprecian cambios significativos en los valores espectrales de las hojas senescentes, reflejado en el hecho del cambio de coloración de las hojas en otoño.

Para *Podranea ricasoliana* la reflectancia varió un 5% entre las distintas edades y estaciones, y la transmitancia presentó variaciones de hasta 30%, teniendo el menor valor la transmitancia de hojas maduras en verano (0,149). Las transmitancias del follaje completo de hojas maduras para un mismo valor del LAI presentaron menores variaciones entre la primavera y el verano, en este caso el follaje de verano resultó con una mayor transmitancia.

Los valores obtenidos para la transmitancia del follaje están en concordancia con trabajos encontrados en la literatura que estudian estas propiedades para *Parthenocissus quinquefolia* y variedades emparentadas (Ip et al. 2010; Pérez et al., 2017) y variedades de la familia Bignoniácea como *Anemopaegna chamberlaynii* (Sulaiman et al., 2013).

El estudio nos deja entrever que ópticamente las enredaderas elegidas se comportan según lo esperado para su utilización como dobles fachadas verdes. Para follajes totalmente desarrollados de estas variedades, con un LAI de 4 (Pérez et al., 2017) la energía radiante de longitud de onda corta transmitida ronda el 20% de la radiación incidente. Si tenemos en cuenta que en las longitudes de onda largas el follaje puede considerarse como un objeto opaco a la radiación (Palomo del Barrio, 1998), entonces el sombreado debido a la presencia de la doble fachada verde sería muy efectivo.

Se puede concluir que estas dos variedades presentan buenas condiciones para ser utilizadas como dobles fachadas verdes.

El modelo de transmisión de radiación presentado es un modelo simplificado, que a partir de datos espectrométricos medidos permite servir como entrada para modelos de simulación térmica integrales que pueden aplicarse a fachadas verdes, como el presentado en la ref. (Flores Larsen et al., 2015).

Como proyección a futuro se trabajará en el desarrollo un modelo más complejo de la transmisión de radiación del follaje para la simulación térmica del edificio. Este modelo complejizado será comparado con el ya estudiado, y luego será validado con mediciones experimentales de radiación incidente y transmitida en un prototipo experimental de doble fachada verde construido en el campus del INENCO y sobre una enredadera ya crecida en el campus de la Universidad Nacional de Salta, de las variedades aquí presentadas. Se espera además poder determinar una relación validada experimentalmente entre el índice de área foliar (LAI), utilizado ampliamente en la literatura existente, y el coeficiente de biosombreado (Ip et al., 2010). Se planea también realizar mediciones espectrales con instrumentación más actualizada para determinar las características ópticas de las hojas en las longitudes de onda visibles e infrarrojas, y tener la posibilidad de extender el estudio a porcentajes mayores del espectro de la radiación solar incidente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue financiado a través del proyecto PICT-2014-2605.

La utilización del espectrorradiómetro Licor LI-1800 fue cortesía del Dr. Ricardo Echazú.

## REFERENCIAS

Flores Larsen S., Filippín C. y Lesino G. (2015). Modeling double skin green facades with traditional thermal simulation software. *Solar Energy* 121, pp. 56–67.

Goudriaan I. *Crop micrometeorology: a simulation study*, pp. 12-30. Simulation Monographs, Pudoc. Wageningen.

Ip K., Lam M. y Miller A. (2010). Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy. *Building and Environment* 45, pp. 81–88.

Manso M., Castro-Gomes J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41, pp. 863–871.

Ministerio de Energía y Minería, República Argentina (2017). [http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/energia\\_en\\_gral/balances\\_2016/documento-metodologico-balance-energetico-nacional-final-2015.pdf](http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_2016/documento-metodologico-balance-energetico-nacional-final-2015.pdf)

NREL, 2012. <http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am1.5/astmg173/astmg173.html>

Palomo del Barrio E. (1998). Analysis of the green roofs cooling potential in buildings. *Energy and Buildings* 27, pp. 179-193.

Perez G., Coma J., Sol S. y Cabeza L. S. (2017). Green facade for energy savings in buildings: The influence of leaf area index and facade orientation on the shadow effect. *Applied Energy* 187, pp. 424–437.

Sheweka S. M., Nourhan M. M. (2012). Green Facades as a New Sustainable Approach Towards Climate Change. *Energy Procedia* 18, pp. 507 – 520

Stanghellini C, (1983). Radiation absorbed by a tomato crop in a greenhouse. Institute of Agricultural Engineering (IMAG). Research Report, Wageningen.

Sulaiman M. K. A. M., Jamil M., Zain M. F. M., Kuttler W. y Shahidan M. F. (2013). Shading performance of tropical climbing plant *Anemopaegma chamberlaynii* on green facade. International Sustainable Tropical Environmental Design Conference 2013, Malaysia.

## ABSTRACT

The objective of this work is the study of the optical properties of leaves and canopy of climbing plant with potential use on green facades. Two varieties were selected for their suitable characteristics: *Parthenocissus quinquefolia* and *Podranea Ricasoliana*. The optical reflectance and transmittance of the leaves were studied in the visible spectrum with a Licor LI-1800 spectroradiometer. The total solar reflectance and transmittance was calculated using a reference solar spectrum. A simplified model was used to estimate the total canopy transmittance depending on the leaf area index. The study was made from leaves in different physiological age and in different seasons. The results were in concordance with previous studies of similar varieties found in literature.

**Keywords:** green facades, spectrometry, transmittance, reflectance.