

Rev. FCA UNCUYO. 2013. 45(1): 11-25. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

# Fotocontrol de la productividad y elongación de tallos de tres cultivares de *Rosa x hybrida* L. bajo cubiertas de polietileno fotoselectivas

## Photocontrol of productivity and stem elongation of three *Rosa x hybrida* L. cultivars under photoselective films

Libertad Mascarini <sup>1</sup>

Gabriel A. Lorenzo <sup>1</sup>

Marcelo L. Burgos <sup>2</sup>

Originales: Recepción: 02/03/2012 - Aceptación: 27/09/2012

### RESUMEN

Se evaluaron los cambios en la radiación transmitida a través de films fotoselectivos (FS) fluorescentes y el impacto de estos cambios sobre la producción de tres cultivares de rosa para corte Fuego Negro, Maroussia y Anna. Se observó que los FS nuevos o expuestos a la radiación solar vs. noFS disminuyen la transmisión de radiación azul (A) (-28,4 a -32,9%, respectivamente), incrementan el R produciendo una relación R:RL mayor (+3,6%), si bien transmiten algo menos de radiación fotosintéticamente activa que los noFS nuevos. El número de rosas producidas fue significativamente mayor bajo el FS vs. noFS en los tres cv (+24, +32 y +36% en Anna, Fuego Negro y Maroussia, respectivamente), con un peso fresco y seco (PF y PS) significativamente mayor y tallos florales más largos en Anna y Maroussia (50,69 y 43,91 cm vs. 38,91 y 40,04 cm en invierno y primavera, respectivamente), y pimpollos significativamente más largos y de mayor PF y PS en los tres cv. Mayor relación R:RL y menor UV-A y B en la radiación transmitida por films FS aumentaron la cantidad y calidad de determinados cultivares de rosas mostrando una alternativa a los reguladores químicos de crecimiento.

### ABSTRACT

This research evaluate changes in the radiation transmitted through a photoselective, fluorescent polyethylene film (PS), and the impact of these changes on the production of three cut rose cultivars, Fuego Negro, Maroussia and Anna. PS vs. nonPS films, new or exposed to solar radiation, decreased transmission of blue radiation (-28.4 to -32.9%, PS-new and PS-old, respectively), increased red radiation, resulting in a R:FR ratio greater 3.6% than for nonPS, although, PS-new and PS-old films transmitted a smaller percentage of PAR than non-PS-new (-16.6 and -22.4%, respectively). The number of roses harvested was significantly higher under PS vs. nonPS film for the three cultivars (+24, +32 and +36% flowers m<sup>-2</sup>, in Anna, Fuego Negro and Maroussia, respectively), with significantly higher fresh weight (FW) and dry weight (DW), longer floral stems in Anna and Maroussia (50.69 and 43.91 cm vs. 38.91 and 40.04 in winter and spring, respectively) and buds significantly longer and higher FW and DW in the three cv. Higher R:FR and lower UV-A and B radiation of PS greenhouse covers increased quantity and quality of some of these rose cultivars featuring an alternative to chemical growth regulators.

### Palabras clave

RFA • R:RL • radiación azul • UV-A • rosa

### Keywords

RFA • R:FR • blue and UV-A radiation • rose

- 1 Cátedra de Floricultura. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina. C1417DSE. [Imascari@agro.uba.ar](mailto:Imascari@agro.uba.ar)
- 2 Tesista de grado. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

## INTRODUCCIÓN

La rosa (*Rosa x hybrida* L.) es el cultivo de mayor importancia comercial en el mercado internacional con alta preferencia por las flores de tallos largos y pimpollos grandes (18, 28). La producción de rosas de corte depende marcadamente de los niveles de irradiancia en el invernadero (30). La calidad o la distribución espectral de la luz puede influenciar el largo de entrenudos, la iniciación y el desarrollo floral (23). La relación de fotones entre la región del rojo (R) y rojo lejano (RL) del espectro (relación R:RL) ha sido comúnmente usada para describir cuantitativamente las respuestas fitocromomediadas, tales como la elongación de tallos. Por manipulación de la luz R y RL en los invernaderos se puede controlar la altura de una amplia gama de cultivos (20, 25). Menor relación R:RL y radiación azul (A) en el ambiente lumínico del canopeo, en comparación con el ambiente exterior, contribuyen a la elongación de los tallos florales en rosa de corte (14). Alta proporción de luz A participa en la inhibición de la extensión del tallo y en la inducción floral en algunas plantas de día largo (29) y en el acortamiento de entrenudos en *Cyclamen persicum* (13). Reduciendo la luz A el largo del tallo de rosas es mayor sin afectar la calidad del pimpollo y aplicando luz R el número de tallos florecidos es mayor que con luz RL por promoción del desarrollo de yemas axilares (11). Si hay vegetación circundante, baja la relación R:RL en comparación con la luz sin filtrar, y causa una reducción en la proporción de fitocromos que están en la forma activa (Pfr) y esta reducción, a su vez, estimula la elongación del tallo (1) y de pecíolos de hojas en *Arabidopsis thaliana* (2). Asimismo, alta relación R:RL inhibiría la elongación del tallo floral (3) y promovería la floración sólo en algunos cultivares de crisantemo (*Dendranthema x grandiflora* Kitam.) (16, 19).

A fin de optimizar la cantidad y calidad de luz para el crecimiento de las plantas, se desarrollaron nuevos materiales fotoselectivos para cubiertas de invernaderos conteniendo diferentes pigmentos fluorescentes y entre estos, los que muestran fluorescencia entre 600-690 nm, incrementan la relación R:RL en un 10% (9). Films fotoselectivos que absorben la luz RL son efectivos para reducir la elongación y lograr una producción más compacta de pepino (*Cucumis sativus* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.) y plantines de tomate *Solanum lycopersicum* L. (21), como así también de distintos cultivares de crisantemo (10), pero no produjeron la misma reducción en altura en distintos cultivares de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) que en otros cultivos ornamentales estudiados previamente por Wilson y Rajapakse (29).

Existe en el mercado una cubierta con aditivos fluorescentes que presenta un comportamiento diferencial respecto de la conversión de luz UV en R (8) e incrementa la R:RL independientemente de las condiciones del cielo, nublado o despejado, aumentando el rendimiento de tallos de clavel cosechados a fin de otoño, primavera y verano y el largo de tallos, especialmente en primavera (12). Destro y De Corte (4) reportaron la obtención de tallos más largos y gruesos y pimpollos más grandes y/o mejora de la precocidad bajo dicha cubierta, respecto de otra no fotoselectiva, en la producción de rosas en diferentes regiones del mundo y en distintos cultivares. Es conocido que la radiación ultravioleta (UVR, 280 - 400 nm) reduce la tasa de fotosíntesis (7) y la radiación UV-A (315-380 nm) es capaz de inhibir la fotosíntesis (26). Turcsányi & Vass (27) demostraron que la radiación UV-A tiene

efectos dañinos sobre el complejo PSII, afectando la transferencia de electrones, con un mecanismo similar al inducido por la radiación UV-B aunque su daño es menor.

Por lo expuesto, el uso de cubiertas de invernaderos fotoselectivas puede ser un camino efectivo y una alternativa al uso de reguladores químicos (20, 25).

Se parte de la hipótesis que un aumento en la relación R:RL y una disminución en el A provocan un incremento en el número de flores producidas y mejoran su calidad logrando un mayor largo de tallo y pimpollo. Los objetivos de la investigación fueron analizar los cambios en la calidad e intensidad de la radiación transmitida por un film de polietileno fotoselectivo fluorescente y estudiar su impacto en: i) productividad (n° de tallos florales/m<sup>2</sup>) y ii) calidad (largo, peso fresco y seco de tallos y pimpollos) de tres cultivares de rosa para corte, respecto de los mismos creciendo bajo polietileno de características mecánicas y térmicas similares, pero sin efecto fotoselectivo, en las condiciones de cultivo de Buenos Aires, Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó en un cultivo hidropónico de rosas para corte bajo invernadero ubicado en Buenos Aires (34°55' LS, 58°29' LO y 25 m s. n. m.), Argentina. Se evaluaron los cultivares de *Rosa x hybrida* Fuego Negro, Maroussia y Anna, injertados sobre pie *R. manetti*, en el 5° año de realizada su plantación. Las plantas se ubicaron en canteros de 0,50 m x 40 m, en sustrato perlita, con 2 filas de plantas/cantero a 0,20 m de distancia entre plantas en la fila, con una densidad de 6 plantas m<sup>-2</sup> cubierto y una variedad por invernadero. Se aplicó calefacción por aire caliente cuando la temperatura fue inferior a 14°C.

Se utilizaron seis invernaderos, con dos tipos de cubierta de polietileno térmico de larga duración de 150 micrones (Agrinplex®): 1) noFS (Testigo), film no fotoselectivo, tres invernaderos, y 2) FS, film fotoselectivo luminiscente (SmartLight® RL 1000, Ciba®), tres invernaderos. En las flores cosechadas bajo cada tipo de film, durante 6 meses se midió: cantidad de flores, largo, peso fresco y seco de tallos y pimpollos. En la producción de invierno y primavera se analizó el porcentaje de tallos mayores y menores a 50 cm de longitud (tallos largos y cortos, respectivamente).

La distribución espectral de la radiación transmitida a través de los diferentes films fue medida al inicio del experimento *in situ*, en el invernadero, con un Sensor Hiperespectral portátil ASD FieldSpec® Pro FR (ASD Inc.) en el rango de 177 - 882 nm, cada 0,40 nm. Las mediciones se realizaron colocando el sensor en tres posiciones: 1) cara interior del film y muy cercano al mismo, 2) altura media entre el techo y el cultivo, en el ambiente, 3) a nivel del canopeo, y se obtuvo un valor promedio de la radiación transmitida en las tres posiciones. Por otra parte, se evaluaron los films en el Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección (LART) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, sin exposición del material a la radiación solar (similar al momento de su colocación en invernadero) y al inicio del experimento (10 meses desde que se colocó el film), utilizando una lámpara con espectro de emisión entre 177 y 880 nm. La calidad de la luz transmitida

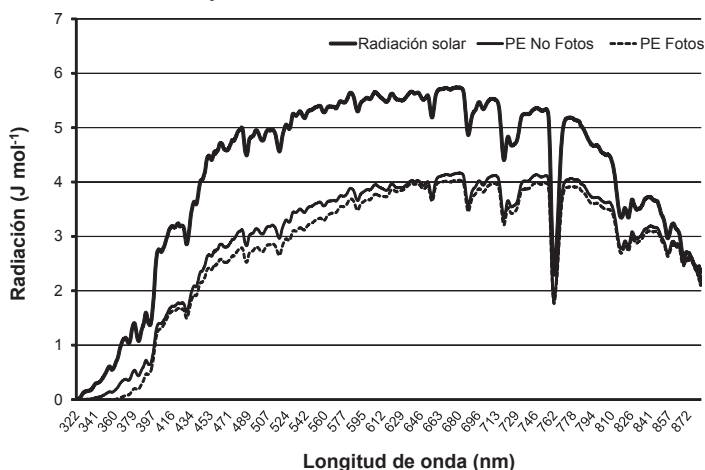
por los polietilenos se evaluó por el porcentaje de transmisión de radiación en las longitudes de onda del ultravioleta-A (UV-A, 320-400 nm), azul (A, 450 nm), rojo (R: 640 - 680 nm), rojo lejano (RL: 730 nm), relación R:RL y radiación fotosintéticamente activa (RFA, 400-700 nm).

El diseño experimental fue en bloques al azar con arreglo factorial, con tres repeticiones (3 bloques) por tratamiento y por variedad y 20 plantas por bloque. Los datos se analizaron estadísticamente a través de ANOVA con dos factores principales (variedad y film) y las medias se analizaron por test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando el programa estadístico InfoStat/Profesional 1.1 (5).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Calidad de radiación transmitida por los materiales de cubierta

En el figura 1 se muestran los espectros de la radiación solar al exterior y transmitida dentro del invernadero por los films FS y noFS con 10 meses de exposición a la radiación solar: ambos materiales disminuyen la transmisión de la radiación solar entre un 70 y 80%.



**Figura 1.** Espectros de la radiación solar directa entre 320 - 880 nm, y de la transmitida dentro del mismo por los films de polietileno con y sin efecto fotoselectivo (PE Fotos y noFotos), luego de 10 meses de exposición a la radiación solar, medidos al mediodía de un día soleado.

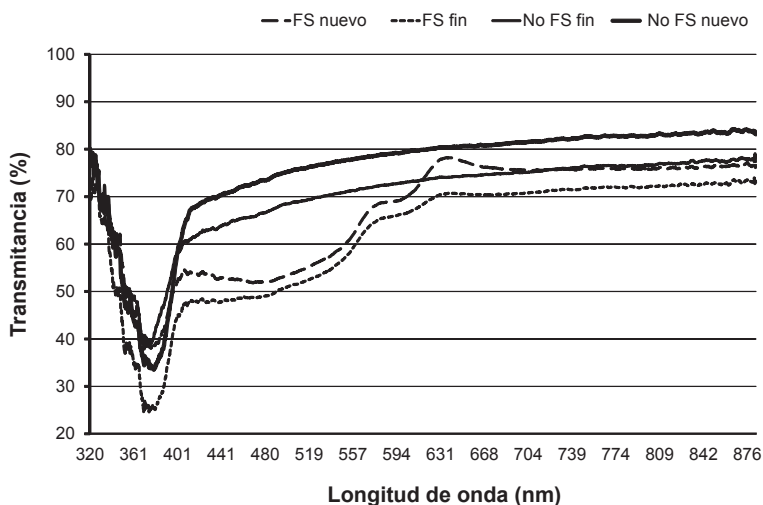
**Figure 1.** Solar radiation spectra between 320 - 880 nm and transmitted inside the greenhouse by the films with and without photoselective effect (PS-old and nonPS-old, respectively), after 10 months of exposure to the solar radiation, measured at noon one sunny day.

La evaluación en laboratorio del espectro de radiación transmitida por el film FS comparado con el noFS sin exposición y luego de 10 meses de exposición al sol, momento de inicio del ensayo, permite analizar la calidad de la radiación transmitida por ambos así como los cambios que sufrió el material. Ambos films presentan baja transmitancia de radiación UV-A, pero esta disminución es muy marcada en el film FS luego de 10 meses de exposición (-15,6% FSfin respecto de noFS nuevo).

Comparando los films FS con los noFS, se observa en el primero una marcada y constante disminución de transmisión de radiación A (-28,4 a -32,9%, FSnuevo y FSfin, respectivamente).

La disminución se continúa hasta alrededor de los 580 nm, y aumenta marcadamente en la zona del R para volver a disminuir en el RL, dando una relación R:RL de 1,02 a 0,98 en el FSnuevo y FSfin, respectivamente; el FS nuevo muestra una relación R:RL 3,6% mayor que el noFS, para luego disminuir a los 10 meses a un valor similar al noFS (0,98).

Los films FSnuevo y FSfin transmiten un porcentaje menor de RFA que el noFSnuevo (-16,6 y -22,4%, respectivamente), pero en el invernadero se observa una atenuación en la radiación transmitida en ambos tipos de films luego de 10 meses de exposición al sol (figura 2).



**Figura 2.** Transmittancia porcentual medida en laboratorio con una lámpara con espectro de emisión entre 320 - 880 nm, de films de polietileno con y sin efecto fotoselectivo al inicio (FS nuevo y noFS nuevo) y después de 10 meses de exposición (FS fin y noFS fin) a la radiación solar.

**Figure 2.** Transmittance of radiation (%) emitted by lamps with emission spectrum between 320 - 880 nm, measured in the laboratory, of films with and without photoselective effect (PS and nonPS) without y after 10 months of exposure to the solar radiation (new and old, respectively).

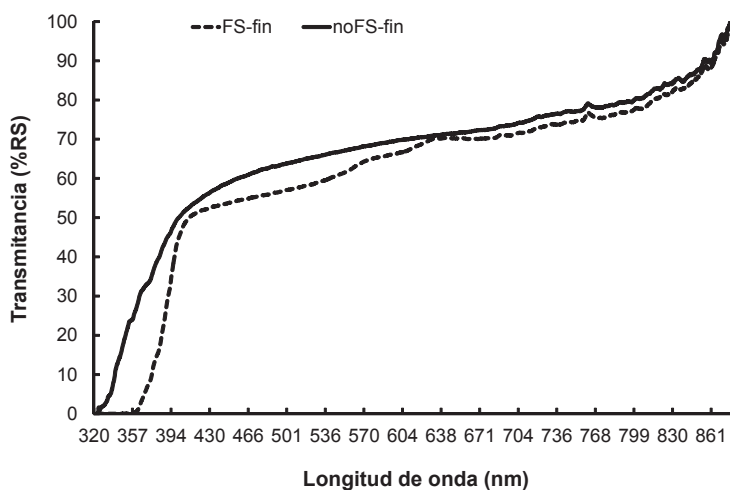
La evaluación *in situ* de la calidad de la radiación transmitida dentro del invernadero por los films con 10 meses de exposición, respecto de la radiación solar, muestra que el film FSfin respecto al noFS, transmite menos radiación UV-A y A (-83% y -45% FS fin vs. -64% y -39% noFS fin, respectivamente), la que tiene una mayor relación R:RL (1,01 vs. 0,98, respectivamente).

Ambos films disminuyen la transmisión de *RFA* respecto de la radiación solar (63%) (tabla 1 y figura 3; figura 4, pág. 17).

**Tabla 1.** Radiación transmitida dentro del invernadero por distintas cubiertas de polietilenos con y sin efecto fotoselectivos con 10 meses de exposición (FS final y noFS final, respectivamente) y porcentajes (%) respecto de la radiación solar, en los rangos de UV-A (320-340 nm), azul (A, 450 nm), relación rojo:rojo lejano (R:RL, 640-680 nm: 730-740 nm), *RFA* (400-700 nm)  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

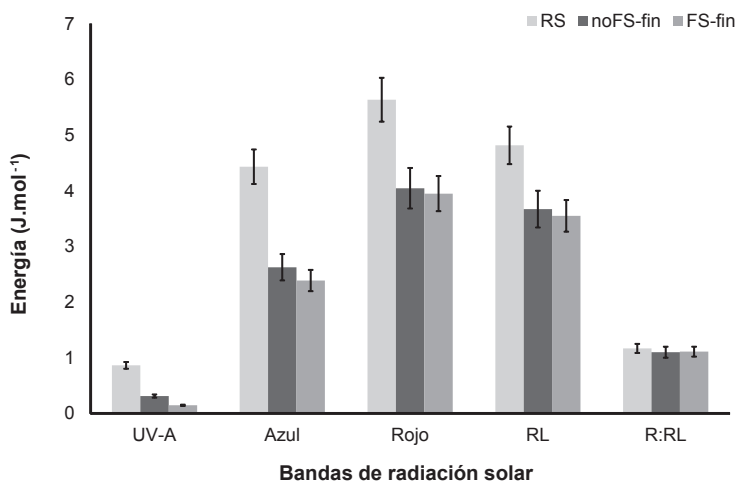
**Table 1.** Transmitted radiation inside the greenhouse by polyethylene films with and without photoselective effect, without and with 10 months of exposure to solar radiation (PS10months-old and nonPS10months-old, respectively) and wavelength range ultraviolet-A (UV-A, 320-340 nm), blue (B, 450 nm), red:fard red ratio (R:RL, 640-680 nm: 730-740 nm), photosynthetically active radiation (*PAR*, 400-700 nm), in  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  and percentage regarding of solar radiation (%).

Fuente de radiación	UV-A		A		R:RL		RFA	
	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	%	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	%	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	%	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	%
Solar	0,86	100	418,50	100	1,06	100	4336,06	100
FS final	0,15	17	229,70	55	1,01	95	2721,59	63
NoFS final	0,31	36	255,02	61	0,98	93	2894,20	67



**Figura 3.** Porcentaje de radiación transmitida (%), entre 320 - 880 nm, cada 0,40 nm, dentro del invernadero por los films con y sin efecto fotoselectivo (FSfin y noFSfin, respectivamente) luego de 10 meses de exposición a la radiación solar, respecto de la radiación solar directa. Los valores son promedios de tres mediciones de radiación.

**Figure 3.** Percentage of solar radiation transmitted (%) between 320 - 880 nm, every 0.40 nm, inside the greenhouse by the films after 10 months of exposure to the solar radiation, with and without photoselective effect (PS-old and noPS-old, respectively), measured at noon one sunny day. Average values of three measurements of radiation.



Letras distintas indican diferencias significativas  $P \leq 0,05$ , test de Tukey.

Different common letters above the columns indicate significant differences at  $P \leq 0.05$  according to Tukey's test.

**Figura 4.** Radiación transmitida dentro del invernadero por films de polietileno con y sin efecto fotoselectivos con 10 meses de exposición a la radiación solar (FSfin y noFSfin, respectivamente) en las bandas del UV-A (320-340 nm), azul (A, 450 nm), rojo (R, 640 - 680 nm), rojo lejano (RL, 730-740 nm) y relación rojo:rojo lejano (R:RL).

**Figure 4.** Transmitted radiation within the greenhouse through polyethylene films with and without photoselective effect, after 10 months of exposure to the solar radiation (PS-old and nonPS-old, respectively), in the wavelength ranges ultraviolet-A (UV-A, 320-340 nm), blue (450 nm), red (R, 640 - 680 nm), far red (FR, 730-740 nm) and red : far red ratio (R:FR).

#### Efecto de la cubierta fotoselectiva en la cantidad de rosas producidas

La cantidad total de rosas producidas (suma de la producción de invierno más la de primavera) fue significativamente mayor bajo la cubierta FS vs. la noFS en las tres variedades (29,8 vs. 24,1; 28,7 vs. 21,8 y 30,7 vs. 22,5 flores m<sup>-2</sup>, en Anna, Fuego Negro y Maroussia, respectivamente) pero estas diferencias fueron en la producción de invierno en Anna y Maroussia y en primavera en Fuego Negro.

El film FS produce un número significativamente mayor de flores de más de 50 cm tanto en invierno como primavera en Anna y Maroussia pero este número fue similar bajo ambos films en Fuego Negro.

Se observa interacción significativa entre variedad y film en la producción de primavera y/o invierno, lo que muestra que el efecto del film depende de la variedad de que se trate (tabla 2 y figura 5, pág. 18).

**Tabla 2.** Cantidad total de rosas producidas (flores m<sup>-2</sup>) y de flores con tallos >50 cm de largo (en %) en invierno (Inv) y primavera (Prim), en los cv Anna, Fuego Negro y Maroussia bajo polietilenos con y sin efecto fotoselectivo (FS y noFS, respectivamente).

**Table 2.** Effect of photosensitive films (PS) and not photosensitive films (nonPS), on total number of flowers (flowers m<sup>2</sup>) and flowers over 50 cm (%) in winter (W) and spring (S) production, in three cultivars of *Rosa x hybrida*, Anna, Fuego Negro and Maroussia.

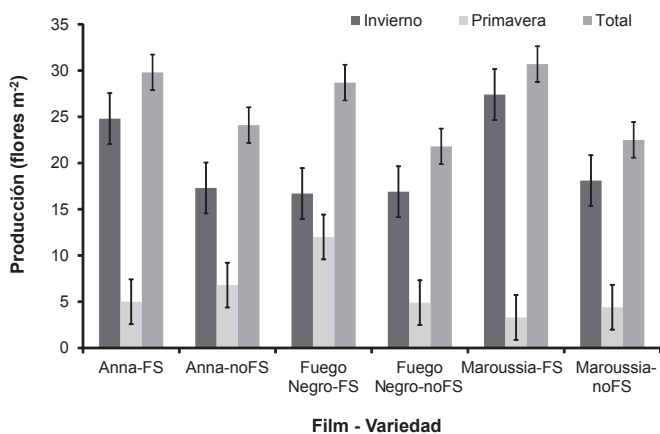
Cultivar	Film	Flores m <sup>-2</sup>				Flores > 50 cm (%)			
		Inv		Prim		Inv		Prim	
Anna	FS	24,8	a	5	b	55,2	a	27,0	a
	noFS	17,3	b	6,8	b	12,8	c	11,4	c
Fuego Negro	FS	16,7	b	12	a	28,3	b	12,7	b
	noFS	16,9	b	4,9	b	22,3	b	18,6	b
Maroussia	FS	27,4	a	3,3	b	58,7	a	42,4	a
	noFS	18,1	b	4,4	b	35,5	b	39,3	a
trat		**		ns		***		ns	
cv		*		ns		**		*	
trat x cv		ns		*		**		ns	

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

Los asteriscos indican la significancia del efecto de los factores (var: variedad y film) y de la interacción var x film. \* $P \leq 0,05$  \*\* $P \leq 0,01$  \*\*\* $P \leq 0,005$  o ns (no significativa).

NS, \*, \*\*, \*\*\*Non significant or significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01 or 0.005, respectively.

Values followed by the same common letter in a row for each cultivar are not significant different at  $P \leq 0.05$ . Cv.: cultivar.



Las barras indican la mínima diferencia significativa entre las medias ( $P \leq 0,05$ ).

Bars indicate the least significant difference between the means ( $P \leq 0.05$ ).

**Figura 5.** Cantidad total de rosas producidas (flores m<sup>-2</sup>) en invierno y primavera, en tres cultivares de *Rosa x hybrida* Anna, Fuego Negro y Maroussia bajo films de polietilenos con y sin efecto fotoselectivo (FS y noFS, respectivamente).

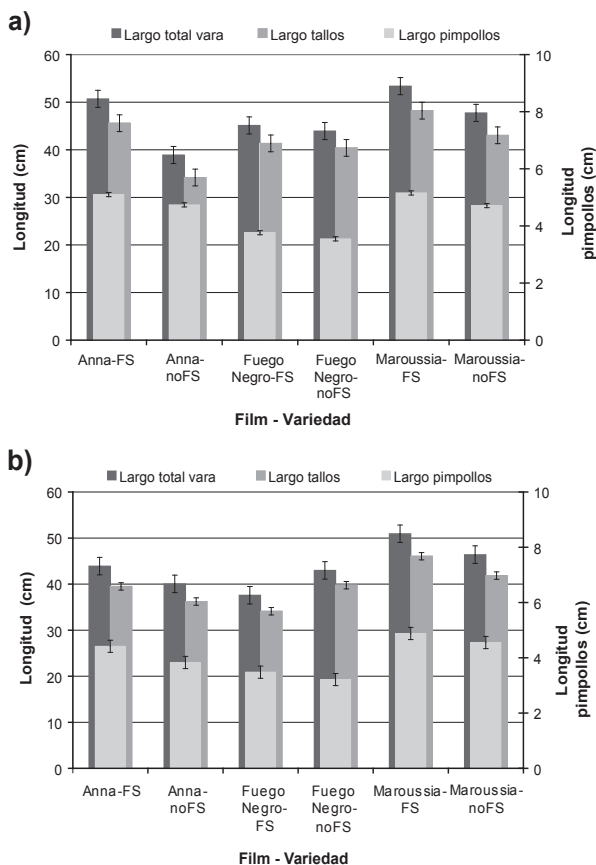
**Figure 5.** Effect of films photosensitive (PS) and not photosensitive (nonPS), on total number of flowers (flowers m<sup>2</sup>) and flowers in winter and spring production, in three cultivars of *Rosa x hybrida*, Anna, Fuego Negro and Maroussia.



### Efecto de la cubierta foselectiva en la calidad de rosas producidas

#### Longitud de los tallos y pimpollos de rosa

El film FS, comparado con el noFS, produce tallos florales más largos en Anna (50,69 y 43,91 cm vs. 38,91 y 40,04 cm invierno y en primavera) y en Maroussia (53,38 y 50,93 cm vs. 47,76 y 46,40 cm invierno y en primavera para FS vs. noFS, respectivamente). Este efecto no se observa en Fuego Negro en la cual el film FS no produce tallos más largos, indicado por la interacción significativa entre los factores film x variedad. Esta interacción no fue significativa cuando se analizan los pimpollos, ya que el film FS produce mayor longitud de pimpollo en las tres variedades tanto en invierno como en primavera (tabla 2, pág. 18 y figura 6 a-b).



Las barras sobre las columnas indican el error estándar de la diferencia ( $P \leq 0,05$ ).

Bars on the columns indicate the standard error of difference ( $P \leq 0.05$ ).

**Figura 6.** Efecto de films foselectivos (FS) y no foselectivos (noFS) sobre la longitud promedio (cm) de tallos, pimpollos y vara total de tres cultivares de *Rosa x hybrida* Anna, Fuego Negro y Maroussia: a) en invierno y b) en primavera.

**Figure 6.** Effect of films photoselective (PS) and not photoselective (nonPS) on stem, bud and total floral stem length average (cm), in three cultivars of *Rosa x hybrida*, Anna, Fuego Negro and Maroussia: a) in winter and b) in spring production.

### Peso fresco y seco de tallos y pimpollos de rosa

El film FS produce significativamente mayor PF y PS de la vara floral completa o sin pimpollo, tanto en invierno como en primavera, en Anna y Maroussia, siendo siempre mayores en invierno.

Estos valores fueron significativamente iguales en Fuego Negro, lo que se corresponde con una interacción significativa de los factores film x variedad.

En cambio, el film FS produce pimpollos de significativamente mayor PF y PS, tanto en invierno como en verano en las tres variedades (tabla 3 a; tabla 3 b, pág. 21).

**Tabla 3 a.** Efecto de films fotoselectivos (FS) y no fotoselectivos (noFS) sobre: a) Peso fresco (PF) y b) Peso seco (PS) promedio en gramos (g); c) Peso fresco específico (PF<sub>e</sub>) y d) Peso seco específico (P<sub>se</sub>) en g cm<sup>-1</sup> de tallos, pimpollos y vara total de los cultivares de *Rosa x hybrida* Anna, Fuego Negro y Maroussia agrupados por producción de invierno y primavera.

**Table 3 a.** The effect of films photoselective (PS) and not photoselective (nonPS) on: a) fresh weight (FW), b) dry weight (DW), c) specific fresh weight (FW<sub>s</sub>) and d) specific dry weight (DW<sub>s</sub>) in g cm<sup>-1</sup> of stem, bud and total floral stem, of three cultivars of *Rosa x hybrida* Anna, Fuego Negro and Maroussia, average of the winter (W) and spring (S) production.

Variedad	film	PF tallos (g)				PF pimpollos (g)				PF total (g)			
		Inv	sign.	Prim	sign.	Inv	sign.	Prim	sign.	Inv	sign.	Prim	sign.
Anna	FS	16,08	a	11,63	a	11,21	a	9,15	a	27,30	a	20,79	a
	noFS	10,57	b	8,52	b	10,13	b	7,39	b	20,70	b	15,91	b
Fuego Negro	FS	10,28	a	6,63	a	7,18	a	6,32	a	17,46	a	12,95	a
	noFS	9,24	a	7,96	a	6,53	b	5,52	b	15,77	a	13,48	a
Maroussia	FS	17,27	a	15,58	a	11,39	a	10,56	a	28,66	a	26,14	a
	noFS	13,90	b	12,94	b	10,05	b	9,56	b	23,94	b	22,50	b
	se diff		0,802		0,879		0,221		0,33		0,96		1,118
	cv		***		***		***		***		***		***
	film		***		***		***		***		***		***
	cv x film		***		***		ns		ns		***		***

Los asteriscos indican la significancia del efecto de los factores (var: variedad y film) y de la interacción cv x film. \* $P \leq 0,05$  \*\* $P \leq 0,01$  \*\*\* $P \leq 0,005$  o ns (no significativa).

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

NS, \*, \*\*, \*\*\* Non significant or significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01 or 0.005, respectively. Values followed by a common letter in a row for each cultivar are not significant different at  $P \leq 0.05$ . Cv.: cultivar; F: film.

La relación entre el peso y el largo de tallo floral (peso específico) muestra que el film FS vs. el noFS produce significativamente mayor PF y PS específico en las tres variedades, en tallos, pimpollos y en la vara completa. La excepción fue para Fuego Negro en el tallo y la vara floral completa donde en primavera fue significativamente igual (tabla 3 c, pág. 21; tabla 3 d, pág. 22).

**Tabla 3 b.** Efecto de films fotoselectivos (FS) y no fotoselectivos (noFS) sobre: a) Peso fresco (PF) y b) Peso seco (PS) promedio en gramos (g); c) Peso fresco específico (PFe) y d) Peso seco específico (Pse) en g cm<sup>-1</sup> de tallos, pimpollos y vara total de los cultivares de *Rosa x hybrida* Anna, Fuego Negro y Maroussia agrupados por producción de invierno y primavera.

**Table 3 b.** The effect of films photoselective (PS) and not photoselective (nonPS) on: a) fresh weight (FW), b) dry weight (DW), c) specific fresh weight (FWs) and d) specific dry weight (DWs) in g cm<sup>-1</sup> of stem, bud and total floral stem, of three cultivars of *Rosa x hybrida* Anna, Fuego Negro and Maroussia, average of the winter (W) and spring (S) production.

Variedad	film	PS tallos (g)				PS pimpollos (g)				PS total (g)			
		Inv	sign.	Prim	sign.	Inv	sign.	Prim	sign.	Inv	sign.	Prim	sign.
Anna	FS	3,98	a	2,96	a	1,23	a	1,10	a	5,21	a	4,06	a
	noFS	2,70	b	2,25	b	1,16	b	1,00	b	3,86	b	3,25	b
Fuego Negro	FS	2,67	a	1,82	a	0,98	a	0,93	a	3,65	a	2,75	a
	noFS	2,43	a	2,14	a	0,94	b	0,88	b	3,37	a	3,02	a
Maroussia	FS	4,25	a	3,87	a	1,24	a	1,19	a	5,49	a	5,06	a
	noFS	3,48	b	3,26	b	1,16	b	1,13	b	4,64	b	4,39	b
	se diff		0,186		0,203		0,014		0,02		0,195		0,217
	cv		***		***		***		***		***		***
	film		***		***		***		***		***		***
	cv x film		***		***		ns		ns		***		***

Los asteriscos indican la significancia del efecto de los factores (var: variedad y film) y de la interacción cv x film. \* $P \leq 0,05$  \*\* $P \leq 0,01$  \*\*\* $P \leq 0,005$  o ns (no significativa).

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

NS, \*, \*\*, \*\*\*Non significant or significant at  $P \leq 0,05$ , 0,01 or 0,005, respectively. Values followed by a common letter in a row for each cultivar are not significant different at  $P \leq 0,05$ . Cv.: cultivar; F: film.

**Tabla 3 c.** Efecto de films fotoselectivos (FS) y no fotoselectivos (noFS) sobre: a) Peso fresco (PF) y b) Peso seco (PS) promedio en gramos (g); c) Peso fresco específico (PFe) y d) Peso seco específico (Pse) en g cm<sup>-1</sup> de tallos, pimpollos y vara total de los cultivares de *Rosa x hybrida* Anna, Fuego Negro y Maroussia agrupados por producción de invierno y primavera.

**Table 3 c.** The effect of films photoselective (PS) and not photoselective (nonPS) on: a) fresh weight (FW), b) dry weight (DW), c) specific fresh weight (FWs) and d) specific dry weight (DWs) in g cm<sup>-1</sup> of stem, bud and total floral stem, of three cultivars of *Rosa x hybrida* Anna, Fuego Negro and Maroussia, average of the winter (W) and spring (S) production.

Variedad	film	PFe tallos (g/cm)				PFe pimpollos (g/cm)				PFe total (g/cm)			
		Inv	sign.	Prim	sign.	Inv	sign.	Prim	sign.	Inv	sign.	Prim	sign.
Anna	FS	2,196	a	0,289	a	0,351	a	2,045	a	0,542	a	0,470	a
	noFS	2,133	b	0,229	b	0,304	b	1,884	b	0,534	b	0,400	b
Fuego Negro	FS	1,901	a	0,183	a	0,241	a	1,808	a	0,383	a	0,341	a
	noFS	1,831	b	0,189	a	0,221	b	1,705	b	0,356	b	0,309	b
Maroussia	FS	2,206	a	0,332	a	0,356	a	2,154	a	0,539	a	0,510	a
	noFS	2,126	b	0,293	b	0,316	b	2,094	a	0,499	b	0,483	b
	se diff		0,017		0,013		0,008		0,033		0,009		0,014
	cv		***		***		***		***		***		***
	film		***		***		***		***		***		***
	cv x film		ns		**		*		ns		*		ns

Los asteriscos indican la significancia del efecto de los factores (var: variedad y film) y de la interacción cv x film. \* $P \leq 0,05$  \*\* $P \leq 0,01$  \*\*\* $P \leq 0,005$  o ns (no significativa).

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

NS, \*, \*\*, \*\*\*Non significant or significant at  $P \leq 0,05$ , 0,01 or 0,005, respectively. Values followed by a common letter in a row for each cultivar are not significant different at  $P \leq 0,05$ . Cv.: cultivar; F: film.

**Tabla 3 d.** Efecto de films fotoselectivos (FS) y no fotoselectivos (noFS) sobre: a) Peso fresco (PF) y b) Peso seco (PS) promedio en gramos (g); c) Peso fresco específico (PFe) y d) Peso seco específico (Pse) en  $\text{g cm}^{-1}$  de tallos, pimpollos y vara total de los cultivares de Rosa x hybrida Anna, Fuego Negro y Maroussia agrupados por producción de invierno y primavera.

**Table 3 d.** The effect of films photoselective (PS) and not photoselective (nonPS) on: a) resh weight (FW), b) dry weight (DW), c) specific fresh weight (FWs) and d) specific dry weight (DWs) in  $\text{g cm}^{-1}$  of stem, bud and total floral stem, of three cultivars of *Rosa x hybrida* Anna, Fuego Negro and Maroussia, average of the winter (W) and spring (S) production.

Variedad	film	PSe tallos (g/cm)				PSe pimpollos (g/cm)				PSe total (g/cm)			
		Inv	sign.	Prim	sign.	Inv	sign.	Prim	sign.	Inv	sign.	Prim	sign.
Anna	FS	0,242	a	0,074	a	0,087	a	0,252	a	0,103	a	0,092	a
	noFS	0,246	b	0,061	b	0,078	b	0,263	b	0,099	b	0,081	b
Fuego Negro	FS	0,262	a	0,051	a	0,063	a	0,268	a	0,080	a	0,072	a
	noFS	0,267	b	0,052	a	0,059	b	0,275	b	0,076	b	0,069	a
Maroussia	FS	0,241	a	0,083	a	0,088	a	0,245	a	0,103	a	0,099	a
	noFS	0,247	b	0,075	b	0,080	b	0,249	a	0,097	b	0,093	b
	se diff		0,001		0,003		0,002		0,002		0,001		0,002
	CV		***		***		***		***		***		***
	film		***		***		***		***		***		***
	cv x film		ns		***		ns		ns		ns		*

Los asteriscos indican la significancia del efecto de los factores (var: variedad y film) y de la interacción cv x film. \* $P \leq 0,05$  \*\* $P \leq 0,01$  \*\*\* $P \leq 0,005$  o ns (no significativa).

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

NS, \*, \*\*, \*\*\*Non significant or significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01 or 0.005, respectively. Values followed by a common letter in a row for each cultivar are not significant different at  $P \leq 0.05$ . Cv.: cultivar; F: film.

## DISCUSIÓN

La evaluación del material de cubierta reveló que el efecto de los pigmentos fluorescentes agregados a los mismos varía marcadamente con el tiempo de exposición al sol, comparados con los noFS, como lo mostró la disminución de la transmisión de UV-A medida tanto en laboratorio como en invernadero (-15,6% y -19% respectivamente), así como la transmisión en la radiación A, la relación R:RL y la RAF decreció en diferentes porcentajes. Su utilización en cultivos de corto ciclo podría tener efecto distinto según el tiempo de exposición que tenga el material. En el caso que se analiza, las plantas de rosa fueron podadas y a partir de entonces estuvieron bajo el espectro de transmisión del film nuevo y, en el momento en que los tallos comienzan a crecer, la calidad de la radiación incidente correspondió a la transmitida por el material con 10 meses de exposición. Las propiedades ópticas del film noFS variaron menos de un 10% después de 10 meses de exposición a la radiación solar, lo que coincide con los resultados de investigaciones previas realizadas con estos films bajo las mismas condiciones climáticas, en las que la máxima variación encontrada fue del 15% en 30 meses (17).

La mayor cantidad de flores producidas bajo el film FS respecto del noFS se explicó por la mayor relación R:RL del primero ya que las plantas de rosa estuvieron bajo esta calidad de luz durante la formación de yemas y brotes axilares. Estos resultados fueron consistentes con los obtenidos por otros autores con estos tipos de cubiertas (4, 8, 12).

Si bien la transmisión de *RFA* fue ligeramente menor en el film FS respecto del noFS (-4%), el FS transmite menor radiación UV-A (-19%) (tabla 1, pág. 16), radiación que produce daños en el PSII pudiendo inhibir la fotosíntesis (26, 27). Ello explicaría por qué el film FS al fin de la brotación termina produciendo mayor cantidad de tallos florales y que estos tengan igual o mayor PF y PS así como mayor PFe y PSe.

El tamaño de los pimpollos de estos tallos florales producidos bajo el film FS fue mayor en todas las variedades y estos resultados coincidieron con los obtenidos por Destro y De Corte (4) en otros países y en distintas variedades de rosas. El largo promedio total de estos tallos también fue significativamente mayor en las tres variedades e igual en invierno en Fuego Negro, única variedad en la que el film FS no produjo elongación del tallo sin pimpollo.

Es sabido que en las plantas que crecen en la luz, el fotocontrol del hipocótilo y la elongación del tallo son ejercidos por un fotorreceptor específico de la luz A y por el fitocromo (6, 24). Si se considera que el film FS transmite menos radiación A que el noFS, esto explica también la mayor elongación de los tallos y/o pimpollos bajo este film dado que la luz A participa en la inhibición de la extensión del tallo (11, 13, 22) y estos resultados coincidieron con los obtenidos en rosa Terracotta por Mascarini *et al.* (14) en similar zona de cultivo.

Por manipulación de la luz R y RL en las cubiertas de los invernaderos usando aditivos fluorescentes que presentan un comportamiento diferencial respecto de la conversión de luz UV en R (8), incrementan la relación R:RL (10 y 15) y disminuyen la transmisión de radiación A y UV-A, tal como presenta la cubierta FS evaluada, se puede controlar la producción de distintas variedades de rosa logrando tallos de mayor altura, con pimpollos más grandes y de mayor PF y PS.

## CONCLUSIÓN

Cambios en la calidad de luz transmitida por el film FS testeado producen cambios en la calidad y cantidad de producción que podría trasladarse a la rentabilidad del productor dados los mayores precios de las rosas en el mercado durante el invierno.

Por otra parte, un mayor PS de los tallos florales podría ser un indicador de una mayor duración de las flores en pos-cosecha, sin embargo, esto debe ser probado experimentalmente.

Tal como se ha demostrado en otros cultivos, este estudio concluye que las cubiertas fotoselectivas evaluadas son eficientes en distintos cultivares de rosa y representan una alternativa a los reguladores de crecimiento químicos, disminuyendo así el impacto ambiental producido por los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ballaré, C. L.; Scopel, A.; Casal, J. J.; Sánchez, R. A. 2006. 4th ed. Know thy neighbor through phytochrome. In: Taiz, L.; Zeiger, E. (ed.). Plant Physiology, on-line. Sinauer, Sunderland. (<http://www.plantphys.net>). 10 November 2010.
2. Casal, J. J.; Luccioni, L. G.; Oliverio, K. A.; Boccalandro, H. E. 2003. Light, phytochrome signalling and photomorphogenesis in *Arabidopsis*. Photochem. Photobiol. Sci., 2: 625-636.
3. Cerny, T. A.; Faust, J. E.; Layne, D. R.; Rajapakse, N. 2003. Influence of photosensitive films and growing season on stem growth and flowering of six plant species. J. Amer. Hort. Sci. 128(4): 486-491.
4. Destro, M.; De Corte, D. 2003. Aditivos inteligentes para una mayor producción de rosas. Plasticsulture Rev. 122: 71-79.
5. Di Rienzo, J.; Balzarini, M.; Robledo, C. W. 2002. InfoStat/Profesional. V. 1.1. Universidad Nacional de Córdoba. Estadística y Diseño. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Argentina.
6. Gaba, V.; Black, M. 1979. Two separate photoreceptors control hypocotyls growth in green seedlings. Nature 278: 50-54.
7. Gao, K.; Wu, Y.; Li, G.; Wu, H.; Villafañe, V. E.; Helbling, E. W. 2007. Solar UV radiation drives CO<sub>2</sub> fixation in marine phytoplankton: a double-edged sword. Plant Physiol. 144: 54-59.
8. Ghosh, J. 2004. Advances in light management through innovations in plastics additives. Canadian Greenhouse Conference. Mississauga, Ontario. (<http://www.canadiangreenhouseconference.com/talks/2004/2004-TK-hosh.pdf>). 20 April 2011.
9. Hemming, S.; Van Os, E. A. Hemming, J.; Dieleman, J. A. 2006. The effect of new developed fluorescent greenhouse films on the growth of *Fragaria x ananassa* 'Elsanta'. Europ. J. Hort. Sci. 71(4): 145-154.
10. Li, S.; Rajapakse, N. C.; Young, R. E. 2003. Far-red light absorbing photosensitive plastic films affect growth and flowering of chrysanthemum cultivars. Hort. Sci. 38(2): 284-287.
11. Maas, F. M.; Bakx, E. J. 1997. Growth and flower development in roses as affected by light. Acta Hort. 418: 127-134.
12. Magnani, G.; Bonora, M.; Destro, M.; Filippi, F. 2007. Smart additive in functionalized greenhouse films: agronomic evaluations on the production of cut flowers carnation. Colt. Protette 36(4): 72-76 and 78-80.
13. Mascarini, L.; Landini, A.; Botini, L.; Mascarini, A.; Orden, S.; Vilella, F. 2005. Influence light quality on morphology of *Cyclamen persicum* growing below photosensitive shadow meshes. ΦΥΤΟΝ. Intl. J. of Expt. Bot. 2005: 161-169.
14. Mascarini, L.; Lorenzo, G. A.; Vilella, F. 2006. LAI, water content and R:FR ratio calculated by spectral reflectance and its relation with plant architecture and cut rose production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 131(3): 313-319.
15. Mata, D.; Botto, J. F. 2009. Manipulation of light environment to produce high-quality poinsettia plants. Hort. Sci. 44(3): 702-706.
16. McMahon, M. J. 1999. Development of chrysanthemum meristems grown under far-red absorbing filters and long or short photoperiods. J. Am. Soc. Hort. Sci. 124(5): 483-487.
17. Orden, S.; Goldberg, M.; Quartino, R.; Mascarini, L.; Landini, A.; Malleville, H.; Bottini, L. 2000. Comparative study between natural exposition trial and accelerated ageing of polyethylene films for greenhouses. Agr. Téc. 60(3): 295-304.
18. Pertwee, J. 1997. 3<sup>rd</sup> ed. Production & marketing of roses. Pathfast. Essex, England.
19. Rajapakse, N. C.; Kelly, J. W. 1995. Spectral filters and growing season influence growth and carbohydrate status of chrysanthemum. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 78-83.
20. Rajapakse, N. C.; Young, R. E.; McMahon, M. J.; Oi, R. 1999. Plant height control by photosensitive filters: current status and future prospects. Hort. Technol. 9(4): 618-624.
21. Rajapakse, N. C.; Li, S. 2004. Exclusion of far red light by photosensitive greenhouse films reduces height of vegetable seedlings. Acta Hort. 631: 193-199.
22. Runkle, E. S.; Heins, R. D. 2001. Specific functions of red, far red, and blue light in flowering and stem extension of long-day plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(3): 275-282.
23. Runkle, E. S.; Heins, R. D. 2006. Manipulating the light environment to control flowering and morphogenesis of herbaceous plants. Acta Hort. 711: 51-60.
24. Smith, H.; Holmes, M. G. 1977. The function of phytochrome in the natural environment III. Measurement and calculation of phytochrome photoequilibrium. Photochem. Photobiol. 25: 547-550.
25. Tatinemi, A.; Rajapakse, N. C.; Fernandez, R. T.; Rieck, J. R. 2000. Effectiveness of plant growth regulators under photosensitive greenhouse covers. J. Amer. Hort. Sci. 125(6): 673-678.

26. Trocine, R. P.; Rice, J. D.; Wells, G. N. 1982. Photosynthetic response of seagrasses to ultraviolet-A radiation and the influence of visible light intensity. *Plant Physiol.* 69: 341-344.
27. Turcsányi, E.; Vass, I. 2002. Effect of UV-A radiation on photosynthetic electron transport. Proc. of the 7<sup>th</sup> Hungarian Congr. on Plant Physiol. *Acta Biol. Szegediensis* 46(3-4): 171-173.
28. Vereniging Van Bloemenveilingen in Nederland. 2009. Horticultura ornamental holandesa. Ed. Leiden, Holland. (<http://www.flowercouncil.org>). 14 November 2010.
29. Wilson, S. B.; Rajapakse, N. C. 2001. Growth control of lisianthus by photoselective plastic films. *Hort. Tech.* 11(4): 581-584.
30. Zieslin, N.; Mor, Y. 1990. Light on rose. A review. *Scientia Hort.* 43: 1-14.

### **Agradecimientos**

Al Dr. Carlos Mazza por su colaboración en las mediciones de radiación incluidas en este trabajo.  
Cátedra de Fisiología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.  
Este trabajo fue financiado a través del Proyecto UBACyT W717.