

# Las interacciones planta – planta pueden ser positivas o negativas

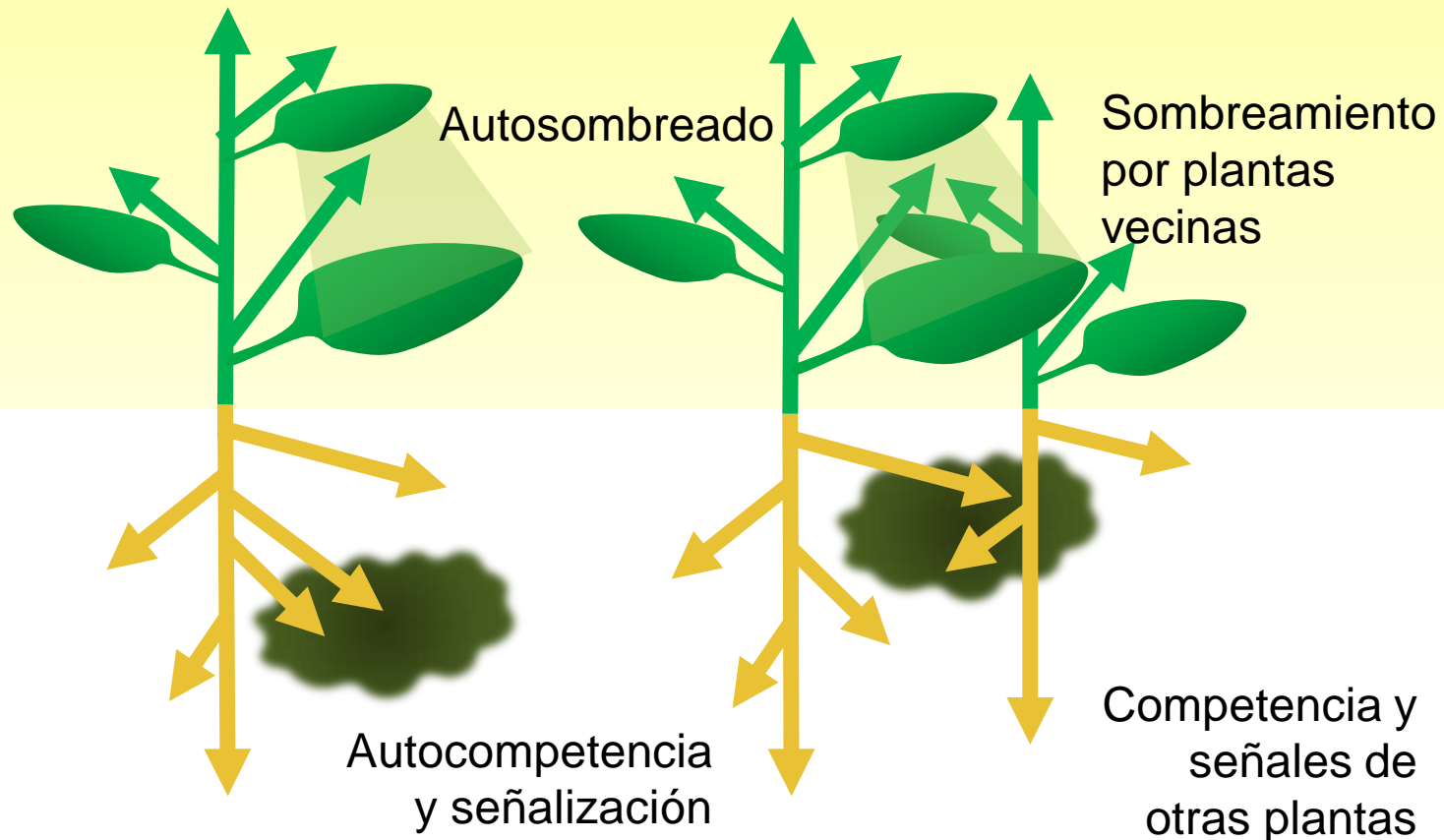


[Victoria Nuzzo](#), Natural Area Consultants ; [Easy Stock Photos](#); Hassanalı, A., Herren, H., Khan, Z.R., Pickett, J.A. and Woodcock, C.M. (2008). Integrated pest management: the push–pull approach for controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential for other agricultural systems including animal husbandry. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363: [611-621](#) copyright 2008 The Royal Society; Karban, R., Baldwin, I.T., Baxter, K.J., Laue, G. and Felton, G.W. (2000). Communication between plants: Induced resistance in wild tobacco plants following clipping of neighboring sagebrush. *Oecologia*. 125: [66-71](#). Max Planck Institute for Chemical Ecology, Jena, Germany / [Rayko Halitschke](#).



La información de la luz gobierna el fenotipo del tallo, pero también afecta el desarrollo de raíces y las interacciones

# Las plantas compiten entre ellas y con otras plantas

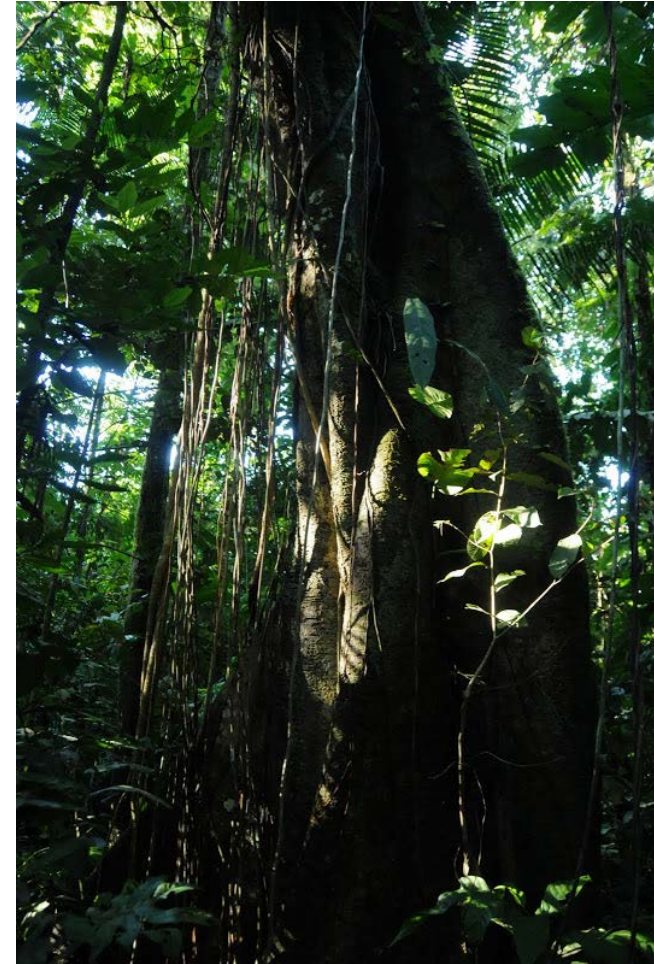


La distribución de los nutrientes y el agua y otras señales gobiernan el fenotipo raíz

# La luz puede ser un recurso limitante en varios ambientes



Los árboles que crecen en los bosques pueden crecer más de 100 metros de altura, sombreando las plantas debajo de ellos, incluyendo su propia descendencia



Photos courtesy [Ariel Novoplansky](#)

# Respuestas de las plantas a la sombra



Elongación del tallo,  
Aumento de la dominancia apical

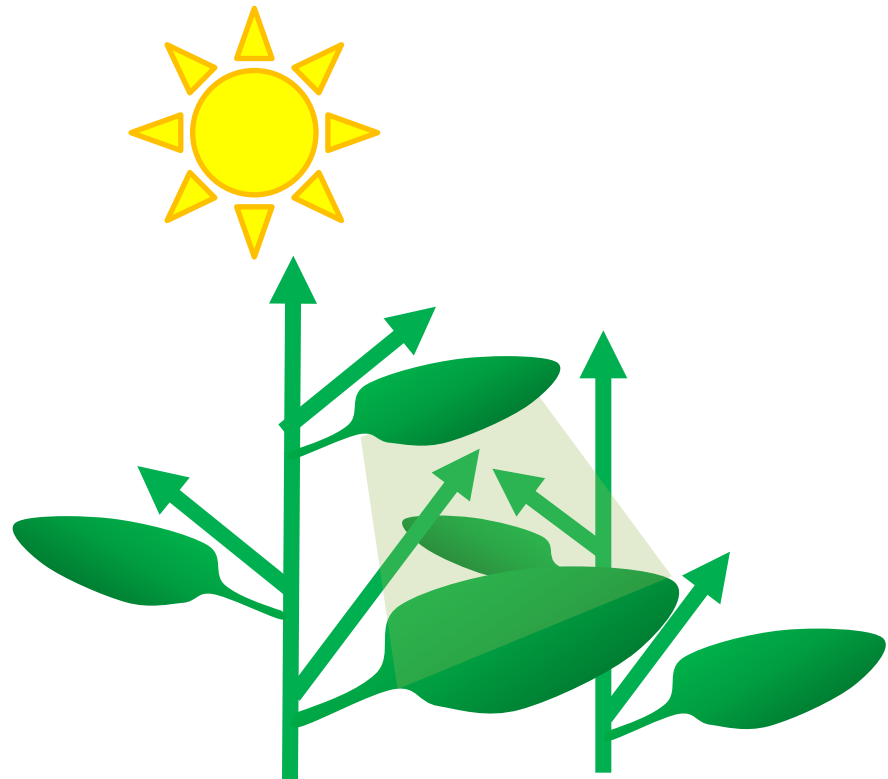


Creciendo lejos de los  
competidores  
Germinación dependiente  
del fuego o la luz



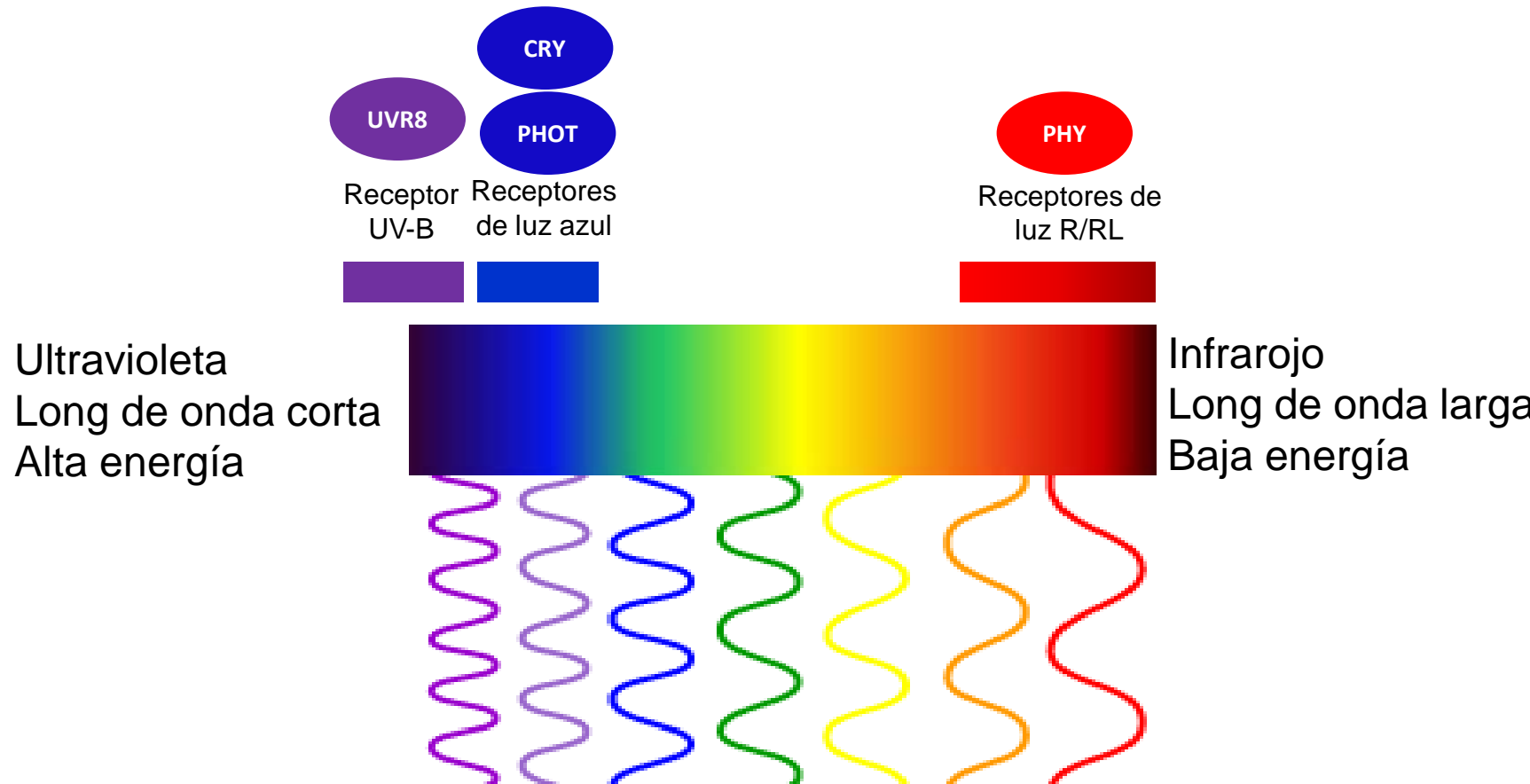
Reprinted from Vandenbussche, F., Pierik, R., Millenaar, F.F., Voesenek, L.A.C.J. and Van Der Straeten, D. (2005). Reaching out of the shade. *Curr. Opin. Plant Biol.* 8: [462-468](#) with permission from Elsevier. See also Novoplansky, A. (2009) Picking battles wisely: plant behaviour under competition. *Plant Cell Environ.* 32: [726-741](#). Photo credits: [Lennart Suselbeek](#); [Ariel Novoplansky](#)

# Las plantas perciben la cantidad, calidad, dirección y duración de la luz

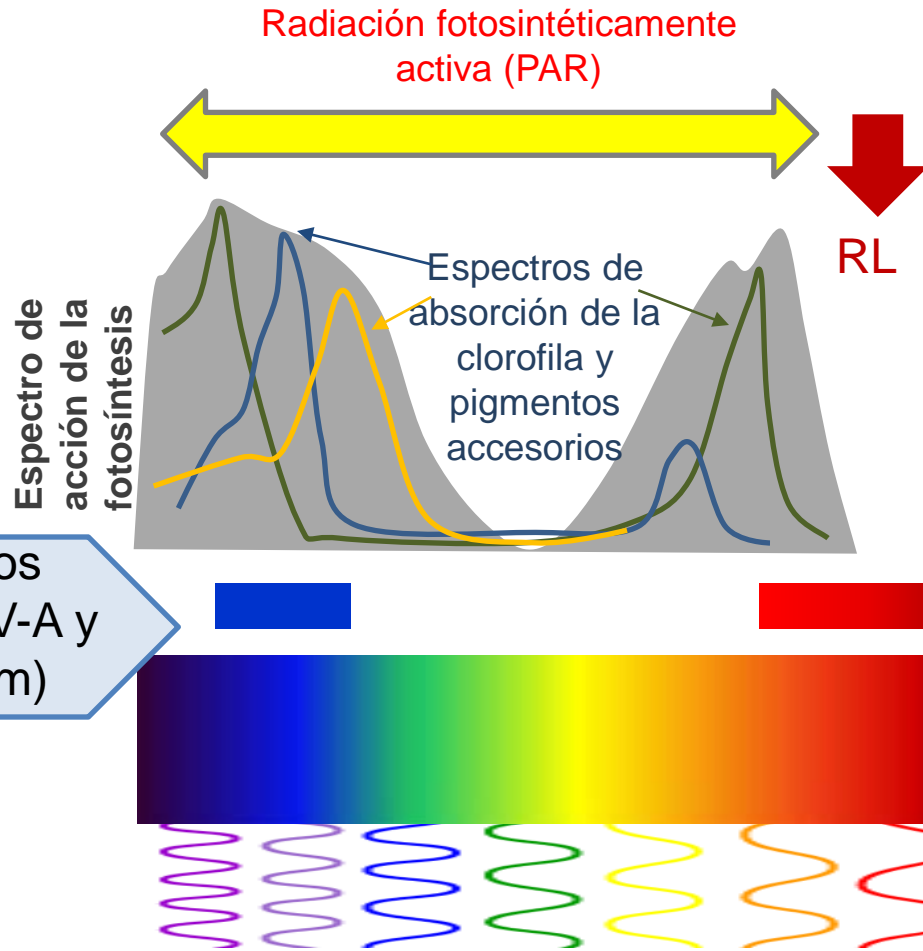


# Percepción de las señales lumínicas

Las plantas perciben la luz a través de fotorreceptores vegetales que son sensibles a distintas longitudes de onda



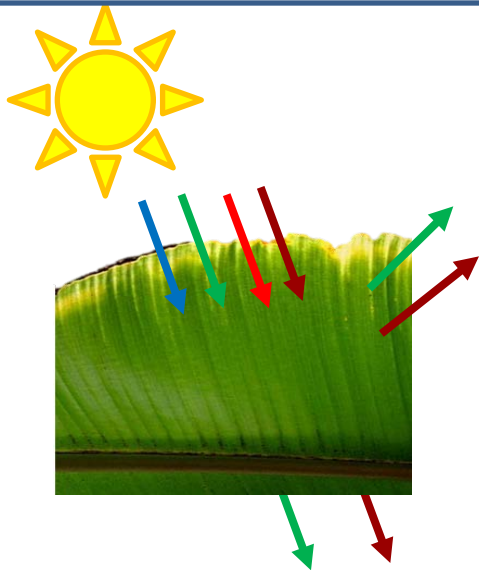
# Los fitocromos detectan el límite de la radiación fotosintéticamente activa



Criptocromos detectan UV-A y azul (450 nm)

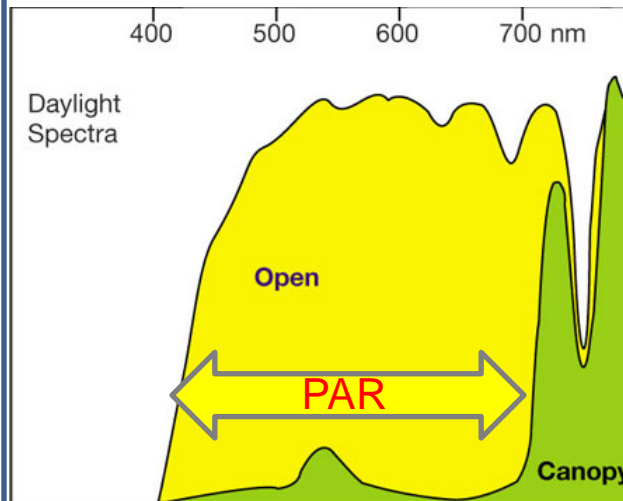
Los fitocromos R (660 nm) y RL (730 nm) light que son porciones de radiación fotosintéticamente activa e inactiva, respectivamente.

# Bajas R:RL indican sombreadamiento vegetal

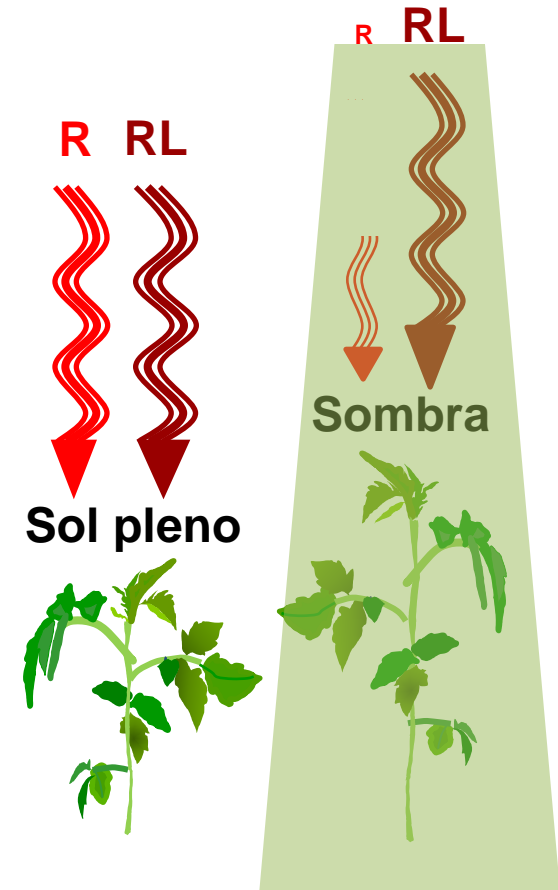


La luz roja y verde no son absorbidas por los pigmentos fotosintéticos. Son reflejadas y transmitidas

La luz roja se agota a medida que la luz pasa a través del dosel



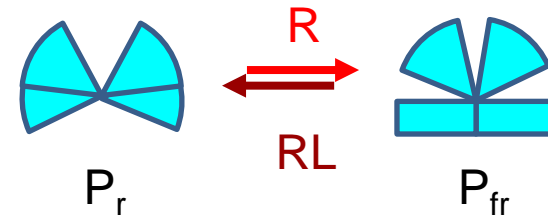
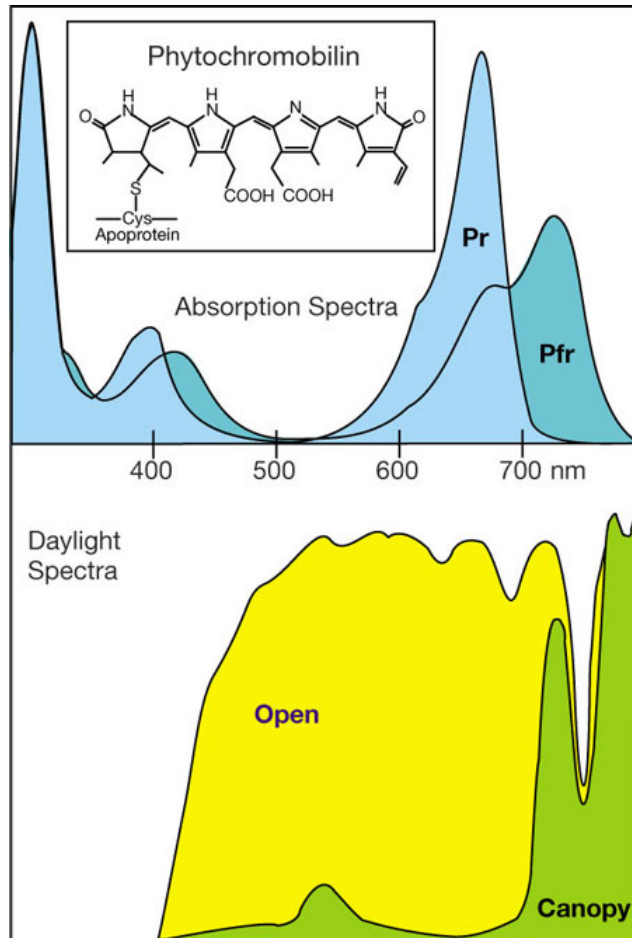
Los fitocromos sensan la relación R:RL como un verdadero indicador de sombreadamiento vegetal



Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd from Smith, H. (2000). Phytochromes and light signal perception by plants - an emerging synthesis. *Nature*. 407: [585-591](#); Adapted from Jaillais, Y. and Chory, J. (2010). Unraveling the paradoxes of plant hormone signaling integration. *Nat. Struct. Mol. Biol.* 17: [642-645](#).



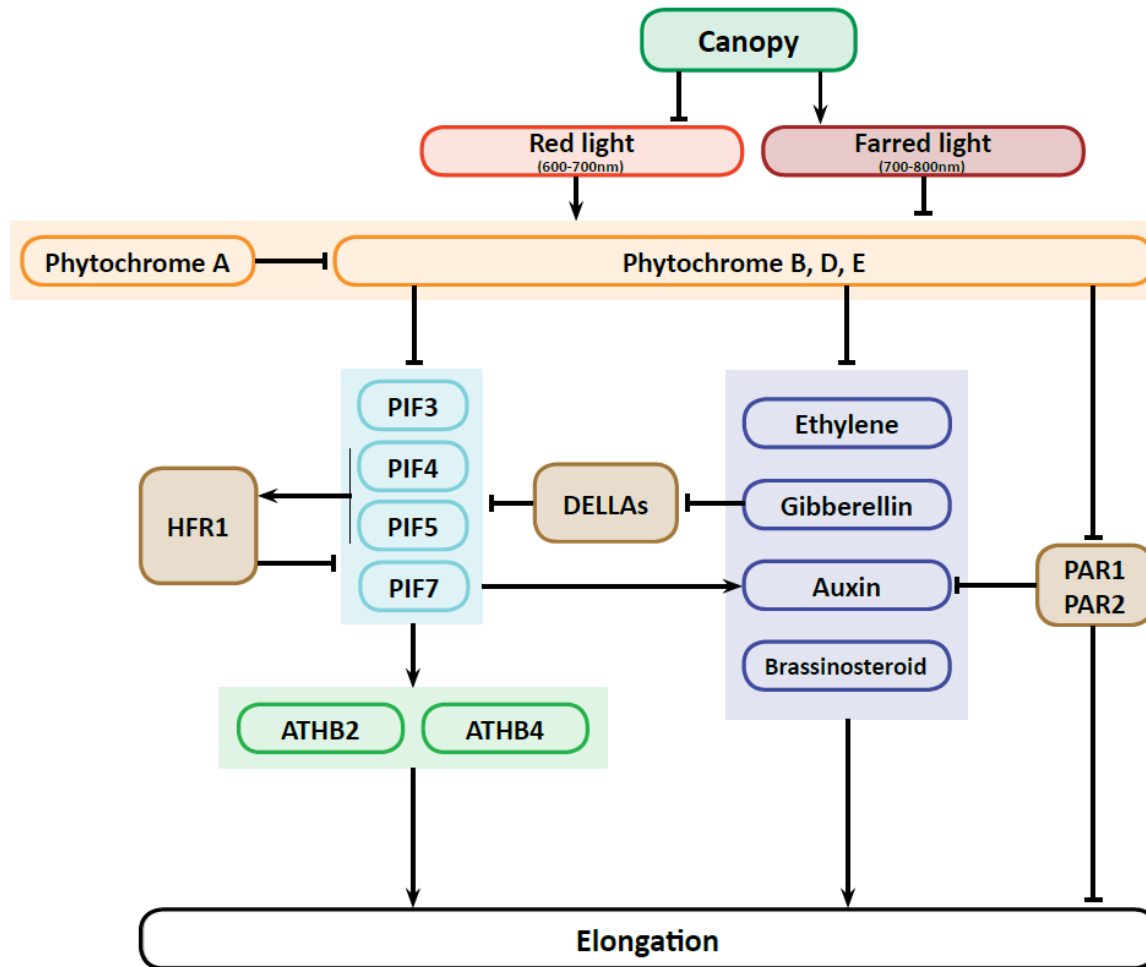
# Fitocromos



Los fitocromos cambian su conformación cuando absorben luz:  
 Luz R lo convierte en la forma  $P_{fr}$  form, que absorbe luz RL;  
 Luz RL lo convierte en la forma  $P_r$  que absorbe luz R principalmente.

Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd from Smith, H. (2000). Phytochromes and light signal perception by plants - an emerging synthesis. Nature. 407: [585-591](#).

# Cadena de señalización

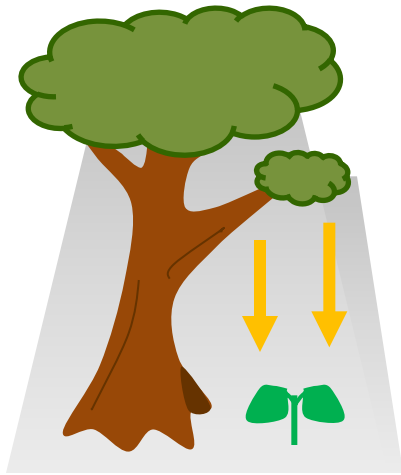


Muchos de los eventos moleculares del Síndrome de Escape al sombreado han sido dilucidados (factores de transcripción, niveles hormonales y respuestas)

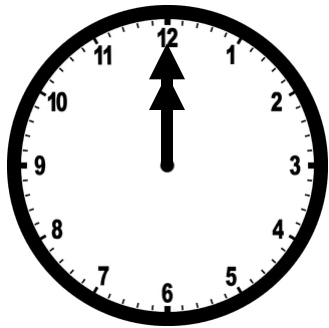
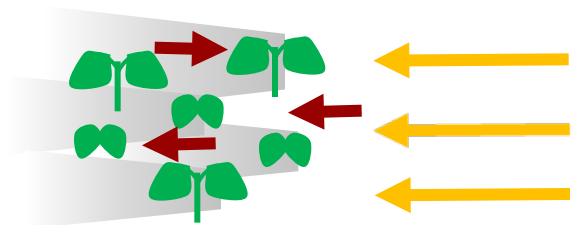
Reprinted from Gommers, C.M.M., Visser, E.J.W., Onge, K.R.S., Voeselek, L.A.C.J. and Pierik, R. (2013). Shade tolerance: when growing tall is not an option. Trends Plant Sci. 18: 65-71 with permission from Elsevier

# Información lumínica: ángulos, gradientes, calidad, momento del día ...

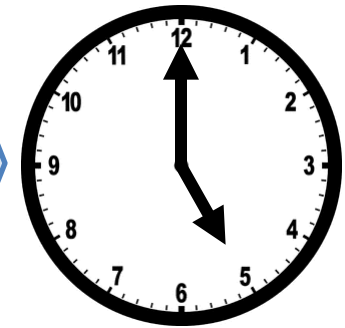
La información del ambiente lumínico aporta más información que la cantidad y la calidad de la luz. Las plantas responden a una gama más rica de señales lumínicas ...



La sombra vertical percibida al medio día (posiblemente baja R:RL) podría indicar la presencia de vecinos muy altos – No molestarse en tratar de superarlos



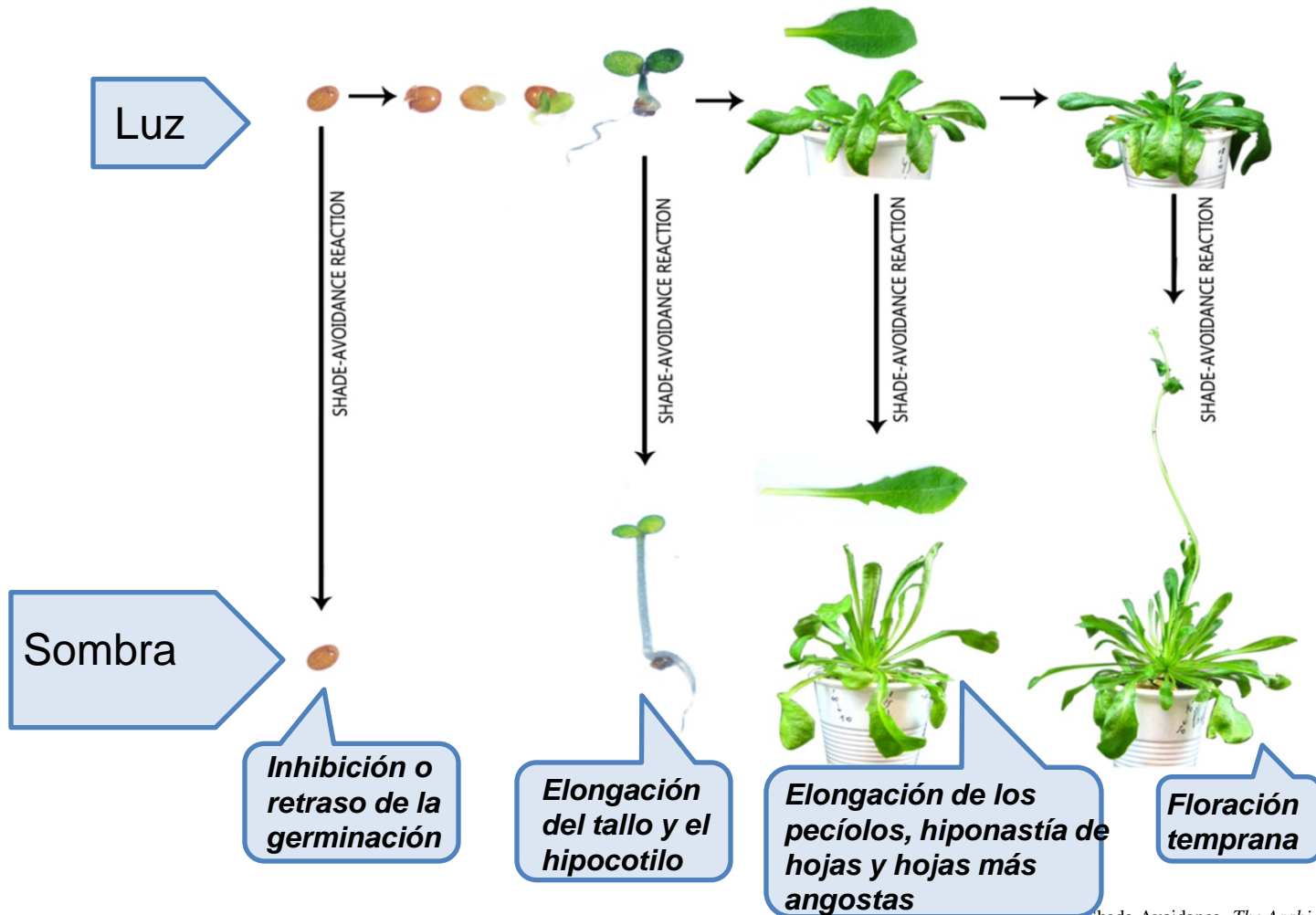
La sombra horizontal al final de fotoperíodo (low R:RL) podría indicar la presencia de plantas vecinas de similar altura – Tratar de crecer en altura



See for example Sellaro, R., Pacín, M. and Casal, J.J. (2012). Diurnal dependence of growth responses to shade in *Arabidopsis*: Role of hormone, clock, and light signaling.

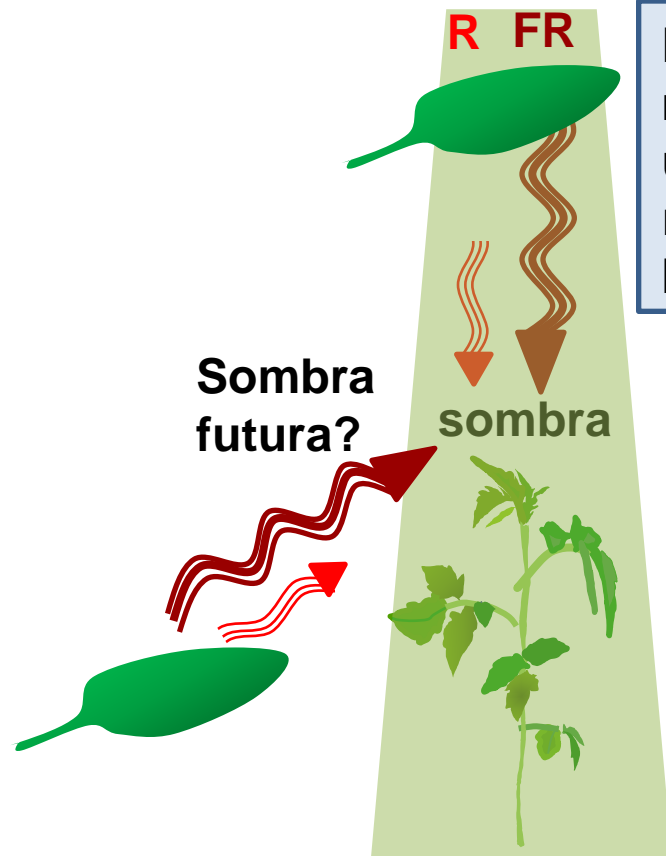
Mol. Plant 5: 619-628.

# El síndrome de escape al sombreado incluye un conjunto de respuestas

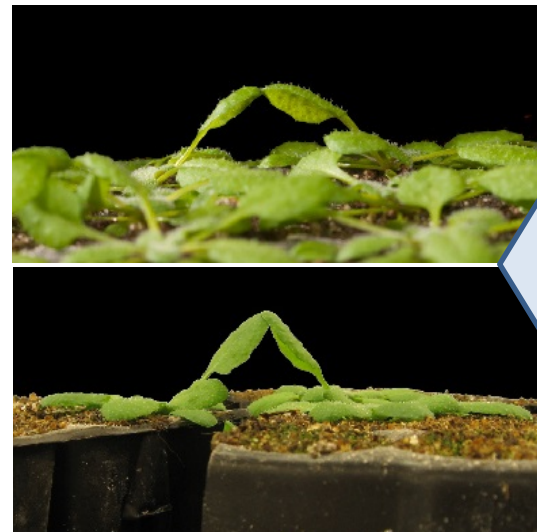
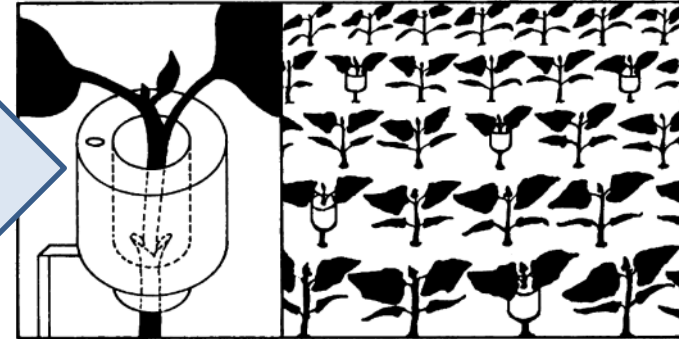


Reprinted from Casati, J.J. (2012) Shade Avoidance. *The Arabidopsis Book* 10:e0157. doi:10.1199/tab.0157

# Las plantas también pueden anticiparse y responder a la posible sombra futura



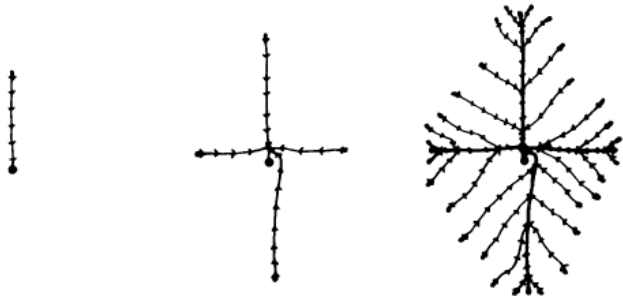
Las plantas se alargan menos cuando se usa un collar que filtra la luz roja lejana reflejada de las hojas adyacentes



El tacto es otra señal que señala la competencia futura y estimula la elongación

From Ballaré, C.L., Scopel, A.L. and Sánchez, R.A. (1990). Far-red radiation reflected from adjacent leaves: An early signal of competition in plant canopies. *Science*. 247: [329-332](#). reprinted with permission from AAAS, de Wit, M., Kegge, W., Evers, J.B., Vergeer-van Eijk, M.H., Gankema, P., Voeseek, L.A.C.J. and Pierik, R. (2012). Plant neighbor detection through touching leaf tips precedes phytochrome signals. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (2012) 109: [14705-14710](#).

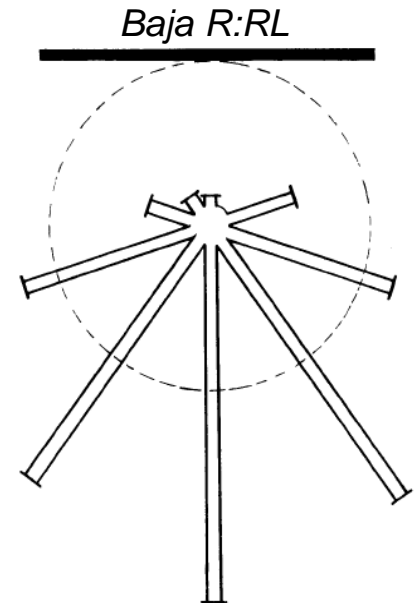
# Caso de estudio: *Portulaca oleracea*, respuestas a la luz de una plantas rastrera



La dirección del crecimiento de las ramificaciones de *Portulaca oleracea* minimiza el autosombreado



Cuando se proporcionan proporciones inferiores rojo / rojo lejano desde una dirección, la planta crece lejos, lo que sugiere que el fitocromo controla la direccionalidad del crecimiento

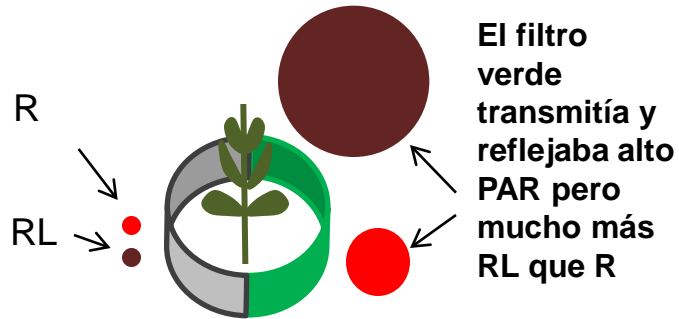


Probabilidad de la dirección del crecimiento

Reprinted with permission from Novoplansky, A., Cohen, D., and Sachs, T. (1990) How *Portulaca* seedlings avoid their neighbours. *Oecologia* 82: [490-493](#).

# La sombra futura puede ser más importante que la sombra actual

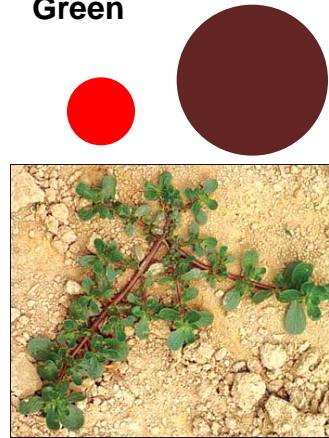
Se colocaron filtros en lados opuestos de las plantulas



El filtro gris transmitía bajo PAR y bajas pero idénticas cantidades de R y RL

¿Las plantas crecen hacia el lado con más luz ahora (verde) o más luz más adelante (gris)? La baja relación R / FR en el lado "verde" implica la presencia de potencial competidor ...

Green



Grey

*Portulaca* crece evitando la luz roja lejana, aunque eso implique crecer hacia una zona con menor cantidad de luz

Bajas R:RL indican la presencia de plantas vecinas, entonces crecer en dirección opuesta a esta podría mejorar el fitness de la planta

Adapted from Novoplansky, A. (1991). Developmental responses of portulaca seedlings to conflicting spectral signals. *Oecologia* 88: [138-140](#).

# Algunas plantas han evolucionado para tolerar la sombra

Las especies tolerantes a la sombra se encuentran adaptadas a vivir en ambientes lumínicos con baja intensidad de luz



Photos courtesy [Tom Donald](#) and [Ariel Novoplansky](#).



# Tolerancia a la sombra

Sol pleno

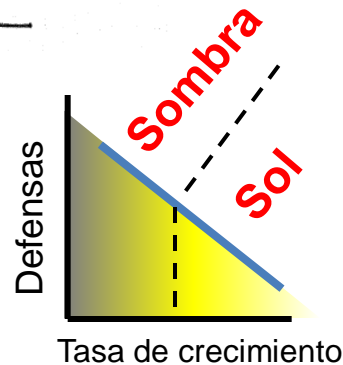
Sombra



Adaptaciones que maximizan la interceptación de luz:

- Incremento del área foliar
- Hojas orientadas para interceptar luz
- Hojas minimizan el autosombreado
- Alto contenido de clorofila b respecto a

Las plantas tolerantes a la sombra perennes invierten más recursos en defensas contra herbívoros y patógenos

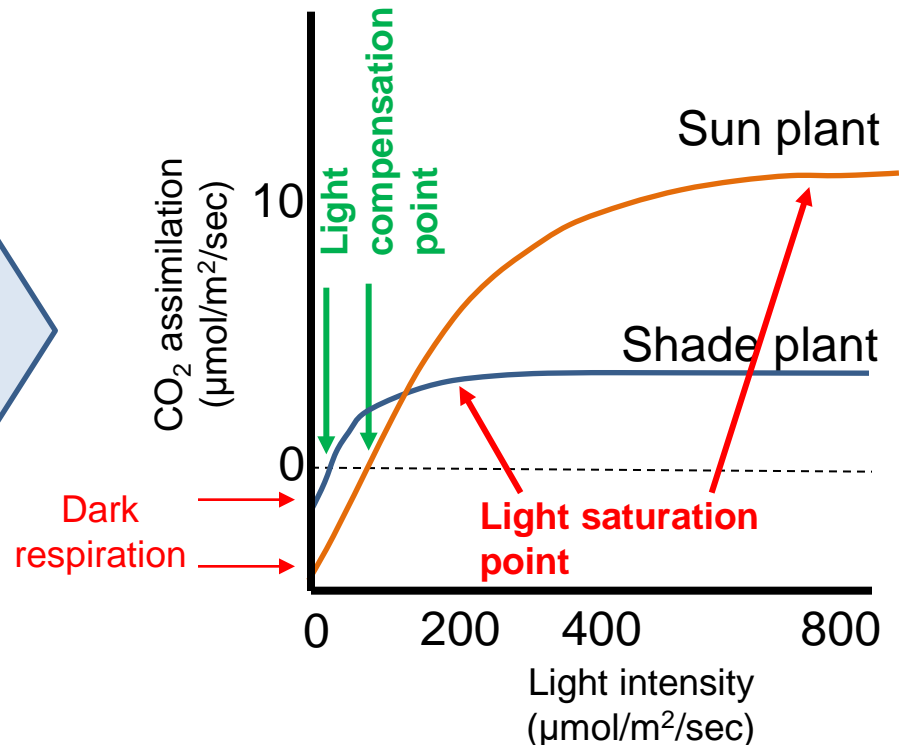


Menor respuesta de elongación



# Las plantas tolerantes a la sombra maximizan la asimilación, minimizando el costo energético

Típicamente, las plantas tolerantes a la sombra tienen una tasa de respiración en la oscuridad más baja, un punto de compensación de lumínico más bajo y un punto de saturación de luz más bajo



# Síndromes de respuesta a la sombra

## Escape al sombreado



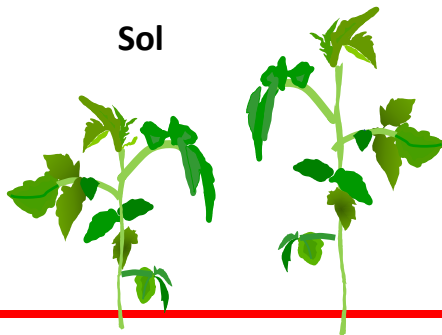
chances de interceptar luz

- Aumento longitud del tallo (entrenudos)
- Aumento longitud pecíolos
- Menor ángulo inserción foliar
- Menor ramificación
- Floración anticipada

**Marcadores morfológicos SAS**



Sol



Sombra

Especies intolerantes a la sombra  
Ambientes abiertos

## Tolerancia a la sombra



eficiencia de intercepción y utilización luz

- Poca o nula elongación del tallo
- Incremento SLA (área foliar específica) y LAR (relación entre AF y biomasa total)
- Incremento rendimiento cuántico ( $\Phi$ )
- Disminución tasa respiración oscuridad ( $R_d$ ), punto compensación lumínico (PCL) y el punto de saturación lumínico
- Aumento concentración pigmentos fotosintéticos
- Aumento Chl b: Chl a



Especies tolerantes a la sombra  
Ambientes cerrados

# Síndromes de respuesta a la sombra

## Escape al sombreado



chances de interceptar luz

## Tolerancia a la sombra



eficiencia de intercepción y utilización luz

### Mecanismos señalización



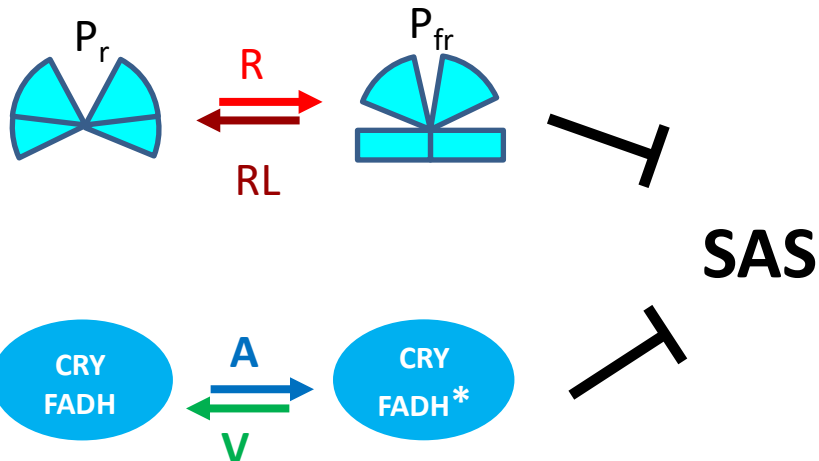
#### SAS

Casal 2013, Ballaré 2014

### Mecanismos señalización

#### Tolerancia sombra

Gommers et al. 2013, Valladares and Niinemets 2008



# Germinación: luz y otras señales



Una de las decisiones más importante para las plantas, es decidir cuando germinar

5417440

Muchas semillas germinan en respuesta a luz blanca o luz R, mientras que la luz RL es inhibitoria

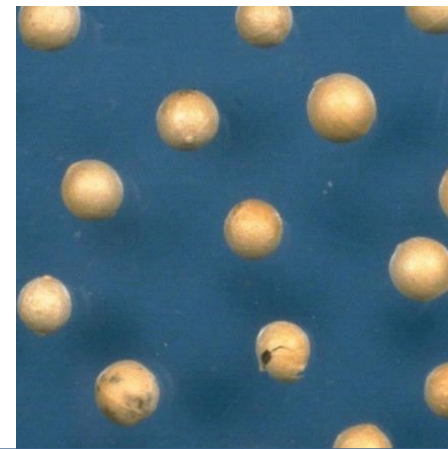


Photo credits: [Forest & Kim Starr](#), Starr Environmental; [Howard F. Schwartz](#), Colorado State University, Bugwood.org

# El fuego (humo y calor) pueden promover la germinación

El fuego estimula la liberación de semillas y la germinación de algunas especies



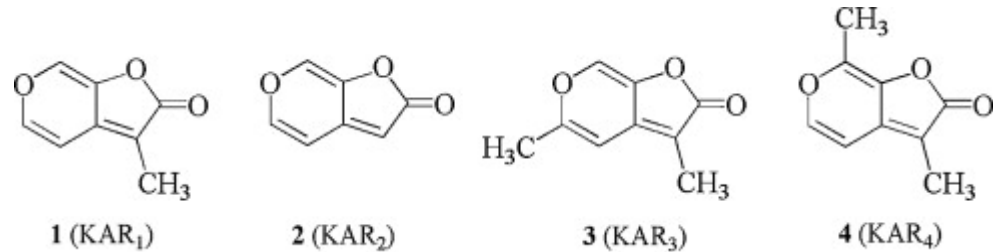
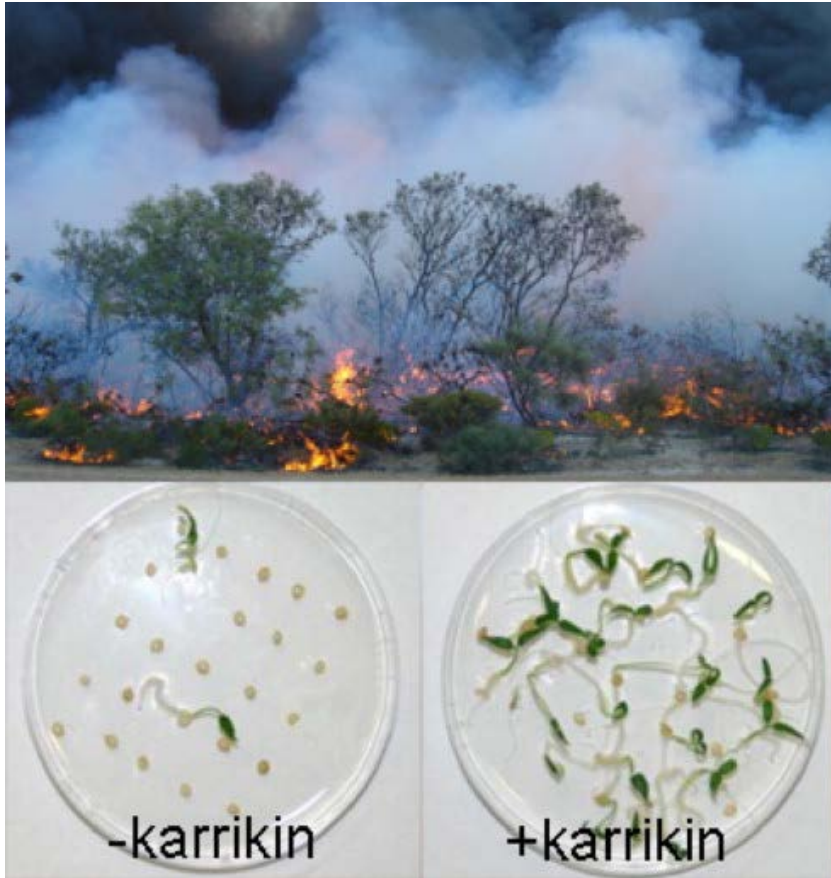
*Banksia* spp, antes y después del fuego



Algunos conos y vainas de semillas son serotínicos al fuego, se abren en respuesta al fuego

Image sources: [pfern](#), [Hesperian](#), © [Kurt Stueber](#), 2003

# Los karrinólidos son los compuestos del humo que promueven la germinación



La germinación inducida por el fuego permite que las plántulas se establezcan con menos competencia de las plantas más altas.

Sin embargo, después de un incendio, puede haber una mayor competencia entre plántulas de tamaño similar ..

Reprinted from Chiwocha, S.D.S., Dixon, K.W., Flematti, G.R., Ghisalbetti, E.L., Merritt, D.J., Nelson, D.C., Riseborough, J.-A.M., Smith, S.M. and Stevens, J.C. (2009). Karrikins: A new family of plant growth regulators in smoke. *Plant Science*. 177: [252-256](#) with permission from Elsevier, and see also Flematti, G. R., et al., (2004). A compound from smoke that promotes seed germination. *Science* 305: [977](#).

# Competencia somática: cuando las plantas compiten con ellas mismas

Las plantas producen muchos órganos redundantes que pueden competir entre ellos

La competencia somática puede incrementar el fitness de la planta al colocar asignar recursos en los órganos más exitosos



¿Las ramas que se están derramando son el resultado de que están creciendo en condiciones de poca luz? ¿O es resultado de la competencia con otras ramas más exitosas en el mismo árbol?

See Sachs, T. and A. Novoplansky (1995) Tree form: architecture models do not suffice. *Israel J. Plant Sci.* 43:203-212; Photos courtesy [Ariel Novoplansky](#).



# Caso de estudio: inhibición correlativa en arveja

**Dos tallos de arveja:**  
Eliminar el brote de una plántula de arveja provoca que se regeneren dos brotes

5-day old pea

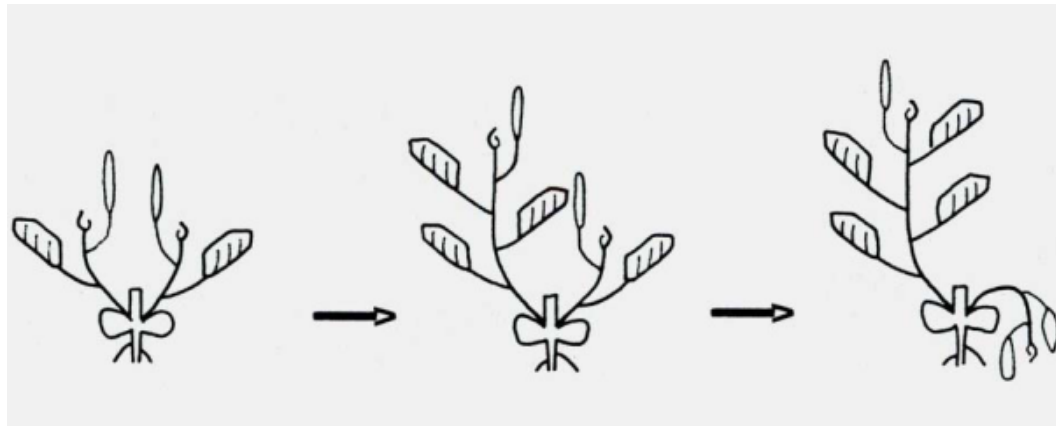
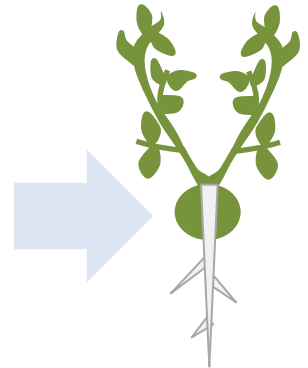


Shoot removal



5 days

“Two-shoot pea”

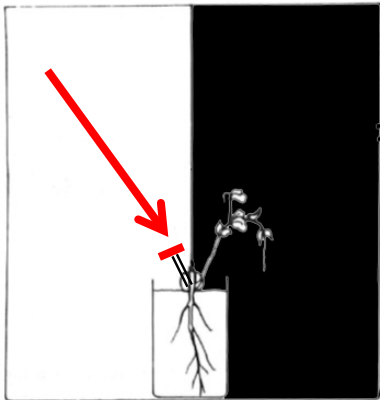


Dos tallos igual pueden coexistir, pero generalmente uno se vuelve dominante y el otro muere.  
¿por qué muere el más pequeño?

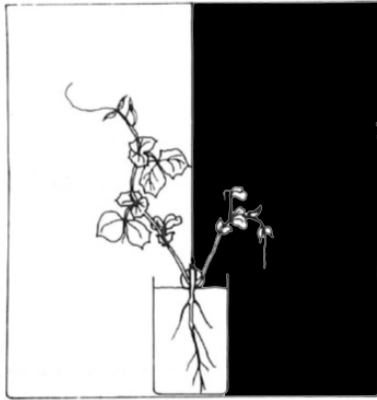
See Novoplansky, A., Cohen, D., and Sachs, T. (1989) Ecological implications of correlative inhibition between plant shoots. *Physiol. Plant.* 77: [136-140](#); Snow, R. (1931). Experiments on growth and inhibition. Part II. New phenomena on inhibition. *Proc. Roy. Soc. B.* 108: [305-316](#). Sachs, T. and A. Novoplansky (1997) What does a clonal organization suggest concerning clonal plants? in de Kroon, H. and J. van Groenendael (eds.) *The Ecology and Evolution of Clonal Growth in Plants*, pp. 55-78, SPB Academic Publishing, Leiden, The Netherlands.

# Caso de estudio: inhibición correlativa en arveja

**A. Oscuridad:**  
100% sobrevivencia  
del tallo



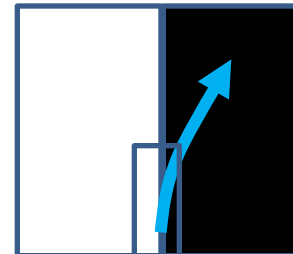
**B. Uno en osc y otro en la luz :** 20% sobrevivencia del tallo en oscuridad



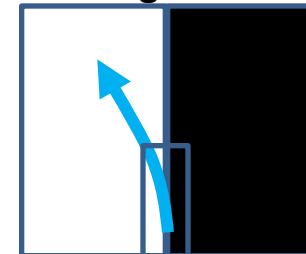
Un tallo en la oscuridad puede sobrevivir 10 días (usando las reservas de nutrientes), pero en competencia con un brote más exitoso en la luz, el tallo en la oscuro muere. La planta asigna selectivamente las reservas a los tallos más fuertes

**Modelo:** Los recursos son alocados a la mejor opción. En **A**, la mejor y (única) opción es el brote en la osc. En **B**, los recursos son alocados al tallo que se encuentra en la luz a expensas del otro tallo

**A. Dark only**



**B. One dark and one light shoot**



Redrawn with permission from Novoplansky, A., Cohen, D., and Sachs, T. (1989) Ecological implications of correlative inhibition between plant shoots. *Physiol. Plant.* 77: [136-140](#); Snow, R. (1931). Experiments on growth and inhibition. Part II. New phenomena on inhibition. *Proc. Roy. Soc. B.* 108: [305-316](#).

# Dentro y entre árboles, las ramas que se encuentran en la mejor condición prevalecen

Las ramas menos exitosas por ej. sombreadas por los vecinos o por autosombreado son desaramadas

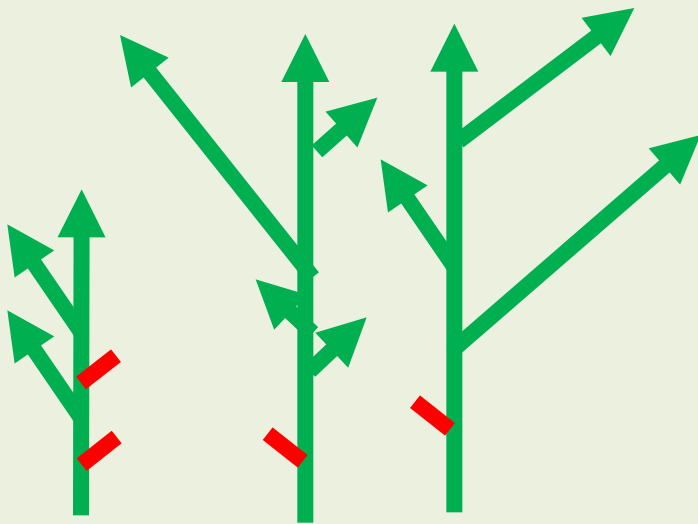


Photo credit: [Tom Donald](#)

# Resumen: percepción y respuesta de las plantas a la sombra

La luz es un recurso y también es una fuente de información que afecta el comportamiento de las plantas. Las respuestas adaptativas a la competencia por luz pueden ser arquitecturales (posición del tallo, tamaño y número de ramificaciones), morfológica (elongación del tallo, aumento del AF) y fisiológicas (cantidad de clorofilas, Rubisco, etc.)



Photo credits: [Ariel Novoplansky](#); Reprinted from Vandenbussche, F., et al. (2005). Reaching out of the shade. *Curr. Opin. Plant Biol.* 8: [462-468](#) with permission from Elsevier