

ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LUZ APLICADOS EN AGRICULTURA PROTEGIDA

Guillermo Murillo Segura
guimanamemo@gmail.com

Consultor

Francisco Marín Thiele

ProNAP, Ministerio de Agricultura y Ganadería (Convenio CNP-MAG)

La luz es un insumo fundamental para el crecimiento y el desarrollo de las plantas mediante el proceso de fotosíntesis; poca luz o de reducida calidad, provocan deterioro en la expresión del cultivo, que se expresa como retraso en el crecimiento e incluso en pérdidas por rendimiento (morfogénesis) figura 1. Pero también tiene un efecto importante sobre la ubicación de las plantas (fototropismo) y la respuesta ante la duración del día (fotoperiodo).

El estudio de la luz se ha vuelto importante en agricultura protegida en razón de la interpretación de su comportamiento, las opciones para el manejo del crecimiento, el desarrollo de las plantas y la productividad, así como la potenciación del uso de materiales de cerramiento con características específicas de color y capacidad de transmisión de luz.

La luz visible es el segmento más pequeño de la radiación electromagnética e incluye los siete colores del arco iris en el rango visible, para nosotros lo que va de 380 a 780 nanómetros (*nm*). Puede separarse en colores, cuando la hacemos pasar a través de una gota de agua o de un prisma de cristal: el mejor ejemplo conocido es el arco iris, en el que la luz es descompuesta a través de las gotas de lluvia que hay en el aire.

LUZ es un concepto con el que normalmente se hace referencia a la radiación solar, que es visible para el ojo humano. Este incluye radiación ultravioleta, radiación infrarroja, rayos X, microondas y ondas de radio y es solo

una pequeña parte de la radiación energética total del sol. Algunos rayos, del llamado espectro electromagnético (cuadro 1), ni siquiera alcanzan la superficie de la tierra.

Clase de radiación	Longitud de onda
Rayos gamma	< 0,1 nm
Rayos X	0,1– 100 nm
Ultravioleta C (UVC)	100– 280 nm
Ultravioleta B (UVB)	280– 320 nm
Ultravioleta A (UVA)	320– 400 nm
Visible	400– 700 nm
Infrarrojo A (IRA)	700 nm– 1,4 μm
Infrarrojo B (IRB)	1,4– 3,0 μm
Infrarrojo C (IRC)	3,0 μm– 1 mm

Cuadro 1: composición del espectro solar
(tomado de Lorente, 2010):

Hay varias formas e instrumentos para medir la luz. Algunas unidades de medida conocidas como los *lux* y los *lúmenes* se utilizan en el caso de la visión del color y la sensibilidad a la luz por el ojo humano. Las plantas tienen una percepción distinta de la luz y es hoy la *radiación fotosintéticamente activa*, “PAR” por su nombre en inglés, el indicador más importante.

Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

PAR es usada por científicos botánicos y describe la parte de la luz que es útil para el crecimiento de las plantas; se refiere básicamente al espectro de luz que va de los 400 a 700 nanómetros (nm). PAR sin embargo, NO se considera una unidad de medida, y solo señala a la luz entre 400-700 nm necesaria para fomentar la fotosíntesis en una planta.



Figura 1. Cambios en morfogénesis debidos a luz: estímulo de la floración de una planta de fresa expuesta a luz solar luego de estar sujeta a sombreado excesivo y alargamiento de entrenudos en una planta de lechuga debido a exposición a luz insuficiente (Fotos F. Marín).

Pero, concluyen los científicos, el concepto de la Radiación Fotosintéticamente Activa tiene un fallo fundamental que estriba en que las longitudes de onda por debajo de los 400 nm (en particular UV-A y UV-B) y las superiores a 700 nm (infrarrojos), son excluidas de la medición: la radiación fotosintéticamente activa asume que todos los fotones fuera de la zona no son empleados para la fotosíntesis y para la salud de las plantas.

Sin embargo, las plantas usan la luz fuera de la PAR, como la infrarroja, la cual brinda respaldo a la eficiencia fotosintética (efecto Emerson, o de activación de dos fotosistemas). La luz UV juega un papel importante en la forma y pigmentación de las plantas y en la formación de sustancias para los mecanismos de defensa, pero parece reducir la eficiencia de los fotosistemas.

Las unidades más comunes para medir PAR son PPF (Flujos de fotones fotosintéticos) y PPFD (Densidad de flujo de fotones fotosintéticos).

Flujo de fotones fotosintéticos (PPF)

PPF es la medida del total de PAR de luz emitido por una luz de cultivo y se expresa en $\mu\text{mol/s}$ (micromoles por segundo). Un *micromol* corresponde a 602.214.150.000.000.000 fotones (partículas de luz) y como medida, se puede aprovechar para medir cuántos fotones son emitidos por la fuente de luz cada segundo. Este es el principio de eficiencia de luces artificiales como promotoras de mejoramiento del desarrollo de cultivos vía estímulo de la fotosíntesis (actualmente con luces LED, figura 2). El PPF no expresa cuántos fotones de luz inciden sobre las plantas ya que engloba la salida total y además, debe considerarse la distancia entre la planta y el emisor, pues

entre mayor sea la distancia menor será la intensidad recibida.

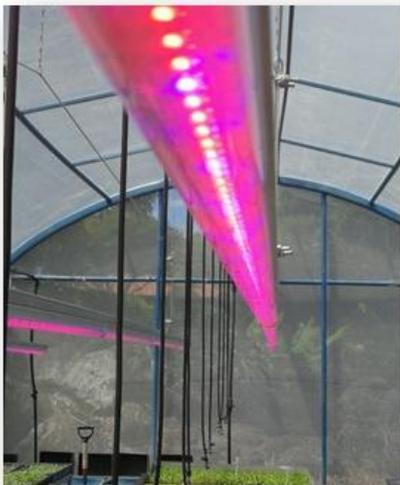


Figura 2. Barra de luces LED para uso agrícola
(Foto F. Marín)

Densidad del flujo de fotones fotosintéticos (PPFD)

La PPFD por su parte, mide la cantidad de fotones de luz que son emitidos sobre un metro cuadrado cada segundo y se expresa en $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$; este valor es el número que se muestra en un medidor manual de PAR. PPFD es el valor más importante para los cultivadores, ya que muestra el nivel de luz promedio que cae sobre las plantas. Las lecturas PPFD pueden variar también según el tamaño de las luces LED de cultivo.

Pero el valor de PPFD medido en un sitio específico, no será representativo para toda el área de cultivo. Las medidas PAR individuales, por debajo de la luz de cultivo no son significativas razón por la cual es esencial medir los valores PPFD en el área de cultivo en distintos puntos, para calcular una media que ofrezca un dato fiable acerca de si la luz aplicada al cultivo es lo suficientemente

efectiva como para llevar los fotones directamente y en cantidad a las plantas. Ya que las medidas PAR/PPFD también dependen de la altura de la fuente de luz. Es importante registrar a qué distancia de la fuente de luz se tomaron las medidas.

Solamente con valores PAR sobre toda la zona de iluminación y a distintas distancias por encima del follaje, se pueden hacer comparaciones acerca de la eficiencia entre distintas calidades de luces de cultivo.

Eficiencia cuántica relativa

Tener el número PPFD, no significa que la planta crecerá de forma óptima. Las medidas PPF/PPFD, de hecho, no son precisas ya que no dan información relacionada con las intensidades de longitudes de ondas específicas.

Dos reconocidos científicos (McCree e Inada) definieron el espectro para el óptimo crecimiento, el cual muestra el efecto de la calidad de la luz en la fotosíntesis. La curva de la eficiencia cuántica relativa también se llama curva de campo de flujo fotónico (YPF por sus siglas en inglés) o a veces curva de McCree (figura 2) y es usada para referenciar el efecto de la calidad y cantidad de la luz en la fotosíntesis. La curva muestra que los fotones naranjas y rojos, entre 600 y 630 nm, promueven un 25% más de fotosíntesis que los fotones azules, entre 400 y 540 nm.

Iluminancia en lux y lúmenes

Lux y Lúmenes son medidas para determinar la percepción de la luz blanca al ojo humano y por lo tanto no tienen un gran efecto impacto sobre la fotosíntesis. Los valores en lux y lúmenes son los mejores indicadores para determinar si una oficina está bien iluminada. Los lux expresan cuánto flujo luminoso llega a un área determinada.

Un lux es el flujo luminoso de un lumen sobre un metro cuadrado de superficie horizontal.

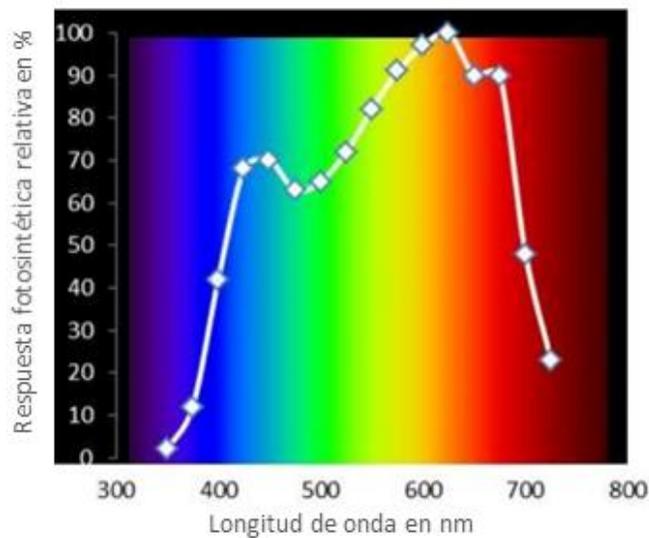


Figura 3. Curva de Mc Cree
(tomado de Bures, Urrestarazu y Kotiranta, 2018).

Por otro lado, el ojo humano es muy sensible a la luz en la zona amarilla del espectro. Así, 100 fotones de luz amarilla podrían ocasionar más respuesta que 100 fotones de luz azul o roja. Por lo tanto, estas medidas no son adecuadas para nuestros propósitos. Sin embargo, sí lo serían para describir los porcentajes de paso de luz de los distintos materiales de cerramiento. Medidas múltiples o continuas, permitirían comprobar el estado, por tramitancia, de plásticos y otros materiales de cobertura; o comprobar los valores de sombreo que se supone ofrecen las mallas y saranes.

Para ampliar sobre este tema, se recomienda la lectura del artículo:

Bures, S., Urrestarazu, M. y Kotiranta, S. 2018.
Uso de luz artificial en agricultura.

http://agricultura.buresinnova.com/docs/valoya/II_uminacion_artificial_en_agricultura-BURES-180115.pdf