



Electro Transformación Industrial, S.A.

José Ignacio Garreta – José Leandro – Leandro Boyano

Iluminación Inteligente



# Iluminación LED para Horticultura



## ANTECEDENTES

### LED en Alumbrado Público

La clave del ahorro, la mejora de la eficacia, respecto a la iluminación tradicional con lámpara de descarga es, fundamentalmente, la mejora en el factor de utilización:

$$\varepsilon = \varepsilon_L \cdot f_m \cdot f_u$$

MENOR FLUJO HACIA EL HEMISFERIO SUPERIOR Y FACHADAS  
MEJOR DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ EN EL SUELO

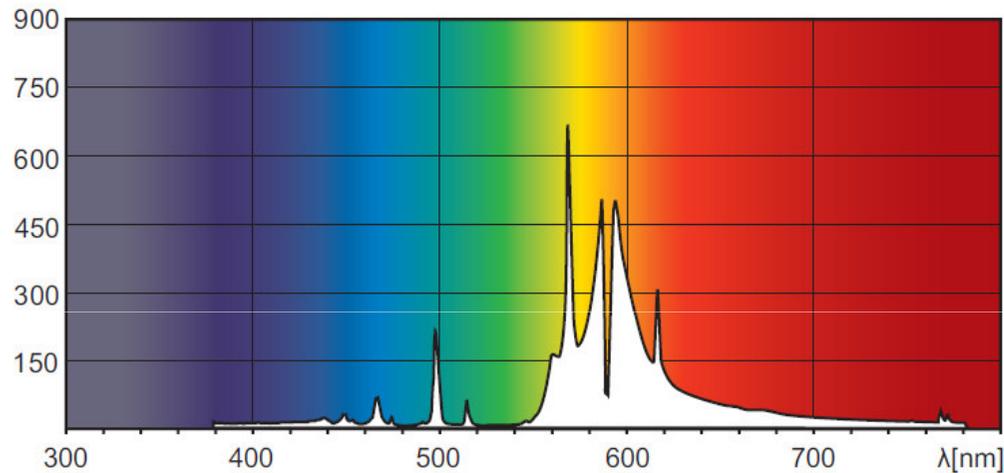
## ANTECEDENTES

### HORTICULTURA

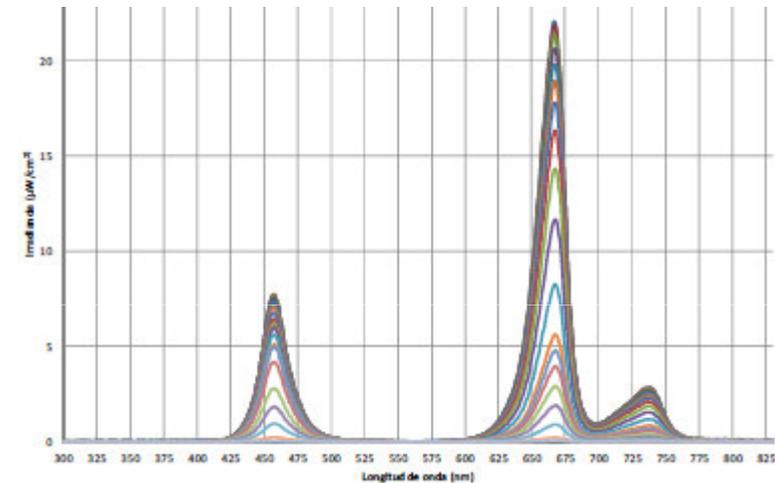
La iluminación para horticultura tradicionalmente se realiza mediante fluorescencia o descarga.

Con el uso de la tecnología LED se puede “dar” a la planta sólo las longitudes de onda que necesita para su desarrollo

## Espectro Típico VSAP

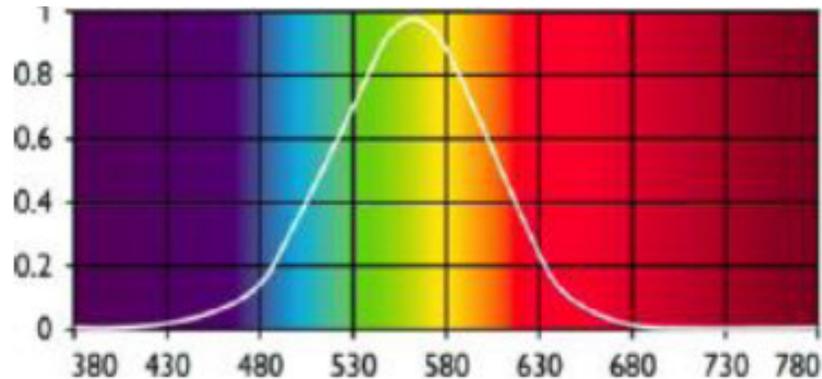


## Espectro AGROLED 3C1

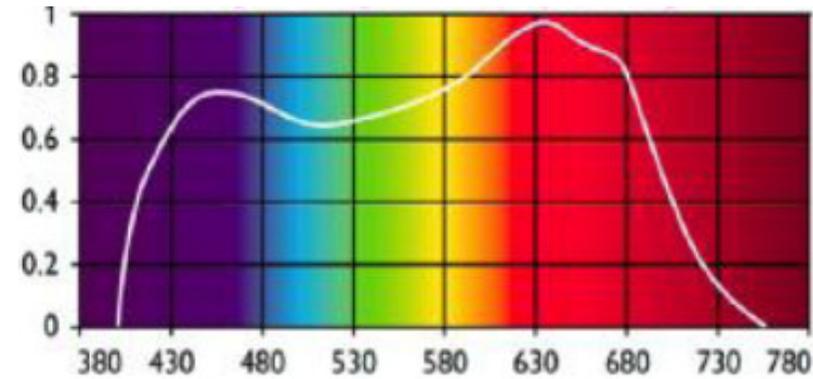


La composición de la luz afecta sobre el crecimiento, forma, desarrollo y floración de la planta (Fotomorfogénesis de la planta)

## Sensibilidad relativa del ojo



## Eficiencia relativa de la fotosíntesis



Las plantas son sensibles a una porción similar del espectro lumínico que el ojo humano (400-700nm). Sin embargo, la respuesta de la planta dentro de esta región, es muy diferente a la de las personas.

El ojo tiene el pico de sensibilidad máxima en 555m, mientras que las plantas responden con mayor efectividad ante el rojo y el azul.

**El Lumen no es la forma correcta de medir la luz en aplicaciones de horticultura.**

## TÉRMINOS Y UNIDADES DE MEDIDA

PAR (Photosynthetic Active Radiation): Luz fotosintéticamente activa.

El **Fotón Flux Fotosintético (PPF)** es una unidad de medida que mide la cantidad de fotones de la luz fotosintéticamente activa:

$$\frac{\mu\text{mol}}{\text{s}} \Rightarrow \text{Es el equivalente al lumen para las plantas}$$

La **Densidad de Fotón Flux (PPFD)** es una medida del número de fotones de luz fotosintéticamente activa que hay en una superficie determinada por segundo:

$$\frac{\mu\text{mol}}{\text{s}\cdot\text{m}^2}$$

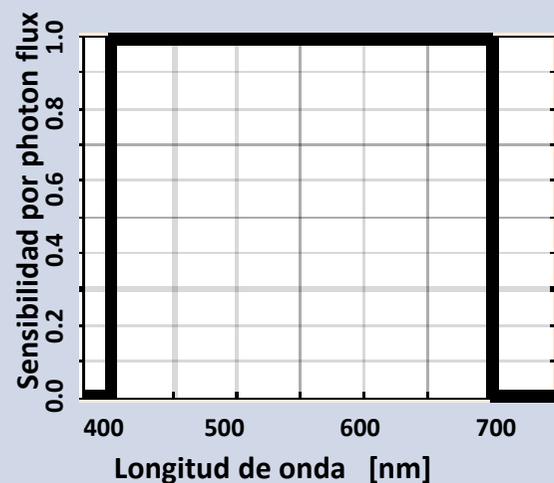
Las medidas con el luxómetro son engañosas.

Existen factores de conversión de lux a densidad de fotón-flux, que varían en función del espectro particular del tipo de lámpara.

Los métodos tradicionales para medir la influencia del espectro lumínico sobre la planta no son los más adecuados.

## Situación actual

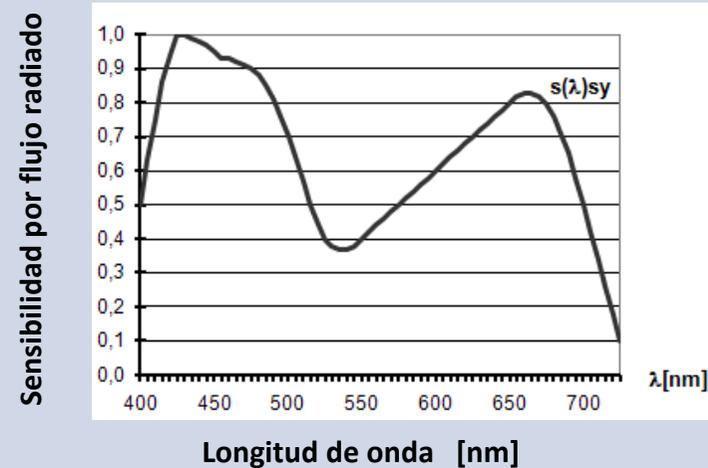
Todo el espectro de la luz PAR tiene igual repercusión sobre la planta.



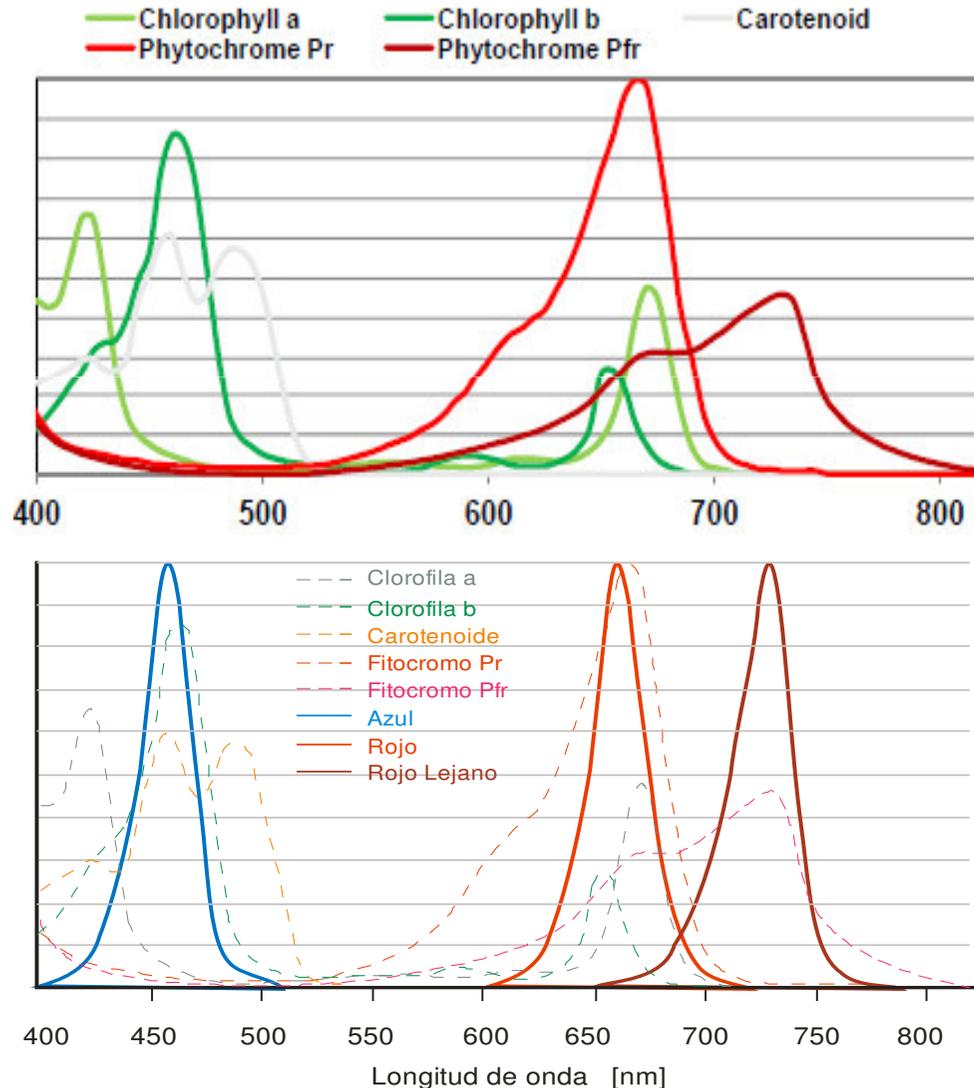
## Aproximación más realista

Cada longitud de onda tiene una influencia diferente sobre la planta, según la curva de sensibilidad espectral de la planta, basada en la absorción de las clorofilas a y b de la planta.

Curva de sensibilidad de la planta según DIN 5031-10



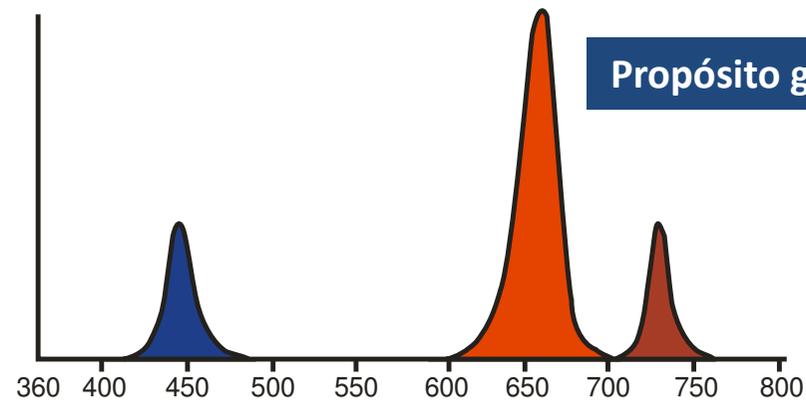
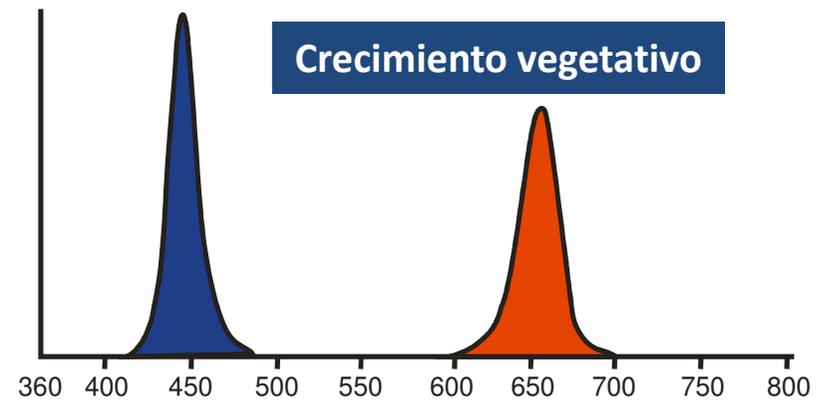
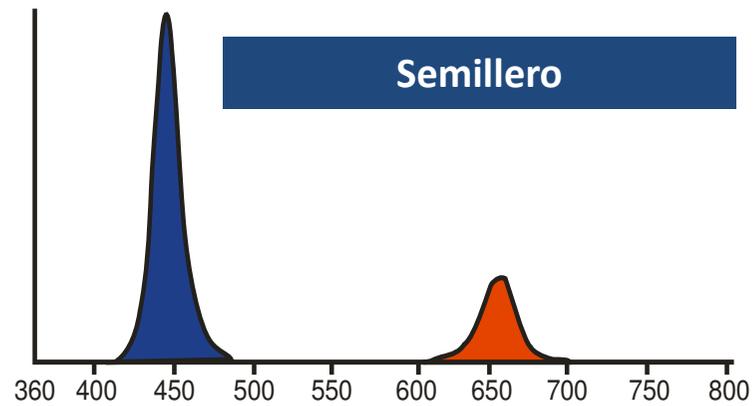
## Curvas de Absorción de los Principales Fotorreceptores de la planta



**PROCESO DE FOTOSÍNTESIS**  
Extremadamente importantes las clorofilas a y b

Con 3 longitudes de onda se puede actuar sobre los principales fotorreceptores de la planta. El LED tiene la ventaja de que se puede escoger su longitud de onda con bastante exactitud.

En las diferentes fases del crecimiento la planta necesita diferentes longitudes de onda



Algunas de las longitudes de onda que aparecen en las gráficas no contribuyen apenas a aportar energía fotosintética a la planta.

En ocasiones, determinadas longitudes de onda son “simplemente” marcadores necesarios para estimular los procesos biológicos de la planta: Actúan “indicando” a la planta qué tiene que hacer: Crecer, florecer, etc...

Para la determinación de la cantidad de luz ( $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ) necesaria de cada longitud de onda, ETI está trabajando con los científicos Salomé Prat y Carlos Alonso-Blanco del **Centro Nacional de Biotecnología**, perteneciente al **CSIC**

Se están realizando los siguientes ensayos:

- **Tomate:** Germinación (semillero)



Muy buena germinación. Plántulas fuertes

Búsqueda de aporte de diferentes longitudes de onda y sus combinaciones

- **Arabidopsis Thaliana:** En invernadero. Sol + Suplemento de luz



Sol + Lámpara de vapor de mercurio



Sol + Lámpara de LED

Aceleración de la Floración

- **Patata:** En cámara oscura.  
Se están realizando ensayos a alta temperatura (28°) para acelerar los efectos de la luz, así como en previsión de los efectos del calentamiento global.  
La lámpara de VSAP daña las hojas (la hoja de patata es muy sensible a la luz, por eso se están realizando pruebas con este tubérculo) .  
Se están realizando pruebas con nuevas combinaciones de longitud de onda.

## CONCLUSIONES

El Ahorro del uso del LED en horticultura viene motivado por la posibilidad de elección de longitudes de onda específicas.

Las unidades de medida no son las mismas que en la iluminación convencional.

Es necesaria la búsqueda de las longitudes de onda y la “cantidad” de luz de cada una de ellas.

ETI, en colaboración con el Centro Nacional de Biotecnología (CNB-CSIC).



**Electro Transformación Industrial, S.A.**

Iluminación Inteligente

