

## Fotomorfogénesis, hermana de la fotosíntesis

### *Luces de cultivo, Medidor PAR espectral*

#### Introducción

La fotosíntesis a menudo ocupa un lugar central cuando se habla de plantas y luz, pero hay más en la historia. En este artículo, lo invitamos a explorar la mitad menos conocida de la narrativa: la fotomorfogénesis. “Foto” se refiere a la luz y “morfogénesis” se refiere al cambio y al crecimiento. En un artículo anterior ([aquí](#)), profundizamos en los conceptos básicos de la fotosíntesis y analizamos cómo las plantas aprovechan la energía luminosa para crear azúcares para necesidades metabólicas posteriores, como el crecimiento.

Pero ¿qué pone en marcha ese crecimiento? La respuesta está en otra faceta de la influencia de la luz: la fotomorfogénesis. Le brindaremos una vista panorámica con suficiente detalle para comprender el qué, el dónde, el cómo y el porqué de la fotomorfogénesis

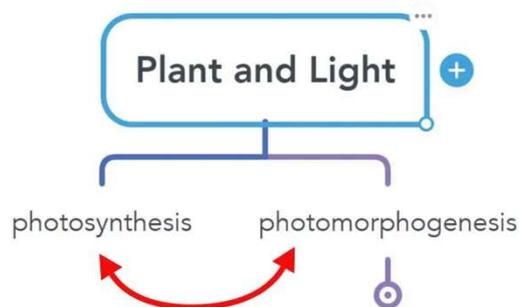


Fig. 2 Foto de Josie Weiss en Unsplash

#### Por qué las plantas necesitan crecer y cambiar

El crecimiento de las plantas o los cambios morfológicos son esenciales para la supervivencia. Dos razones principales impulsan esta necesidad:

**Supervivencia:** Las plantas deben crecer y ampliar su alcance para capturar la luz vital para la fotosíntesis, permitiendo la producción de azúcares necesarios para su existencia.

**Reproducción:** La floración y la producción de frutos aseguran la supervivencia de las especies de plantas, un proceso estrechamente ligado a la disponibilidad de luz.

Ambas necesidades fundamentales dependen del papel de la luz como factor crítico.

### El fotorreceptor: recibir luz para el crecimiento

Las células vegetales poseen una molécula única llamada fotorreceptor, que es responsable de recibir la energía luminosa que pone en marcha el crecimiento y los cambios morfológicos. Exploremos los tres tipos principales de fotorreceptores:

**Fitocromos:** estos fotorreceptores desencadenan transiciones estacionales en las plantas, lo que influye en la germinación, el crecimiento, la floración y la fructificación de las semillas.

**Criptocromos:** responsables de regular el crecimiento, estos fotorreceptores garantizan que las plantas no se extiendan demasiado y mantengan una forma eficiente para sobrevivir.

**Fototropinas:** estos fotorreceptores guían el crecimiento del tallo de la planta hacia las fuentes de luz disponibles.

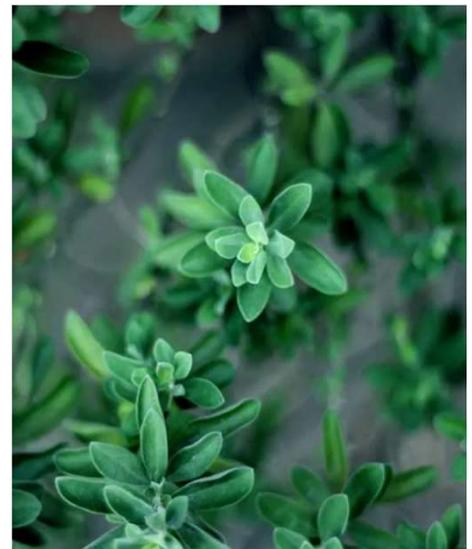


Figura 3 (Albert Melu en Unsplash)

### ¿Dónde están estos fotorreceptores?

Para comprender mejor, identifiquemos la ubicación de los fotorreceptores. Se encuentran dispersos por las células vegetales y habitan en el citoplasma celular, los espacios dentro de la célula.

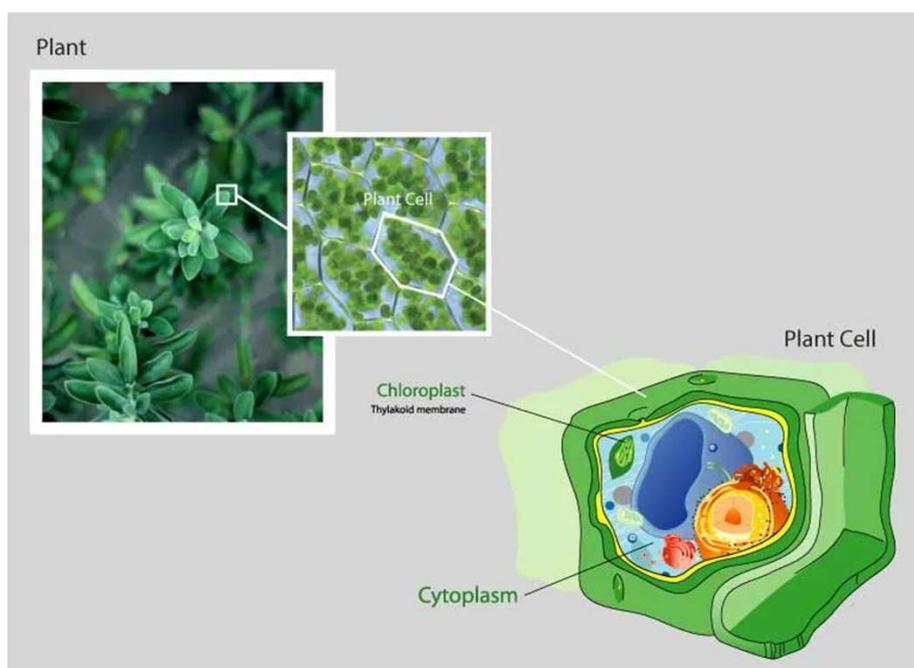


Fig 4 – Los fotorreceptores residen en el citoplasma de la célula.  
(imagen de la planta de la izquierda de Albert Melu, imagen de la célula de la planta del medio de Kristian Peters)

## Cómo perciben las plantas los cambios estacionales: el papel de los fitocromos

A medida que cambian las estaciones, notarás una explosión de vida, especialmente del invierno a la primavera. Las semillas germinan, emergen brotes, los tallos se extienden, las hojas se abren y las plantas maduras florecen y dan frutos. Pero, ¿cómo sincronizan las plantas sus acciones con las estaciones? La respuesta está en los fitocromos.

### La molécula de fitocromo

Los fitocromos son simplemente moléculas, grupos de átomos ensamblados en una estructura molecular tridimensional. Existen en dos estados: Pr y Pfr. Cuando se expone a luz roja (620-750 nm), un fitocromo pasa de un estado Pr a un estado Pfr. Si un fitocromo en estado Pfr absorbe luz roja lejana (700-750 nm), vuelve a su estado Pr.

### Cómo el fitocromo detecta las estaciones.

Hay más luz roja durante las horas del día, lo que provoca la conversión de Pr a Pfr. Cuando cae la noche, los fitocromos Pfr se degradan naturalmente nuevamente a Pr. En consecuencia, la relación Pr-Pfr fluctúa durante un día de 24 horas y vuelve al equilibrio después del anochecer.

Sin embargo, en primavera y verano, las horas de luz más largas dan como resultado una relación Pr-Pfr más baja, que se mantiene durante varios días y alcanza un umbral que desencadena la fotomorfogénesis.

En los meses de invierno, con días más cortos, hay menos luz roja y la relación Pr-Pfr aumenta, inhibiendo la fotomorfogénesis.

Esta relación generalmente se representa como un porcentaje (Fig.6), pero nos referiremos a ella como relación Pr-a-Pfr.

Vea otro artículo sobre PSS (estado fotoestacionario del fitocromo) [aquí](#).

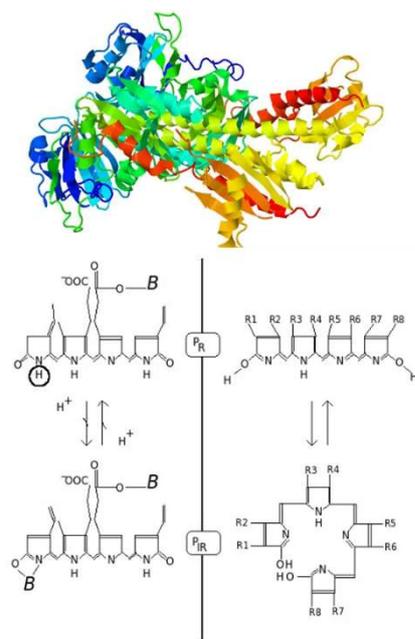


Fig 5 – El fitocromo es una molécula que cambia de forma después de absorber luz.

$$PSS = \frac{P_r}{P_r + P_{fr}}$$

Figura 6: El estado del fitocromo se basa en una proporción porcentual de sus dos formas.

### El crecimiento del tallo es división celular.

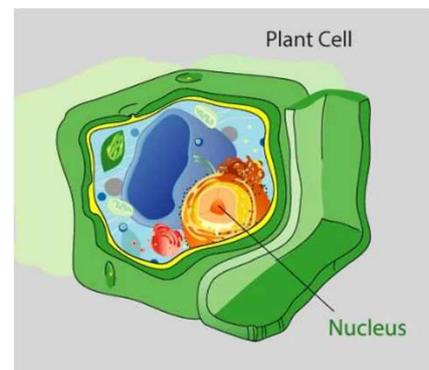
El alargamiento del tallo, la expansión de las hojas, la floración y el desarrollo del fruto se manifiestan mediante la división celular, que en última instancia está controlada por el material de ADN genético en el núcleo de la célula vegetal.

El núcleo recibe de forma rutinaria señales ambientales y eventos de señalización (p. ej., actividad de fitocromos) para determinar si se necesita alguna acción, como la división celular. Cuando siente que las condiciones están maduras para la división celular, el núcleo desencadena el "ciclo celular", que es el proceso de división celular.

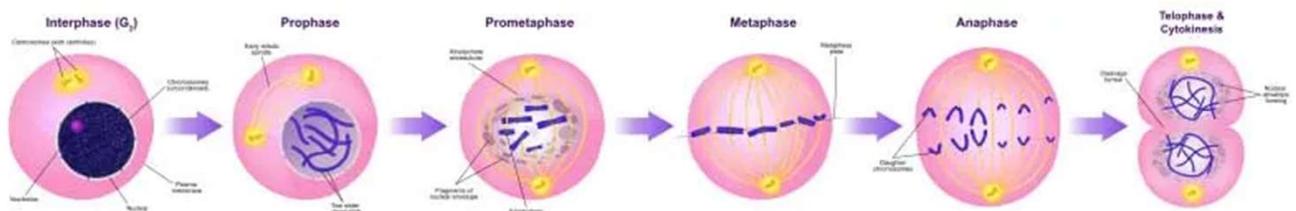
Además de los estados de los fitocromos, es necesario comprobar otras condiciones ambientales antes de que se produzca la división celular:

- **Temperatura**
- **Humedad**
- **Disponibilidad de nutrientes y agua**
- **Actividad hormonal (sí, las plantas también tienen hormonas)**
- **Actividad enzimática (relacionada con la actividad hormonal)**
- **Interacción con otros fotorreceptores.**

Esto significa que incluso si la actividad de los fitocromos favorece la división celular, es posible que no desencadene la fotomorfogénesis debido, por ejemplo, a temperaturas extremadamente frías. Es un proceso altamente orquestado y estrictamente controlado.



*Fig 7 – El Núcleo de la Célula Vegetal controla todas las funciones de la división celular.*



*Figura 8 – La cuarta etapa del ciclo celular es la división celular (mitosis) – por Ali Zifan (wikipedia-CC BY-SA 4.0)*

### **Semilla para germinar**

Las semillas responderán a los cambios de luz estacionales: bajo luz solar intensa y días largos, hay mucha luz roja, la relación Pr/Pfr es baja y las condiciones para la germinación son favorables.

Sin embargo, muchas veces, las semillas pueden caer en áreas sombreadas debajo del dosel, donde hay menos luz roja y más luz roja lejana. Esto ocurre porque las hojas del dosel absorben la luz roja pero permiten que la luz roja lejana se transmita a través de la hoja.

Esta desproporción de luz roja lejana debajo del dosel conduce a un nivel de Pr más alto, lo que indica malas condiciones de iluminación. En lugar de intentar brotar y alcanzar la luz, las semillas inhiben la germinación. Es un mecanismo de supervivencia, para no desperdiciar recursos y permanecer dormidos hasta que lleguen mejores condiciones.



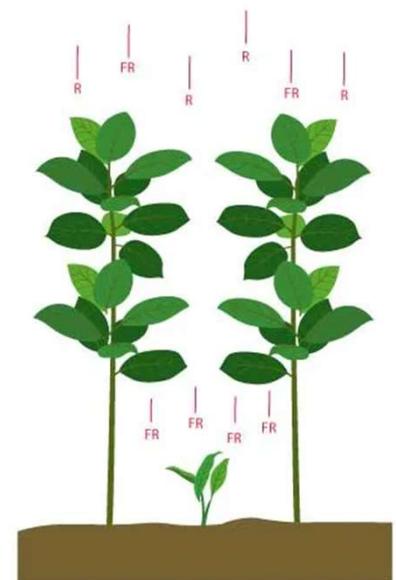
*Fig 9 – Semilla para germinar*

### **Brotar para plantar**

Cuando un brote se transforma en una planta auténtica, seguirá los mismos patrones estacionales de espera por días más largos y más luz roja.

Si una planta está en un área sombreada o debajo del dosel, percibe más luz roja lejana (Pr/Pfr más alta), pero a diferencia de la latencia de las semillas, la planta intentará alcanzar la luz a través del alargamiento del tallo y la expansión de las hojas.

Existe un segundo tipo de fotorreceptor llamado fototropinas, que reacciona con la luz azul y UV-A. Se considera principalmente que dirige a la planta para que se incline hacia la luz. Se encuentran principalmente en las puntas de las ramas.



*Figura 10 – Bajo el dosel, en condiciones de poca luz, las plantas responden a la luz roja lejana con el alargamiento del tallo y la expansión de las hojas.*

## Las plantas saben cuándo dejar de crecer: Criptocromos

Las plantas no pueden crecer para siempre, por lo que existe un mecanismo para inhibir el crecimiento.

A medida que una planta se extiende por encima del dosel, las hojas encuentran todo el espectro de luz solar, incluida la luz azul (400-500 nm) y los rayos UV-A (320-400 nm). En esta etapa entran en juego los criptocromos. Estos fotorreceptores absorben estas longitudes de onda de luz pero actúan inhibiendo el crecimiento de tallos y hojas.

Esta inhibición tiene un propósito; La altura excesiva puede hacer que las plantas sean más vulnerables al viento y a los efectos de la gravedad, al tiempo que dificulta la absorción eficiente de nutrientes y agua. Es una adaptación de supervivencia para intentar permanecer corto y compacto.

## Planta a flor

El proceso de floración y fructificación es prácticamente el mismo. Los días más largos con mayor luz roja provocan la transformación de Pr en Pfr, lo que reduce la relación Pr/Pfr y fomenta la floración.

Algunas plantas se clasifican como plantas de días largos y florecen cuando los días son más largos con una relación Pr/Pfr más baja. Por el contrario, las plantas de días cortos florecen cuando los días son más cortos y la relación Pr/Pfr permanece más alta. Esto significa que ciertas plantas, como la Poinsettia, normalmente florecen durante los meses de invierno.



*Fig. 11: Después de que una planta alcanza la altura del dosel, la luz azul y UV-A activarán los criptocromos para inhibir el crecimiento.*



*Figura 12: Foto de ameenfahmy en Unsplash*

## Planta a fruto

El viaje de la planta al fruto varía entre los diferentes árboles y plantas frutales. Por ejemplo, los manzanos son sensibles a la duración del día y a la actividad de los fitocromos, lo que influye en la fructificación.

Por el contrario, las plantas de día neutro, como los limoneros, inician la fructificación en función de factores como la regulación hormonal, la temperatura, las precipitaciones y la humedad del suelo. En climas templados, los limoneros pueden dar frutos durante todo el año, a pesar de los cambios de iluminación estacionales.

## Relación entre fotosíntesis y fotomorfogénesis.

Hay mucha actividad con la fotomorfogénesis, y toda la cual requiere energía. ¿De dónde viene esta energía? Proviene del azúcar, que es el subproducto de la fotosíntesis.

La fotosíntesis se basa en la fotomorfogénesis para crecer y alcanzar la luz, de modo que las hojas puedan absorber la luz para producir azúcar. La fotomorfogénesis depende de la fotosíntesis para proporcionar los azúcares necesarios para impulsar todas sus actividades.

## Aplicaciones prácticas de la comprensión de la fotomorfogénesis.

Los agricultores de interior especializados y las organizaciones de investigación de primer nivel continúan empleando técnicas de iluminación para mejorar las estrategias de crecimiento de las plantas. Utilizan iluminación LED dinámica y medidores PAR espectrales para manipular y medir la iluminación roja, roja lejana y azul, aprovechando la información de fotomorfogénesis para mejorar la calidad, la cantidad y la puntualidad de sus productos.



Fig 13 - Foto de Zoe Schaeffer en Unsplash

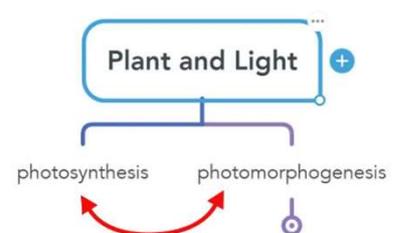


Figura 14 – La fotosíntesis y la fotomorfogénesis comparten una relación simbiótica



Fig 15 – Los medidores PAR espectrales miden la luz relacionada con la fotomorfogénesis.

## Resumen

Acabamos de repasar los conceptos básicos de la fotomorfogénesis, desde la luz hasta la activación de los fitocromos en el citoplasma, la división celular en el núcleo y, finalmente, el crecimiento y el cambio de las plantas: eso es la fotomorfogénesis.

Sin embargo, tenga en cuenta que las vías de señalización luminosa, las reacciones químicas, la actividad hormonal y enzimática y la expresión genética todavía están intrincadamente entrelazadas y son complejas.

Además, tenga en cuenta que las especies de plantas varían y tienen sus idiosincrasias evolutivas.

Pero esperábamos darles a los agricultores un paso adelante con una vista panorámica de este fascinante aspecto evolutivo de la biomecánica de las plantas y fomentar nuevas estrategias de cultivo con luz para mejorar la calidad y la puntualidad de sus productos.



*Figura 16 – Fotomorfogénesis*

## Medidor PAR espectral PG200N

La medición espectral de PAR permite a los agricultores e investigadores las ventajas de la iluminación experta al ajustar los parámetros de color para mejorar la calidad, el tiempo y la cantidad de sus productos.

Leer artículo original [aquí](#)



*Medidor PAR espectral PG200N*

Para obtener más información sobre los productos C-Led póngase en contacto con nosotros: [info@buresinnova.com](mailto:info@buresinnova.com)

BURESINNOVA S.A. Ctra. Antiga de València, 1, 08830 Sant Boi de Llobregat, Barcelona

T. (+34) 936 614 785 Mail: [info@buresinnova.com](mailto:info@buresinnova.com) Web: [www.buresinnova.com](http://www.buresinnova.com)