



## CAROTENOIDES: ¿ESCUDO DE PROTECCIÓN FRENTE AL ESTRÉS AMBIENTAL?

Raquel Esteban y Unai Artetxe

Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Ciencia y Tecnología.  
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

---

### ¿Sufren las plantas estrés?

Las plantas, al ser organismos sésiles, están ancladas al suelo por sus raíces y, a diferencia de los animales, no pueden “escapar” cuando las condiciones son adversas. Esta limitación las expone de forma continua a múltiples factores ambientales, como cambios extremos de temperatura, disponibilidad de agua, luz intensa o ataques de patógenos, que pueden alejarlas de su "zona óptima" de funcionamiento. Este rango óptimo es el conjunto específico de condiciones en el que las plantas mantienen el crecimiento máximo y funcionan de forma ideal, y estar fuera de él provoca lo que conocemos como **estrés vegetal**. Curiosamente, la situación de zona óptima es una excepción.

Este proceso es comparable al funcionamiento de un muelle: cuando las condiciones se desvían de lo ideal, la "tensión" aumenta, y la planta necesita desplegar respuestas para aclimatarse. Estas respuestas incluyen estrategias de resistencia, desarrollando mecanismos para evitar el daño o tolerar la tensión causada por el factor estresante.

### ¿Cuál es el estrés ambiental más común en el mundo vegetal?

Uno de los factores de estrés ambiental más común para las plantas es la **luz**, que, aunque indispensable, puede convertirse en un **arma de doble filo**. Si bien la luz es esencial para la fotosíntesis, las plantas a menudo reciben más luz de la que pueden procesar eficientemente. Este exceso de luz genera la acumulación de especies reactivas de oxígeno, que generan daños en las células vegetales.

Además, la luz es un recurso altamente variable tanto en tiempo como en espacio. Por ejemplo, la intensidad lumínica en una calle de una ciudad mediterránea en pleno verano es significativamente mayor que en una ciudad ubicada en latitudes más altas, lo que significa que la radiación que recibe una planta en un lugar puede diferir enormemente de la que recibe otra planta en otro lugar. Incluso dentro de un mismo árbol puede haber variaciones en la radiación recibida debido al viento, a la orientación (norte o sur) o al sombreado de las propias hojas. Esta variabilidad se agrava con el cambio climático, que está provocando un aumento global de las temperaturas y alterando los patrones climáticos. Estos cambios intensifican el estrés lumínico en las plantas, lo que supone un desafío adicional para su supervivencia.

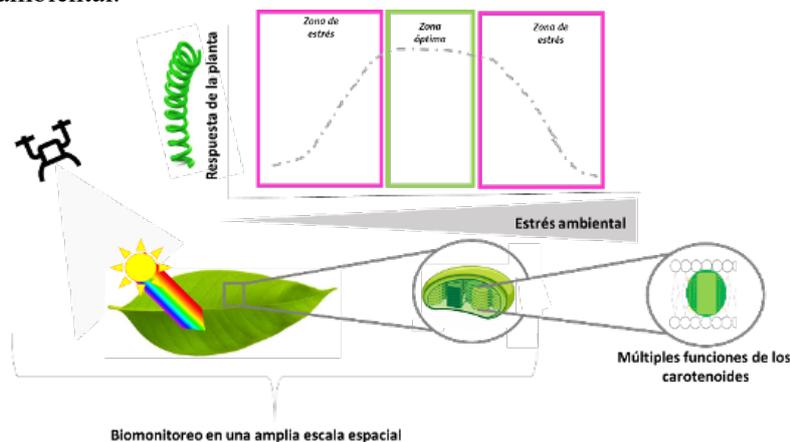
### Carotenoides: una red de funciones que conecta la planta con su entorno

Mirando a través de nuestra ventana en otoño, enseguida nos damos cuenta de que las hojas muestran colores diferentes al verde que han mostrado durante la primavera y el verano, y esto es gracias a los **carotenoides**. Estos compuestos se hacen visibles en las hojas de los árboles caducifolios durante el otoño en climas templados, cuando la degradación de las clorofilas revela el característico amarillo-naranja de los carotenoides. Sin embargo, estos pigmentos no aparecen únicamente en otoño, si no que están presentes durante todo el año. Simplemente están ocultos tras el verde dominante de las clorofilas. Los carotenoides son como una "navaja suiza" para las plantas, desempeñando una **red de funciones cruciales** que les permiten enfrentarse a los estreses ambientales, especialmente al exceso de luz.

Además de participar en la captación de luz para la fotosíntesis, los carotenoides también regulan la cantidad de luz que las plantas absorben. Cuando la luz es demasiado intensa y excede los niveles que las



plantas pueden manejar de manera segura, los carotenoides actúan como una defensa, disipando el exceso de energía que produce la luz y protegiendo a la planta de los daños causados por la radiación excesiva. Funcionan como antioxidantes, neutralizando moléculas dañinas y estabilizando las membranas celulares, lo que ayuda a mantener la integridad de las estructuras internas de la planta. Sin estos mecanismos protectores, muchas plantas no podrían sobrevivir en entornos con alta exposición solar, especialmente en condiciones extremas. En definitiva, son escudos de protección frente al estrés ambiental.



**Figura 1.** Los carotenoides tienen múltiples funciones dentro del aparato fotosintético de las plantas para hacer frente al estrés ambiental.

## Carotenoides como biomarcadores: monitoreo de la salud en un mundo cambiante

Muchos de los procesos fisiológicos relacionados con los carotenoides ocurren antes de ser visibles a simple vista, lo que los convierte en valiosos **biomarcadores del estado de salud** y vigor de las plantas. Esto es crucial en un contexto de cambio climático, donde las condiciones de estrés, como la sequía, el exceso de luz o las temperaturas extremas, son cada vez más frecuentes e intensas. Estos biomarcadores no solo son fundamentales para monitorizar la salud de los ecosistemas, sino también para optimizar prácticas agrícolas y forestales. Identificar señales tempranas de estrés permite tomar medidas preventivas antes de que los daños sean irreversibles. Además, el análisis de la composición de los carotenoides se puede escalar desde el nivel foliar hasta escalas más amplias espacialmente, como los ecosistemas. Para ello, las técnicas cromatográficas ampliamente usadas para analizar los carotenoides a nivel de hoja son complementadas con imágenes (satélite, drones...) para poder ampliar la escala espacial. Estas técnicas (no destructivas) se están consolidando como herramientas clave para evaluar la salud de grandes áreas vegetativas. Sin embargo, es necesario seguir perfeccionando estas tecnologías para mejorar su precisión y ampliar su aplicabilidad en el monitoreo ambiental del futuro.

## Nuestro grupo de investigación está centrado en estas líneas de trabajo

**BEZ EKOFISKO** es nuestro **grupo de investigación**. Es un grupo consolidado de la Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, dedicado al estudio de los carotenoides como biomarcadores. Nuestro objetivo principal es profundizar en cómo las plantas responden y se aclimatan a diversos factores de estrés ambiental. Este conocimiento nos permite abordar problemáticas prácticas, como la recuperación de suelos degradados, investigando el papel de las plantas en la revitalización de ecosistemas dañados. Otro de nuestros focos de investigación es el decaimiento forestal. Mediante la identificación de señales tempranas de estrés en los árboles, buscamos desarrollar estrategias de manejo más efectivas que contribuyan a la preservación de los bosques. Nuestro grupo de investigación BEZ EKOFISKO contribuye a la comprensión y gestión sostenible de los ecosistemas vegetales. Con nuestros últimos proyectos estamos avanzando en estas líneas de investigación. Para más detalles sobre nuestras investigaciones y colaboraciones, te invitamos a visitar nuestra página web (<https://www.ehu.es/es/web/ekofisko/aurkezpena>).

Noviembre 2024