

Producción primaria: ¿Por qué las plantas de interior se vuelven amarillas cuando no reciben suficiente luz?

Mariam Sahrawy¹, Paola Vargas¹, Antonio J. Serrato¹

¹Departamento de Estrés, Desarrollo y Señalización en Plantas, Estación Experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Granada, España

¿Por qué las plantas de interior se vuelven amarillas cuando no reciben suficiente luz?

Algunos ejemplos

Figura 1: Ejemplos de plantas afectadas con hojas amarillas



Narrativa y puesta en escena

La mayoría de las plantas de interior suelen ser de color verde claro u oscuro, pero a veces pueden volverse rojas, moradas o amarillas cuando están estresadas o no gozan de buena salud (Figura 1). Estos colores están causados fundamentalmente por los pigmentos presentes en los cloroplastos, que se encuentran en las células de las hojas de las plantas. El color verde se debe a la clorofila, que tiñe los cloroplastos. La función principal de la clorofila es capturar la energía de la luz solar y canalizarla hacia la maquinaria interna del cloroplasto. A lo largo de la vida de la planta, y dependiendo de las condiciones de luz del entorno, los colores de los pigmentos pueden cambiar a amarillo debido a la acumulación de caroteno.

1.- Plantas de interior

Comencemos con un poco de historia sobre las plantas de interior. Han sido populares desde la antigüedad. Se cree que hace unos 5000 años, los antiguos egipcios llevaban plantas como helechos y palmeras a sus hogares para decorarlos y aportar un toque de naturaleza a sus casas. Tras tantos años de conocimiento, uno podría suponer que cuidarlas debería ser sencillo. El interés por las plantas de interior aumentó en el siglo XIX, y los terrarios (pequeños invernaderos de interior) se hicieron cada vez más populares.

Durante años hemos utilizado plantas en interiores no solo con fines decorativos (como elementos de decoración del hogar), sino también para mejorar la calidad del aire y el bienestar mental. Entre nuestras plantas de interior favoritas se encuentran las suculentas, las cintas, los potos y muchas más. Hay plantas grandes y pequeñas, con o sin flores, de hojas suaves o rígidas, de color verde claro u oscuro, a veces rojas o naranjas e incluso blancas. Las plantas necesitan luz solar para crecer, y podemos encontrarlas casi en cualquier lugar de la naturaleza. Sin embargo, las plantas de interior han tenido que adaptarse a diversas condiciones como la luz solar indirecta, el riego limitado y a las condiciones dentro de nuestras casas. Muchas plantas son visualmente atractivas y aportan valor estético a los hogares. A continuación, mostramos algunos ejemplos de plantas de interior (Figura 2), todas ellas necesitan luz solar para un crecimiento saludable.



Figura 2: Algunos ejemplos de plantas de interior

2.- La importancia de la luz solar y la fotosíntesis

La reacción de fusión termonuclear del hidrógeno en helio es la fuente primaria de energía del Sol. Las plantas aprovechan esta energía solar mediante la fotosíntesis y la almacenan en moléculas químicas. El espectro visible abarca de 400 a 700 nm y se conoce como radiación fotosintéticamente activa (PAR), pero dentro de este rango las plantas absorben y utilizan de manera más eficiente las longitudes de onda azul (400 a 520 nm) y roja (600 a 700 nm).

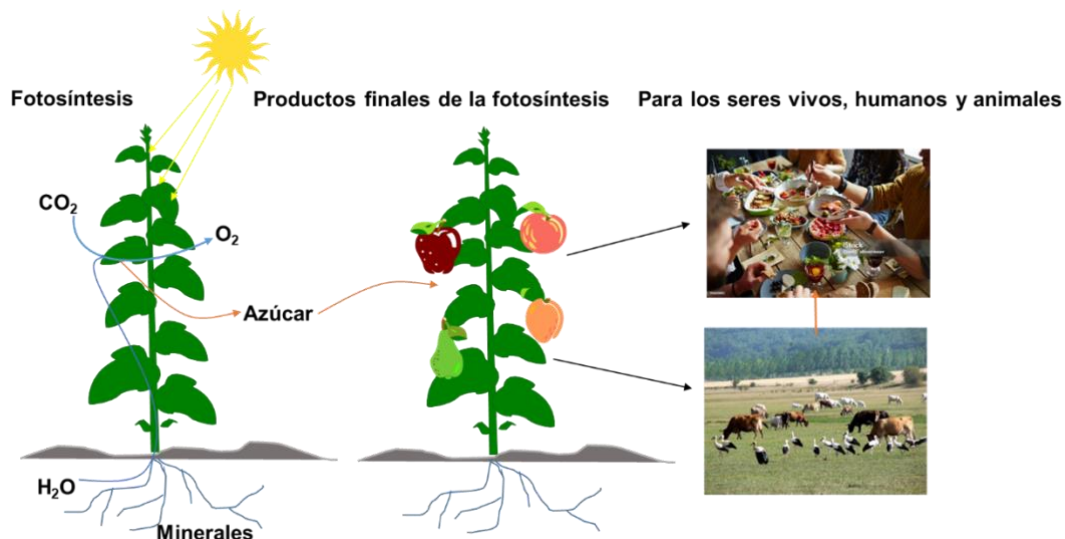


Figura 3: Principales reacciones fotosintéticas en las plantas. Los productos finales de las plantas, como frutas, semillas, granos, cereales o tubérculos, constituyen la base de la nutrición humana y animal.

Los organismos fotosintéticos no pueden sobrevivir sin luz. En entornos naturales, la luz solar es el principal motor del crecimiento y la productividad vegetal. Sin embargo, a lo largo de la historia de la Tierra, las interrupciones en la luz solar han tenido efectos significativos sobre la vida vegetal y el planeta. Por ejemplo, la extinción masiva del Cretácico-Paleógeno, hace 66 millones de años, tuvo un impacto significativo en el crecimiento de las plantas debido a las partículas de polvo en la atmósfera, que limitaron la luz solar durante casi dos años. Esto detuvo la fotosíntesis en todo el planeta, lo que resultó en la extinción de alrededor del 50% de las especies vegetales, lo que a su vez interrumpió la cadena alimentaria y provocó un colapso ecológico generalizado. En el pasado, volcanes, asteroides y otros factores crearon condiciones desfavorables para las plantas, lo que interrumpió la cadena alimentaria y provocó extinciones masivas. Estos eventos ponen de manifiesto la importancia de la fotosíntesis para la cadena alimentaria y para la vida en la Tierra.

Los cloroplastos se consideran el corazón de las plantas, ya que albergan la maquinaria necesaria para procesar la energía y fabricar azúcares y otros componentes fundamentales. Básicamente, dentro de los cloroplastos, los pigmentos de clorofila junto con proteínas y otros componentes, convierten la energía solar en energía química. Esta energía facilita la fijación del CO_2 atmosférico y, en combinación con protones y electrones derivados del agua (H_2O), genera azúcares y libera oxígeno molecular (Figura 3). El oxígeno es esencial para la respiración de los seres vivos, mientras que los azúcares constituyen la estructura de las plantas y proporcionan alimento para humanos y animales en forma de frutos o semillas. Al observar en detalle el interior del cloroplasto, podemos verificar que los pigmentos son esenciales para los procesos que acabamos de describir (Figura 4). La clorofila a y b son las más importantes para el correcto funcionamiento de la maquinaria fotosintética, pero no se pueden ignorar los carotenoides, que son los que dan el color naranja/amarillo a las hojas de las plantas. Este color es un síntoma que nos informa sobre el estado de las plantas debido a la falta de luz, de un nutriente o la aparición de una enfermedad. Se trata de un mecanismo de defensa que han desarrollado las plantas.

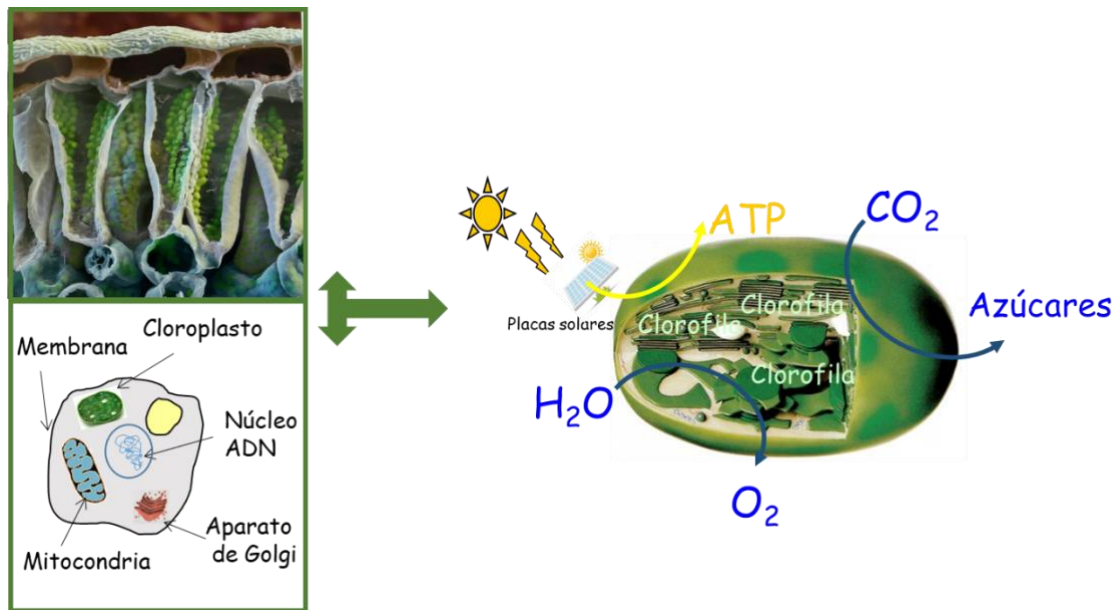


Figura 4. Visión microscópica del interior de las células vegetales y de los cloroplastos

3. Los pigmentos fotosintéticos

Los pigmentos son moléculas que absorben la luz y les dan color a las plantas (Figura 5). Las flores y los frutos contienen varios pigmentos orgánicos que absorben la luz. Las hojas, los tallos y las raíces también contienen pigmentos, como las antocianinas, los flavonoides, las flavinas y las quinonas. Sin embargo, ninguno de estos debe considerarse un pigmento fotosintético. Los pigmentos fotosintéticos son capaces de absorber energía de la luz solar y ponerla a disposición del aparato fotosintético. En las plantas terrestres, existen dos tipos de pigmentos fotosintéticos: clorofilas y carotenoides.

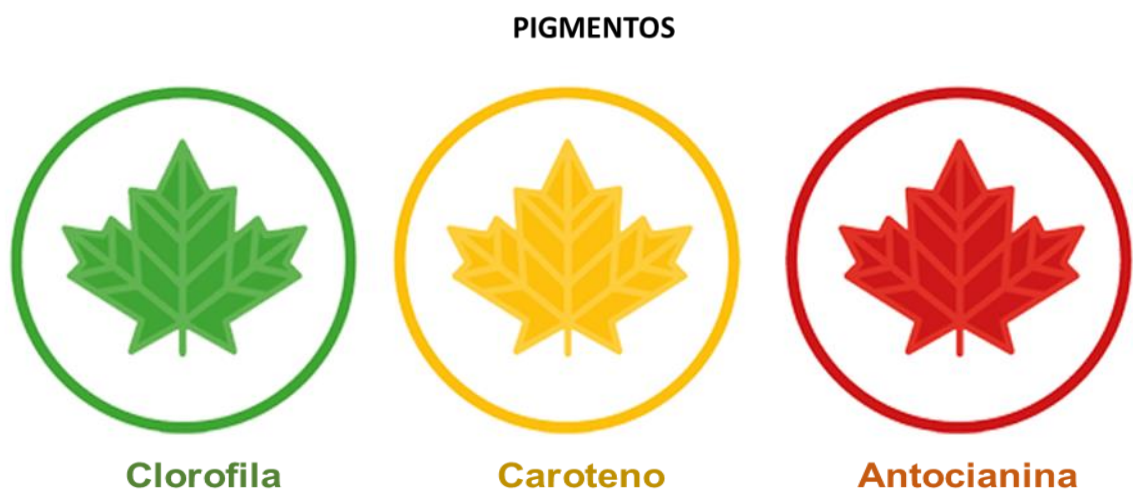


Figura 5: Principales pigmentos en las plantas

a) ¿Qué es la clorofila?

La clorofila (del griego *chloros* = verde y *phyllon* = hoja) es el pigmento verde presente en los cloroplastos de las células vegetales. Absorbe la luz solar, que es vital para el proceso de fotosíntesis, y permite que las plantas conviertan la energía lumínica en energía química. Durante la fotosíntesis, la clorofila absorbe energía de la luz azul y roja, mientras refleja la luz verde, lo que hace que las plantas se vean verdes (Figura 6) (Virtanen, 2022).



Figura 6: Las plantas se ven verdes porque la clorofila absorbe principalmente la luz azul y roja, reflejando en su mayoría la luz verde.

La clorofila consiste en estructuras de un anillo porfirínico unidas a una cola hidrocarbonada. Existen varios tipos de clorofilas, incluidas la clorofila a y la clorofila b, cada una de las cuales desempeña un papel específico en la absorción de luz (Figura 7):

- **Clorofila a:** Es el pigmento más esencial para la fotosíntesis en todas las plantas, algas y cianobacterias. Absorbe la luz en las longitudes de onda correspondientes a los colores azul-violeta y rojo del espectro.
- **Clorofila b:** Es el pigmento accesorio en algas verdes y plantas que absorbe luz anaranjada-roja y presenta diferencias estructurales con respecto a la clorofila a.
- **Clorofila c:** Presente en algas marinas como las algas pardas y las diatomeas, es similar a la clorofila a pero tiene una estructura ligeramente diferente.
- **Clorofila d:** Presente en algas rojas y cianobacterias, adaptadas a la fotosíntesis en aguas profundas.
- **Clorofila f:** Se encuentra en algunas cianobacterias y absorbe luz en el rango del infrarrojo.

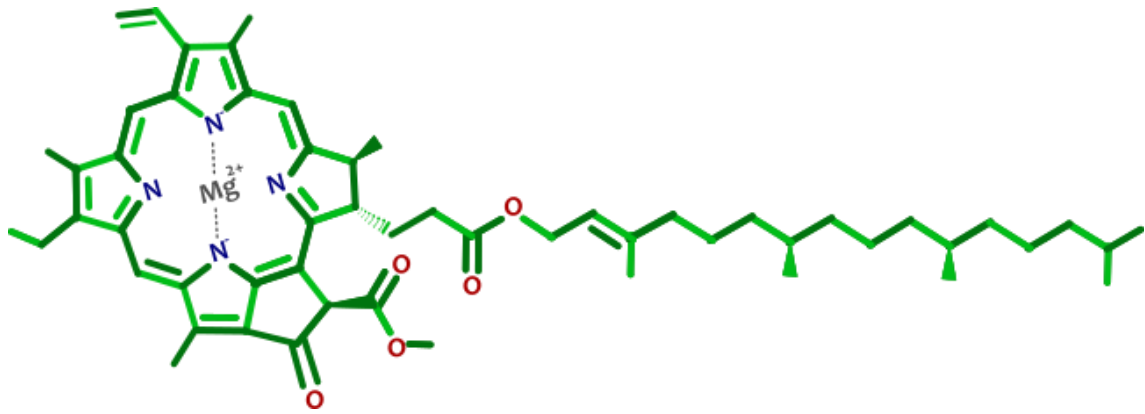


Figura 7: La estructura química de la clorofila incluye una cola hidrofóbica (que “teme al agua”) que se inserta en la membrana del tilacoide del cloroplasto y una cabeza de anillo porfirínico (un grupo circular de átomos que rodea un ion de magnesio) que absorbe luz.

b) ¿Qué son los carotenoides?

Los carotenoides son pigmentos orgánicos naturales que se encuentran en las plantas, las algas, ciertos hongos y las bacterias. Presentan una variedad de colores, entre los cuales se incluyen el amarillo, el naranja, el rojo y el púrpura. Actúan como pigmentos accesorios y pueden absorber luz en las regiones violeta y azul-verde del espectro electromagnético. Amplían el rango de longitudes de onda que las plantas pueden utilizar para la fotosíntesis y mejoran la eficiencia de captación de luz.

La estructura química de los carotenoides permite clasificarlos en dos grupos principales: **carotenos** y **xantofilas** (Figura 8).

- **Carotenos:** Son carotenoides no oxigenados como los betacarotenos, que son los responsables del color naranja de las zanahorias.
- **Xantofilas:** Derivados oxigenados de los carotenos que actúan como antioxidantes y protegen las células fotosintéticas.

El caroteno más común es el **licopeno**, el pigmento rojo presente en los frutos rojos y los tomates.



Figura 8: Estructura química del beta-caroteno. Este carotenoide es responsable del color naranja de las zanahorias y de los tonos anaranjados rojizos de muchos alimentos de origen vegetal. El nombre "beta-caroteno" proviene del nombre latino de la zanahoria.

En los órganos fotosintéticos de las plantas, los carotenoides captan la energía lumínica y la transfieren a la clorofila, lo que permite la fotosíntesis. Cuando las hojas reciben una gran cantidad de energía, este exceso puede dañar el aparato fotosintético. Los carotenoides absorben el exceso de energía de la clorofila y la liberan en forma de calor.

En los órganos no fotosintéticos de las plantas, como frutos, pericarpios, semillas, raíces y flores, los carotenoides actúan como fotoprotectores, antioxidantes, atractores de color y precursores de hormonas vegetales (Maoka, 2020).

c) ¿Qué son las antocianinas?

Las antocianinas son pigmentos vacuolares solubles en agua que se encuentran en todos los tejidos de las plantas superiores, incluidos hojas, tallos, raíces y especialmente en flores y frutos, como las fresas (Figura 9). Son responsables de los colores brillantes naranja, rosa, rojo, violeta y azul de muchas flores y frutos de plantas. Las antocianinas son polifenoles que actúan como filtros solares naturales, absorbiendo la luz UV para proteger las células vegetales. Pertenecen al grupo de los flavonoides, una clase de metabolitos secundarios de las plantas.



Figura 9: El fruto maduro de la fresa contiene antocianinas. A lo largo de las diferentes etapas de maduración de la fresa, se produce un cambio de pigmentos, desde la clorofila en el estado verde hasta la antocianina en estado rojo.

Las antocianinas son pigmentos no fotosintéticos que desempeñan diversas funciones en las plantas. Los colores rojo y púrpura brillantes producidos por las antocianinas sirven para atraer polinizadores en las flores, mientras que en los frutos, la piel colorida atrae a los animales para que los coman y así se dispersan las semillas. También actúan como un filtro solar, protegiendo las células vegetales del estrés causado por la luz intensa al absorber la luz azul-verde y ultravioleta.

Los pigmentos de antocianina se han utilizado ampliamente como colorantes naturales en alimentos. Sin embargo, el color y la estabilidad de estos pigmentos dependen del pH, la luz, la temperatura y su estructura (Figura 10). En condiciones de pH ácido, las antocianinas son pigmentos rojos, mientras que se tornan azules en un entorno básico. No obstante, a pH básico, las antocianinas son inestables y tienden a degradarse en compuestos oxidados de color marrón oscuro (Malotti, 2020).

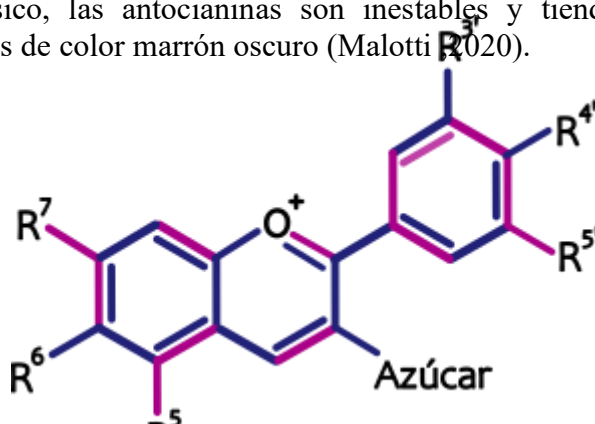


Figura 10: La estructura química de la antocianina (antocianidinas con un grupo de azúcar) es la siguiente: en ciertas posiciones de estas estructuras cíclicas, los átomos de hidrógeno son reemplazados por diferentes grupos funcionales ($R = OH, -OCH_3$).

4) La luz es esencial para evitar que las plantas se vuelvan amarillas

El término "estrés vegetal" se utiliza para describir un estado de desequilibrio en las plantas causado por condiciones externas que se encuentran fuera del rango óptimo para su desarrollo, como una exposición insuficiente a la luz. Esta alteración de la homeostasis celular impide que las plantas alcancen su máximo potencial de rendimiento.

Se pueden identificar dos categorías principales de estrés:

- **Estrés abiótico**, causado por factores no biológicos como temperaturas extremas, déficit o exceso de agua, salinidad, deficiencias nutricionales, productos químicos, déficit o exceso de luz, entre otros.
- **Estrés biótico**, causado por factores biológicos como enfermedades, plagas y virus.

En respuesta al estrés, las plantas pueden presentar diversas adaptaciones, pero un exceso de este puede dañarlas.

La pérdida de clorofila por falta de luz da lugar al desarrollo de la **clorosis**, una condición que se caracteriza por el amarillamiento de las hojas debido a la degradación de la clorofila. La falta de luz impide la síntesis de clorofila y provoca una fotosíntesis insuficiente, el amarillamiento característico de las hojas y debilita la planta mostrando un crecimiento atrofiado. Las plantas con luz inadecuada pierden su capacidad para producir nutrientes esenciales.

Por ejemplo, cuando las hojas una planta de interior que se encuentra en una habitación donde no recibe suficiente luz, pierde su color verde y muestra tonos amarillentos, es porque la planta está enferma y estresada. La clorofila pasa de verde a amarillo. Si no se soluciona el problema, las plantas de interior pueden morir en pocos días. Existen diferentes razones que pueden provocar este cambio drástico que hay que analizar.

Un buen ejemplo de la relación entre la clorofila y la luz es el siguiente: se germinaron semillas de guisante durante varios días en la oscuridad (Figura 11). Las hojas eran blancas (E = etioladas) y el tallo creció mucho en busca de la luz, a diferencia de las

semillas de guisante expuestas a luz solar (V: verde), que eran más cortas y con hojas verdes. Cuando las plantas etioladas se exponen a la luz solar, las hojas se vuelven cada vez más verdes gracias a la síntesis de clorofila.



Figura 11: Semillas de guisante germinadas y crecidas durante algunos días en la oscuridad y luego expuestas a diferentes periodos de luz. Se puede observar el aumento del pigmento clorofila. La dependencia de la luz para la clorofila es evidente.

5) ¿Cómo evitar que las plantas de interior se pongan amarillas?

Conocer el nombre de la planta y buscar información específica puede ser útil para su cuidado. Una buena recomendación es informarse sobre las necesidades de luz de cada tipo de planta de interior. También puede ser de ayuda el consejo del florista o vivero donde se compró la planta (Figura 12).

Ajusta la ubicación de las plantas y muévelas a un área bien iluminada, como una ventana. Sin embargo, ten cuidado y evita la luz solar directa en exceso, ya que podría provocar que las hojas de ciertas plantas de interior pierdan la tonalidad del color. Sin embargo, algunos tipos de plantas de interior pueden crecer en zonas sombreadas de la casa.



Figura 12: ¡Fototropismo, otro aspecto interesante de la atracción de las plantas hacia la luz!

6) ¿Qué otras causas pueden provocar el amarilleo de las hojas?

Además de la falta de luz, un desequilibrio de nutrientes necesarios puede causar clorosis. Los nutrientes son los ingredientes que necesitan las plantas para crecer y desarrollarse.

Existen dos tipos principales de nutrientes: macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes, como el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el azufre, son necesarios en mayores cantidades. Los micronutrientes se necesitan en menores cantidades e incluyen el hierro, el manganeso, el zinc, el cobre, el boro, el molibdeno y el cloro. Las deficiencias de nutrientes específicos pueden causar una variedad de síntomas en las plantas, entre ellos la clorosis. Por ello, es fundamental que las plantas crezcan en suelos que contengan todos los elementos necesarios para un crecimiento óptimo. Por ejemplo, se sabe que la deficiencia de nitrógeno, hierro o magnesio puede provocar que las hojas se vuelvan amarillas. Es importante tener en cuenta que el magnesio hace que las hojas sean verdes porque se encuentra en la clorofila, que es la responsable del color de las hojas. Además, es esencial considerar otros factores, como el pH del suelo, que puede afectar a la absorción de los nutrientes. Los problemas de riego también pueden causar clorosis. Entre estos problemas se incluyen el exceso de agua, el mal drenaje del suelo, las temperaturas extremas o los daños en las raíces.

Hay algunas formas de tratar las deficiencias de nutrientes en las hojas de las plantas. Una consiste en rociar las hojas con nutrientes que pueden absorberse rápidamente. También se pueden usar fertilizantes que contengan los nutrientes que les faltan en las cantidades adecuadas. También es importante ajustar el pH del suelo (una medida de la acidez del suelo), ya que esto facilita la absorción de los nutrientes por parte de las plantas. Se considera que un intervalo de pH entre 6.5 y 7.0 es óptimo para la mayoría de las plantas. Agregar materia orgánica, compost u otros componentes del suelo puede ayudar a mantener los nutrientes en el suelo. También se pueden usar correctores de deficiencias como agentes quelantes, que son sustancias que pueden unirse a iones metálicos en una solución acuosa para permitir que estos se desplacen a través de la planta. Los agentes quelantes se utilizan para tratar la clorosis férrica y otras deficiencias de micronutrientes, como el calcio, el magnesio, el zinc y el cobre. Otro método es una fertilización equilibrada, adaptada a las necesidades de la planta y las condiciones del suelo. Una gestión adecuada del riego, que garantice que el suelo esté lo suficientemente húmedo, es fundamental para una óptima absorción de nutrientes. Es importante identificar correctamente las deficiencias y aplicar los tratamientos adecuados para mantener un equilibrio nutricional en las plantas.

Relevancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los Grandes Retos

Los consejos para mantener plantas de interior saludables que se relacionan con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible:

Objetivo 1: Es importante proporcionar la luz adecuada y una buena ubicación hacia el sol.

Objetivo 2: Asegurar un riego adecuado.

Objetivo 3: Suministrar los nutrientes esenciales.

Participación del alumnado

1. **Discusión en clase:** Explorar el papel de los pigmentos, la necesidad de luz y su importancia.
 - a) ¿Cuál es la verdadera función de los pigmentos?
 - b) La luz es esencial para la salud de las plantas de interior, pero ¿qué más?

c) ¿Crees que todas las plantas de interior necesitan la misma cantidad de luz solar?

d) ¿ Son importantes algunos pigmentos para la salud humana?
Ejemplo (para el profesor): se han estudiado las antocianinas de las plantas por sus propiedades medicinales. Se ha descubierto que estos compuestos naturales ayudan en el tratamiento de la diabetes, el cáncer, la inflamación, las enfermedades cardíacas, la obesidad y algunas infecciones. Por lo tanto, las antocianinas extraídas de plantas comestibles tienen el potencial de ser ingredientes farmacéuticos

2. Concienciación del alumnado:

- ¿Todas las plantas de interior necesitan los mismos cuidados?
- ¿Todas las plantas de interior requieren la misma intensidad de luz solar?
- Prepara un pequeño dossier con recomendaciones para el cuidado de plantas de interior.

3. Experimentos prácticos:

(1) Cromatografía de hojas para identificar pigmentos:

. Organizar una pequeña excursión con los alumnos para recolectar hojas de los árboles que tengan diferentes colores. El otoño es una de las mejores épocas para encontrar una gran variedad de colores, desde verde oscuro hasta amarillo, pasando por rojo oscuro o naranja.

. Corta un trozo de hoja del mismo tamaño, de no más de 1 x 2 cm. Un sacabocados redondo puede serte útil (0.5 cm). Coloca cada trozo en un tubo Eppendorf o en un mortero. Añade 1 ml de etanol al 96% y extrae los pigmentos. Transfiere la solución de la extracción al tubo desde el mortero y si es posible centrifuga durante 3 minutos (una pequeña centrifuga de sobremesa es adecuada, en caso de no tener centrífuga dejar decantar por unos minutos y recuperar el sobrenadante). Verás distintas tonalidades de las soluciones, como se muestra en la imagen (Figura 13). Usa una pipeta pasteur para tomar un poco de esta solución y colóca unas gotas en la base de una tira de papel de laboratorio de 1 cm x 10 cm. A continuación, coloca la tira en un vaso de precipitado o similar (vaso de yogurt de cristal) con 1 cm de alto de etanol al 96%, la solución con los pigmentos debe quedar en la base inferior. Deja que el alcohol migre de abajo hacia arriba. Tras unos 30 minutos, observarás varias bandas de diferentes colores según los pigmentos extraídos de las hojas.

. Compara las bandas que aparecen a lo largo de la tira de papel e identifica a que diferentes pigmentos corresponden y discute cuál es la función de cada uno según la luz solar que necesita la planta, y según el color de las hojas.

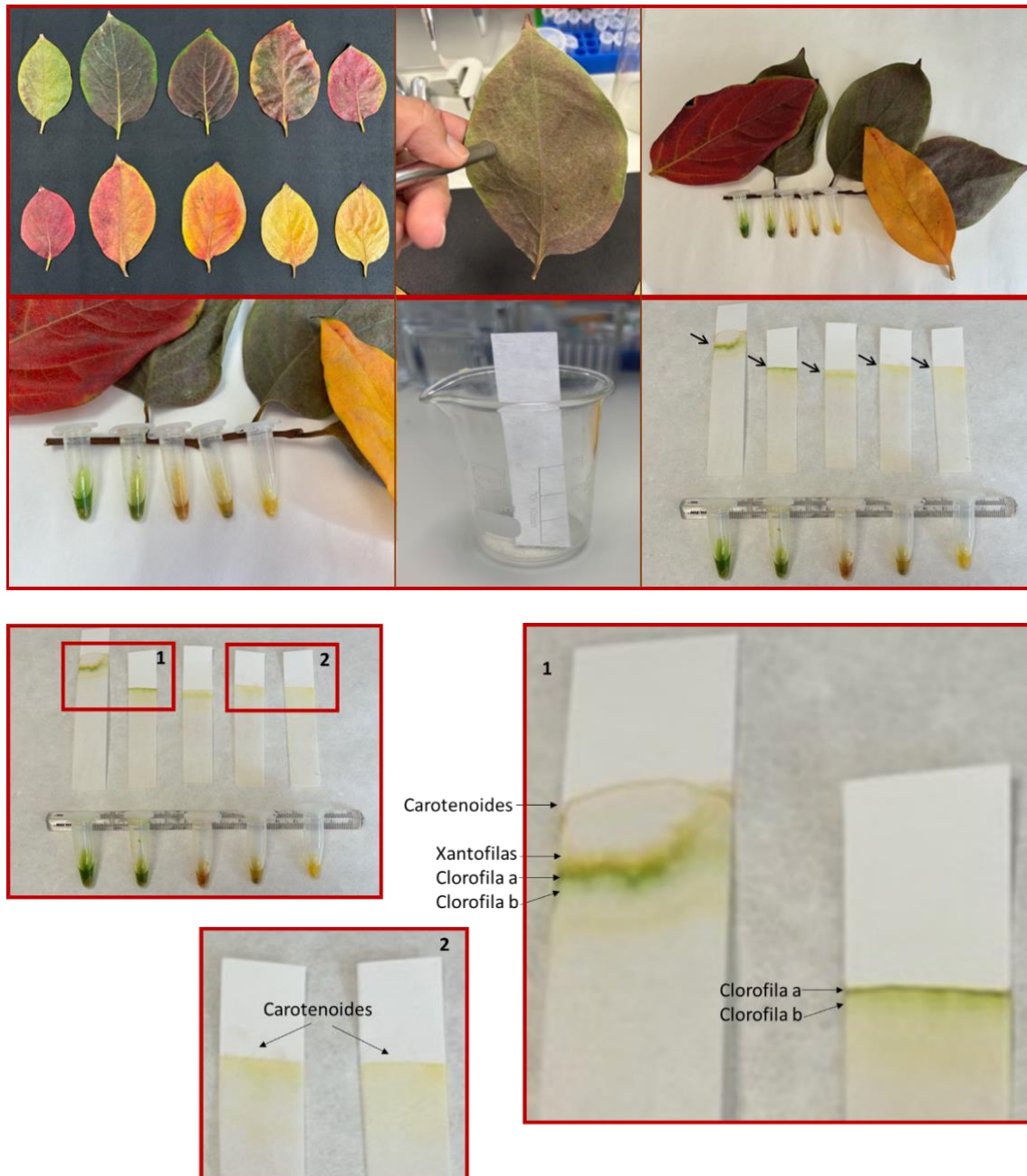


Figura 13: Cromatografía de extractos de hojas de plantas para identificar pigmentos

(2) Fototropismo

Coloca una semilla de judía envuelta en algodón húmedo en una caja de zapatos con un agujero en un lado. Espera varios días hasta que germine y luego abre la caja para observar en qué dirección ha crecido la planta.

(3) Ensayo de crecimiento vegetal

. Toma dos plantas idénticas y coloca una en la luz y otra en la oscuridad, regando solo cuando sea necesario. Con el tiempo, gracias a la capacidad de la clorofila de

captar luz para la fotosíntesis, observa cómo la planta expuesta al sol crece mejor. Mientras tanto, la que está en la oscuridad empezará a ponerse amarilla y crecer menos.

(4) Necesidades de luz solar

. Coloca vermiculita en dos vasos plásticos vacíos. Inserta varias semillas (2-3 es suficiente) de guisante remojadas previamente y riega. Coloca uno de los vasos junto a una ventana donde reciba sol o en una cámara de crecimiento si está disponible, y el otro en un lugar oscuro. Riega cuando sea necesario. Después de 5-7 días, observa las diferencias.

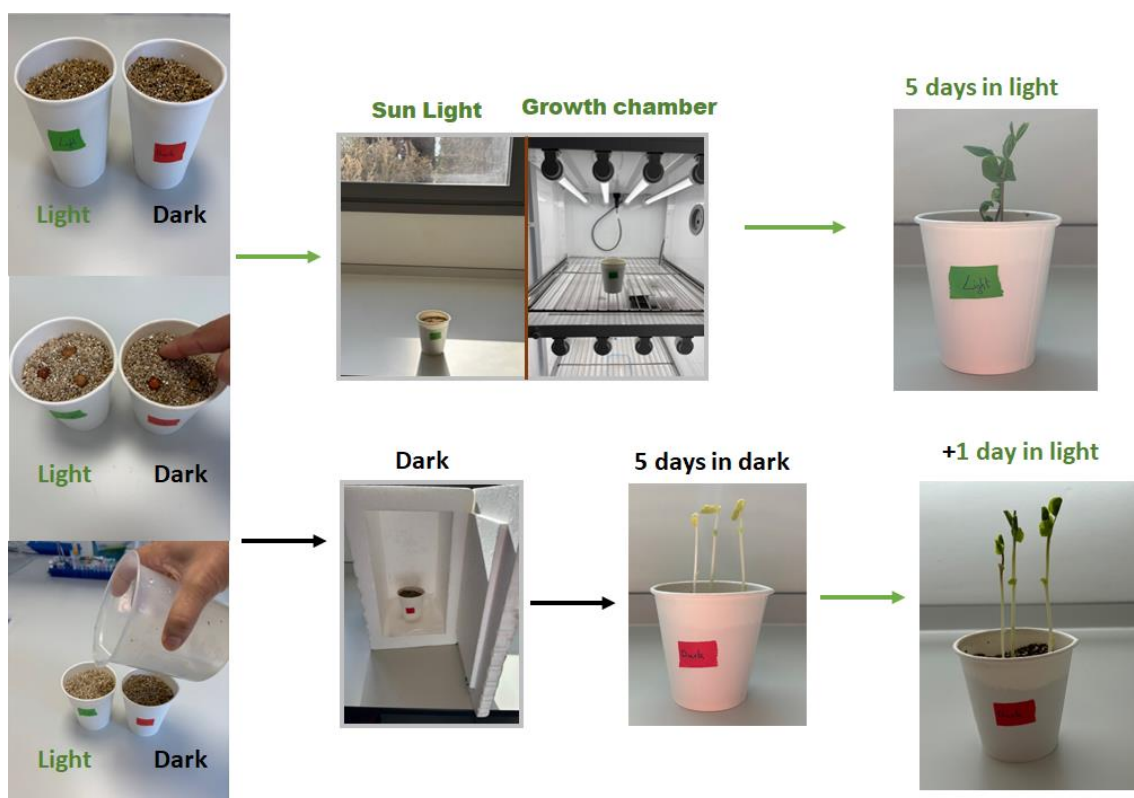


Figura 14: Crecimiento de guisante en condiciones de luz y oscuridad

References

- . Presented by the Red Española de Carotenoides. The world of carotenoids: colours, foods and health. www.facebook.com/carotenoid. <https://cared.cragenomica.es>. https://digital.csic.es/bitstream/10261/229315/1/Book-EMdlC-complete_ENG.pdf
- . Photosynthesis for kids: <https://www.youtube.com/watch?v=XCzFE0SB2N4>
- . Mattioli, R.; Francioso, A.; Mosca, L.; Silva, P. 2020. Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*, 25, 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>.

- . Maoka, T. 2020. Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines* 74, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>.
- Virtanen, O.; Constantinidou, E.; Tyystjärvi, E. 2020. Chlorophyll does not reflect green light – how to correct a misconception. *Journal of Biological Education*, 56(5), 552–559. <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1858930>.
- . Houseplant care: <https://www.rhs.org.uk/plants/types/houseplants>