

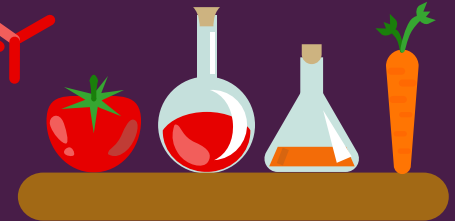
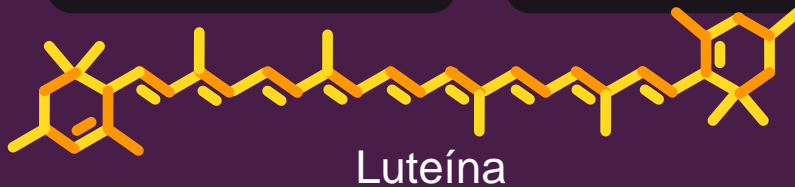
# EL MUNDO DE LOS CAROTENOIDES: colores, alimentos y salud



Red Española de Carotenoides  
[www.facebook.com/carotenoid](http://www.facebook.com/carotenoid)  
<https://cared.cragenomica.es>



En la naturaleza se han descubierto cientos de carotenoides distintos. Algunos de los más comunes son los que dan el color rojo a los tomates (licopeno), el color naranja a las zanahorias (beta-caroteno) y el color amarillo al maíz (luteína y zeaxantina).

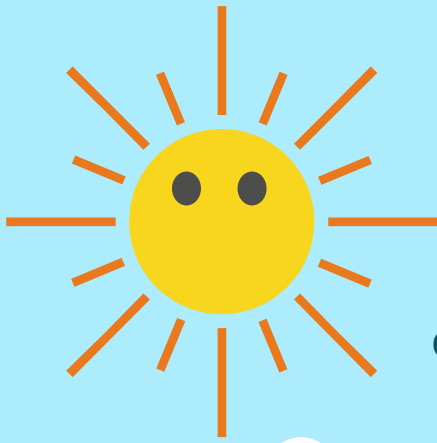


Los carotenoides son necesarios para la fotosíntesis, y la fotosíntesis es fundamental para la vida en nuestro planeta. ¿Sabes por qué?

# LAS PLANTAS VIVEN PELIGROSAMENTE

Las plantas usan energía solar para producir alimentos, remedios contra las enfermedades, madera y muchas cosas más



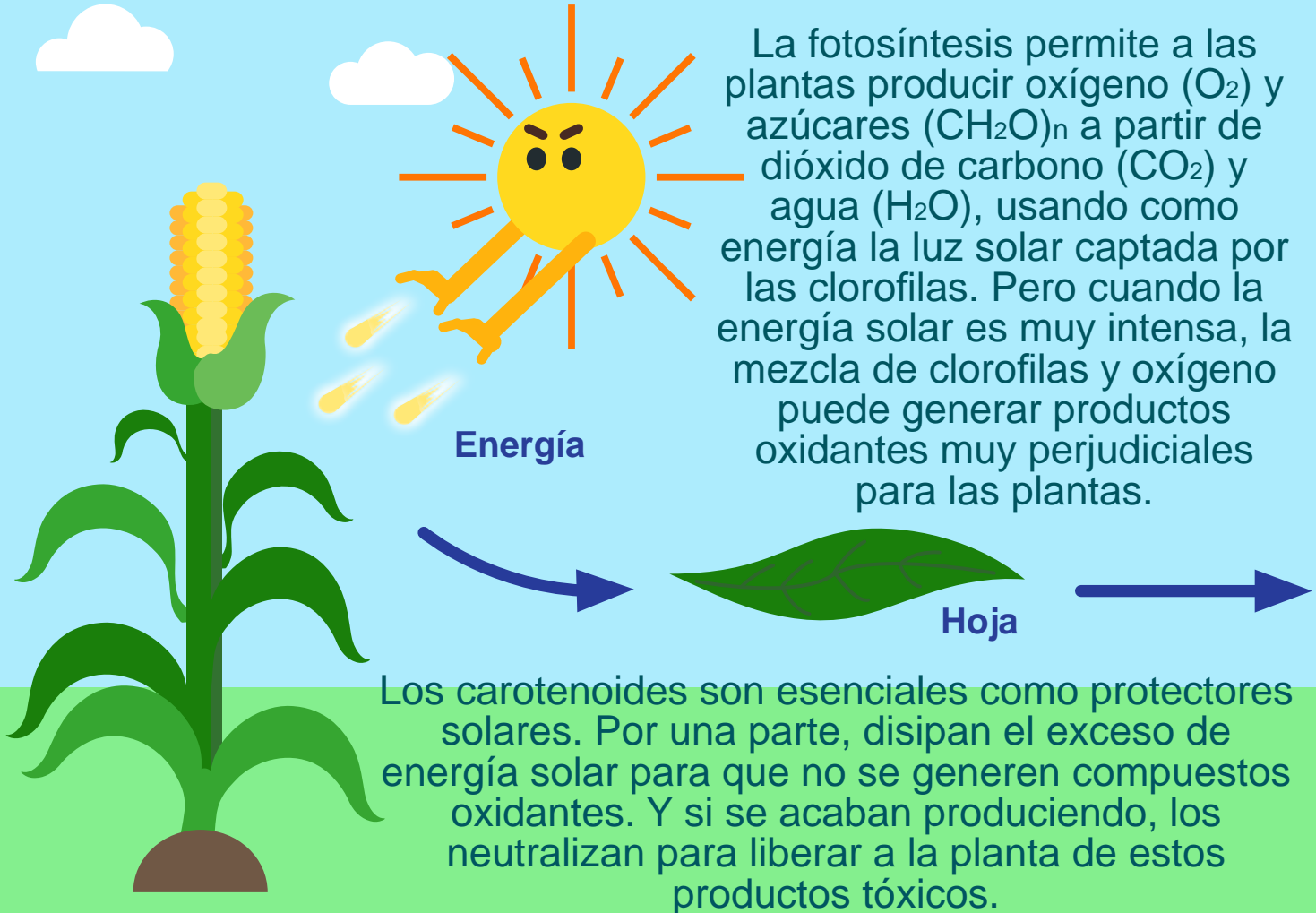


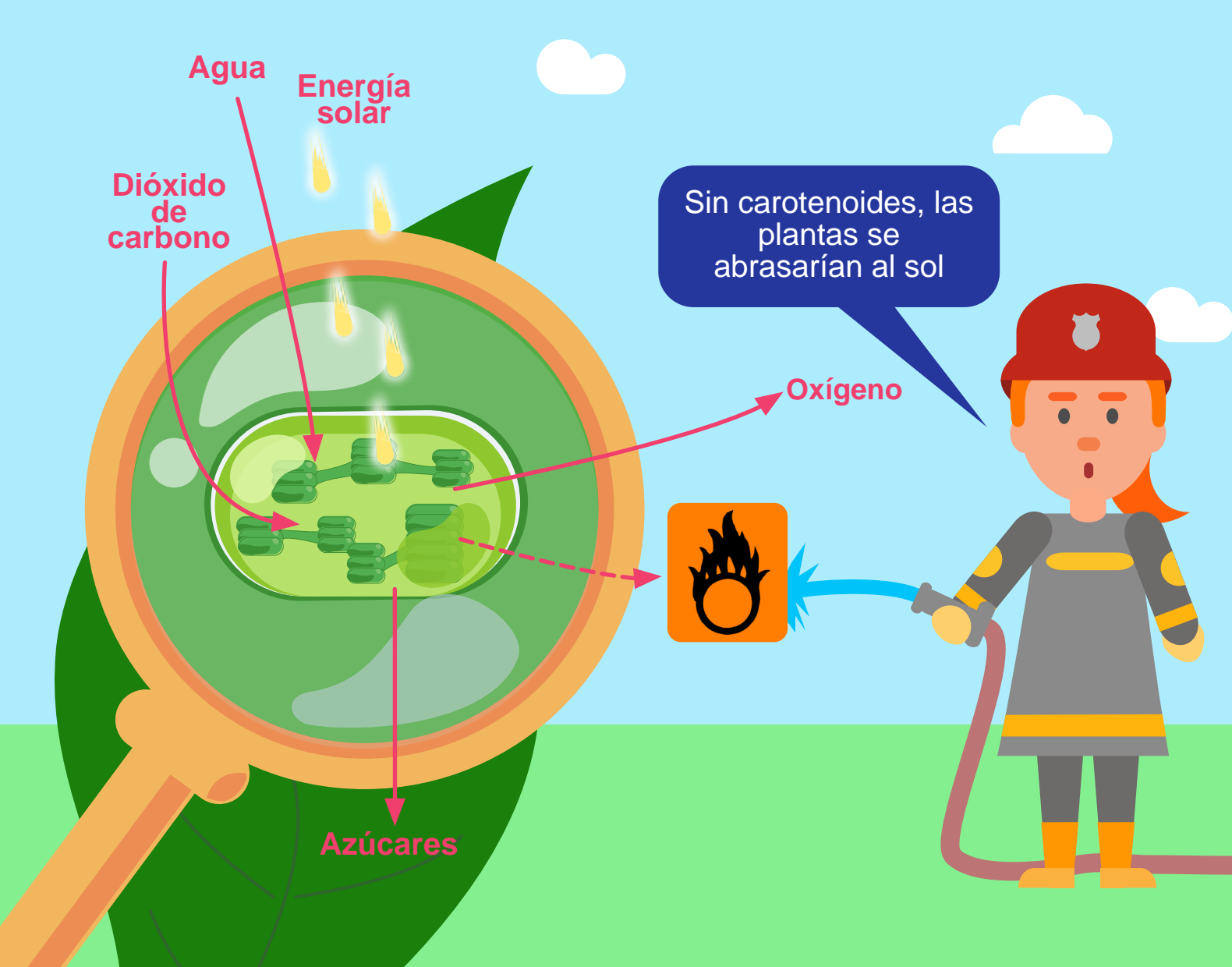
La mayoría de la vida en nuestro planeta depende de la fotosíntesis, que permite el crecimiento de los vegetales con la energía del sol. Las plantas son la base de la cadena alimentaria, que mantiene a insectos, herbívoros y a sus depredadores. Las plantas que cultivamos también nos mantienen a nosotros y a los animales que nos alimentan.



Además del peligro de ser devoradas sin poder escapar, las plantas se enfrentan a enemigos invisibles por vivir expuestas al sol. ¿Quieres saber cuáles son?

# LOS CAROTENOIDES PROTEGEN DEL SOL





Agua

Energía solar

Dióxido de carbono

Sin carotenoides, las plantas se abrasarían al sol

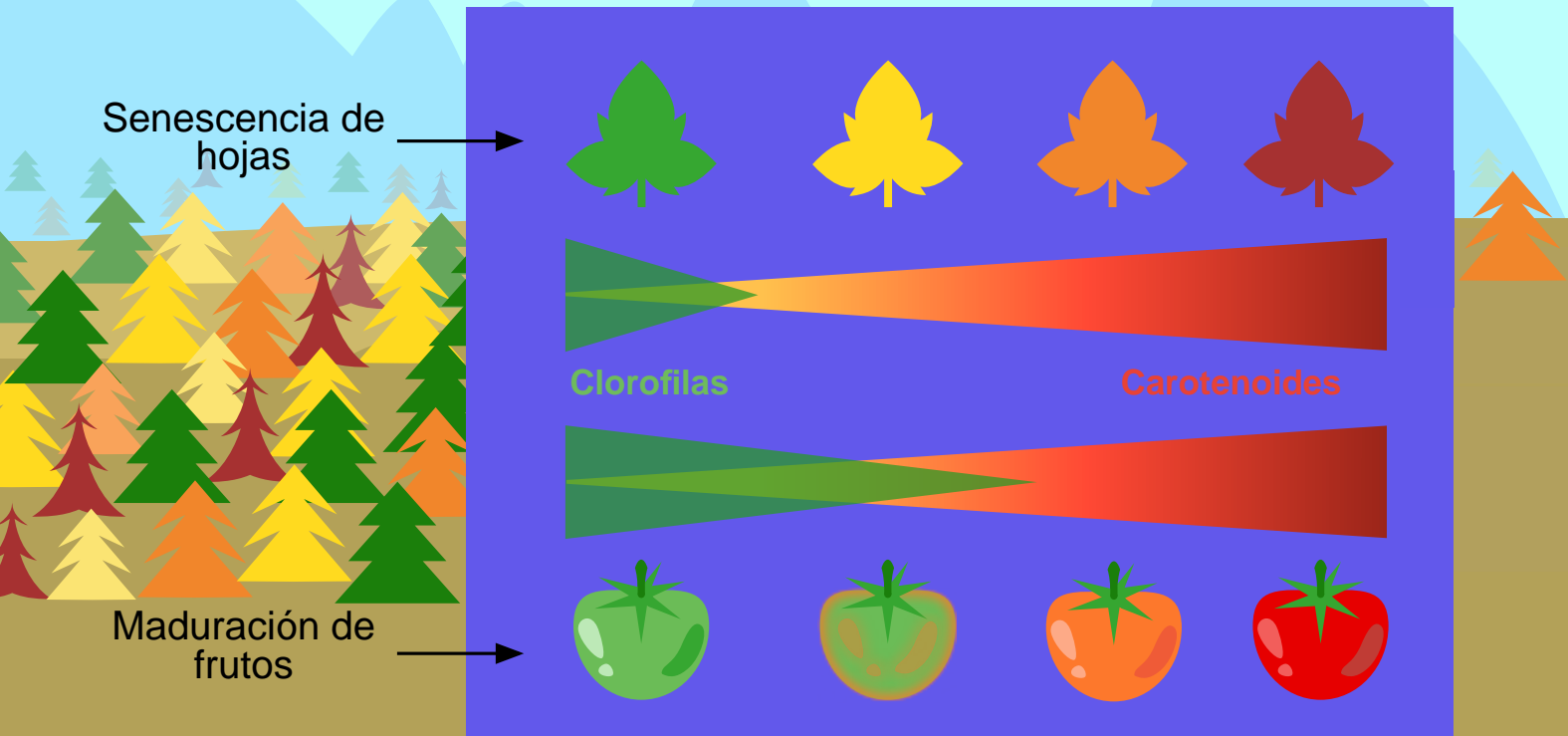
Oxígeno

Azúcares



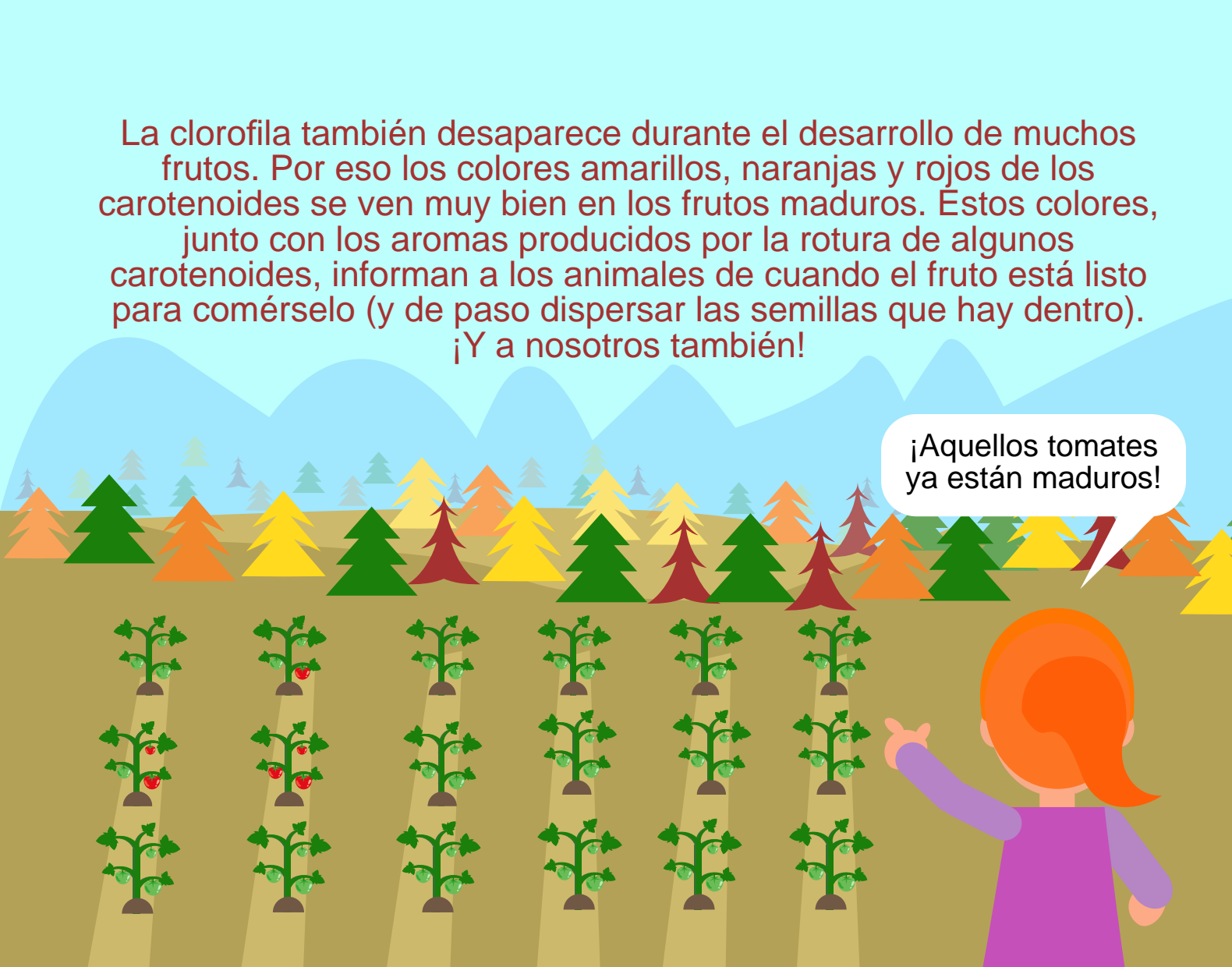
# LOS CAROTENOIDES APORTAN COLOR

La fotosíntesis necesita clorofila, el pigmento que da color verde a las plantas. Solo cuando las clorofilas desaparecen, podemos apreciar los colores de los carotenoides. Esto pasa en otoño, cuando las hojas de algunos árboles entran en senescencia (o sea, envejecen y mueren) y la clorofila se degrada.





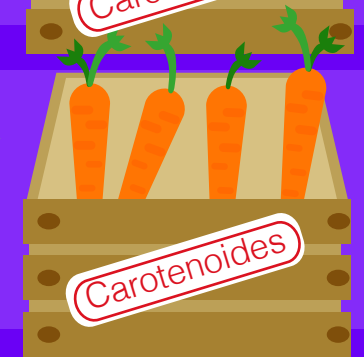
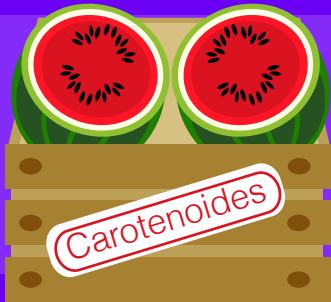
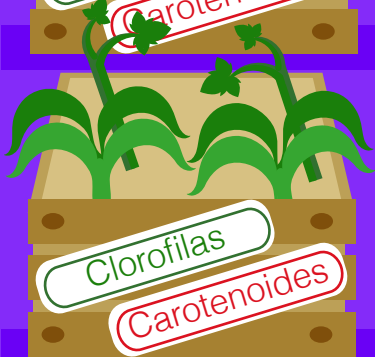
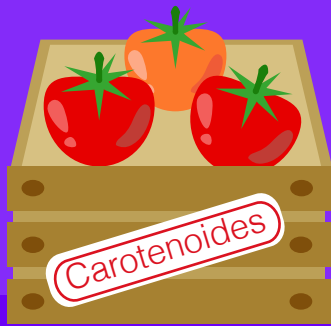
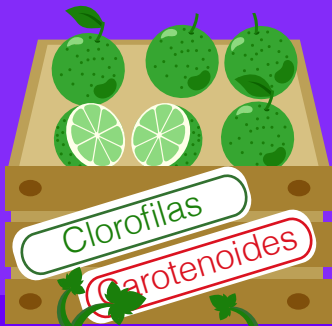
La clorofila también desaparece durante el desarrollo de muchos frutos. Por eso los colores amarillos, naranjas y rojos de los carotenoides se ven muy bien en los frutos maduros. Estos colores, junto con los aromas producidos por la rotura de algunos carotenoides, informan a los animales de cuando el fruto está listo para comérselo (y de paso dispersar las semillas que hay dentro). ¡Y a nosotros también!



¡Aquellos tomates ya están maduros!

# NO ES ORO TODO LO QUE RELUCE

Las verduras y los frutos verdes tienen carotenoides pero no los vemos porque están enmascarados por la clorofila. Además de usar clorofilas y carotenoides como pigmentos, existen más formas de colorear en la naturaleza...



Algunas frutas y hortalizas de color rojo (como fresas, cerezas y granadas) o morado (uvas, ciruelas, berenjenas, remolachas, etc.) deben su color a otros pigmentos naturales como las antocianinas y las betalainas.

¿Tiene carotenoides tu fruta favorita?



Otros pigmentos



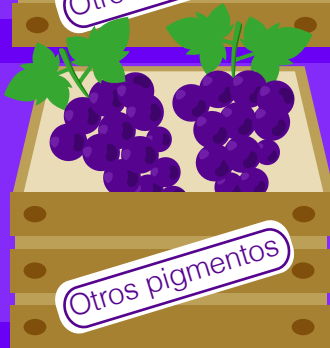
Otros pigmentos



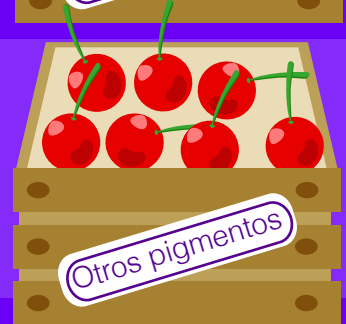
Otros pigmentos



Otros pigmentos



Otros pigmentos

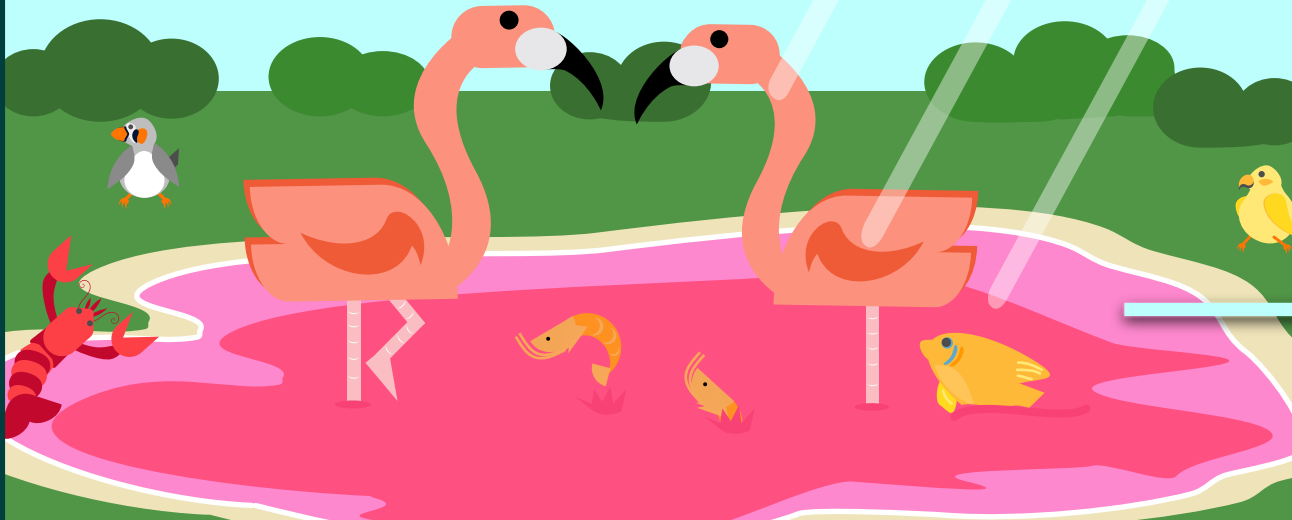



Otros pigmentos

# LOS MICROORGANISMOS TAMBIÉN FABRICAN CAROTENOIDES

Todos los organismos capaces de hacer la fotosíntesis tienen carotenoides y también los producen algunos microorganismos no fotosintéticos. Entre ellos se encuentran bacterias y hongos.

Los microorganismos que sirven de alimento a gambas, salmones o flamencos les proporcionan también su característico tono rosa.





El agua de algunos lagos y salinas está repleta de microorganismos productores de carotenoides. ¡Por eso tiene color!

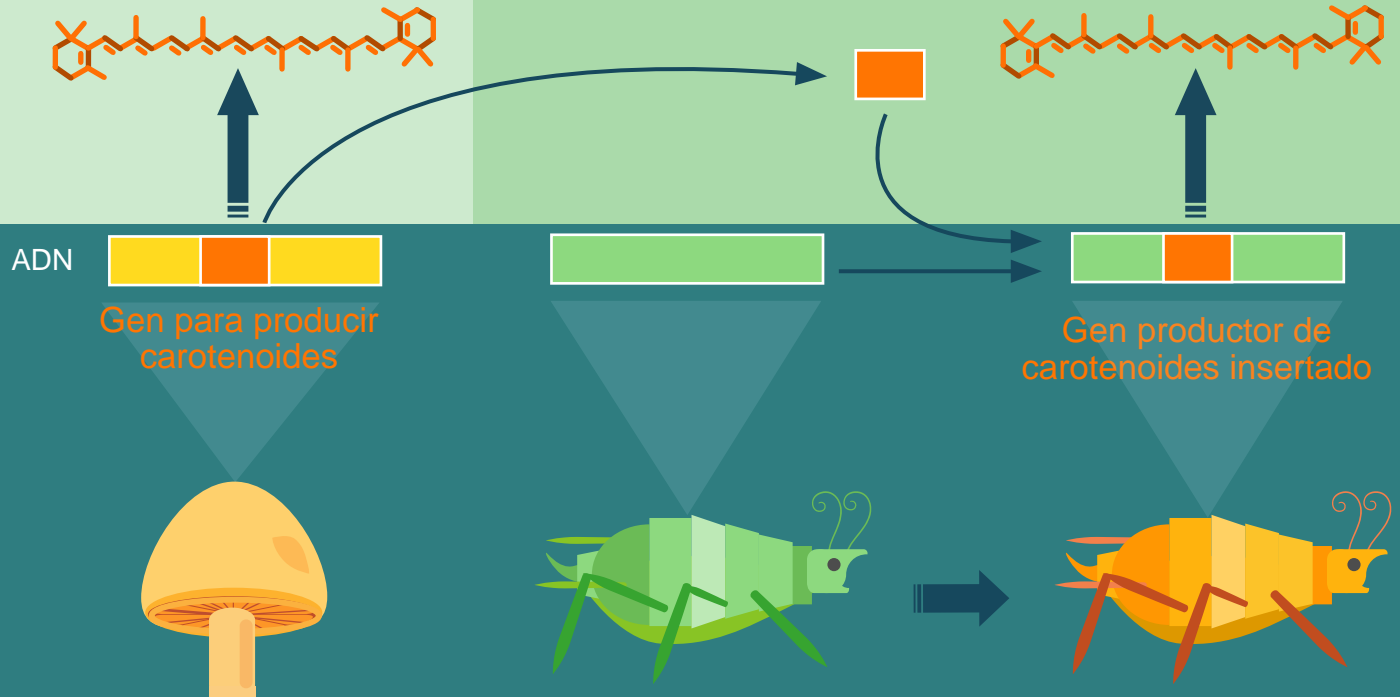
# LOS ANIMALES NO PRODUCEN CAROTENOIDES... CON ALGUNAS EXCEPCIONES

Como nosotros, la inmensa mayoría de los animales no puede fabricar carotenoides pero los toma en la dieta. Los colores que aportan a muchos peces y aves son una señal de buena alimentación y salud que les ayuda a encontrar pareja.

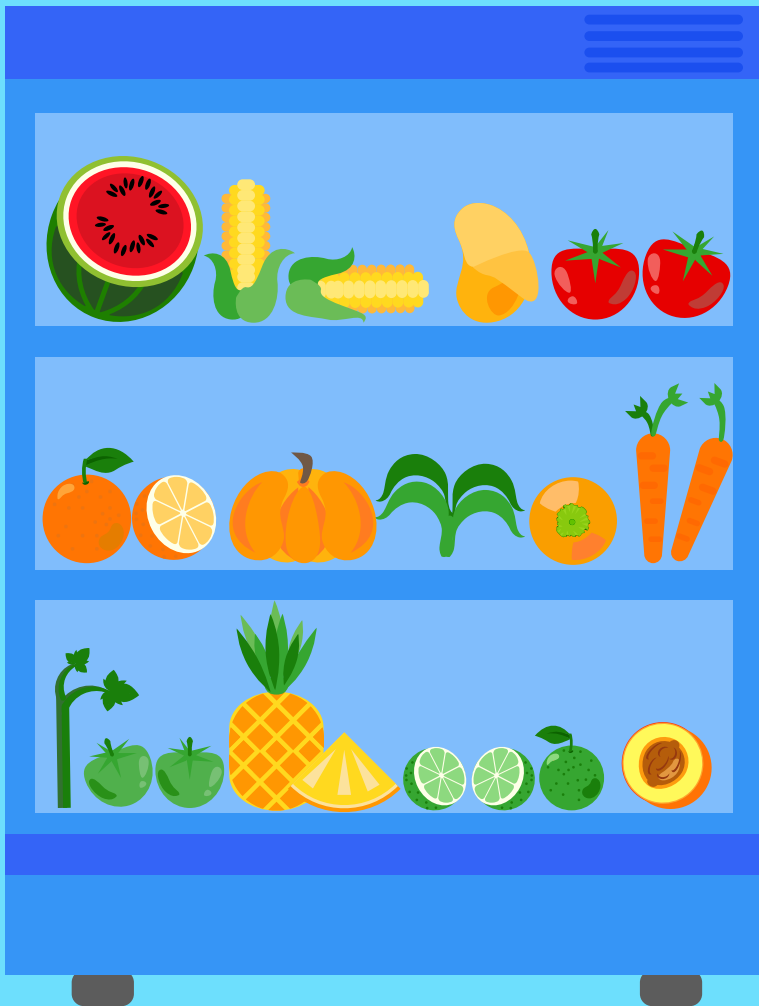
Me encantan los colores que adquieren mis mascotas dándoles pienso rico en carotenoides



Algunos pulgones, ácaros e insectos sí que producen sus propios carotenoides pero usan genes de hongos que incorporaron a su genoma por un proceso llamado transferencia génica horizontal. A estos animales se les podría considerar por tanto como transgénicos naturales.



# LA INDUSTRIA DE LOS CAROTENOIDES





Las propiedades de los carotenoides como colorantes naturales hacen que se usen ampliamente en la industria agroalimentaria. Carotenoides obtenidos por síntesis química o purificados a partir de los organismos que los producen se usan como colorantes en bebidas y alimentos, y se añaden a los piensos de pollos y salmones para mejorar el color de su carne. Los carotenoides también se usan ampliamente como complementos alimenticios y en la industria cosmética.

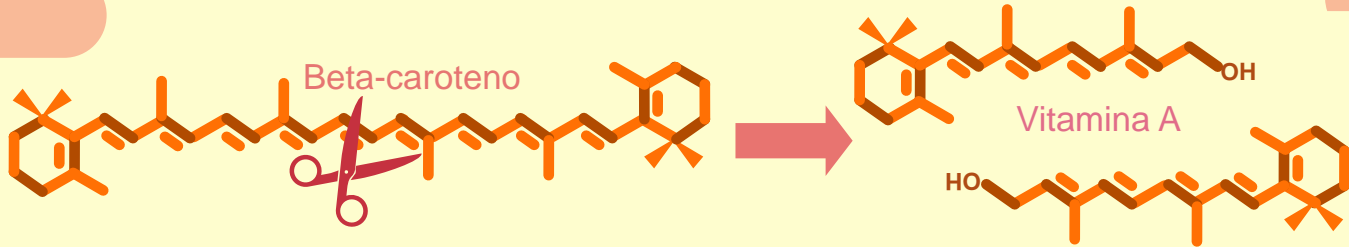
¡Qué fácil es encontrar alimentos con carotenoides en el supermercado!



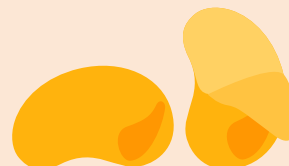
Además de atractivos, los carotenoides son saludables, sobre todo si se toman directamente de los alimentos. ¿Quieres saber por qué?

# BENEFICIOS EN NUTRICIÓN Y SALUD

Los carotenoides son muy importantes en nuestra dieta porque algunos de ellos, como el beta-caroteno, se convierten en nuestro cuerpo en vitamina A y en otros compuestos llamados retinoides.



La vitamina A y los retinoides son esenciales para la visión, mantienen activas nuestras defensas, ayudan a la reproducción y participan en la comunicación entre células. Además, la mayoría de carotenoides son antioxidantes y activan distintos procesos en nuestras células que disminuyen el riesgo de enfermedades como la obesidad o la diabetes.

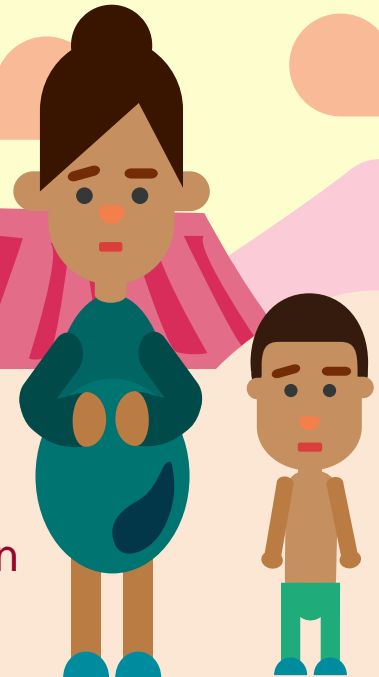


Por todo esto, una dieta rica en carotenoides, que se consigue consumiendo muchas frutas y verduras, es fundamental para nuestra nutrición y salud.

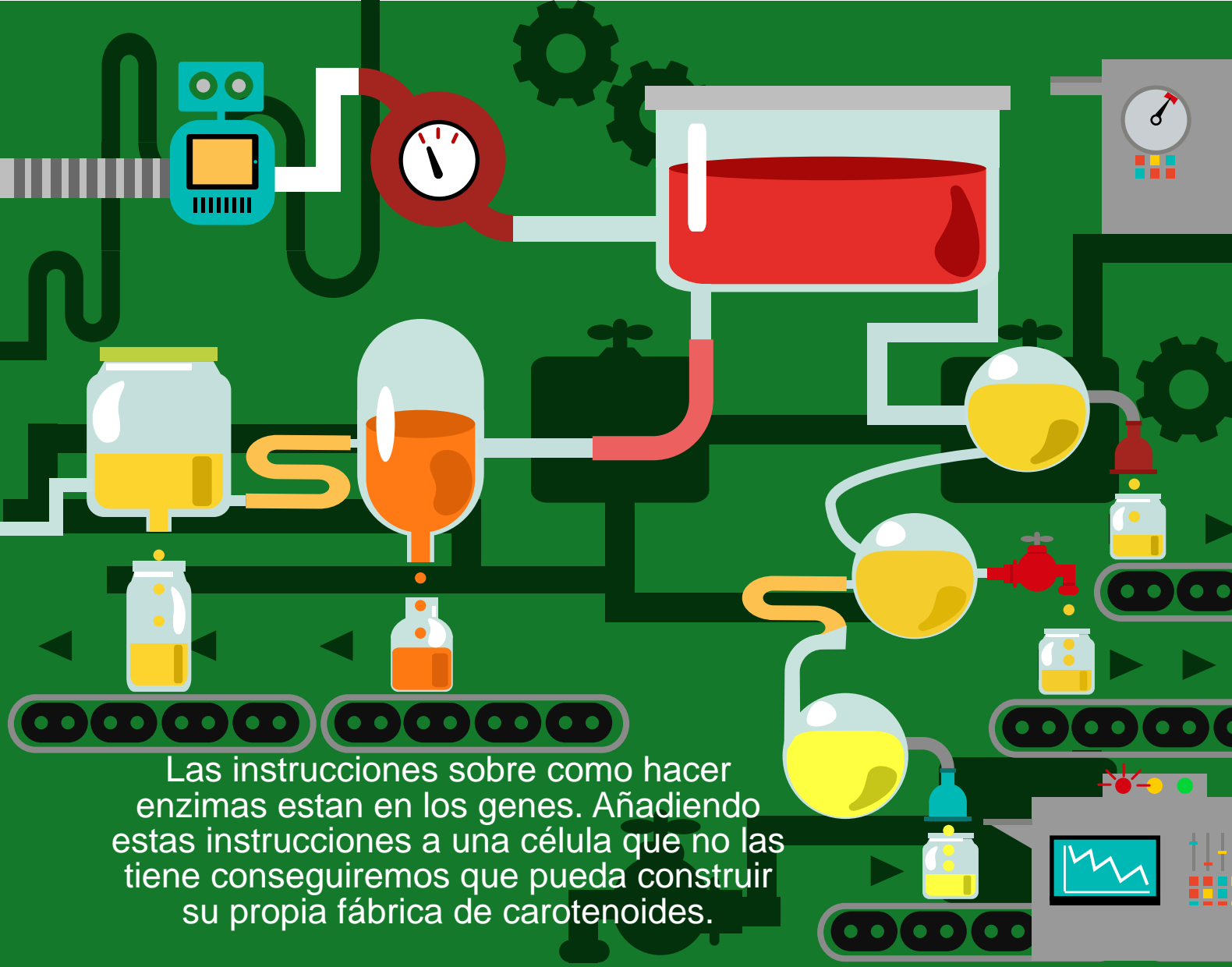
La deficiencia en vitamina A es poco común en países desarrollados pero continúa siendo un problema muy grave en muchos países pobres de África, América y Asia. Todos los años, cientos de miles de niños de estos países se quedan ciegos o indefensos frente a enfermedades por no consumir suficientes carotenoides en la dieta.



Una forma de luchar contra la deficiencia en vitamina A en países pobres sería conseguir que los alimentos que consumen tengan más carotenoides.  
¿Quieres saber cómo?





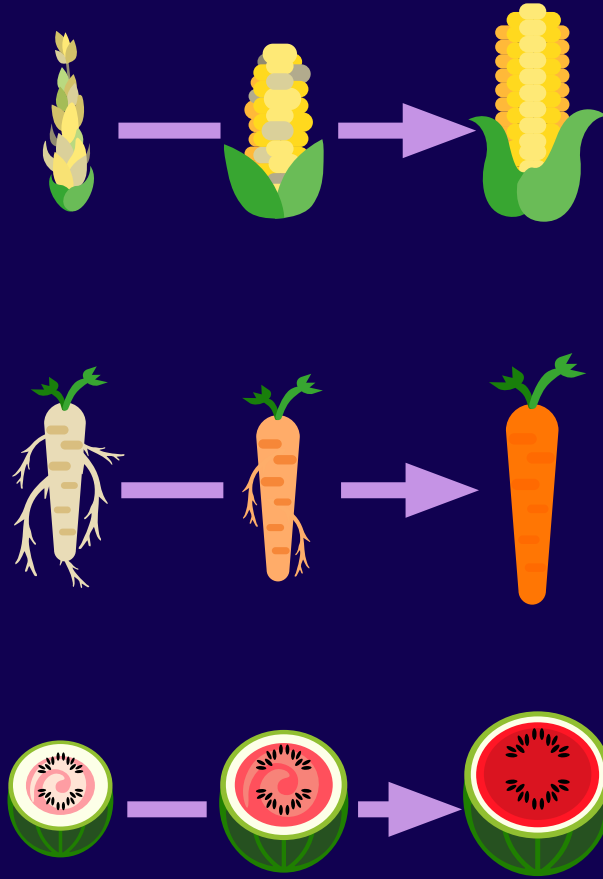


Las instrucciones sobre como hacer enzimas estan en los genes. Añadiendo estas instrucciones a una célula que no las tiene conseguiremos que pueda construir su propia fábrica de carotenoides.

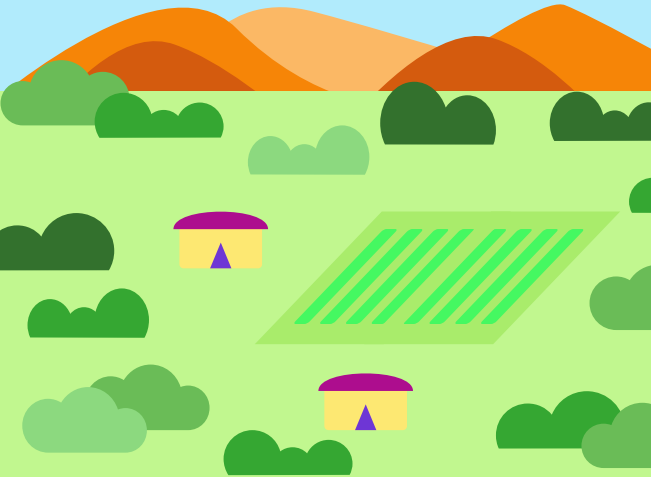
# LOS LOGROS DE LA AGRICULTURA

Desde que comenzó la agricultura, los humanos hemos cruzado distintas variedades de plantas para conseguir otras más resistentes, productivas, o nutritivas. A lo largo de miles de años, este proceso ha generado mezclas al azar de genes de carotenoides que han cambiado el color de muchos alimentos.

HACE 10.000 AÑOS (INICIO DE LA AGRICULTURA)



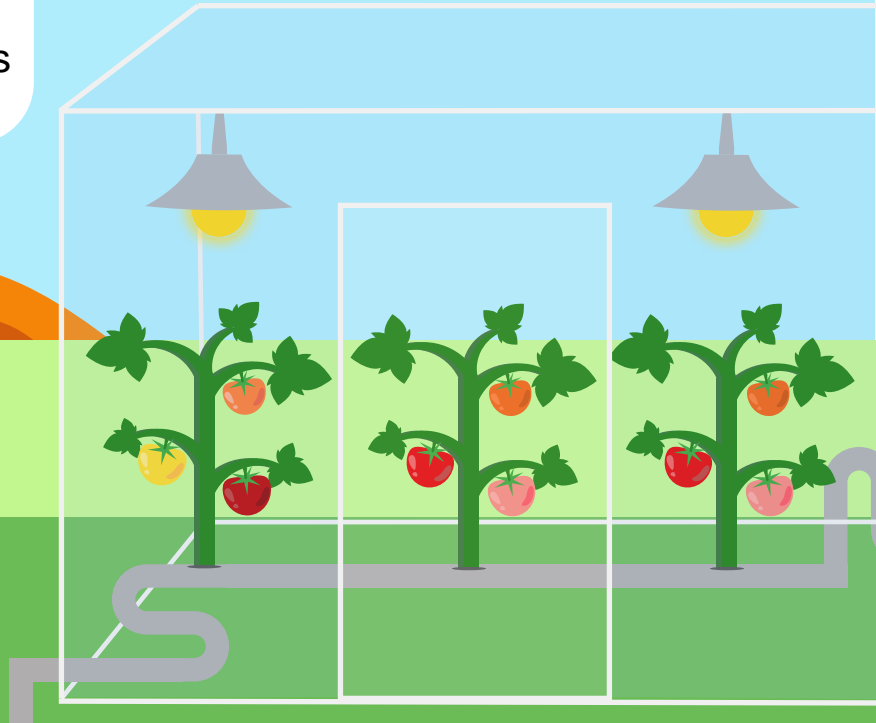
HOY EN DÍA (AGRICULTURA DESARROLLADA)



Hoy nos parece normal el maíz de color amarillo, las zanahorias de color naranja, las sandías de color rojo, o los tomates de muchos colores. Pero hay alimentos como el arroz en los que estos métodos tradicionales de cruzamiento y selección no han podido "colorearlos" con carotenoides. Para estos casos existe una alternativa rápida y segura: la biotecnología.

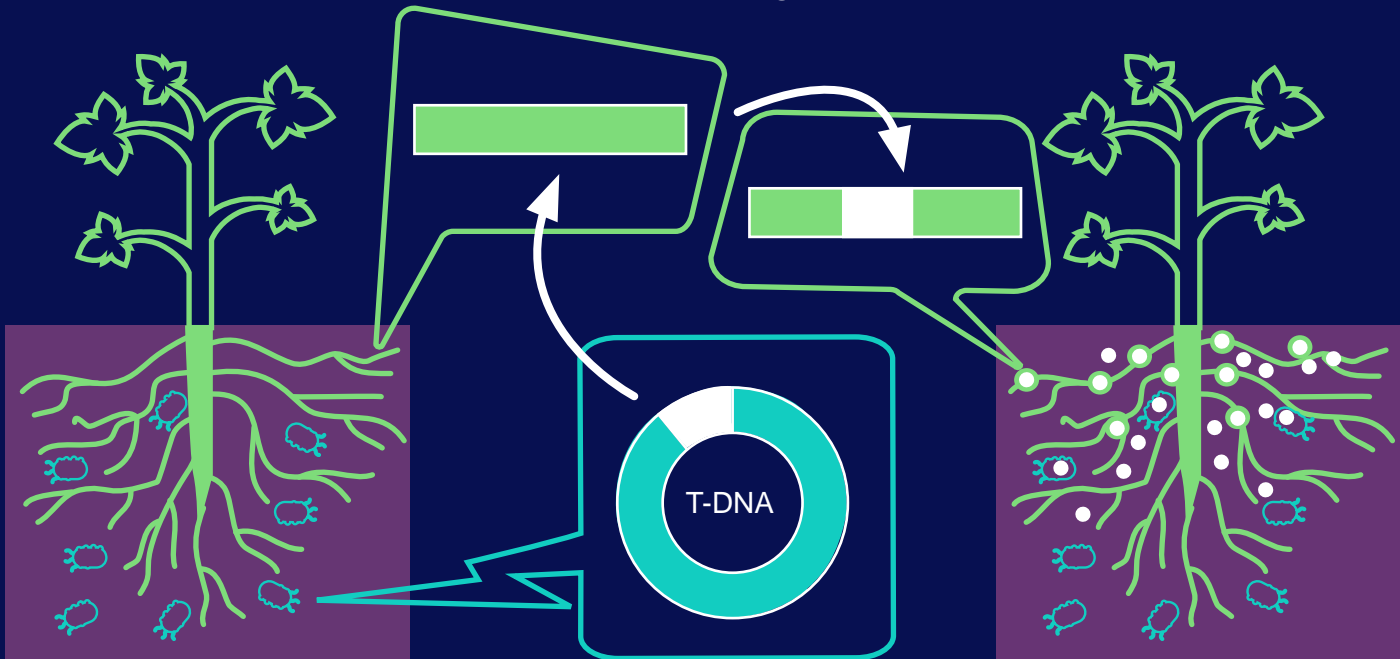


¡Qué suerte tener tomates de muchos colores para hacer ensaladas variadas y súper sanas!



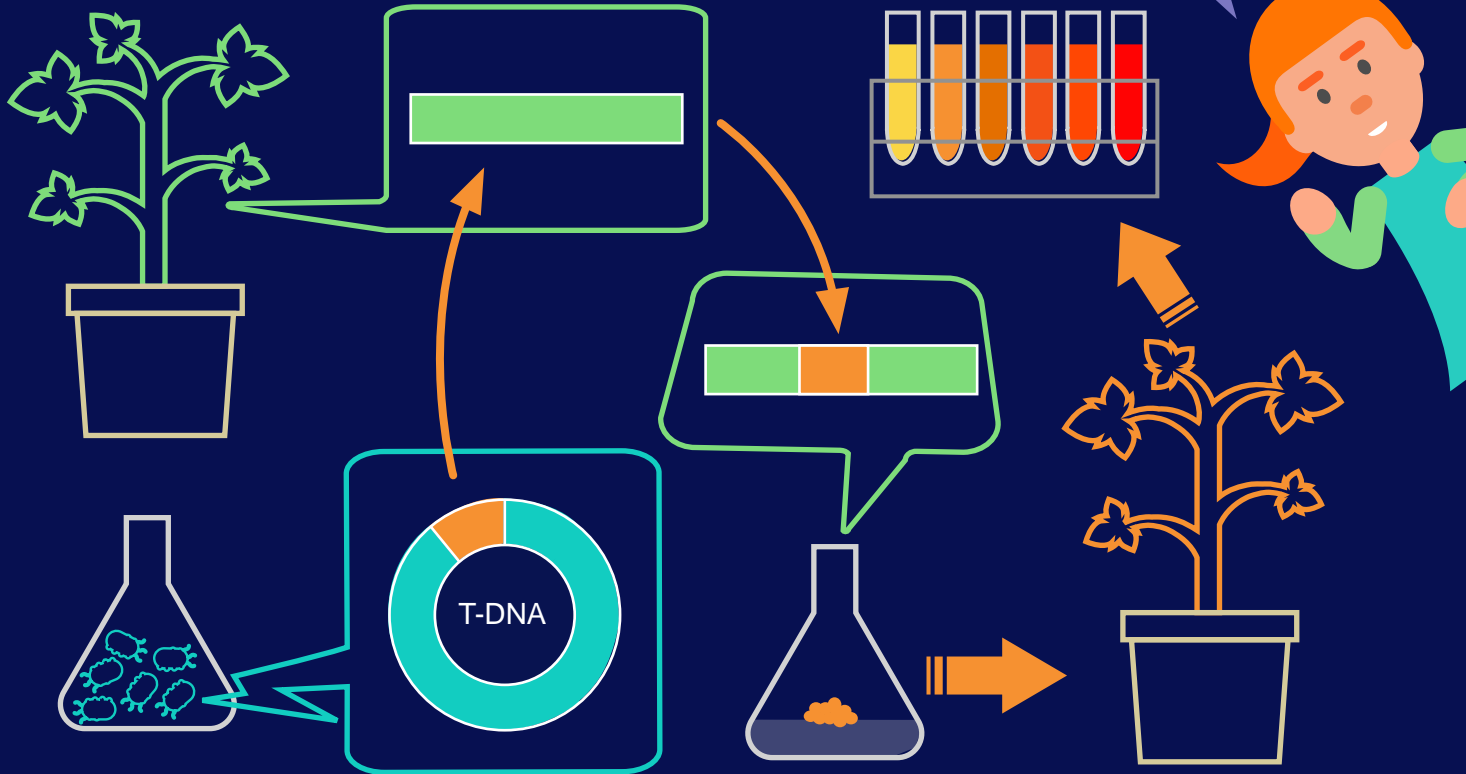
# LA BIOTECNOLOGÍA IMITA A LA NATURALEZA

Antes hemos visto que algunos bichitos hacen carotenoides porque han incorporado a su genoma (es decir, a su manual de fabricación y funcionamiento) varios genes (las instrucciones) procedentes de hongos. La biotecnología hace más o menos lo mismo. En la naturaleza hay bacterias que transfieren genes a las plantas para que fabriquen su comida favorita. Para ello usan una herramienta llamada T-DNA, donde ponen estos genes.



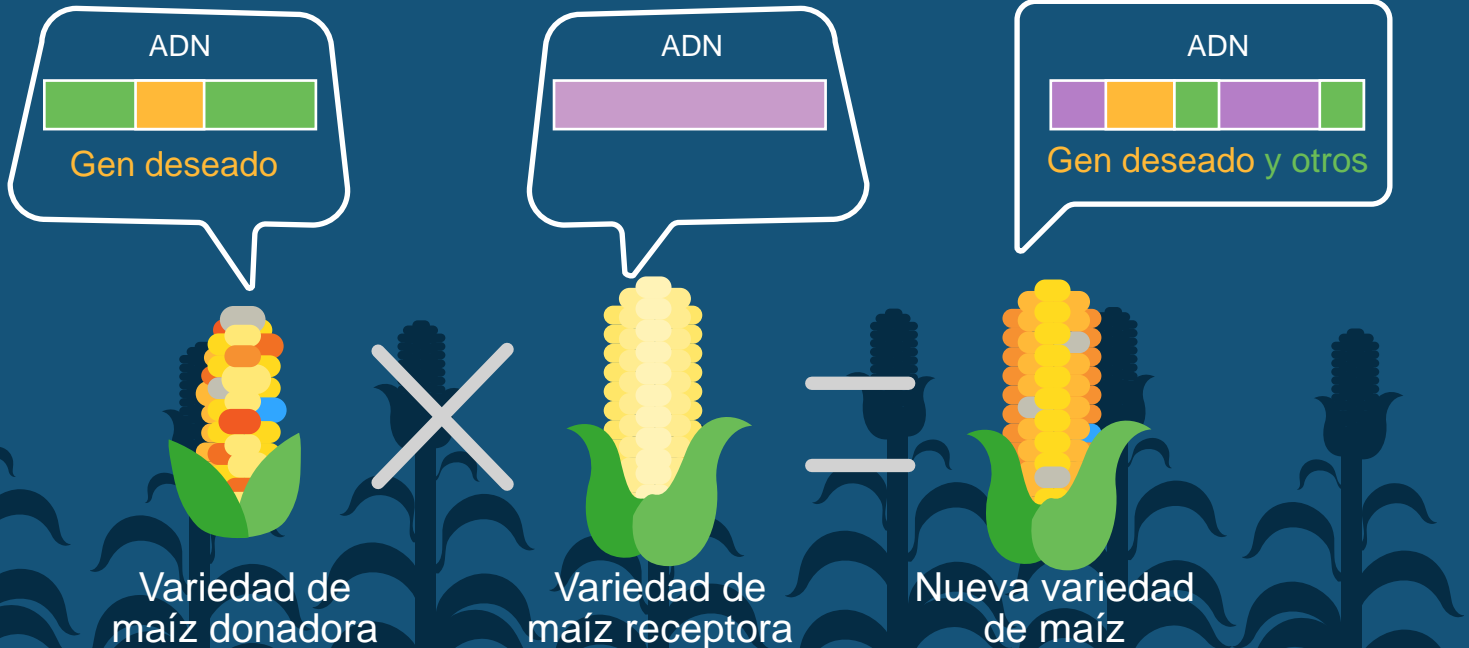


Lo que hace la biotecnología de plantas es usar las mismas bacterias pero cambiando los genes bacterianos por los genes de carotenoides (o los que nos interese) en el T-DNA. Así la planta recibe las instrucciones para hacer nuevos carotenoides, para producirlos en más cantidad o para almacenarlos mejor.

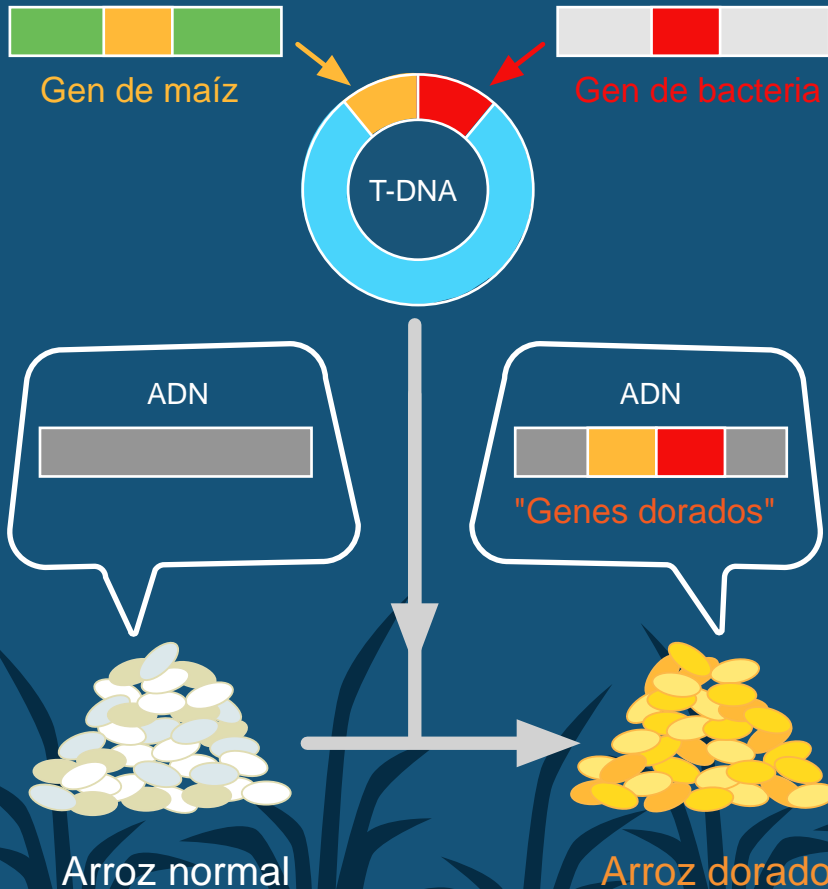


# COLOREANDO ALIMENTOS CON DISTINTAS TECNOLOGÍAS

La mejora tradicional necesita mucho tiempo y muchos ciclos de cruzamiento y selección para conseguir una nueva característica (por ejemplo, un grano de maíz con carotenoides). Además, necesita que se puedan cruzar la planta que aporta los genes de interés y la que los va a recibir, lo cual no siempre es posible. Otra desventaja es que pueden transferirse, junto con los genes deseados, otros genes no tan interesantes e incluso perjudiciales.



La biotecnología es mucho más rápida, efectiva, y segura. En un único paso, la planta receptora recibe solo los genes que necesita, que pueden proceder de cualquier organismo.




La biotecnología ha conseguido crear arroz enriquecido en carotenoides en muy poco tiempo. Este "arroz dorado" contiene un gen de maíz y otro de una bacteria para fabricar beta-caroteno, el principal precursor de la vitamina A.

PARA PENSAR...



El pensamiento científico implica preguntarse cómo funciona nuestro mundo, hacer experimentos para comprobar hipótesis, y sacar conclusiones a partir de los resultados. Pero también contrastar opiniones, aceptar y valorar las críticas, y continuar desafiando lo que sabemos con más preguntas hasta afianzar el conocimiento. Seguro que como le pasa a Carlota, tienes muchas ideas y preguntas sobre los carotenoides. ¡Eso es muy bueno!

Aunque nadie lo sabe todo ni posee la verdad absoluta, hay científicos a los que puedes acudir. ¿Quieres saber quienes son?



¿Qué función tiene el color que proporcionan los carotenoides a las hojas en otoño?

¿Cómo se sabe si el color de un alimento se debe a carotenoides o a otros pigmentos?

¿Qué es más sano, un pimiento verde, amarillo, naranja, o rojo?

¿Se puede conseguir producir carotenoides en cualquier alimento usando biotecnología?

¿Cuántos genes se necesitan para hacer piñas de color rosa?

# PREGUNTA A LOS EXPERTOS



**CaRed**

En España existe una red de científicos dedicados al estudio integrado de los carotenoides.

Se llama CaRed y está coordinada desde el Centro de Investigación en AgriGenómica (CRAG) de Barcelona. Los investigadores de CaRed abarcan cuatro áreas distintas pero relacionadas: la producción de carotenoides en bacterias, hongos y plantas, su manipulación mediante biotecnología, su presencia en los alimentos, y sus propiedades para la nutrición y la salud.



1

**CRAG, Barcelona**

Manuel Rodríguez Concepción  
Albert Boronat

Producción de carotenoides en tomate y hojas  
manuel.rodriguez@cragenomica.es  
albert.boronat@cragenomica.es

2

**Universitat de Lleida**

Changfu Zhu  
Biotecnología de arroz y maíz  
zhu@pvcf.udl.cat

3

**ICTAN-CSIC, Madrid**

Begoña Olmedilla Alonso  
Carotenoides en la dieta y la salud  
BOlmedilla@ictan.csic.es

**Universitat de les Illes Balears, Palma**

Joan Ribot  
Efecto de los carotenoides en la salud  
joan.ribot@uib.es

4

5

**Universidad de Sevilla**

Javier Ávalos  
M<sup>a</sup> Carmen Limón  
Carotenoides en hongos  
avalos@us.es  
carmenlimon@us.es

6

**IATA-CSIC, Valencia**

Lorenzo Zacarías / M<sup>a</sup> Jesús Rodrigo  
Carotenoides en cítricos  
lzacarias@iata.csic.es / mjrodrigo@iata.csic.es

7

**Universidad de Sevilla**

Antonio J. Meléndez Martínez  
Carotenoides en los alimentos  
ajmelendez@us.es

8

**Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete**

M<sup>a</sup> Lourdes Gómez Gómez  
Carotenoides y derivados en azafrán  
MariaLourdes.Gomez@uclm.es

9

**Instituto de la Grasa-CSIC**

Dámaso Hornero Méndez  
Análisis químico de pigmentos  
hornero@ig.csic.es

10

**EEZ-CSIC, Granada**

Juan A. López Ráez  
Derivados de carotenoides en raíces  
juan.lopezraez@eez.csic.es

Contacta con nuestros científicos para que te respondan tus preguntas y te resuelvan tus dudas sobre los carotenoides. ¡Ellos estarán encantados de ayudarte!





© 2018

Texto y grafismo: Manuel Rodríguez-Concepción y Ernesto Llamas  
Ilustraciones: Ernesto Llamas ([www.sketchingscience.org](http://www.sketchingscience.org))

Agradecimientos:

A M<sup>a</sup> Victoria Barja, Miguel Simón, Miguel Ezquerro, Luca Morelli, Sofía Hernández, Lorenzo Zacarías, M<sup>a</sup> Jesús Rodrigo, M<sup>a</sup> Lourdes Gómez, Juan Antonio López-Ráez, Dámaso Hornero, Javier Ávalos, M<sup>a</sup> Carmen Limón y Begoña Olmedilla por comentarios sobre el texto.

A los miembros de la Red Española de Carotenoides (CaRed) por su apoyo, colaboración y entusiasmo con el proyecto.

Al Ministerio de Economía y Competitividad (actual Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades) por la financiación de CaRed (proyectos BIO2015-71703-REDT y BIO2017-90877-REDT)

Depósito Legal B 26675-2018