



O mundo dos  
**CAROTENOIDES:**  
cores, alimentos e saúde

Presentado pola Rede Española de Carotenoides  
[facebook.com/carotenoid](https://facebook.com/carotenoid)  
<https://departamento.us.es/dgenetica/CaRed/Home.html>



**CaRed**

# O MUNDO DOS CAROTENOIDES: cores, alimentos e saúde



Rede Española de Carotenoides  
[www.facebook.com/carotenoid](http://www.facebook.com/carotenoid)  
[https://departamento.us.es/dgenetica/  
CaRed/Home.html](https://departamento.us.es/dgenetica/CaRed/Home.html)

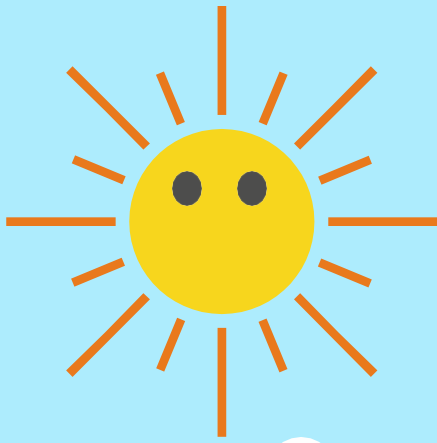




# AS PLANTAS VIVEN PERIGOSAMENTE

As plantas empregan enerxía solar para producir alimentos, remedios contra as enfermidades, madeira e moitas cousas máis.



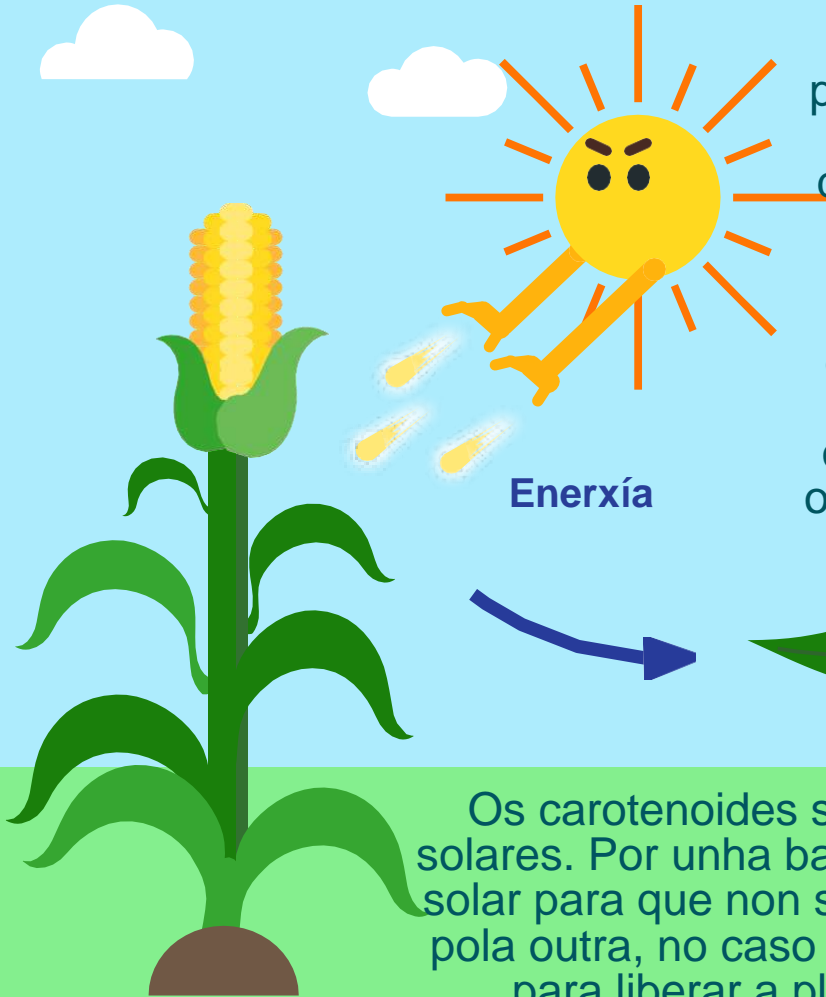


A maioría da vida no noso planeta depende da fotosíntese, que permite o crecemento dos vexetais coa enerxía do sol. As plantas son a base da cadea alimentaria, que mantén os insectos, os herbívoros e os seus depredadores. As plantas que cultivamos tamén nos manteñen a nós e os animais que nos alimentan.



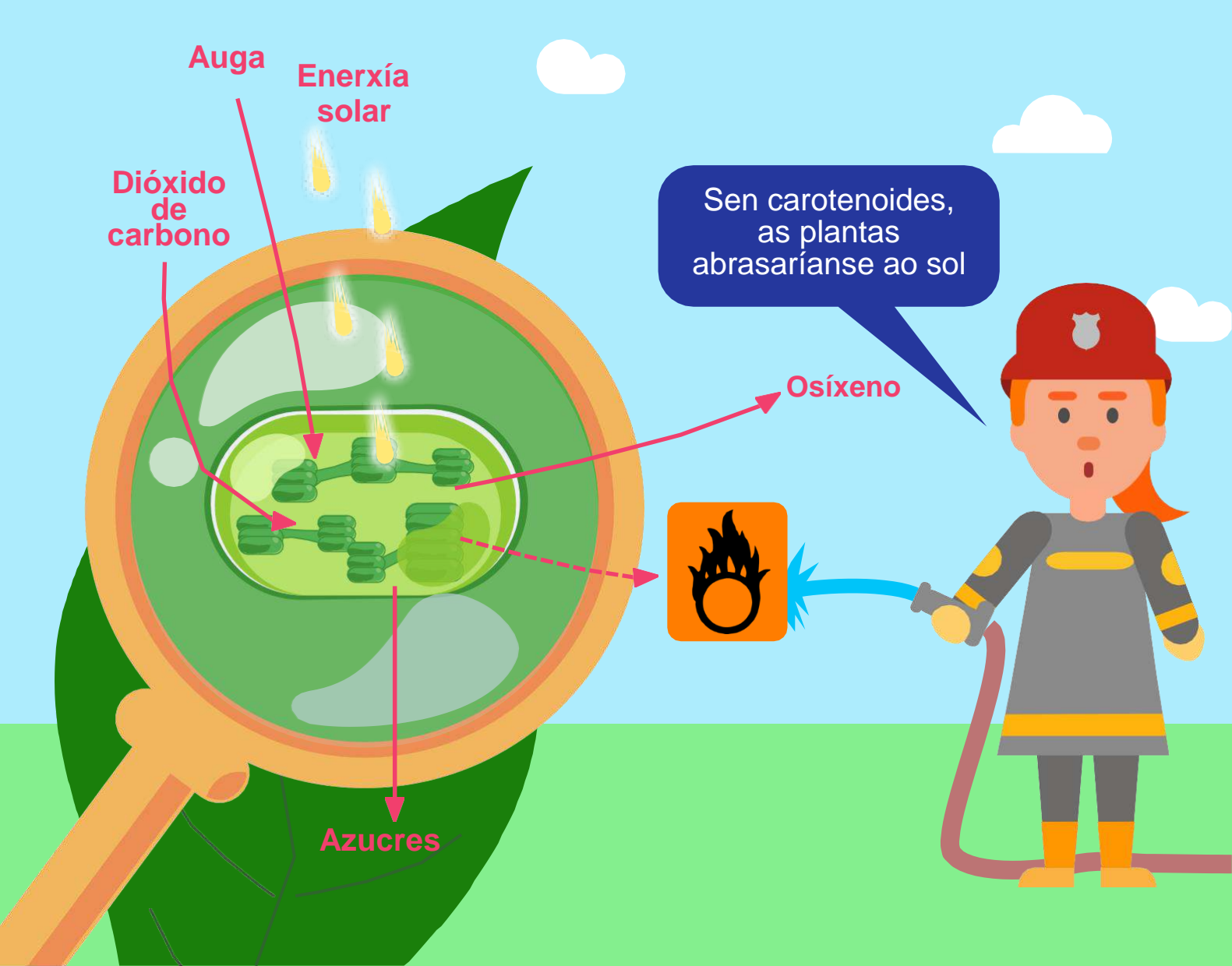
Ademais do perigo de ser devoradas sen poder fuxir, as plantas enfróntanse a inimigos invisibles por vivir expostas ao sol. Queres saber cales son?

# OS CAROTENOIDES PROTEXEN DO SOL



A fotosíntese permítelles ás plantas producir osíxeno ( $O_2$ ) e azucres  $(CH_2O)_n$  a partir de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e de auga ( $H_2O$ ), usando como enerxía a luz solar captada polas clorofilas. Pero cando a enerxía solar é moi intensa, a mestura de clorofilas e de osíxeno pode xerar produtos oxidantes moi prexudiciais para as plantas.

Os carotenoides son esenciais como protectores solares. Por unha banda, disipan o exceso da enerxía solar para que non se xeren compostos oxidantes. E, pola outra, no caso de ser producidos, neutralízanos para liberar a planta deses produtos tóxicos.



Auga

Energía solar

Dióxido de carbono

Sen carotenoides, as plantas abrasaríanse ao sol

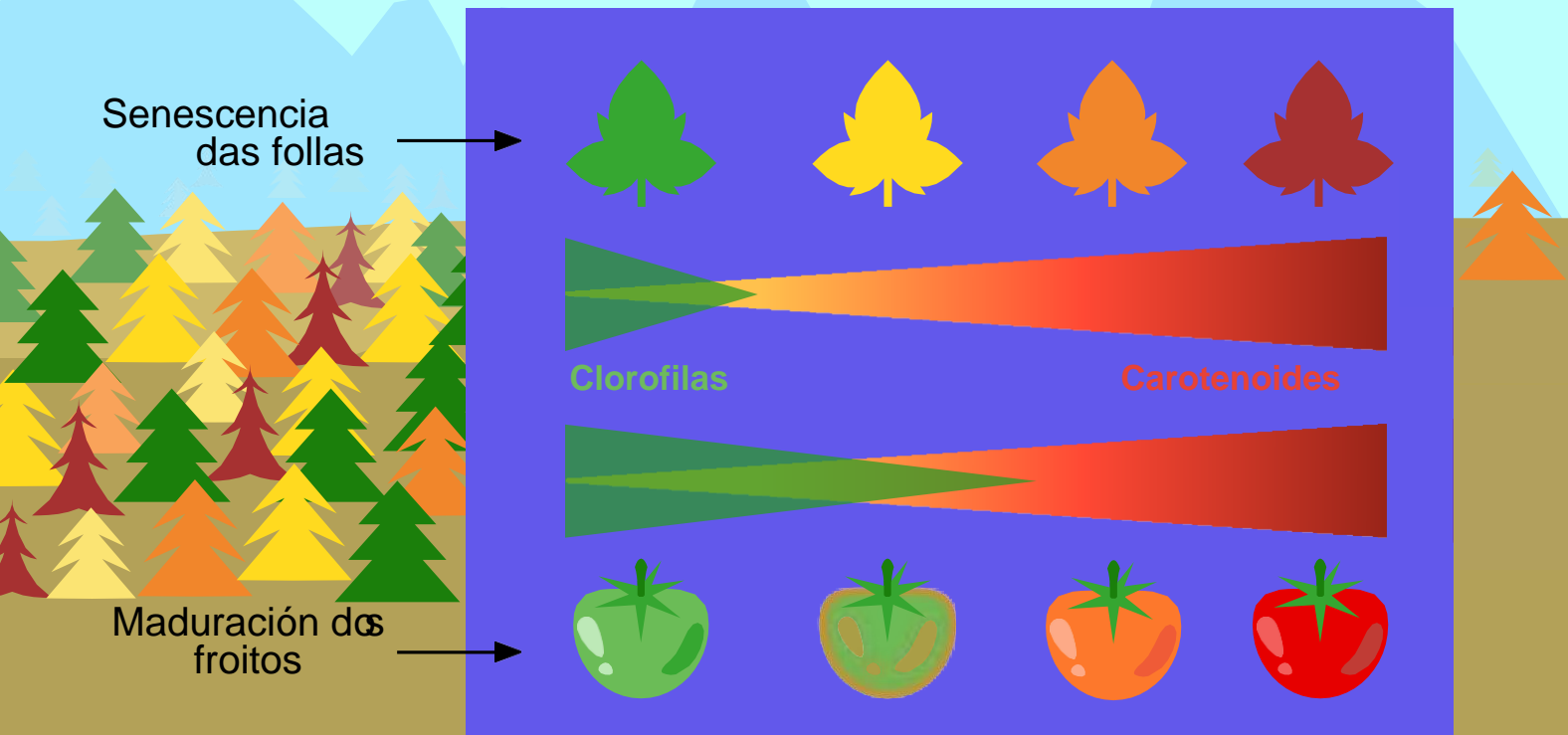
Osíxeno

Azucres




# OS CAROTENOIDES ACHEGAN COR

A fotosíntese require clorofila, o pigmento que lles dá cor verde ás plantas. Só cando as clorofilas desaparecen, pódense apreciar as cores dos carotenoides. Iso ten lugar no outono, cando as follas dalgunhas das árbores entran en senescencia (ou sexa, envellecen e morren) e a clorofila se degrada.



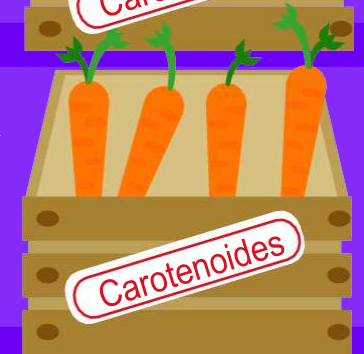
Asemade, a clorofila desaparece durante o desenvolvemento de moitos froitos. Por iso as cores amarelas, laranxas e vermellas dos carotenoides vense moi ben nos froitos maduros. Estas cores, xunto cos aromas producidos pola rotura dalgúns carotenoides, informan os animais de cando a froita está lista para comer (e, de paso dispersar as sementes que ten no interior).  
E tamén a nós!



Eses tomates xa están maduros

# NO É OURO TODO O QUE RELOCE

As verduras e os froitos verdes teñen carotenoides, pero non os vemos porque están enmascarados pola clorofila. Ademais de usar clorofilas e carotenoides como pigmentos, existen máis formas de colorear na natureza...



Algunhas froitas e hortalizas de cor vermella (como amorodos, cereixas e milgrandas) ou morada (uvas, ameixas, berenxenas, remolachas etc.) deben a súa cor a outros pigmentos naturais como as antocianinas e as betalaínas.

Tén carotenoides a túa froita favorita?




# OS MICROORGANISMOS TAMÉN FABRICAN CAROTENOIDES

Todos os organismos capaces de facer a fotosíntese teñen carotenoides e tamén os producen algúns microorganismos non fotosintéticos. Entre eles atópanse bacterias e fungos.

Os microorganismos que lles serven de alimento ás gambas, salmóns ou flamengos proporcionanlles tamén o seu característico ton rosado.





A auga dalgúns lagos e salinas está ategada de microorganismos produtores de carotenoides. Por iso ten cor!



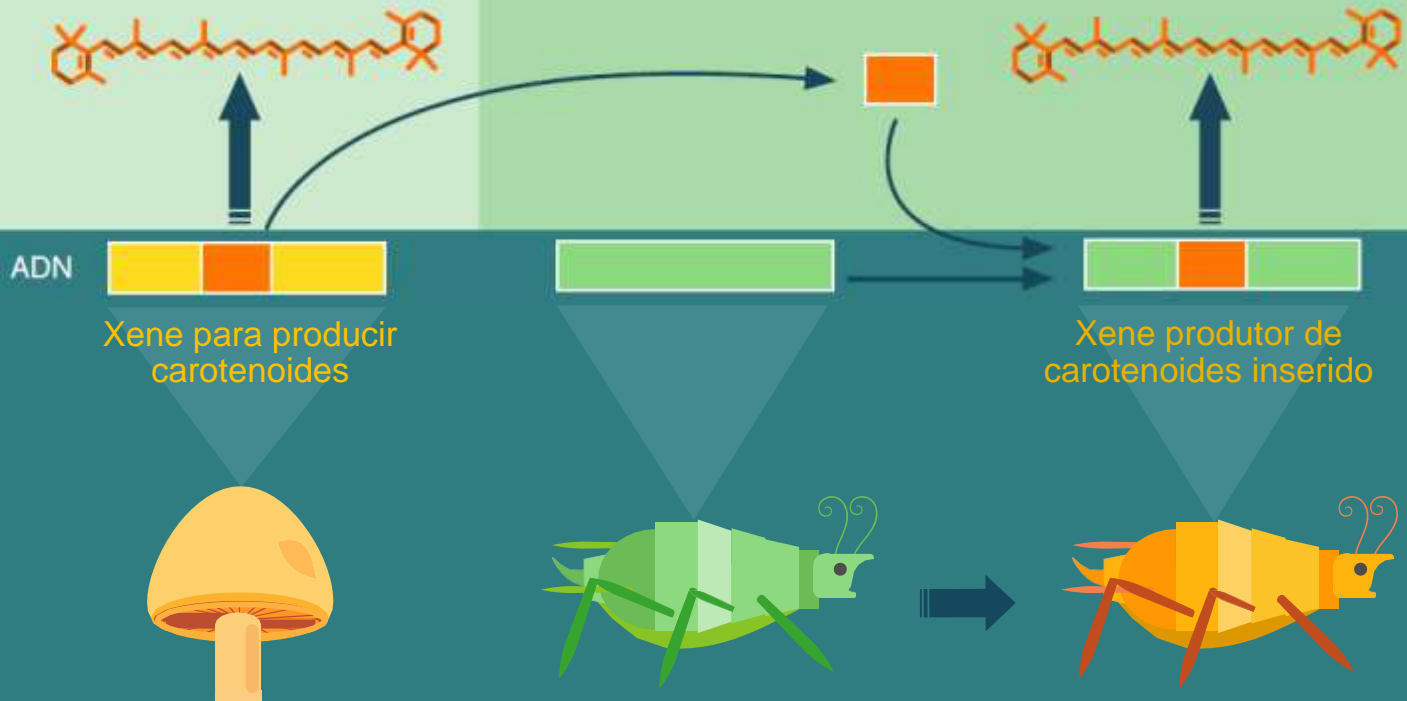
# OS ANIMAIS NON PRODUCEN CAROTENOIDES AGAS EXCEPCIÓNS

Coma nós, a inmensa maioría dos animais non poden fabricar carotenoides pero adquírenos na dieta. As cores que lles achegan a moitos peixes e aves son unha sinal de boa alimentación e de saúde que os axudan a atopar parella.

Encántanme as cores que adquiren as miñas mascotas ao darlles penso rico en carotenoides

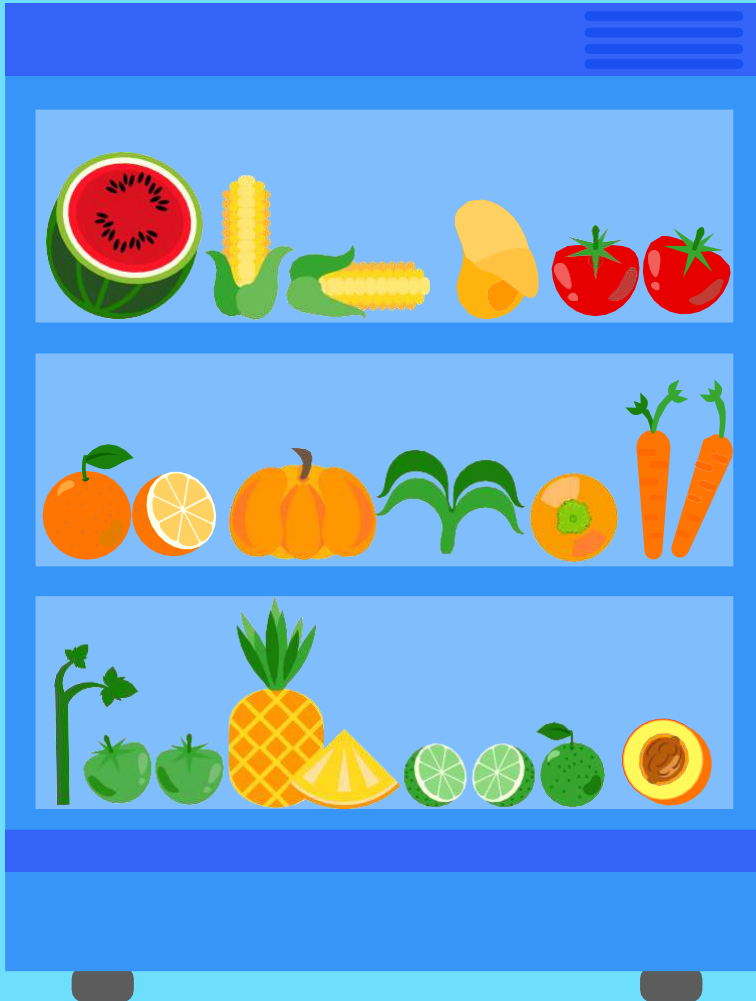


Algúns pulgóns, ácaros e insectos producen os seus propios carotenoides, mais usan xenes de fungos que incorporaron ao seu xenoma por un proceso chamado transferencia xénica horizontal. Estes animais poderíanse considerar polo tanto transxénicos naturais.





# A INDUSTRIA DOS CAROTENOIDES



As propiedades dos carotenoides como colorantes naturais fan que se empreguen amplamente na industria agroalimentaria. Carotenoides obtidos por síntese química ou purificados a partir dos organismos que os producen empréganse como colorantes en bebidas e alimentos, e engádenselles aos pensos de polos e salmóns para mellorar a cor da súa carne. Os carotenoides úsanse tamén amplamente como complementos alimenticios e na industria cosmética.

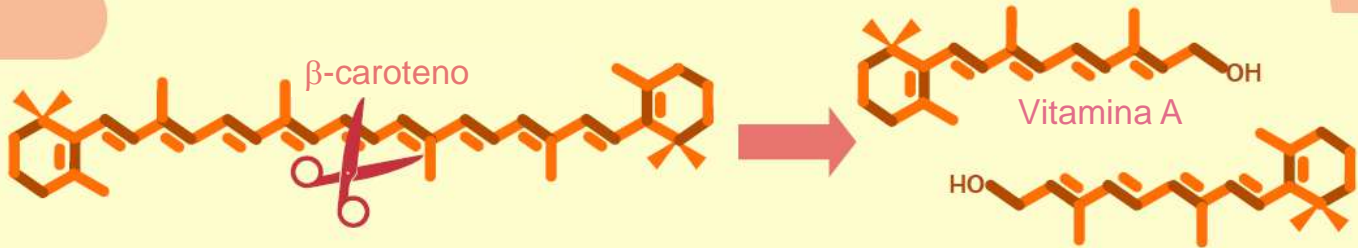
Que fácil é atopar alimentos con carotenoides no supermercado!



Ademais de atractivos, os carotenoides son saudables, máis cando se inxiren directamente dos alimentos. Queres saber por que?

# BENEFICIOS EN NUTRICIÓN E SAÚDE

Os carotenoides son moi importantes na nosa dieta porque algúns deles, como o  $\beta$ -caroteno, convértense no noso corpo en vitamina A e noutros compostos chamados retinoides.



A vitamina A e os retinoides son esenciais para a visión, manteñen activas as nosas defensas, axudan á reprodución e participan na comunicación entre células. Ademais, a maioría dos carotenoides son antioxidantes e activan distintos procesos nas nosas células que diminúen o risco de enfermidades como a obesidade ou a diabetes.

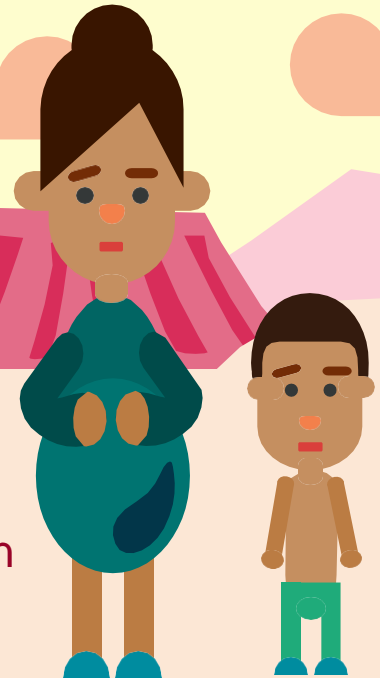


Por todo isto, unha dieta rica en carotenoides, que se consegue consumindo moitas froitas e verduras, é fundamental para a nosa nutrición e saúde.

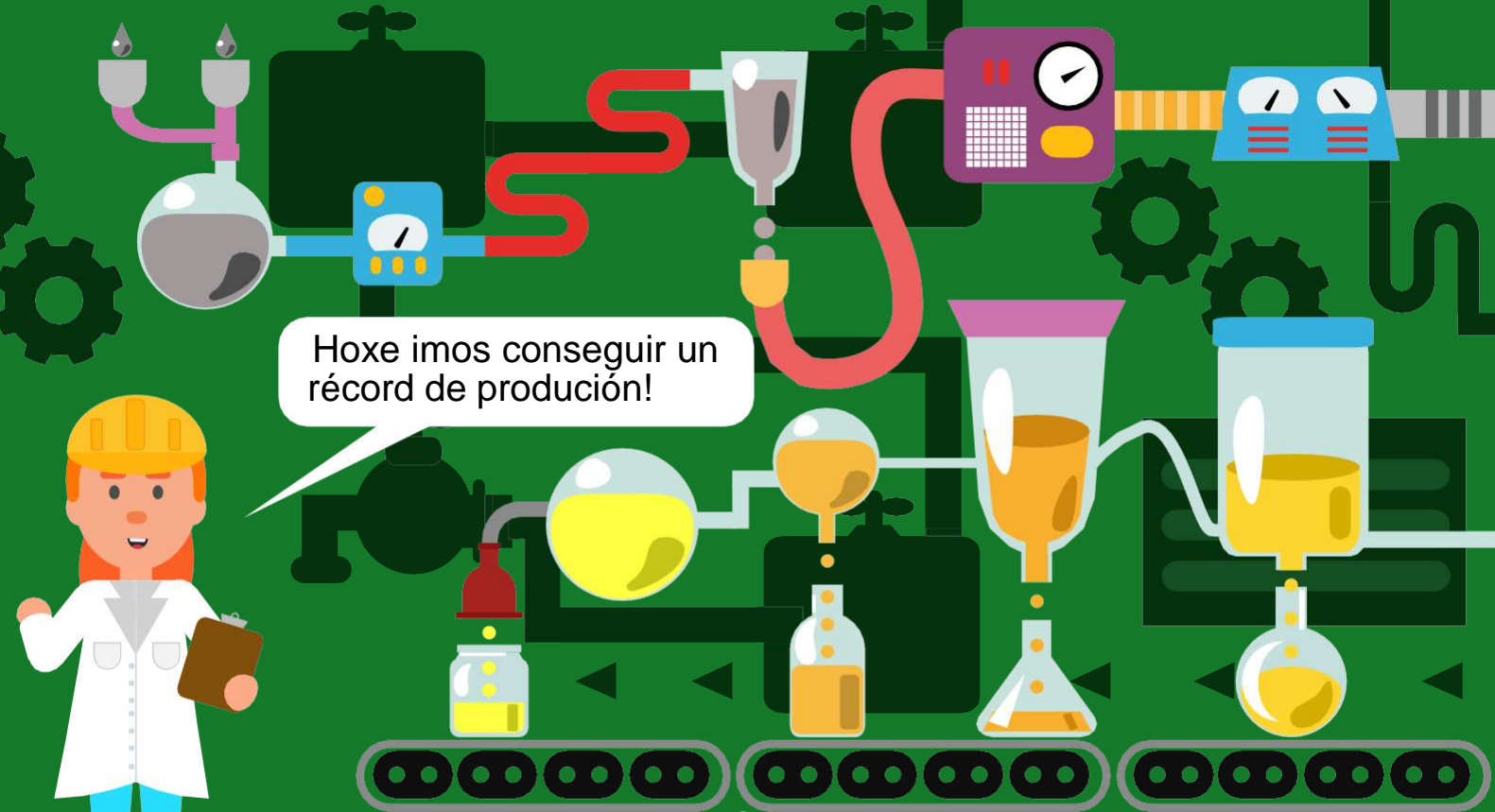
A deficiencia en vitamina A é pouco común en países desenvolvidos, mais segue a ser un problema moi grave en moitos países pobres de África, América e Asia. Todos os anos, centos de miles de nenos e nenas destes países quedan cegos ou indefensos fronte ás enfermidades por non consumir suficientes carotenoides na dieta.



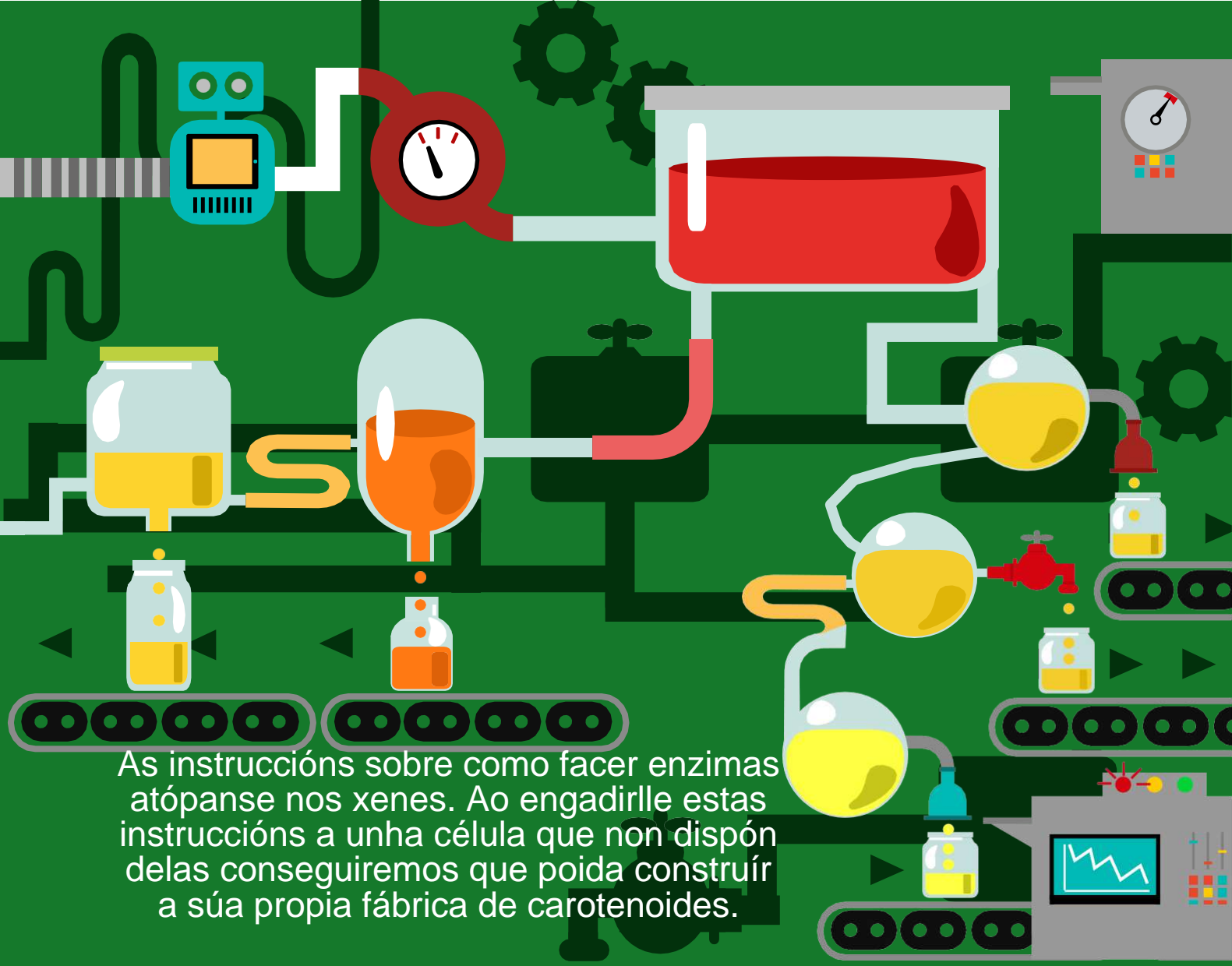
Unha forma de loitar contra a deficiencia en vitamina A en países pobres sería conseguir que os alimentos que consomen teñan máis carotenoides. Queres saber como?



# COMO SE FABRICAN OS CAROTENOIDES?



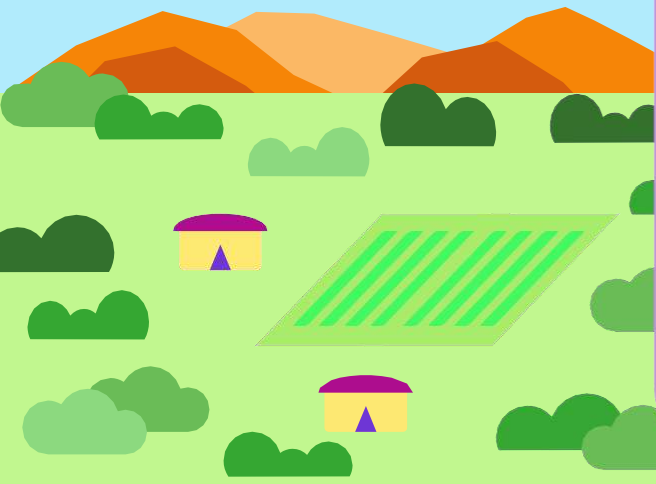
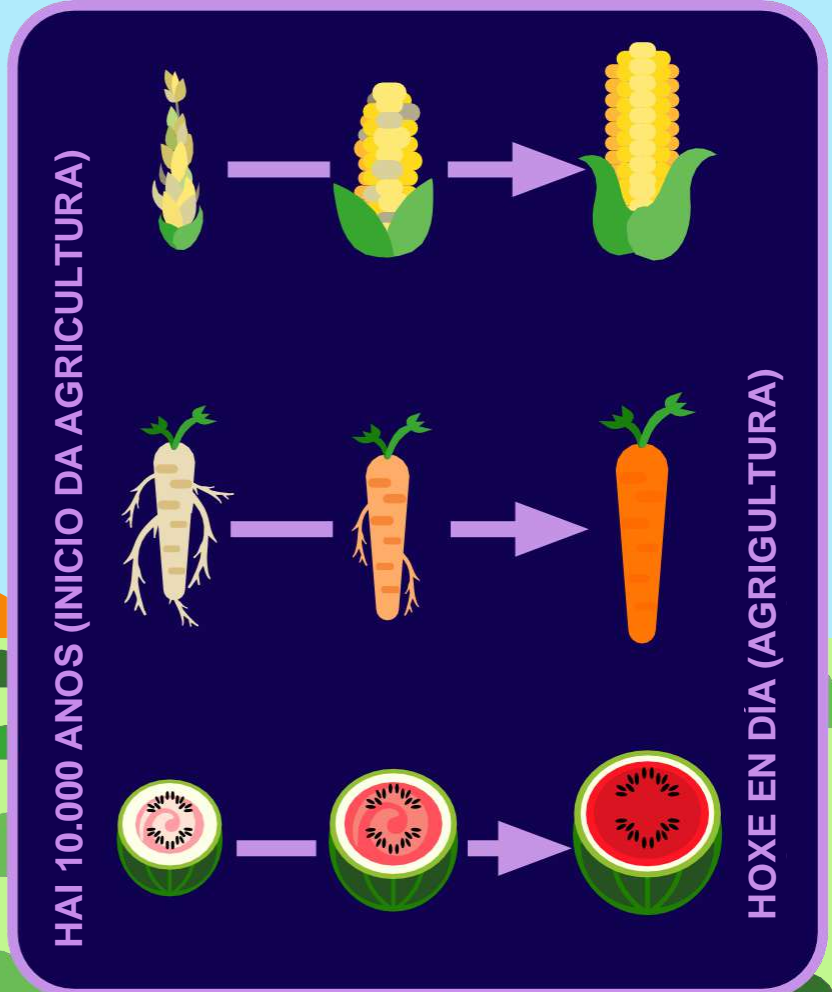
Nas plantas, pequenas máquinas chamadas enzimas usan os azucres producidos durante a fotosíntese como materia prima para fabricar distintos tipos de carotenoides. As fábricas de carotenoides nas células vexetais atópanse nos cloroplastos, onde tamén ten lugar a fotosíntese.




As instrucións sobre como facer enzimas atópanse nos xenos. Ao engadirille estas instrucións a unha célula que non dispón delas conseguiremos que poida construír a súa propia fábrica de carotenoides.

# OS LOGROS DA AGRICULTURA

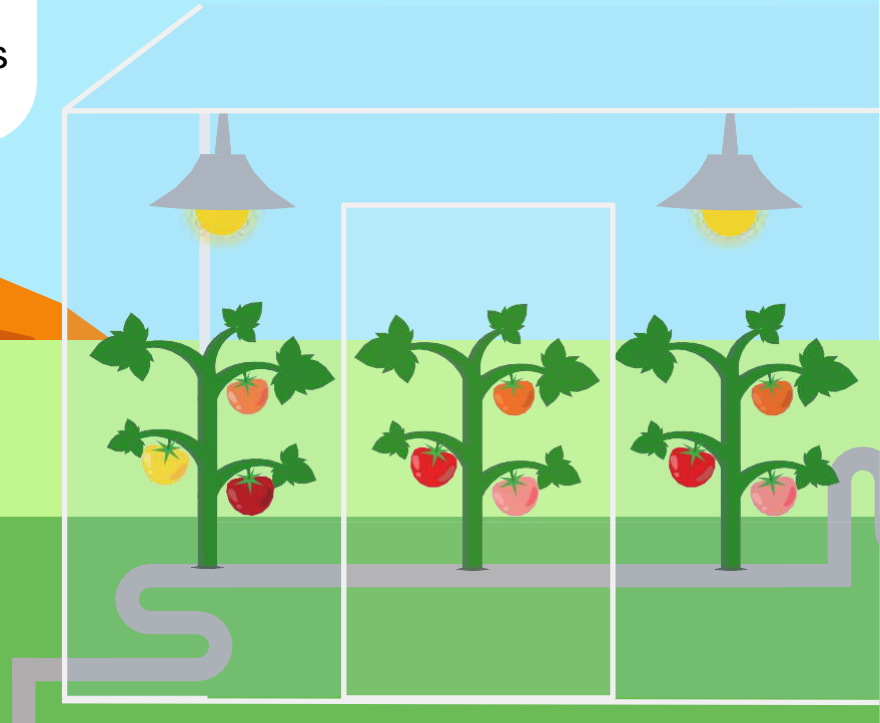
Dende que comezou a agricultura, os seres humanos cruzamos distintas variedades de plantas para conseguir outras máis resistentes, produtivas ou nutritivas. Ao longo de miles de anos, este proceso xerou mesturas ao chou de xenes de carotenoides que cambiaron a cor de moitos alimentos.



Hoxe parécenos normal o millo de cor amarela, as cenorias de cor laranxa, as sandías de cor vermella ou os tomates de moitas cores. Non obstante, hai alimentos como o arroz nos que estes métodos tradicionais de cruzamento e de selección non conseguiron “colorealos” con carotenoides. Para estes casos hai unha alternativa rápida e segura: a biotecnoloxía.



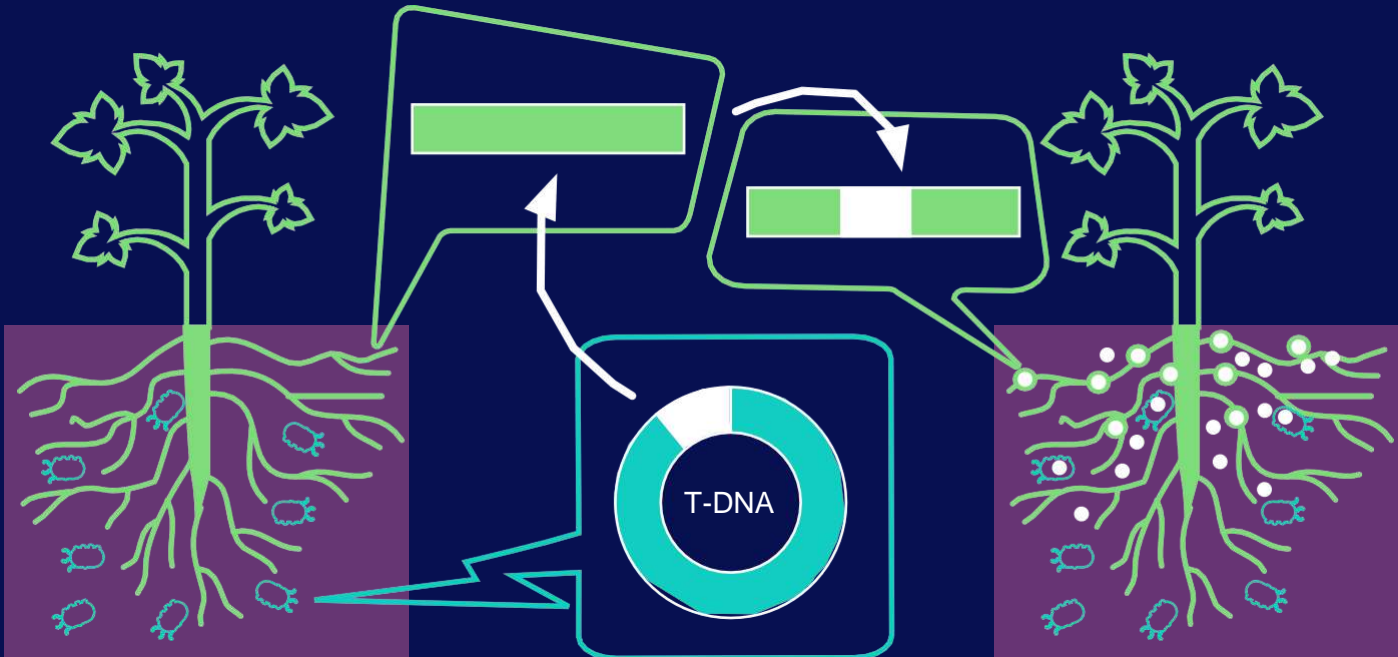
Que sorte ter tomates de moitas cores para facer ensaladas variadas e súper sas!



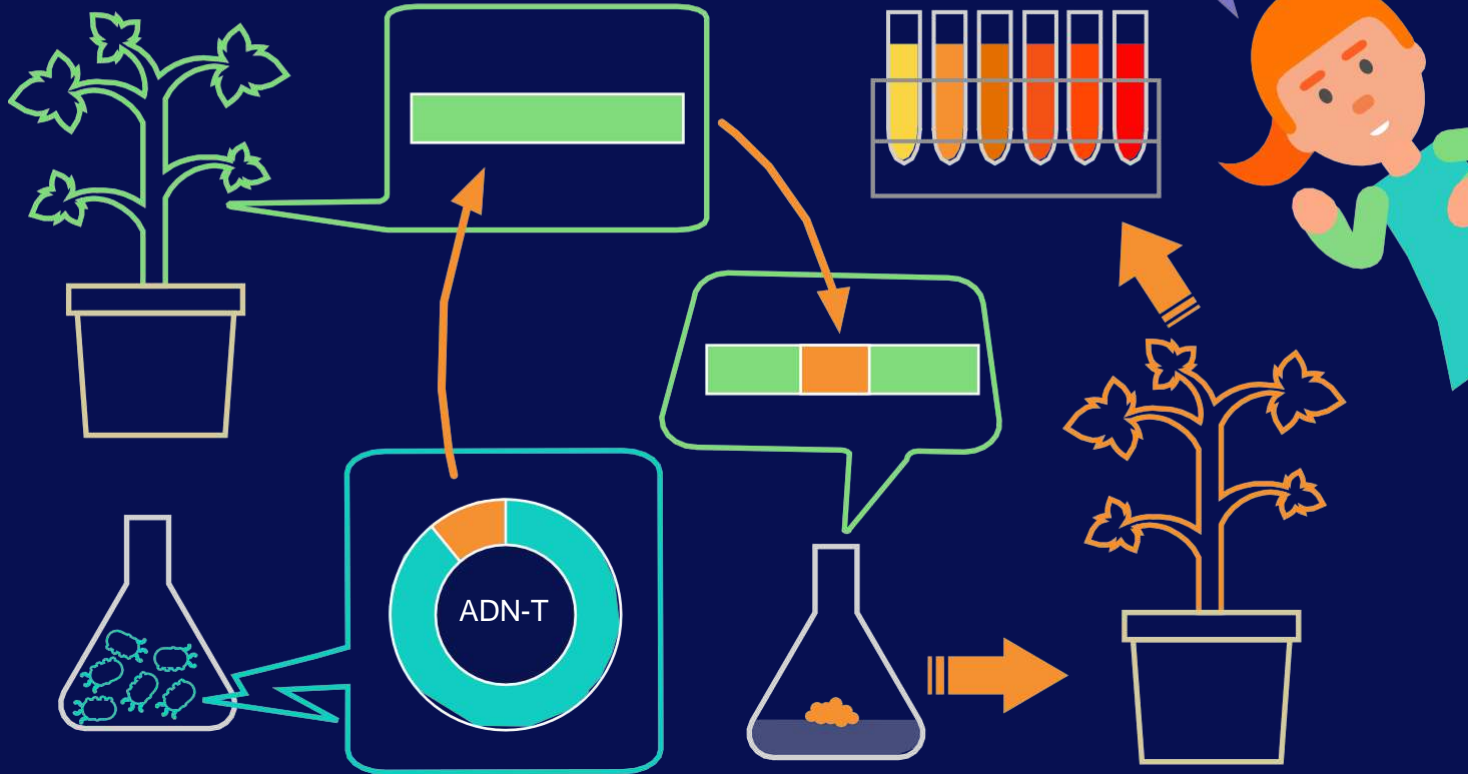


# A BIOTECNOLOXÍA IMITA A NATUREZA

Antes vimos que algúns bechiños fan carotenoides porque teñen incorporados ao seu xenoma (é dicir, ao seu manual de fabricación e funcionamento) varios xenes (as instrucións) procedentes de fungos. A biotecnoloxía fai máis ou menos o mesmo. Na natureza coñécense bacterias que lles transfiren os seus xenes ás plantas para que fabriquen a súa comida favorita. Para iso usan unha ferramenta chamada ADN-T, onde poñen estes xenes.

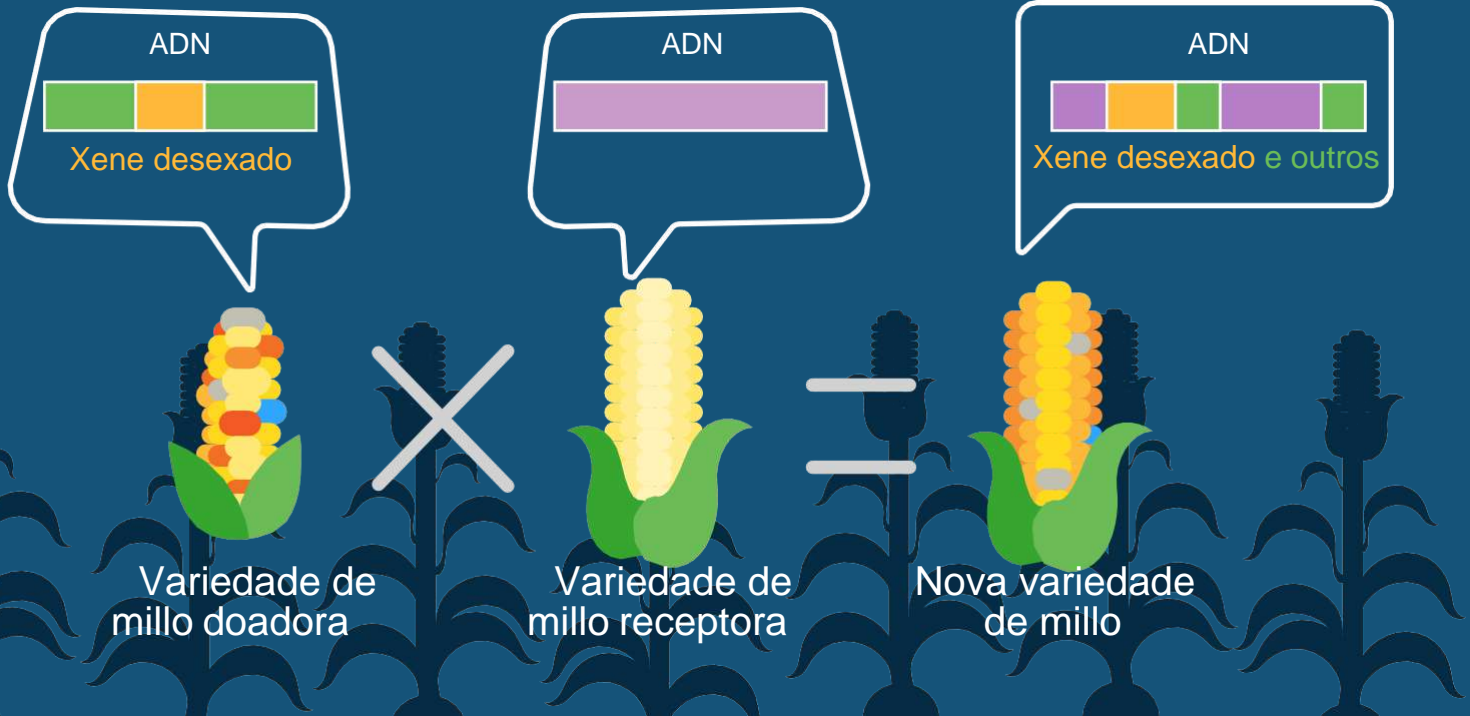


O que a biotecnoloxía de plantas fai é usar as mesmas bacterias pero trocando os xenes bacterianos polos xenes de carotenoides (ou os que nos interesen) no ADN-T. Dese xeito, a planta recibe as instrucións para facer novos carotenoides, para producilos en maior cantidade ou para almacenalos mellor.

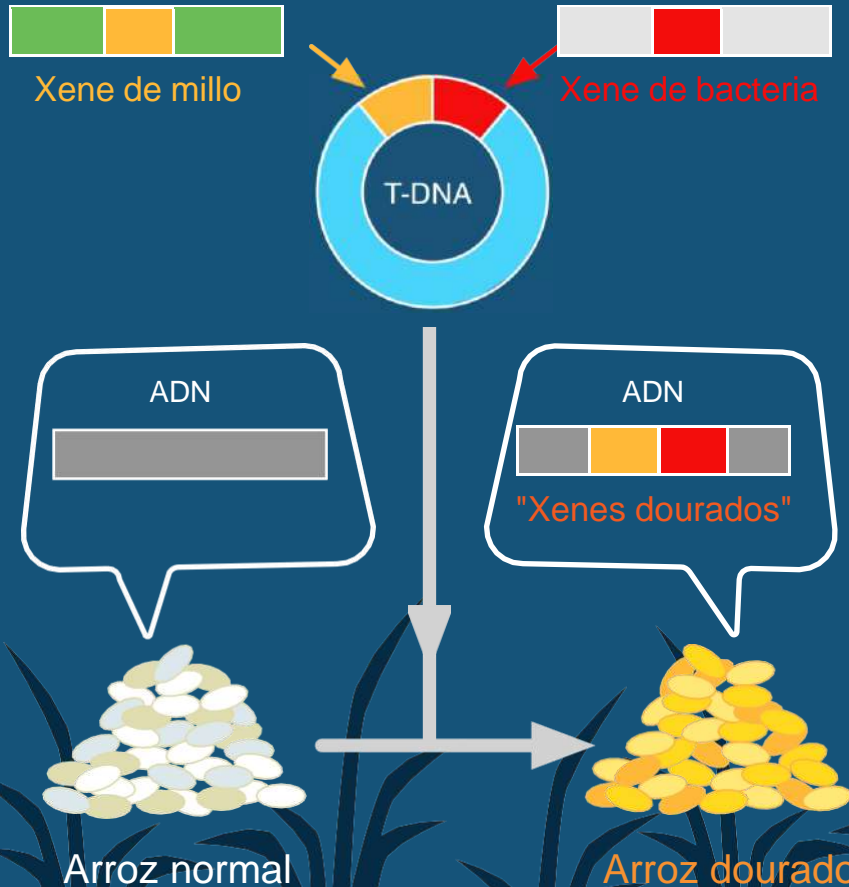


# COLOREAR ALIMENTOS CON DISTINTAS TECNOLOXIAS

A mellora tradicional necesita moito tempo e moitos ciclos de cruzamento e selección para conseguir unha nova característica (por exemplo, un gran de millo con carotenoides). Ademais, necesita que se poidan cruzar a planta que achega os xenes de interese e a que os vai recibir, o cal non sempre é posible. Outra desvantaxe é que poden transferirse, xunto cos xenes desexados, outros xenes non tan interesantes e mesmo prexudiciais.



A biotecnoloxía é moito máis rápida, efectiva e segura. Nun único paso, a planta receptora recibe só os xenes que precisa, que poden proceder de calquera organismo.




A biotecnoloxía conseguiu crear arroz enriquecido en carotenoides en moi pouco tempo. Este "arroz dourado" contén un xene de millo e outro dunha bacteria para fabricar  $\beta$ -caroteno, o principal precursor da vitamina A.



PARA PENSAR...



O pensamento científico require preguntarse como funciona o noso mundo, facer experimentos para comprobar hipóteses e extraer conclusións a partir dos resultados. Pero tamén contrastar opinións, aceptar e valorar as críticas, e seguir desafiando o que sabemos con máis preguntas ata afianzar o coñecemento. Seguro que como lle pasa a Carlota, tes moitas ideas e preguntas sobre os carotenoides. Iso é moi bo! Aínda que ninguén o sabe todo nin posúe a verdade absoluta, hai persoas científicas ás que podes acudir. Queres saber quen son?



Que función ten a cor que lles proporcionan os carotenoides ás follas en outono?

Como se sabe se a cor dun alimento se debe a carotenoides ou a outros pigmentos?

Que é máis san, un pemento verde, un amarelo, un laranxa, ou un vermello?

Pódese conseguir producir carotenoides en calquera alimento usando a biotecnoloxía?

Cantos xenos se requiren para facer piñas de cor rosa?

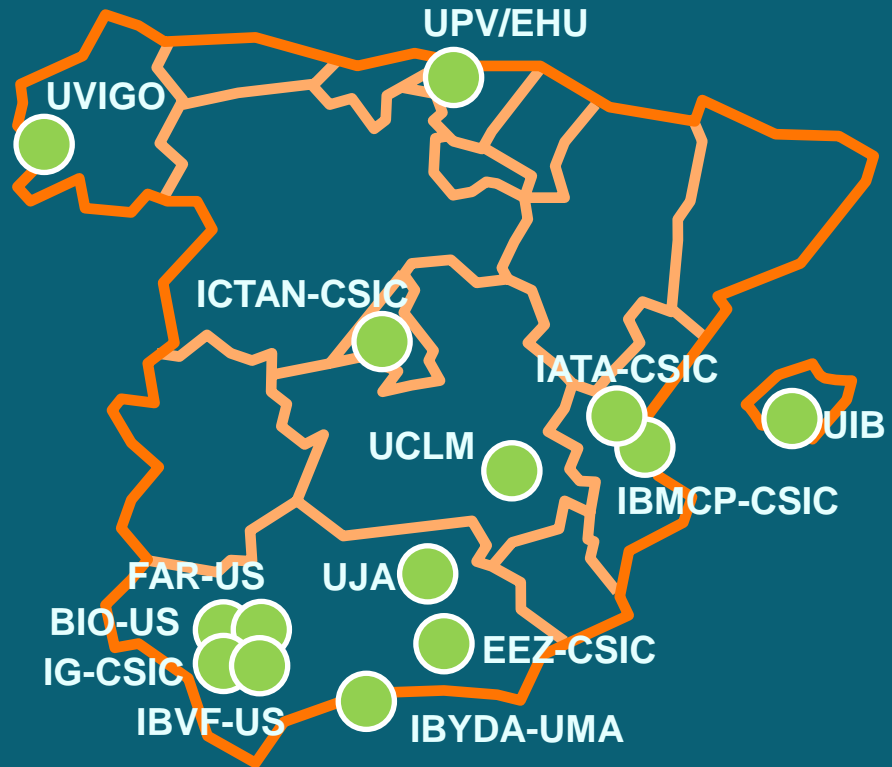
# PREGÚNTALLES ÁS PERSOAS EXPERTAS



**CaRed**

En España existe unha rede de persoas científicas dedicadas ao estudo integrado dos carotenoides.

Chámase CaRed e está financiada polo MINECO (BIO2015-71703-REDT de 2016 a 2017 e BIO2017-90877-REDT de 2018 a 2020) e o MICINN (RED2022-134577-T de 2023 a 2025). O persoal investigador de CaRed abrangue a produción de carotenoides en distintos organismos, a súa manipulación mediante a biotecnoloxía, a súa presenza nos alimentos e as súas propiedades para a nutrición e a saúde.



**UVIGO, Vigo**

Ángel Rodríguez de Lera  
qolera@uvigo.es

**UIB, Univ. de les Illes Balears, Palma**

Joan Ribot / M. Lluïsa Bonet  
joan.ribot@uib.es / luisabonet@uib.es

**IATA-CSIC, Valencia**

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

**IBMCP-CSIC, Valencia**

Manuel Rodríguez Concepción  
manuelrc@ibmcp.upv.es

**EEZ-CSIC, Granada**

Juan A. López Ráez  
juan.lopezraez@eez.csic.es

**IBYDA-UMA, Málaga**

Félix López Figueroa / Nathalie Korbee  
felix\_lopez@uma.es / nkorbee@uma.es

**FAR-US, Univ. Sevilla (Farmacia), Sevilla**

Antonio J. Meléndez Martínez  
ajmelendez@us.es

**UJA, Jaen**

Ruperto Bermejo  
rbermejo@ujaen.es

**IBVF-US, Sevilla**

Mercedes García González  
mggonza@us.es

**BIO-US Univ. Sevilla (Biología), Sevilla**

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

**Inst. de la Grasa-CSIC, Sevilla**

Dámaso Hornero Méndez  
hornero@ig.csic.es

**ICTAN-CSIC, Madrid**

Begoña Olmedilla Alonso  
BOlmedilla@ictan.csic.es

**UPV/EHU, Bizkaia**

Raquel Esteban  
raquel.esteban@ehu.eus

**UCLM, Instituto Botánico, Albacete**

M<sup>a</sup> Lourdes Gómez / Oussama Ahrazem  
MariaLourdes.Gomez@uclm.es /  
Oussama.Ahrazem@uclm.es

Contacta cos nosos científicos e científicas para que respondan as túas preguntas e che resolvan as túas dúbidas sobre os carotenoides. Eles estarán encantados de axudarte!



[www.facebook.com/carotenoid](https://www.facebook.com/carotenoid)  
<https://departamento.us.es/dgenetica/CaRed/Home.html>





© 2024

**Texto e grafismo:** Manuel Rodríguez-Concepción e Ernesto Llamas

**Ilustracións:** Ernesto Llamas ([www.sketchingscience.org](http://www.sketchingscience.org))

**Traducido por:** Ángel Rodríguez de Lera

**Agradecementos:**

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 e Begoña Olmedilla por comentarios sobre o texto.

Aos membros da Rede Española de Carotenoides (CaRed) polo seu apoio, colaboración e entusiasmo co proxecto.

Ao Ministerio de Economía e Competitividade e ao Ministerio de Ciencia e Innovación polo financiamento de CaRed (proxectos BIO2015-71703-REDT, BIO2017-90877-REDT e RED2022-134577-T)