

## Los pigmentos en la naturaleza

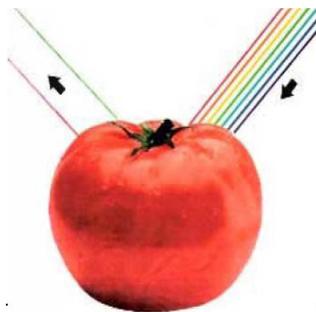
Cuando se observa la naturaleza, el color es una de las características que se destaca por la gran diversidad que presenta. En la naturaleza, el color cumple funciones importantes, entre ellas la capacidad fotosintética de los vegetales, ya que la principal molécula involucrada en la absorción de energía lumínica es la clorofila, uno de los pigmentos predominantes en la naturaleza (ver Cuadernos n° 106, 107).

El color de las plantas también influye sobre el potencial de una planta para reproducirse. En particular, el color de las flores (ver Cuaderno n° 72) atrae a los polinizadores que transportan el polen y facilitan la fecundación, mientras que la pigmentación de frutas y semillas atrae a los animales consumidores que luego dispersan las semillas y la especie hacia nuevos espacios.

### El color y los pigmentos

En biología, un pigmento es cualquier molécula que produce color en las células animales, vegetales, bacterias y hongos. Muchas estructuras biológicas, como la piel, los ojos y el pelo en mamíferos contienen pigmentos —como la melanina— localizados en células especializadas llamadas cromatóforos. En mamíferos, se denominan específicamente Melanocitos. Si bien todos los cromatóforos contienen pigmentos, no todas las células que presentan pigmentos son cromatóforos: el grupo hemo por ejemplo es responsable del color rojo de la sangre y se encuentra en los eritrocitos. Esta denominación diferencial está asociada al origen embrionario de cada tipo de célula. Dentro de los cromatóforos, los pigmentos se localizan en vacuolas o vesículas. En los vegetales, los pigmentos pueden localizarse en diferentes organelas denominadas plástidos. Estas moléculas son capaces de absorber ciertas longitudes de onda y reflejar otras, de acuerdo a su estructura química. Las longitudes que se reflejan son aquellas que los ojos reciben y que el cerebro interpreta como "color".

La luz blanca es una mezcla del espectro visible de luz. Cuando esta luz se encuentra con un pigmento, algunas ondas son absorbidas por los pigmentos, mientras otras son reflejadas. El espectro de luz reflejado se percibe como color. Por ejemplo, un pigmento azul marino refleja la luz azul y absorbe los demás colores. Por reflejar las longitudes de onda en la gama del azul, el cerebro recibe y decodifica esa información.



El tomate parece ser de color rojo, porque el ojo sólo recibe la luz roja reflejada por la hortaliza, y el verde que refleja el tallo.

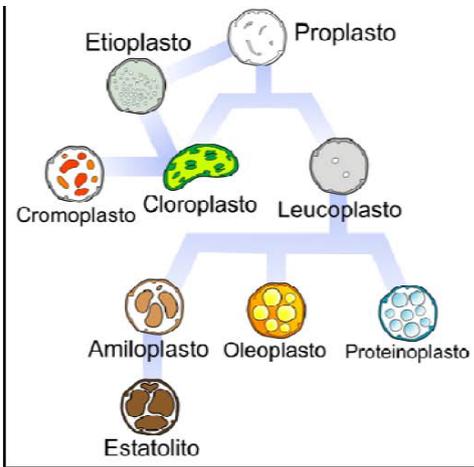
El color es una propiedad que depende de la longitud de onda de la luz que es reflejada o emitida por un objeto. El color es una herramienta didáctica usada y de

### **La clorofila y otros pigmentos**

En general, el color que presenta un determinado tejido u órgano vegetal, depende del predominio de un pigmento o de la combinación de varios de ellos. A simple vista el color verde es el mayoritario en las especies vegetales. Esta coloración es debida a la presencia de dos de los principales pigmentos vegetales, la clorofila a y la clorofila b, que se encuentran en prácticamente todas las plantas con semillas, los helechos, musgos y algas. La síntesis de la clorofila depende de la presencia de la luz, por lo tanto, aunque podría fabricarse en diferentes órganos de las plantas, su expresión dependerá de la exposición de cada tejido a la luz. Otros pigmentos también están presentes en las plantas verdes, pero enmascarados por la clorofila. La síntesis, el tipo de pigmento y su concentración en una planta pueden ir variando ya que responden a factores externos como las condiciones climáticas o al estrés originado por el ataque de algún patógeno. Esto explica la variación de color en especies forestales a lo largo de las estaciones del año. En el otoño cuando la energía lumínica se reduce, disminuye también la producción de clorofila, por lo cual se manifiestan los pigmentos naranja, morado y amarillo que estaban enmascarados por la clorofila, ahora ausente.

### **Los pigmentos en los vegetales**

Los pigmentos se localizan en diferentes organelas según el tipo de molécula y su función. La clorofila se encuentra específicamente en las organelas vegetales llamadas cloroplastos, en las membranas internas o tilacoides (Ver cuaderno nº 106). Asociados con la clorofila, existen también en los cloroplastos otra clase de pigmentos denominados "accesorios" que forman parte del complejo antena de la fotosíntesis, de color amarillo y amarillo-anaranjado, denominados xantófilas y carotenoides, respectivamente. Estos pigmentos se alojan además en otros plástidos, dando el color característico de las flores o frutos. Otros pigmentos son las antocianinas. Son pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y que otorgan el color rojo, púrpura o azul, dependiendo del pH vacuolar, a hojas, flores y frutas. Desde el punto de vista químico, las antocianinas pertenecen a un grupo denominado flavonoides y se encuentran ampliamente distribuidos entre las plantas.



**Diferentes tipos de plástidos.**

Los carotenoides pueden estar localizados en diferentes plástidos como los cromoplastos, amiloplastos, etioplastos, leucoplastos y etioplastos.

## Las antocianinas

**Figura 1: Estructura química de las cianidina.** Una de las principales antocianinas. Provee un color rojo. Es el pigmento presente en las rosas rojas. Presenta la estructura típica de las antocianinas con tres anillos saturados.

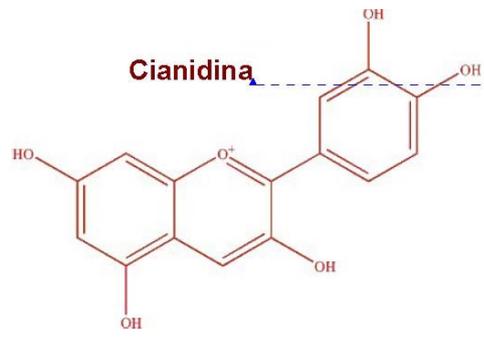
Las funciones de las antocianinas en las plantas son múltiples, desde la protección de la radiación ultravioleta hasta la atracción de insectos polinizadores. Las antocianinas se encuentran en muchas frutas oscuras (como la frambuesa, zarzamora, cereza, mora y uva) y muchas verduras. Hasta ahora fueron reconocidas 19 diferentes antocianinas, y presentan un abanico inmenso de colores que varían entre el púrpura, azul, rojo-violeta, rojo-salmón, entre otros. Un factor que contribuye a la variedad de colores en flores, hojas y frutas es la coexistencia de varias antocianinas en un mismo tejido, por ejemplo en las flores de la malva real se puede encontrar malvidina y delphinidina.

El color está dado por los grupos hidroxilos de los anillos fenólicos y el benzopirilio, de modo tal que en medio ácido (pH menor a 5) toma coloraciones rojizas, mientras que en un medio alcalino (pH mayor a 7) adquiere coloración púrpura. En algunos árboles, como el arce rojo Americano (*Acer rubrum*) o el roble escarlata (*Quercus coccinea*), los flavonoles se convierten en antocianinas rojas cuando la clorofila de sus hojas se degrada en otoño. Esta transformación química que consiste en la pérdida de un átomo de oxígeno es la responsable de la percepción de los colores del otoño. Las antocianinas que aparecen en el otoño probablemente son las que protegen a las hojas del efecto de los rayos UV del sol.

## Los carotenoides

El otro gran grupo de pigmentos son los carotenoides, que dan color rojo-anaranjado o amarillo a las flores, hojas, frutos y semillas, y se diferencian de las antocianinas por su estructura química y su localización celular. Los carotenoides no son solubles en agua, sino que se encuentran unidos a las proteínas de la membrana tilacoide de los cloroplastos. El  $\beta$ -caroteno es el carotenoide más abundante en la naturaleza y el más importante para la dieta humana. Al ser ingerido, el  $\beta$ -caroteno es transformado en vitamina A en la mucosa del intestino delgado. La vitamina A es esencial para la visión nocturna y el mantenimiento de los tejidos del hígado y la retina.

superficiales. Es necesaria para el crecimiento y la diferenciación del tejido epitelial, y se requiere en el crecimiento del hueso, la reproducción y el desarrollo embrionario. Junto con algunos aminoácidos puede ser absorbido directamente en el intestino. El  $\beta$ -caroteno se modifica, produciendo una coloración ligeramente amarilla o anaranjada en las palmas de las manos y las plantas de los pies, debido a un exceso en el consumo de  $\beta$ -caroteno denominado pseudoictericia



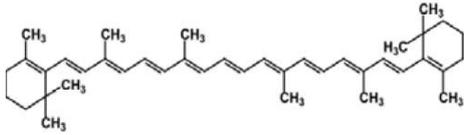


Figura 2: Estructura química del  $\beta$ -caroteno. Compuesto de 40 carbonos con dobles enlaces conjugados que le otorgan las propiedades del color. Es una estructura simétrica con dos anillos beta. Esta molécula es dividida a la mitad para generar vitamina A.

Los carotenoides resultan esenciales para la fotosíntesis como pigmentos accesorios en la absorción de luz y protegiendo a las plantas de la luz solar, además se unen a moléculas dañinas y evitan que dañen el ADN de las células. Diversos tipos de carotenoides se acumulan en los diferentes tejidos vegetales: en los frutos del tomate (*Solanum lycopersicum*) se acumula gran cantidad de licopeno; capsantina, capsorubina y ketocarotenoides son carotenoides típicos de ajíes rojos (*Capsicum annum*) y en las raíces engrosadas de batata y zanahoria se acumula principalmente  $\beta$ -caroteno. Más del 90% de los carotenoides de los pétalos de los crisantemos (*Chrysanthemum x morifolium*) y caléndulas (*Tapetes sp*) son carotenoides denominados luteína o derivados de luteína.



Los carotenoides se nombraron en función de la fuente de la que se aislaron por primera vez. Así, el término caroteno proviene del nombre científico de la zanahoria (*Daucus carota L.*), mientras que los pigmentos aislados del pensamiento (*Viola tricolor L.*) y algunas algas del género *Fucus* se denominaron violaxantina y fucoxantina, respectivamente.

### Las betalainas

Al igual que los carotenoides y flavonoides, las betalainas también cumplen una función importante en la atracción de animales, pero se cree que tienen funciones adicionales como la absorción de luz ultravioleta y protección contra los herbívoros. Estos pigmentos, rojo-violeta y amarillos, están presentes en 10 familias de plantas. Las betalainas y las antocianinas son mutuamente excluyentes, por lo que cuando se encuentran betalainas en una planta, estarán ausentes las antocianinas, y viceversa.

### **La biotecnología y los pigmentos**

Muchos pigmentos tendrían efectos beneficiosos en la salud humana. Los carotenoides son precursores de la vitamina A. Las dietas deficitarias en vitamina A en los niños serían causantes de ceguera y de la reducción en la respuesta inmune, aumentando el riesgo de infecciones severas. Por eso, el desarrollo de nuevas o más potentes fuentes de carotenoides en las hortalizas u otros productos de consumo masivo podría realizar un importante aporte en el mejoramiento de la salud humana. En este sentido, el desarrollo de variedades genéticamente modificadas es una interesante estrategia (ver Cuaderno n°23).

### Ejemplo 1: El arroz dorado

En la actualidad no hay ninguna variedad de arroz capaz de acumular beta-carotenos en el endosperma del grano. Por lo cual, el programa de biofortificación en pro-vitamina A quedó enfocado exclusivamente a la introducción por ingeniería genética de los genes

Acceso a los pl... para lograr ese objetivo. Así se creó el Proyecto Golden Rice (GR) o

El arroz blanco y el arroz  
dorado

· Qué Biotecnología" es una herramienta didá  
el Programa Educativo Por Qué Biotecnología  
se aclare la autoría y propiedad de este rec  
Por Qué Biotecnología.

En el arroz dorado se han introducido por ingeniería genética dos genes al material genético del arroz. Estos genes codifican para las enzimas fitoeno sintetasa y fitoeno desaturasa, necesarias para completar la ruta metabólica que permite la síntesis y acumulación de beta-carotenos en los granos de arroz. De hecho, la intensidad del color dorado en el nuevo arroz es un indicador de la concentración de beta-carotenos en el endosperma.

**Figura 2. Ruta simplificada de biosíntesis de carotenoides.** Arriba se muestra la ruta de biosíntesis de los carotenoides en plantas, las enzimas nombradas fueron las que están ausentes en el endosperma de arroz y fueron introducidos para la obtención del producto beta caroteno. Los genes que sintetizan para la enzima Fitoeno sintasa y Fitoeno desaturasa provienen del Narciso (*Narcissus spp*), mientras que el gen de la Licopeno ciclasa proviene de la bacteria *Erwinia uredovora*

En el caso de las antocianinas, el interés por estos pigmentos se ha intensificado recientemente debido a hallazgos acerca de posibles propiedades farmacológicas y terapéuticas. Estas incluirían reducción de las enfermedades coronarias, efectos antitumorales, antiinflamatorios y anti-diabéticos, además del mejoramiento de la agudeza visual. Se cree que los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante.

Muchas de las investigaciones sobre pigmentos en cultivos vegetales, frutas u ornamentales estuvieron centradas en la función que desempeñan en la atracción de insectos o en la preferencia visual.

Si bien el mejoramiento genético tradicional para el contenido de antocianinas y carotenoides ha sido exitoso en una variedad de vegetales y plantas ornamentales, la utilización de la ingeniería genética abre un abanico de oportunidades, como introducir nuevos genes ampliando la ruta metabólica, o anular algún gen para permitir la acumulación de un determinado pigmento (ver Cuaderno nº 115). Como ejemplos cabe mencionar el tomate con altos niveles de antocianinas y las flores azules.

### Ejemplo 2: La rosa azul



Foto 3. Rosa-azul. Foto de la rosa azul obtenida mediante ingeniería genética por la empresa Florigene. Ya se encuentra disponible en el mercado. A esta rosa se le adicionó un gen que permite la síntesis del pigmento azul (delfidina) y se anuló el gen que sintetiza el color rojo.

Los proyectos de investigación en el área de plantas ornamentales se encuentran en constante avance (ver Cuaderno nº 72). De hecho, en los primeros trabajos de investigación sobre las antocianinas se utilizaron como modelo la planta ornamental petunia y posteriormente las del género Ipomoea (la "campanita violeta"). Actualmente se comercializan variedades del clavel *Dianthus caryophyllus* en diversos tonos de azul que lleva la inserción de un gen proveniente de Petunia que permite la expresión del pigmento azul Delfidina

Otro importante avance relacionado con el área ornamental es la obtención de la "rosa azul" liberada al mercado en Japón hacia fines de 2009, y obtenida mediante técnicas de ingeniería genética. El color azul está dado por la presencia de una antocianina denominada delfinidina. Las rosas no poseen el gen necesario para la síntesis de este pigmento, por lo que no hubiese sido posible obtenerla por los clásicos métodos de cruzamiento. El gen que permite sintetizar el pigmento azul en las nuevas rosas proviene de la petunia. Además de ese gen, se incluyó también mediante transformación

un  
"gen  
silen  
ciad  
or

Otro posible enfoque de este tema es la inhibición de la síntesis de pigmentos de las plantas y la alimentación humana. En ocasiones, incluso, se hace referencia a una dieta equilibrada a partir de la diversidad de colores en la comida. Este dato se puede tomar en clase como disparador para trabajar con los alumnos cuáles representan esos "colores" y por qué es importante de una planta que pueda producir pigmentos que sean funcionales de los cultivos, y también decir, a partir de la evidencia científica, a la recomendación de una dieta "colorida". A esto se puede sumar un trabajo de investigación y una entrevista con un nutricionista, previa elaboración de

**CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS**

Trabajar el tema de los pigmentos suele ser interesante con los alumnos y despertar la curiosidad y el asombro. Uno de los aspectos más atractivos para trabajar en colaboración con docentes de físico-química es el fenómeno que encierra la visión de los diferentes colores basado en la variación y cuidados de la salud, analizar la calidad de la dieta, reflexionar sobre la necesidad de agregar frutas y hortalizas que no figuran en el listado y que se consumen; investigar el origen de los alimentos de consumo cotidiano (relacionar con el Cuaderno N° 81: Fertilidad, y la técnica de cromatografía. Para aplicar estos conceptos se sugiere realizar la Actividad 2 del Cuaderno n° 72: "Extracción de pigmentos vegetales", en la cual se extraen los pigmentos de las hojas de una planta verde (espinaca, acelga) y se separan sobre diferentes superficies (tiza y papel de filtro) mediante técnicas sencillas de cromatografía, y mediante solubilidad en diferentes solventes. Uno de los objetivos de esta experiencia es observar la presencia de otros pigmentos que están "tapados" por la clorofila. Este tema, a su vez, permite analizar fenómenos, tan cotidianos que prácticamente pasan inadvertidos, como el cambio de coloración de las hojas en otoño e invierno, y darles la explicación biológica pertinente.

Otro aspecto interesante para trabajar a partir del Cuaderno, es la función que desempeñan los colores en la naturaleza, más allá del uso que el hombre pueda hacer de esta característica. Se sugiere en este punto vincular con el tema evolución y ecología. Tanto la forma como los colores de las plantas son el resultado de un proceso de co-evolución entre plantas y animales que ha permitido a ambas partes subsistir, reproducirse y perpetuarse en el tiempo. Es decir que los pigmentos resultan importantes como parte del funcionamiento del sistema ecológico, o ecosistema ya que participan en la reproducción, la alimentación, la perpetuación y dispersión de las especies. Incluso dentro de la misma especie entre animales, la exhibición de colores es fundamental en la etapa de cortejo y apareamiento.

Por último, se sugiere vincular las funciones y estructura de los pigmentos con temas de genética, biotecnología tradicional y biotecnología moderna, con el fin de conocer nuevos desarrollos que involucran la pigmentación de las plantas con sus beneficios para la salud humana. Por ejemplo, existen estudios que relacionan a los carotenoides con la prevención de enfermedades oculares, los cuales han promovido el avance en otras áreas como el mejoramiento de los cultivos mediante técnicas de ingeniería genética para aplicar a los alimentos de consumo habitual.

## ACTIVIDADES

### Actividad 1. Repaso de conceptos.

El objetivo de esta actividad es repasar los conceptos básicos trabajados en el texto. Completar la siguiente grilla y definir la palabra guía que aparece ya resuelta.

									P										
									I										
									G										
									M										
									E										
									N										
									T										
									O										

Definiciones:

- 1) Principal pigmento presente en el tomate.
- 2) Pigmento que aporta el color verde a los vegetales.
- 3) Compartimento celular donde pueden localizarse los pigmentos
- 4) Tipo de sustancia que se sintetiza en el arroz dorado como resultado de la modificación genética.
- 5) Principal pigmento observado en las zanahorias.
- 6) Propiedad de los pigmentos relacionada con la salud humana, actúa contra radicales libres.
- 7) Pigmento mayoritario en vegetales que otorga coloraciones rojo-morado.
- 8) Propiedad física que aportan los pigmentos.

### Respuestas

									P										
									I										
									G										
									M										
									E										
									N										
									T										
									O										

### Actividad 2. Análisis de texto.

A continuación se presenta una noticia publicada el 18 de junio de 2009 en las Novedades de [www.argenbio.org](http://www.argenbio.org), referida al tema trabajado en el Cuaderno.

El objetivo es analizar la nota y la información del Cuaderno y responder a las consignas que se formulan a continuación.

**4) Autoriza ensayos de campo con la "super mandioca"** El ambiente ideal de transformar la mandioca (yuca, cassava) en una "comida completa" logró un avance importante con la autorización de ensayos a campo en Nigeria. La mandioca genéticamente modificada tiene 30 veces más beta caroteno (precursor de la vitamina A) que lo normal. Los ensayos fueron aprobados por el Comité Nacional de Bioseguridad de Nigeria. El objetivo final del proyecto es que la mandioca no sólo tenga más beta-caroteno, sino también mayores niveles de hierro, proteínas, zinc y vitamina E.

"Es uno de los proyectos más ambiciosos realizados con algún cultivo importante", señaló Richard Sayre del Centro de Ciencias Vegetales Donald Danforth en St. Louis, Missouri, en ocasión de la reunión anual de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia realizada en Chicago la semana pasada. Sayre dirige el Programa BioCassava Plus, que se inició en 2005 bajo el Programa Grandes

Desafíos para la Salud Global. El desafío es conseguir una nutrición completa en un único cultivo. Unas 250 millones de personas en la África Subsahariana — y 800 millones en el mundo — basan su alimentación en la mandioca como su principal fuente de energía. Pero es baja en nutrientes, vulnerable al ataque de los virus y dura poco si no se la procesa rápido.

Además de agregarle nutrientes, los científicos han logrado incrementar la resistencia de la mandioca a los virus, disminuir su contenido de glucósidos cianogénicos (para que no sea tóxica si no se la procesa bien) y aumentar su durabilidad.

Las pruebas de laboratorio y de invernadero han sido exitosas. Por ejemplo, se han aumentado las concentraciones de hierro unas nueve veces, y de zinc y proteínas unas cuatro veces. El próximo paso es hacer pruebas de campo confinadas para evaluar el desempeño agronómico de las plantas en diferentes condiciones.

Según Sayre, Nigeria es el primer país en otorgar una autorización para pruebas de campo de estas variedades de mandioca. Su equipo espera poder empezar ensayos similares en Kenia antes que termine el 2009.

#### Preguntas para analizar la información del artículo:

- 1) ¿Por qué el título del artículo hace referencia a una "super mandioca"?
- 2) ¿Cuál fue la principal modificación realizada en la mandioca por los investigadores Nigerianos?
- 3) ¿Cuál es objetivo final de las investigaciones realizadas en esta especie y cuales han sido los avances logrados hasta el momento?
- 4) ¿Que ventajas presenta esta mandioca mejorada?
- 5) ¿Por qué se eligió esta especie para realizar las modificaciones genéticas?
- 6) ¿Qué pasos restan para solicitar la autorización de comercialización?
- 7) ¿Cómo se relaciona este artículo con el tema trabajado en el Cuaderno referido a los pigmentos? ¿Qué caso se presentó en el Cuaderno que sería similar al de la nueva mandioca?

#### Respuestas

- 1) Se refiere a las propiedades que se pretende adicionar a la mandioca y que la conviertan en un alimento completo desde el punto de vista nutritivo.
- 2) La nueva mandioca presenta un aumento de 30 veces el nivel de beta caroteno.
- 3) El objetivo final del proyecto es que la mandioca no sólo tenga más beta-caroteno, sino también mayores niveles de hierro, proteínas, zinc y vitamina E.

5) Porque 250 millones de personas en la África Subsahariana — y 800 millones en el mundo — basan su alimentación en la mandioca como su principal fuente de energía.

6) El próximo paso es hacer pruebas de campo confinadas para evaluar el desempeño agronómico de las plantas en diferentes condiciones.

7) En este ejemplo la investigación se basa en aumentar la cantidad de un pigmento, beta-caroteno, que es precursor de la vitamina A. es decir que el objetivo final es destinado a la salud humana. Sería un caso similar al del arroz dorado.

### Actividad 3

#### Trabajo práctico: Colorantes del repollo colorado

El objetivo de esta experiencia es extraer los pigmentos de las hojas del repollo colorado y observar cómo varían según el pH en el que se encuentran, y su utilidad como indicadores ácido-base, es decir, cómo usarlos para analizar la acidez o la alcalinidad de una solución.



Los **indicadores ácido-base** son sustancias que modifican su estructura química en presencia de ácidos y bases. Este cambio de estructura produce un cambio en el color de la sustancia. Las flores, frutas y verduras, como muchos productos naturales, contienen indicadores ácido-base.

#### Materiales

- Hojas de repollo
- Agua de la canilla
- Tazas o vasos (por lo menos uno)
- Cucharas de té (por lo menos una)
- Tijera
- Tubos de ensayo (3 por cada extracto que se prepare)
- Solución ácida: jugo de limón (aproximadamente un vaso) o vinagre
- Solución alcalina: agua de cal (una cucharada de cal en un vaso de agua) o

Bicarbonato de sodio

#### Procedimiento

Cortar con la tijera las hojas del repollo en pequeños trozos y colocarlos en una cacerola pequeña con suficiente agua hasta cubrirlos.

Calentarlos en una hornalla durante dos minutos. Esto favorece la extracción de los pigmentos.

Dejar enfriar y juntar el líquido coloreado en un tubo de ensayo rotulado "repollo"

La solución azul obtenida funcionará como indicador.

Separar la solución en tres frascos.

A uno de los frascos agregarle un poco de jugo de limón (solución ácida).

En el otro frasco agregarle un poco de agua de cal (solución alcalina)

Observar y anotar en una tabla el color en cada caso.

Analizar los resultados obtenidos y responder:

- a. ¿De qué color es el extracto de pigmentos?
- b. ¿Según esto, qué pigmento se podría afirmar que tiene el repollo?
- c. ¿Cómo se explicaría el cambio de coloración del pigmento según el medio en que se encuentra?

**Respuestas:**

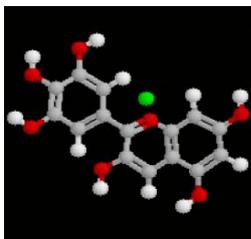
a. Azul-violeta oscuro

b. Se podría afirmar que contiene posiblemente antocianinas, dado que es uno de los pigmentos mayoritarios que se encuentran en los vegetales y que da una coloración morada.

c. El extracto de repollo colorado tendrá una coloración violeta-morada debido a la presencia de antocianinas. Cuando al extracto de Repollo se le adiciona una sustancia que acidifica el medio, vira el color hacia el rosa, mientras que cuando se agrega una sustancia que genera un medio básico (agua de cal o bicarbonato) vira hacia un azul. Este fenómeno está relacionado con cambios químicos que sufren las moléculas de antocianinas cuando se modifica el medio en relación al pH. Las moléculas de antocianinas pueden encontrarse de dos maneras, en medio ácido, cuando gana un protón, la molécula queda en su forma ácida, mientras que cuando pierde el protón, queda en su forma básica dando el color azul.

## **Explicación**

Un buen indicador ácido-base debe cambiar su color debido a la concentración de iones hidrógeno presentes en una solución. Además, debe tener la potencialidad de ganar o perder protones ( $H^+$ ). El pigmento presente en el repollo colorado es usado como un indicador ácido-base. El color morado del repollo proviene de la presencia del pigmento antocianina, en particular de la cianidina. Muchos otros alimentos presentan también antocianinas: jugos de arándanos, grosella negra y fresas. También algunas flores como las hortensias, esto hace que su color sea sensible al pH del suelo donde crecen. Las antocianinas presentes pueden dar color azul, ya que se encuentran en su forma básica, mientras que en su forma ácida las flores pueden ser rosas o rojas.



Molécula de antocianina en tres dimensiones en medio ácido, con coloración roja. El punto verde indica la presencia de un protón.

En medio básico la molécula de antocianina pierde un H<sup>+</sup>. Este cambio en su estructura química se ve reflejada en que ahora absorbe luz roja, y por lo tanto se observa de color azul.

#### **Actividad 4 - Lectura de textos y resumen en un cuadro**

~~Leer las siguientes noticias publicadas en diferentes ediciones del boletín "Novedades de ArgenBio". A continuación se propone completar un cuadro que resume y compara la información común a todas las novedades.~~

##### **Orquídea**

<http://argenbio.org/index.php?action=notas&note=1876>

##### **Rosa azul**

<http://argenbio.org/index.php?action=notas&note=4444>

##### **Uva**

<http://argenbio.org/index.php?action=notas&note=2908>

##### **Algodón**

<http://argenbio.org/index.php?action=notas&note=3388>

##### **Coliflor**

<http://argenbio.org/index.php?action=notas&note=3519>

##### **Tomate con Licopeno**

<http://www.argenbio.org/index.php?action=notas&note=4784>

##### **Mandioca**

<http://www.argenbio.org/index.php?action=notas&note=4741>







# El Cuaderno de PorquéBiotecnología



## Actividad 6 - Lectura de texto

Leer el siguiente texto para discutir en clase (extraído del sitio Web de la Asociación española "5 al día": <http://www.5aldia.com>). Relacionar la coloración con la presencia de determinados pigmentos y nutrientes.

**5 al día** es un movimiento internacional que promueve el consumo de frutas y hortalizas en el mundo y que está presente en más de 40 países de los 5 continentes. En Argentina también está presente (<http://www.5aldia.com.ar>) **¿Por qué '5 al día'?** Su nombre se basa en la ración mínima de consumo diario de FRUTAS Y HORTALIZAS recomendada por la comunidad científica y médica en una dieta saludable. **5 al día** es la mayor estrategia de promoción de frutas y hortalizas en el mundo, teniendo en cuenta que los Departamentos de Salud de casi la totalidad de países de Norteamérica y de Europa destinan importantes esfuerzos humanos y económicos en la difusión de las ventajas de consumir al menos 5 raciones diarias de frutas y hortalizas. Además, esta iniciativa cuenta con el apoyo de organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y la FAO, que actualmente están desarrollando su propia campaña para promover el consumo de frutas y hortalizas entre la población a nivel mundial

En muchos países se han identificado ciertos problemas de alimentación, así como una pérdida paulatina de buenos hábitos alimentarios.

Los principales problemas son:

- Consumo per cápita de frutas y hortalizas frescas muy inferior al recomendable.
- Elevado incremento de riesgo de contraer enfermedades, debido a los cambios de hábitos alimentarios y de estilo de vida en los últimos años.
- Desequilibrio en la dieta de muchos consumidores, con especial incidencia en los niños, ante la irrupción de nuevos modelos de dieta que está desplazando el consumo tradicional (fresco).

**5 al día es el número mínimo de raciones de frutas y hortalizas frescas que debemos consumir cada día si queremos mantener una dieta sana y equilibrada. Porque 5 raciones de frutas y hortalizas al día nos aportan gran cantidad de agua (entre un 75 % y un 95 % de su peso es agua); vitaminas, hidrosolubles como la vitamina C, el ácido fólico y pequeñas cantidades de otras vitaminas del grupo B (B1, B2, B3 y B6), y liposolubles como los compuestos carotenoides (principalmente,  $\beta$ -caroteno) con actividad de pro-vitamina A y las vitaminas K y E; minerales entre los que destacan potasio, magnesio y pequeñas cantidades de calcio, hierro y fósforo; fitoquímicos (compuestos orgánicos presentes en los alimentos de origen vegetal que, en general, no son nutrientes y que ejercen efectos beneficiosos sobre la salud) entre los que se pueden destacar los compuestos carotenoides, los compuestos fenólicos (como las antocianinas), los fitoesteroles; y fibra.**

Consumir diariamente frutas y hortalizas frescas nos ayuda a prevenir distintas enfermedades como las enfermedades cardiovasculares, los trastornos digestivos, algunos tipos de cáncer y enfermedades neurodegenerativas, además de ayudarnos en la lucha contra el sobrepeso y la obesidad.

Nos proporcionan pocas calorías (menos de 70 kcal por 100 gramos de parte comestible) y grasas saturadas

(menos del 1 % de su peso, con excepciones como el aguacate con un 12 % de su peso), y nos ayudan a disminuir la ingestión de otros alimentos porque nos producen sensación de saciedad. Son alimentos de fácil preparación, porque son sencillos de cocinar y muy fáciles de encontrar en las tiendas.

Por otra parte, hay que destacar que tanto las frutas como las hortalizas, por tratarse de alimentos de origen vegetal, no contienen colesterol.

Pero, ¿cuántos gramos son una ración? Si nos referimos a las frutas, una ración equivale a 120 a 200 gramos mientras que para las hortalizas es entre 150 a 200 gramos.

Respecto a las frutas frescas se pueden consumir al natural o en jugo, trituradas y batidas con yogur o leche, en compota o en puré, asadas, cortadas en trozos, etc. En cuanto a las hortalizas frescas pueden consumirse crudas en ensaladas, a la plancha, preparadas al vapor, cocidas, asadas, etc. Las frutas y hortalizas frescas son una fuente primordial de agua, vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes, además desempeñan en el organismo una función reguladora. Al tratarse de productos de origen vegetal, como componentes adicionales en las frutas y hortalizas encontramos los fitoquímicos, sustancias generalmente no nutrientes que están asociadas a la prevención de algunas enfermedades. Cada frutas y hortaliza presentan determinados nutrientes, algunos asociados a la presencia de color, como el beta-caroteno y las antocianinas, otros nutrientes sin embargo no están relacionados con algo visual pero juegan importantes roles en la salud humana. Las hortalizas más ricas en **vitamina C** son el pimiento rojo, el perejil, el brécol, el pimiento verde, la coliflor, el repollo, las espinacas, la manzana y el tomate, mientras que las más ricas en **vitamina A** son el pimiento rojo, las zanahorias, las espinacas, el perejil, la batata, el pimiento verde, las acelgas y el tomate y la sandía, los melones, el durazno y el mango. Muchas hortalizas de hojas verdes contienen altos contenidos de beta caroteno como principal compuesto pro-vitamina A, aunque se encuentran enmascarados detrás de la clorofila. La lechuga por ejemplo presenta beta caroteno y las hojas con color verde oscuro son las que más contienen. Muchos miembros de los carotenoides otorgan coloraciones amarillas y también presentan actividad pro-vitamina A, aunque en menor medida que el beta-caroteno. Por otro lado, el alto contenido de antocianinas tiene una relación directa con el color; las frutillas, cerezas, ciruelas, la piel de la batata, la remolacha y el repollo colorado presentan alto contenido de estos pigmentos. Las bananas presentan potasio y magnesio (importante para nuestros músculos), también algo de hierro, betacaroteno y otras vitaminas del grupo B -sobre todo, ácido fólico- y C. La Pera contiene también vitaminas A, C y del complejo B, es rica en minerales como Calcio, Fósforo, Magnesio, Hierro, Azufre, Silicio, Sodio y Potasio y el Ananá, presenta vitamina C, del complejo B y varios minerales.

Muchas veces la forma de cocinar las frutas y verduras destruye estas importantes vitaminas, para evitarlo o disminuir su destrucción podemos prepararlas de diferentes maneras

- Siempre que se pueda, las verduras se deben cocinar al horno con piel.
- Si se preparan hervidas o al vapor, se hará sin pelar.
- Cuando sea necesario cortarlas, se hará en grandes porciones, para conseguir la menor superficie de contacto con el agua.
- La cantidad de agua utilizada, será mínima, cociéndola en recipientes cerrados tipo olla o cacerolas con cierre hermético.
- El líquido de cocción debe utilizarse para sopas o purés, aprovechando así las sustancias solubles. Para poder hacer esto, la verdura debe estar bien lavada.
- El lavado se debe hacer con agua, sin dejarlas en remojo para evitar pérdidas de sustancias solubles.
- El tiempo de cocción tiene que ser el suficiente, dependiendo de la verdura usada, para evitar el recocado que adquiere un color desagradable.
- Los sucesivos calentamientos de las verduras ya cocidas, provocan pérdidas importantes de sustancias nutritivas.
- Siempre que la verdura lo permita, se le puede añadir unas gotas de jugo de limón o de vinagre, ya que el

medio ácido protege a las vitaminas.

### **Preguntas para discusión en clase**

- 1) ¿Por qué es importante el consumo de frutas y verduras?
- 2) ¿Cuál es la relación entre color y calidad nutricional?
- 3) ¿De qué maneras podemos consumir las frutas y verduras?
- 4) ¿Por qué son tan buenas para la salud las frutas y hortalizas? ¿Qué función desempeñan?
- 5) ¿Cuáles son las hortalizas y frutas con más contenido en Vitamina C?
- 6) ¿Cuáles son las hortalizas y frutas con más contenido en Vitamina A?
- 7) ¿Cómo se puede evitar la destrucción de vitaminas al cocinar hortalizas frescas?

### **Respuestas**

#### **1) ¿Porque es importante el consumo de frutas y verduras?**

Consumir diariamente frutas y hortalizas frescas nos ayuda a prevenir distintas enfermedades como las enfermedades cardiovasculares, los trastornos digestivos, algunos tipos de cáncer y enfermedades neurodegenerativas, además de ayudarnos en la lucha contra el sobrepeso y la obesidad.

#### **2) ¿Cuál es la relación entre color y calidad nutricional?**

Muchos de los pigmentos presentes en frutas y hortalizas como los carotenos y antocianinas presentan importantes efectos sobre nuestra salud

#### **3) ¿De que maneras podemos consumir las frutas y verduras?**

Respecto a las frutas frescas se pueden consumir al natural o en jugo, trituradas y batidas con yogur o leche, en compota o en puré, asadas, cortadas en trozos, etc. En cuanto a las hortalizas frescas pueden consumirse crudas en ensaladas, a la plancha, preparadas al vapor, cocidas, asadas, etc.

4) ¿Por qué son tan buenas para la salud las frutas y hortalizas? ¿Qué función desempeñan? Las hortalizas frescas son una fuente primordial de agua, vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes, además desempeñan en el organismo una función reguladora. Al tratarse de productos de origen vegetal, como componentes adicionales en las frutas y hortalizas encontramos los fitoquímicos, sustancias generalmente no nutrientes que están asociadas a la prevención de algunas enfermedades.

#### **5) ¿Cuáles son las hortalizas y frutas con más contenido en Vitamina C?**

Las hortalizas más ricas en vitamina C son el pimiento rojo, el perejil, el brócoli, el pimiento verde, la coliflor, el repollo, las espinacas y el tomate. Las frutas más ricas en vitamina C son los cítricos como la naranja o el pomelo, la fresa, la frutilla y el kiwi.

6) ¿Cuáles son las hortalizas y frutas con más contenido en Vitamina A?

Las hortalizas más ricas en vitamina A son el pimiento rojo, las zanahorias, las espinacas, el perejil, la batata, el pimiento verde, las acelgas, la calabaza y el tomate. Las frutas más ricas en vitamina A son el durazno, el melón, el mango, el damazco, la Sandía

7) ¿Cómo se puede evitar la destrucción de vitaminas al cocinar hortalizas frescas? - Siempre que se pueda, las verduras se deben cocinar al horno con piel. - Si se preparan hervidas o al vapor, se hará sin pelar. - Cuando sea necesario cortarlas, se hará en grandes porciones, para conseguir la menor superficie de contacto con el agua. - La cantidad de agua utilizada, será mínima, cociéndola en recipientes cerrados tipo olla o cacerolas con cierre hermético. - El líquido de cocción debe utilizarse para sopas o purés, aprovechando así las sustancias solubles. Para poder hacer esto, la verdura debe estar bien lavada. - El lavado se debe hacer con agua, sin dejarlas en remojo para evitar pérdidas de sustancias solubles. - El tiempo de cocción tiene que ser el suficiente, dependiendo de la verdura usada, para evitar el recocado que adquiere un color desagradable. - Los sucesivos calentamientos de las verduras ya cocidas, provocan pérdidas importantes de sustancias nutritivas. - Siempre que la verdura lo permita, se le puede añadir unas gotas de zumo de limón o de vinagre, ya que el medio ácido protege a las vitaminas.



## MATERIAL DE CONSULTA

1. [http://www.inta.gov.ar/ediciones/2004/biotec/parte8\\_cap1.pdf](http://www.inta.gov.ar/ediciones/2004/biotec/parte8_cap1.pdf). "Biotecnología en el Cultivo de Especies Ornamentales", en Biotecnología y Mejoramiento Vegetal . Escandón, Alejandro S. Ediciones INTA.
1. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>. "Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos". Acta biol. Colomb., Vol. 13 No. 3, 2008. Esquema actualizado sobre el potencial de las antocianinas como colorantes de origen natural, y de sus propiedades químicas y bioactivas.
1. [http://www.inti.gov.ar/prodiseno/imag\\_blog/art\\_tenido.pdf](http://www.inti.gov.ar/prodiseno/imag_blog/art_tenido.pdf). Una breve nota del Instituto de Tecnología Industrial acerca del uso de colorantes (pigmentos) vegetales y el teñido de vestimentas.
1. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61030201.pdf>. "Carotenoides". en *Tagetes erecta* L. la modificación genética como alternativa. Revista Fitotecnia Mexicana. Volumen 30 N°2. 2007.
1. <http://www.botanica.cnba.uba.ar/Trabprac/Tp6/Pigmentos.htm> Trabajos prácticos y teoría de pigmentos del Colegio Nacional Buenos Aires