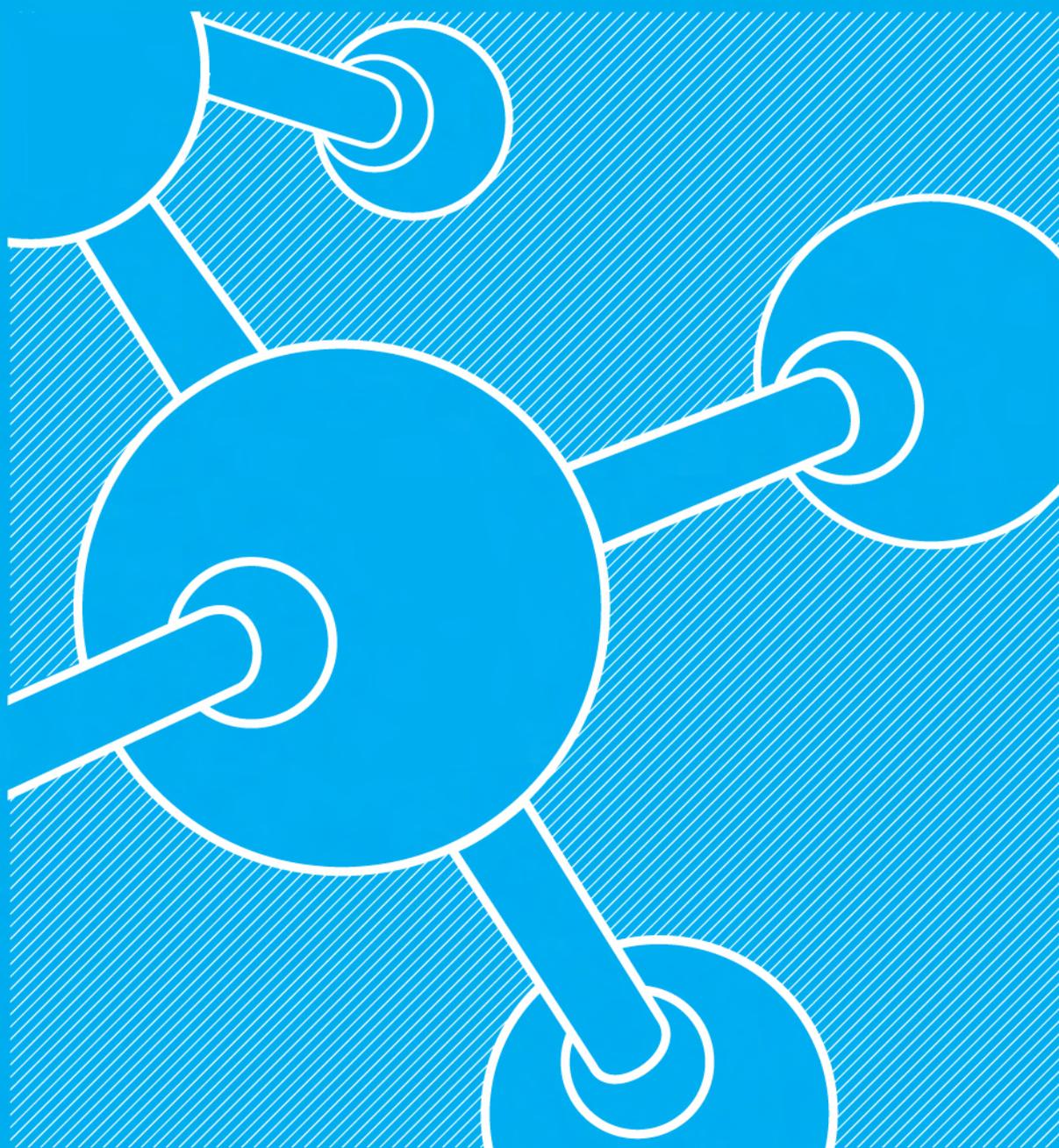




QUÍMICA Y COLOR EN LOS TEXTILES



EDITORIAL



Antes de que te sumerjas en el mundo de la química, queremos contarte que este libro se originó a partir del taller “La química y el color en los textiles”, a cargo de Marta Maier y María dos Santos Afonso, que se lleva adelante en el marco del “Programa Talleres de Ciencia” organizado por la DOV-Exactas.

La idea de este programa es vincular a estudiantes de los últimos años de la escuela media con el campo de la ciencia y la tecnología en el ámbito universitario, dándoles a conocer, en el ámbito real del quehacer científico, el mundo universitario y el trabajo de los investigadores. Para eso, actualmente estamos llevando a cabo siete talleres cuyos contenidos están relacionados con las distintas carreras que ofrece la Facultad; entre ellas, la Licenciatura en Ciencias Químicas.

La Química no es sólo una asignatura de la escuela, o una temática presente en los laboratorios, sino que forma parte de toda nuestra vida cotidiana: en lo que cocinamos, en la ropa que vestimos, en los materiales de los objetos que nos rodean. Es, además, una disciplina que ofrece amplias posibilidades a quienes quieran dedicarse tanto a la investigación como a la tecnología.

En particular, en los “Talleres de Ciencia” intentamos recrear la manera en la que los científicos trabajan habitualmente; es decir, planteando problemas, ensayando hipótesis, cuestionando resultados, experimentando. Y con este libro pretendemos acercar y compartir la experiencia de asomarse a la realidad a través de la mirada de la ciencia.



MARÍA DOS SANTOS AFONSO

Licenciada en Ciencias Químicas de la Facultad en Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Doctora en Química en la Universidad Nacional de La Plata. Desde 1992 es Profesora Adjunta regular con dedicación exclusiva del Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Químico-Física de la FCEN-UBA. Dirige un grupo de investigación en Química de los Contaminantes de Aguas Naturales y Suelos.



MARTA MAIER

Licenciada en Ciencias Químicas en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Doctora en Ciencias Químicas en la FCEyN-UBA. Es Profesora Asociada (FCEyN, UBA) e Investigadora Independiente (CONICET) en el Departamento de Química Orgánica (FCEyN, UBA). Sus temas de investigación comprenden el estudio de productos naturales marinos y el análisis de materiales en objetos artísticos y arqueológicos.

EL EDITOR // GABRIEL STEKOLSCHIK

Periodista, bioquímico y Master en Comunicación Científica de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona, España. Integra el Centro de Divulgación Científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires y es docente de "Periodismo Científico" y de "Práctica Profesional de Radio" de la Universidad CAECE.

AL QUE QUIERE CELESTE...

A MÍ ME GUSTA EL AZUL. SIN EMBARGO ELLA PREFIERE EL VERDE.

Estamos eligiendo pantalones, y no nos ponemos de acuerdo sobre cuál es el más lindo.

Si todas las cosas tuvieran el mismo color, esta discusión no existiría. Sencillamente, porque no tendríamos la posibilidad de elegir. Y tal vez todo sería más fácil pero, también, muy aburrido.

Quizás, entre otros motivos, haya sido para matar el aburrimiento que el hombre siempre ha tenido necesidad de darle color a las cosas.

De hecho, las primeras civilizaciones ya usaban colorantes naturales, extraídos de plantas, animales y minerales, para colorear el cuerpo, pintar utensilios y objetos religiosos, y teñir la ropa.

En efecto, el teñido es un arte muy antiguo, que se practicaba en Egipto, Persia, China y la India hace miles de años. Pero, lógicamente, en aquellos tiempos no se disponía de la variedad de colores con la que contamos actualmente. Hoy, por suerte, podemos elegir entre distintas gamas, tonos, y matices, gracias al amplio desarrollo que han tenido, a partir del siglo XIX, la industria de los colorantes y las técnicas de teñido. Y la principal responsable de todo este embrollo a la hora de elegir el color de nuestras prendas no es nada más ni nada menos que...¡LA QUÍMICA!





¿QUÉ VAMOS A HACER EN EL LABORATORIO?

Vamos a hacer lo que hacen habitualmente los investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: experimentos.

Mediante la experimentación, los científicos intentan probar sus hipótesis acerca de cómo funciona la naturaleza. Por ejemplo, algunas de las personas que trabajan en química tratan de entender de qué manera se protegen algunos seres vivos de la acción de ciertos virus. Comprender ese proceso podría llevar a descubrir cuáles son las moléculas involucradas en ese mecanismo de protección, y determinar la estructura química de las mismas. Ello, a su vez, podría ser útil en el futuro para producir medicamentos antivirales.

En nuestro caso, el objetivo de los experimentos que vamos a realizar es tratar de establecer cuál es la manera más eficaz de teñir diferentes tipos de fibras textiles* naturales (algodón, lana, seda) y sintéticas (poliéster, nylon), con un pigmento que extraeremos de un insecto: la cochinilla.

Pero como lo que buscamos es descubrir cuál es el proceso de teñido más eficaz para cada tipo de fibra, trabajaremos también con ciertas sustancias que ayudan a fijar el color a la fibra, conocidas con el nombre de mordientes*. Estos compuestos químicos no sólo ayudan al colorante a unirse a la tela sino que, además, influyen en la tonalidad del color. Por lo tanto, también evaluaremos el efecto que producen diferentes mordientes sobre la coloración de las fibras. Obtendremos, como resultado, diferentes tonalidades de rojo como las que se observan en la figura.



Lana teñida con cochinilla utilizando diferentes mordientes.



En definitiva, extraeremos el pigmento de la cochinilla, y prepararemos soluciones del colorante* y de los distintos mordientes, en diferentes concentraciones. Con ellas, probaremos cuál es la mejor manera de teñir cada tipo de fibra textil.

Finalmente: ¿Cómo mediremos la eficiencia del teñido en cada caso? Determinando cuáles de las telas que coloreamos son las que menos desteñen, tanto en agua fría como en agua caliente: a menor desteñido, mayor eficiencia del proceso.

* COLORANTES I

SON SUSTANCIAS CAPACES DE TEÑIR LAS FIBRAS TEXTILES. PARA QUE UN COLORANTE SEA ÚTIL, DEBE UNIRSE FUERTEMENTE A LA FIBRA, Y NO DEBE PERDER SU COLOR POR LAVADO, O POR ACCIÓN DE LA LUZ.

* MORDIENTES I

FACILITAN LA FIJACIÓN DEL COLORANTE A LA FIBRA. ACTUALMENTE SE UTILIZAN SALES SOLUBLES DE METALES (COMO ALUMINIO, COBRE, HIERRO Y ESTAÑO) COMO MORDIENTES. EL TIPO DE METAL DETERMINA LA TONALIDAD DEL COLOR.

ADITIVOS I

SI BIEN NO SON PROPIAMENTE MORDIENTES, AYUDAN A FIJAR EL COLOR. TAMBIÉN DAN SUAVIDAD Y BRILLO A LA FIBRA. ALGUNOS EJEMPLOS: VINAGRE, SAL, LIMÓN, CREMOR TÁRTARO.

* FIBRAS TEXTILES I

SE PUEDEN CLASIFICAR EN SINTÉTICAS Y NATURALES. AMBOS TIPOS DE FIBRAS SON POLÍMEROS, ES DECIR, MACROMOLÉCULAS FORMADAS POR LA UNIÓN SUCESIVA DE MOLÉCULAS PEQUEÑAS DENOMINADAS MONÓMEROS. LAS FIBRAS SINTÉTICAS (POLIÉSTER, NYLON) SE OBTIENEN POR SÍNTESIS QUÍMICA (REACCIÓN DE POLIMERIZACIÓN) A PARTIR DE MONÓMEROS SELECCIONADOS POR EL HOMBRE. LAS FIBRAS NATURALES DE ORIGEN VEGETAL (ALGODÓN, LINO) ESTÁN COMPUESTAS POR CELULOSA, UN POLISACÁRIDO QUE PRODUCEN LAS PLANTAS. EN TANTO QUE LAS FIBRAS NATURALES DE ORIGEN ANIMAL (LANA, SEDA) ESTÁN FORMADAS POR PROTEÍNAS.



COLORANTES Y MORDIENTES

/// CARMIN O COCHINILLA

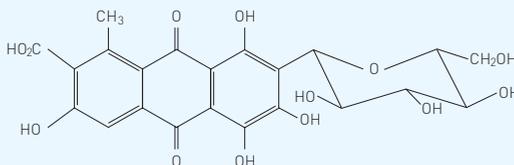
Es el colorante con el que trabajaremos, que se obtiene a partir de los cuerpos desecados de las hembras del insecto *Dactylopius coccus* Costa, popularmente conocido como “cochinilla”.

El valor de este colorante ya era conocido por los aztecas antes de la conquista. Allí se lo llamaba *nocheztli*, que significa “sangre de tunas”, debido al color rojo del pigmento, y a que el insecto crece sobre las hojas de cierto género de cactus.

Alrededor del año 1525, los españoles llevaron la cochinilla a Europa, en donde reemplazó gradualmente a un colorante rojo menos potente: el kermes. La gran demanda de la industria textil para el teñido* de telas, especialmente aquéllas destinadas a la vestimenta de eclesiásticos y cortesanos, convirtió entonces a la cochinilla en la especie comercial más valiosa, luego del oro y la plata.

El pigmento de color rojo intenso que produce este insecto es el ácido carmínico, una sustancia polar y, por lo tanto, soluble en agua:

Estructura química del ácido carmínico



El carmín o cochinilla tiene mayor afinidad por las fibras textiles de origen animal, como la lana y la seda. Para teñir fibras de origen vegetal (algodón, por ejemplo) se requiere de una mayor cantidad de colorante y de un proceso de teñido más prolongado.



Cochinilla y cochinilla en mortero.



* EL TEÑIDO |

EL TEÑIDO DE FIBRAS TEXTILES CON COLORANTES SE REALIZA EN UNA SOLUCIÓN ACUOSA DENOMINADA LICOR O BAÑO DE TEÑIDO. EL TEÑIDO VERDADERO SE PRODUCE SÓLO SI LA COLORACIÓN ES RELATIVAMENTE PERMANENTE, ES DECIR, SI NO ES REMOVIDA FÁCILMENTE CON AGUA O CON LOS PROCEDIMIENTOS

NORMALES DE LAVADO. MÁS AÚN, EL COLOR NO DEBE DESTENIRSE RÁPIDAMENTE POR EXPOSICIÓN A LA LUZ. MUCHAS PLANTAS Y ANIMALES PRODUCEN COMPUESTOS COLOREADOS, PERO SÓLO UN NÚMERO LIMITADO PUEDE SER UTILIZADO PARA TEÑIR TEXTILES DEBIDO A ESTAS RESTRICCIONES.

/// LOS MORDIENTES

El término mordiente es aplicado a cualquier sustancia de origen natural o sintético que sirva para fijar el colorante a la fibra, de manera uniforme y estable al contacto con la luz y el agua.

Antiguamente se empleaba para esa función a ciertos productos naturales como, por ejemplo, cenizas, hojas de palta, o cor-



teza de nogal. Hoy en día se utilizan sales solubles de metales, como aluminio, cobre, hierro y estaño.

El mordentado de la fibra puede realizarse antes o después del teñido, y generalmente comprende el agregado del mordiente en agua caliente junto con la fibra.

Los mordientes se usan en poca cantidad, para no dañar la fibra. Utilizados en exceso pueden dejarla rígida y áspera.

Los mordientes también son utilizados para variar las tonalidades del color agregándolos en la parte final del teñido.

ADVERTENCIA I

SI NO SE TOMAN LAS MEDIDAS ADECUADAS,
EL USO DE ESTE TIPO DE COMPUESTOS LLEVA

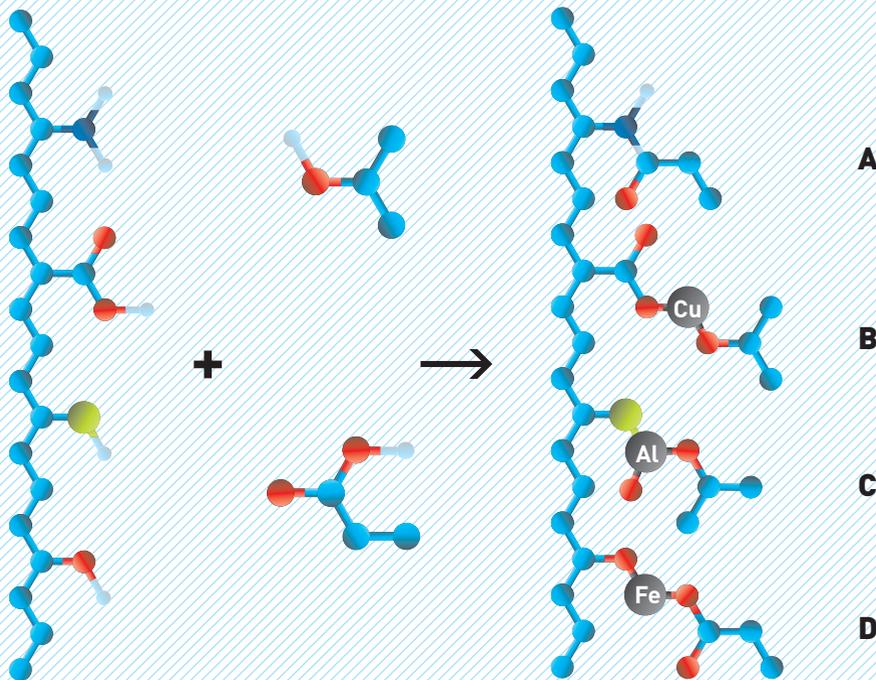
A LA CONTAMINACIÓN DE LOS CURSOS DE AGUA
DEBIDO AL DESCARTE DE EFLUENTES QUE CON-
TIENEN METALES PESADOS.

/// ¿CÓMO ACTÚA EL MORDIENTE?

Al colocarlo en el agua caliente, el mordiente se disuelve. En ese proceso, la sal se disocia, y el metal queda como catión metálico (ión positivo). Entonces, el catión se une a la fibra textil, y forma un complejo con la molécula de colorante.

El tipo de metal que forme parte del complejo determina la tonalidad del color. Es decir, para un mismo tipo de colorante y fibra, el agregado de distintos mordientes producirá diferentes tonos o colores.

ESQUEMA DEL PROCESO



grupo amino



grupo carboxilo



grupo sulfuro acido



grupo oxihidrólo

molécula de colorante
mostrando el grupo hidroxilomolécula de colorante
mostrando el grupo carbonilo.

La secuencia de los grupos presentes en la superficie de la fibra es solo indicativa.

A: colorante unido a la fibra sin mordentar

B, C y D: colorante unido a la fibra con mordentado de sales de Cu, Al, o Fe a través de grupos carboxilo, sulfuro u oxihidrólo



¿QUÉ ES EL COLOR?

¿De qué hablamos cuando decimos que algo “tiene color”? El color en sí no existe, no es una característica de los objetos. En realidad, el color es una percepción de nuestro sentido de la vista. Es una sensación que se produce en respuesta a la estimulación de la retina, un tejido que se encuentra en la parte interna del ojo, y que está conectado al nervio óptico.

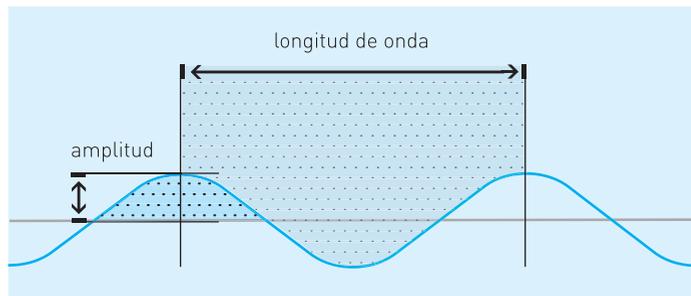
¿Qué es lo que produce esa estimulación que nos hace ver colores? La energía de la luz.

/// LA LUZ ES ENERGÍA

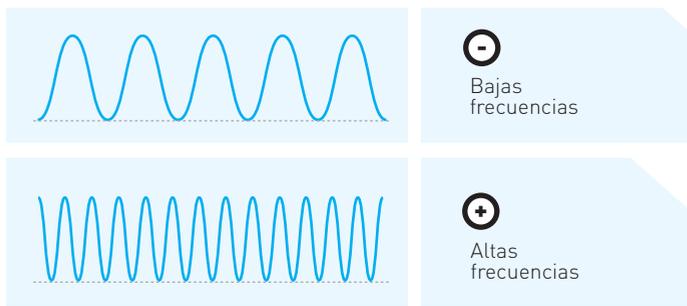
La luz es radiación electromagnética, es decir, es una combinación de campos eléctricos y magnéticos, que se propagan a través del espacio en forma de onda.

Al igual que cualquier otra onda, la radiación electromagnética puede ser caracterizada en términos de su longitud de onda (distancia sucesiva entre dos ondas) y su amplitud (diferencia entre los picos máximos y mínimos), tal y como se ilustra en la // FIGURA 1.

// FIGURA 1



A su vez, las ondas electromagnéticas tienen una frecuencia de oscilación (número de ondas por unidad de tiempo), como se ilustra en la // FIGURA 2.



Como podemos deducir de los gráficos anteriores, cuanto mayor es la longitud de onda (λ), menor es la frecuencia (ν). Es decir, la relación entre ambas magnitudes es inversamente proporcional, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (1) \quad c = \text{VELOCIDAD DE LA LUZ. ES UN VALOR CONSTANTE (APROXIMADAMENTE 300.000 KM/S)}$$

Por otra parte, la energía (E) de la radiación electromagnética es directamente proporcional a su frecuencia (a mayor frecuencia, mayor energía, y viceversa):

$$E = h\nu \quad (2) \quad h = \text{CONSTANTE DE PLANCK (6,6260755 x 10^{-34} J.s) (J:Jouse)}$$





De (1) y (2) deducimos que:

$$E = hc \overline{\lambda}$$

Por lo tanto, cuanto mayor longitud de onda tenga una radiación electromagnética, menor será su energía, y viceversa: a menor longitud de onda, mayor energía.

De esta manera, los diferentes tipos de radiación electromagnética conforman lo que se ha denominado espectro electromagnético.

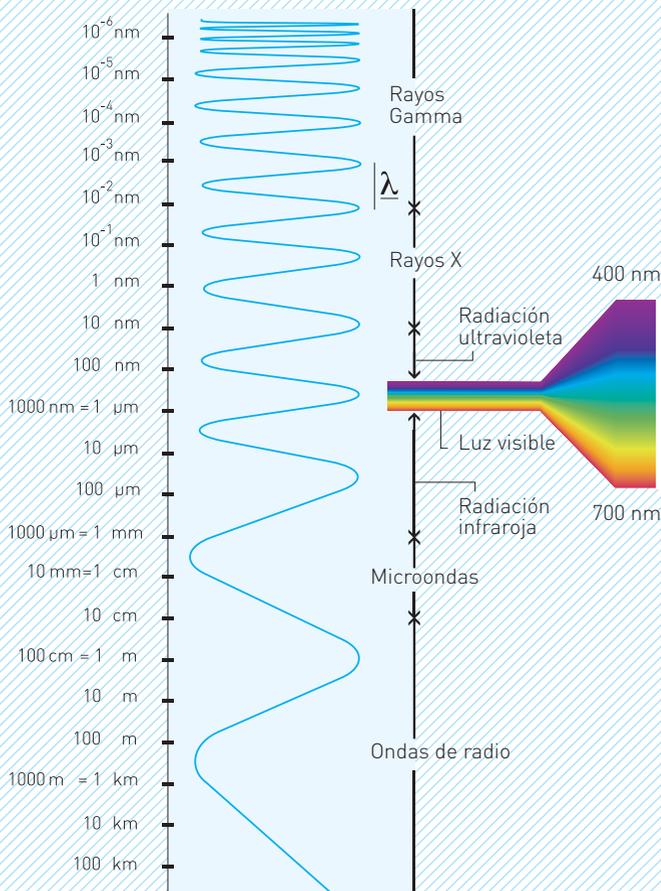
Como se observa en el esquema del espectro electromagnético, nuestro sistema visual apenas es capaz de detectar una pequeña parte del espectro electromagnético. Así, la retina humana sólo puede percibir ondas electromagnéticas cuyas longitudes de onda estén, aproximadamente, entre los 400 y los 700 nm. En ese rango, el de la luz visible, están comprendidos los colores. Por ejemplo, el violeta tiene ondas de entre 380 y 436 nm de longitud, el azul de 436 a 495 nm el verde de 495 a 566 nm el amarillo de 566 a 589 nm el naranja de 589 a 627 nm y el rojo de 627 a 770 nm.

La suma de todos los colores es lo que se conoce como luz blanca. La separación de la luz blanca en los colores que la conforman, que se observa, por ejemplo, durante el fenómeno del arco iris, recibe el nombre de descomposición de la luz blanca.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO I

DE ARRIBA HACIA ABAJO, SE OBSERVAN LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EN ORDEN DECREciente DE ENERGÍA. LOS RAYOS GAMMA, LOS MÁS ENERGÉTICOS, SON LOS QUE POSEEN

MAYOR FRECUENCIA, Y MENOR LONGITUD DE ONDA (MEDIDA EN NANOMETROS) UN NANOMETRO (NM) ES LA MILMILLONÉSIMA PARTE DE UN METRO (10^{-9} M). UN MICRÓMETRO (μm) ES LA MILLONÉSIMA PARTE DE UN METRO (10^{-6} M).





/// SI NO HAY LUZ, NO HAY COLOR

Para que un objeto se vea de color, debe estar iluminado por luz visible. Porque lo que nuestro sentido de la vista percibe es la luz que los objetos reflejan.

Lo que ocurre cuando percibimos un objeto de un determinado color, es que la superficie de ese objeto absorbe determinadas partes del espectro de luz blanca que recibe, y refleja el resto. Entonces, nuestro sentido visual interpreta estas radiaciones electromagnéticas que el objeto devuelve al entorno, como un color.

Así, si a una tela la vemos de color rojo, es porque las moléculas de su superficie reflejan (o sea, no absorben) las ondas cuya longitud corresponde a la parte roja del espectro visible. Y si a otra tela la vemos verde, es porque devuelve radiaciones correspondientes al azul y el amarillo (que al mezclarse se ven verdes).

De la misma manera, cuando a un objeto lo vemos negro, es porque absorbe todos los colores o, en otras palabras, no nos devuelve ninguna radiación que esté comprendida dentro del espectro de luz visible por nuestros ojos.

Por otra parte, cuando la superficie de un objeto refleja todos los colores, es decir, no absorbe energía proveniente de la radiación visible, lo vemos blanco. Por eso, se utiliza vestimenta de este color en los lugares calurosos y, por eso también, los camiones transportadores de productos alimenticios están pintados generalmente de blanco, para reducir el calentamiento dentro de los mismos.





En definitiva, el color sólo es sensación de color, producto del órgano de la vista. Porque nuestros ojos reaccionan a la incidencia de la energía, y no a la materia en sí. Los rayos de luz son transmisores de información que nuestro sistema nervioso decodifica.

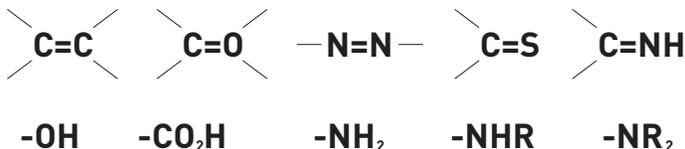


/// ¿POR QUÉ VEMOS LOS OBJETOS CON DISTINTOS COLORES?

El color de cada objeto depende de las moléculas que componen su superficie. Porque, según el tipo y la disposición de sus átomos, cada molécula se comporta de manera diferente cuando se la ilumina.

La parte de una molécula responsable del color, es decir, de la absorción de determinadas longitudes de onda del espectro visible, se denomina cromóforo. Son regiones moleculares que absorben selectivamente la energía de la luz visible. Los siguientes son algunos ejemplos de cromóforos:

También, otros grupos de átomos de la molécula, llamados auxocromos, tienen influencia en la absorción de luz visible y, junto con los cromóforos, determinan el color de una sustancia. Además, por ser grupos polares, los auxocromos aumentan la solubilidad del colorante en agua y, por lo tanto, su unión a las fibras. Los siguientes son algunos ejemplos de auxocromos:





MEDIR EL COLOR

Como vimos anteriormente, de acuerdo con su composición química particular, cada sustancia absorbe luz de diferentes colores, es decir, absorbe determinadas longitudes de onda del espectro luminoso. Se dice, por lo tanto, que cada sustancia tiene un espectro de absorción propio.

Conocer el espectro de absorción de una sustancia nos permite medir su concentración en una solución. Y esta es una tarea habitual en el laboratorio. Porque, para realizar cualquier experimento, el investigador necesita saber con qué cantidad de una determinada sustancia está trabajando. Pues el método científico exige reproducibilidad, es decir, que los resultados de un experimento no se hayan logrado por casualidad, sino que puedan repetirse tantas veces como se quiera, en cualquier lugar del planeta. Y esto solamente es posible si se conocen todos los detalles acerca de cómo fue efectuado el ensayo; entre ellos, la concentración de las sustancias empleadas.

En nuestro caso, para medir la eficacia del proceso de teñido, al final de los experimentos deberemos determinar la concentración de colorante en el agua de desteñido. Recordemos que, a menor desteñido (y, por lo tanto, a menor concentración de colorante en el agua de lavado), mayor será la eficiencia del proceso.

/// EL COLOR ES INFORMACIÓN

Cuanta más cantidad de colorante hay en una solución, más intenso veremos el color. Esto se debe a que si hay más moléculas de colorante, hay más cromóforos y, por lo tanto, más color.

En otras palabras, la intensidad de color que presenta una determinada sustancia en una solución es proporcional a la concentración de esa sustancia en la solución:

 **COLOR** \Rightarrow  **CONCENTRACIÓN**

 **COLOR** \Rightarrow  **CONCENTRACIÓN**

Así, midiendo la intensidad de color se puede conocer la concentración de una solución.

¿Cómo averiguamos cuánto color hay en una solución coloreada?

Colocando una pequeña muestra de la solución en un aparato, como por ejemplo un espectrofotómetro.

Este dispositivo, nos permite determinar la cantidad de luz que absorbe una sustancia a una determinada longitud de onda, es decir, nos brinda la Absorbancia (A) de la solución (ver recuadro: “¿Cómo funciona el espectrofotómetro?”)

Con ese dato, podemos utilizar la ecuación de Lambert y Beer, autoría de Johann Lambert y August Beer, dos físicos que establecieron matemáticamente cuál es la relación que existe entre la cantidad de luz absorbida por una sustancia y la concentración de esa sustancia en la solución):





$$A = L \epsilon C$$

LEY DE LAMBERT Y BEER

A = ABSORBANCIA DE LA SOLUCIÓN

L = PASO ÓPTICO (ES EL ESPESOR DE LA CUBETA QUE UTILIZAMOS PARA PONER LA MUESTRA DENTRO DEL ESPECTROFOTÓMETRO.

ϵ = ABSORTIVIDAD (ES UNA CONSTANTE DE PROPORCIONALIDAD CARACTERÍSTICA DE CADA SUSTANCIA)

C = CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN

¿Cómo aprovechamos esta ecuación para conocer la concentración de nuestra solución?

Construyendo lo que se conoce como “curva de calibración” del espectrofotómetro para esa sustancia en particular.

Para ello, debemos preparar distintas soluciones (cuyas concentraciones conocemos) de la sustancia a medir (por ejemplo, cochinilla):



solución 1
concentración 1



solución 2
concentración 2



solución 3
concentración 3



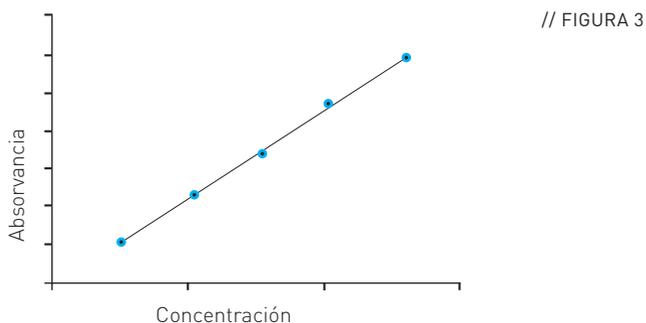
solución 4
concentración 4



solución 5
concentración 5

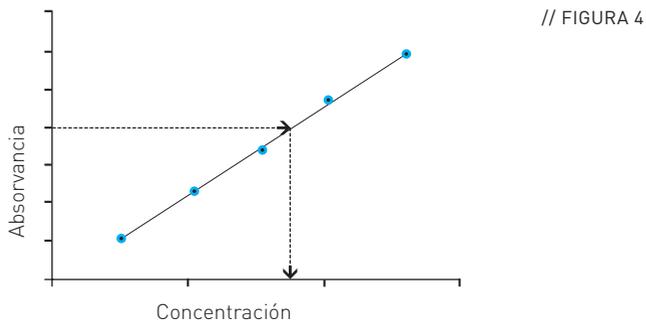
Y, luego, medir en el espectrofotómetro la absorbancia de cada una de ellas.

Con esos datos, se construye un gráfico, colocando en el eje horizontal los valores de las concentraciones y, en el eje vertical, la absorbancia de cada una de esas soluciones. Comprobaremos que la ecuación de Lambert y Beer es una recta // FIGURA 3:



Si ahora queremos saber la concentración de cochinilla en el agua de lavado, simplemente debemos medir la absorbancia de esa solución, e interpolar el dato en la curva de calibración

// FIGURA 4:



Espectrofotómetro
en funcionamiento

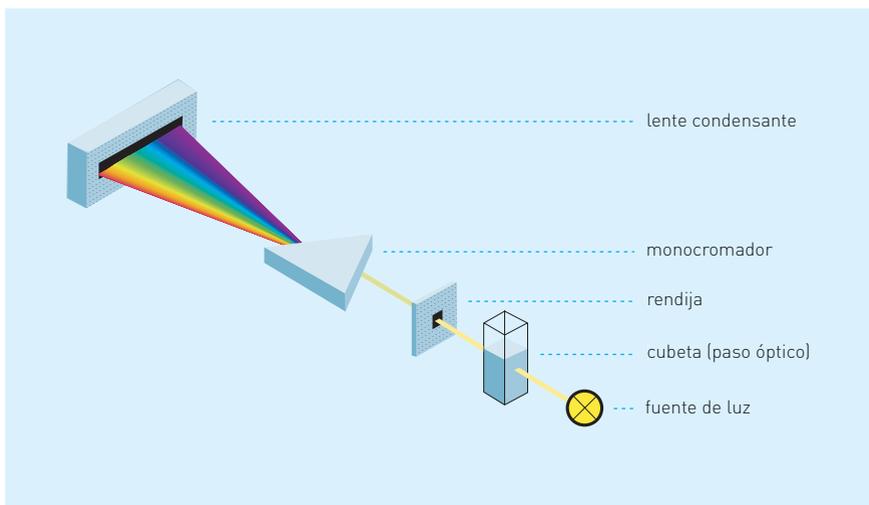
/// ¿CÓMO FUNCIONA EL ESPECTROFOTÓMETRO?

Este dispositivo descompone el espectro lumínico en cada uno de sus colores, lo cual nos permite iluminar con luz de diferentes longitudes de onda la muestra a analizar. Así, este aparato nos posibilita saber dos cosas: por un lado, qué longitudes de onda del espectro absorbe nuestra solución y, por otro lado, la cantidad de luz absorbida.

Para ello, posee una lámpara que emite luz en el rango que va entre los 10nm y los 800nm del espectro, es decir, la parte que corresponde al ultravioleta y al visible. Ese haz de luz es condensado y recortado para que incida sobre un prisma (mono-

cromador) que descompone el espectro lumínico en cada uno de sus colores. A la salida del prisma, una ranura permite seleccionar la longitud de onda deseada. Esta luz "monocromática" (de un solo color) atraviesa la muestra y llega a un detector, que mide la cantidad de luz que pudo atravesar la muestra.

A continuación puede verse un esquema básico de los componentes de un espectrofotómetro:





DOS CONCEPTOS FINALES

/// LONGITUD DE ONDA (λ) DE TRABAJO

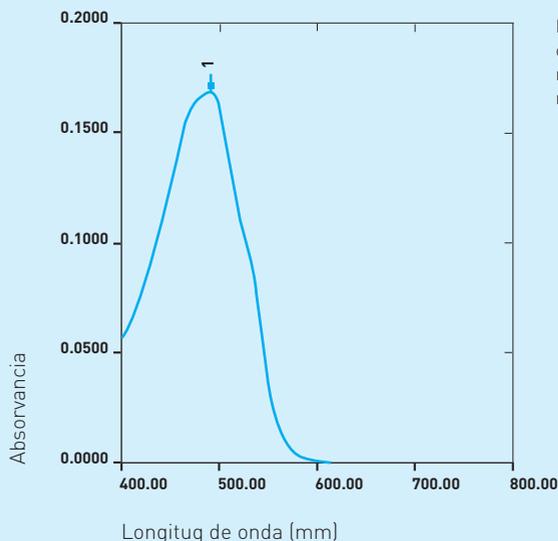
Dijimos que el espectrofotómetro nos permite seleccionar la longitud de onda (λ) de la luz con la que queremos iluminar la muestra a analizar.

Esto nos lleva a una pregunta: ¿Con qué λ debemos trabajar para medir la absorbancia de nuestra solución?

Para responder a ese interrogante, debemos saber que la λ que proporciona la mayor sensibilidad (el menor error de medición) es la que corresponde al máximo de absorción de la sustancia en estudio. Es decir, que siempre que sea posible, debemos trabajar con la longitud de onda correspondiente al color más absorbido por la sustancia.

Dado que, como dijimos antes, cada sustancia se comporta de manera diferente cuando es iluminada, lo primero que tenemos que hacer es averiguar cuál es su espectro de absorción característico.

Por ejemplo, el espectro de absorción del colorante que utilizaremos en el laboratorio (el ácido carmínico de la cochinilla) es el siguiente:



Espectro de absorción del ácido carmínico de la cochinilla.



EL ESPECTRO DE ABSORCIÓN DE UNA SUSTANCIA ES EL RESULTADO DE GRAFICAR LA CANTIDAD DE LUZ QUE ABSORBE ESA SUSTANCIA (ABSORBANCIA) A MEDIDA QUE ES ILUMINADA

CON LUZ DE DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA. ESTE PROCEDIMIENTO SE REALIZA CON EL ESPECTROFOTÓMETRO.

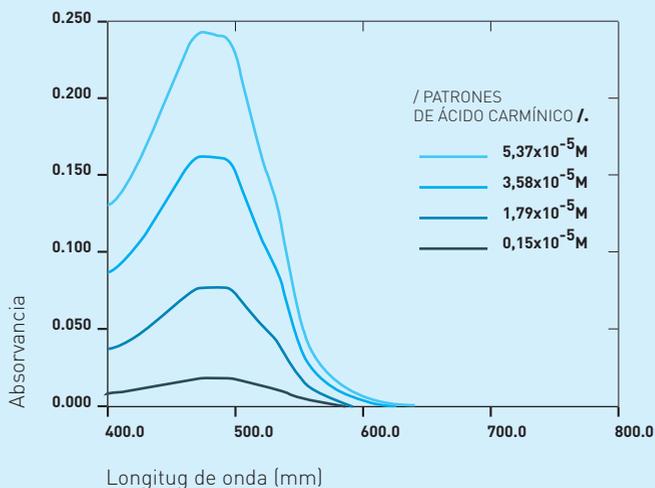
Como puede observarse en la figura anterior, el ácido carmínico absorbe luz en un rango que va de los 400 nm. hasta los 610 nm. de longitud de onda. Es decir, como vimos cuando describíamos el espectro electromagnético visible, el ácido carmínico absorbe el violeta, el azul, el verde, el amarillo y el naranja. Pero no absorbe el rojo ($\lambda=627$ a 770 nm.) Por eso, al colorante lo vemos de este último color.



La misma figura también nos muestra que el máximo de absorción del ácido carmínico está entre los 480 nm. y los 500 nm. Por lo tanto, nuestra λ de trabajo debería estar dentro de esos límites.

El máximo de absorción no varía con la concentración de la solución, es decir, una misma sustancia siempre tiene el mismo máximo de absorción independientemente de su cantidad en la solución. Esto se ve claramente cuando se construyen los espectros de absorción de de diferentes soluciones de ácido carmínico:

Espectro de absorción de diferentes soluciones de ácido carmínico.

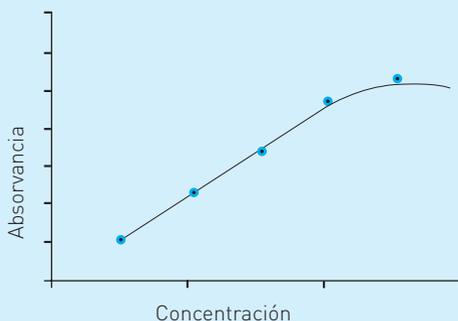


El gráfico anterior nos demuestra que, aún variando la concentración de las soluciones, el máximo de absorción del ácido carmínico es siempre el mismo.

/// RANGO DE VALIDEZ DE LA LEY DE LAMBERT Y BEER

El uso de la ecuación $A = L \varepsilon C$ para determinar la concentración de una solución, sólo es válido en tanto haya una relación lineal entre **A** y **C** (Figura 3, pág. 19), de tal manera que una variación en la concentración de la solución produzca una variación proporcional en la absorbancia de esa solución.

Este requisito deja de cumplirse a concentraciones muy altas, cuando el detector del espectrofotómetro pierde sensibilidad, o cuando las soluciones son turbias o muy oscuras (Figura 5):

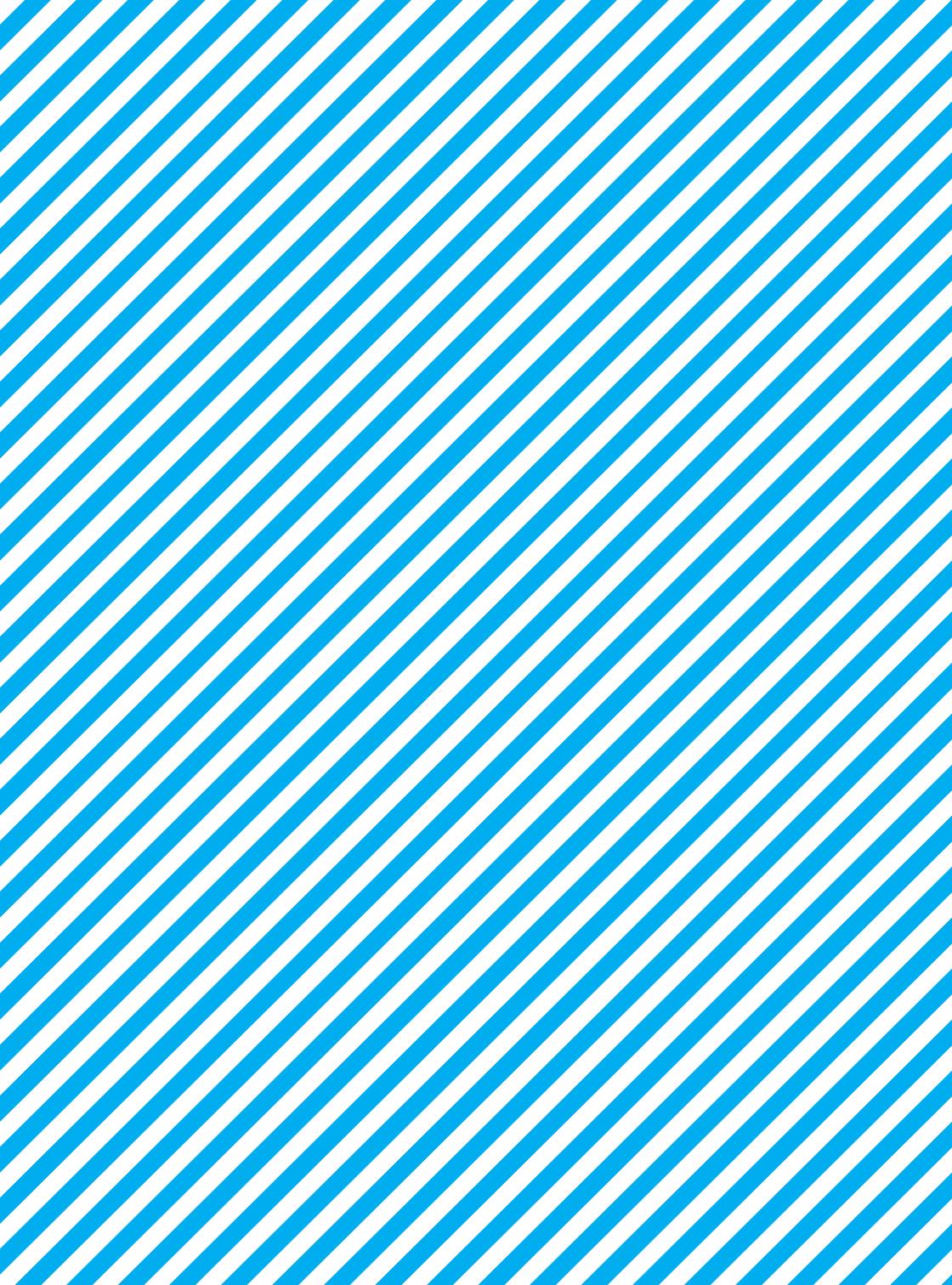


El rango de validez de la ley de Lambert y Beer esta comprendido entre las dos flechas.

Es decir, la curva de calibración solo es válida en su parte recta. Esto significa que si notamos que nuestras soluciones de lavado son demasiado concentradas como para entrar en la zona de validez de la ecuación de Lambert y Beer, deberemos diluirlas y, después, calcular la concentración multiplicando el valor obtenido por el grado de dilución de la solución.

Por ejemplo, si para poder medir dentro del rango de validez tuvimos que diluir una solución a la mitad, entonces, al valor de concentración obtenido luego de la medición habrá que multiplicarlo por 2, para conocer la concentración de la solución de partida.





RESUMEN



En definitiva, los pasos a seguir para conocer la concentración de una solución mediante el método espectrofotométrico son los siguientes:

1º) DETERMINACIÓN DEL ESPECTRO DE ABSORCIÓN DE LA MUESTRA

2º) DETERMINACIÓN DEL λ MÁXIMO DE ABSORCIÓN

3º) PREPARACIÓN DE LOS PATRONES DE CONCENTRACIONES CONOCIDAS

4º) CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN

5º) LECTURA DE LA ABSORBANCIA DE LA/S MUESTRA/S PROBLEMA (EN NUESTRO CASO, EL AGUA DE LAVADO)

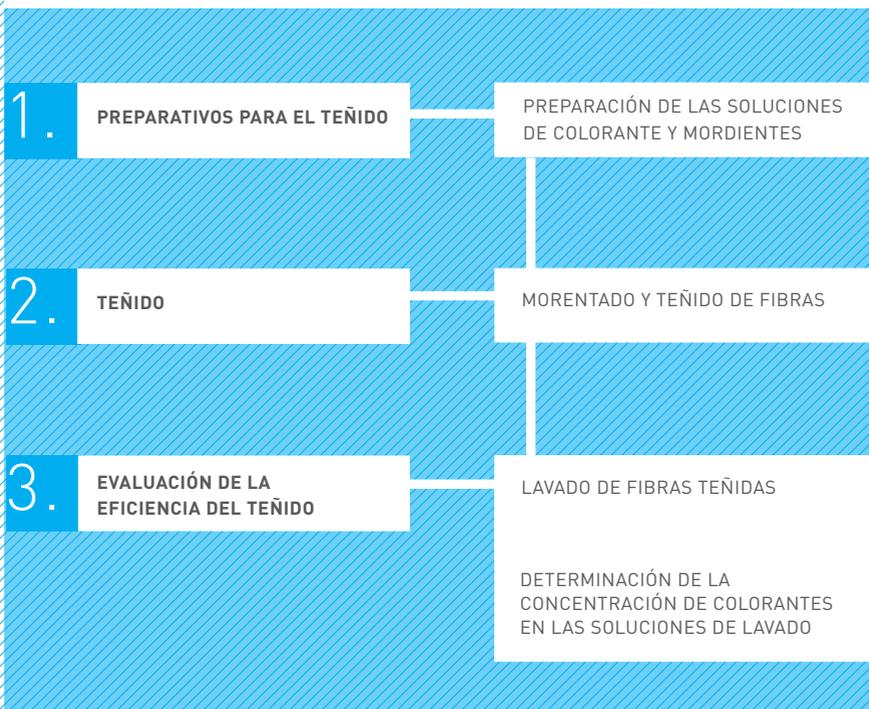
6º) INTERPOLACIÓN DEL VALOR DE ABSORBANCIA DE LA/S MUESTRA/S PROBLEMA EN LA CURVA DE CALIBRACIÓN ? DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DESCONOCIDA.



LABORATORIO



ESQUEMA GENERAL DEL TRABAJO PRÁCTICO





1.

PREPARATIVOS PARA EL TEÑIDO ///

LABORATORIO

PREPARACIÓN DE LAS
SOLUCIONES DE COLORANTEPESAR LA CANTIDAD
NECESARIA DE COCHINILLA

MOLER LA COCHINILLA

EXTRAER EL ÁCIDO CÁRMICO
CON AGUA DESTILADA

FILTRAR LA SOLUCIÓN

LLEVAR LA SOLUCIÓN A
VOLUMEN CON AGUA DESTILADAPREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES
DE MORDIENTESalumbre
al 15%alumbre
al 25%alumbre
al 15%
+ cremor tártaro
al 4%alumbre
al 25%
+ cremor tártaro
al 6% SO_4Cu SnCl_2
+ cremor tártaroCALCULAR LAS CANTIDADES DE CADA MORDIENTE
PARA PREPARAR LA SOLUCIÓNPESAR LA CANTIDAD CALCULADA
DE CADA MORDIENTEDISOLVER CADA MORDIENTE EN LA CANTIDAD
NECESARIA DE AGUA DESTILADA



2.

TEÑIDO ///

FIBRA (LANA / ALGODÓN / SEDA)

MORDENTADO CON ALUMBRE

15%

25%

15% + CT 4%

25% + CT 6%

fibra
mordentada
con alumbrefibra
mordentada
con alumbrefibra
mordentada
con alumbrefibra
mordentada
con alumbre

15%

25%

15% + CT 4%

25% + CT 6%

TEÑIDO CON COCHINILLA

FIBRA TEÑIDA 1

FIBRA TEÑIDA 2

FIBRA TEÑIDA 3

FIBRA TEÑIDA 4

FIBRA TEÑIDA 5

MORDENTADO CON $\text{SnCl}_2 + \text{CT}$

FIBRA TEÑIDA 6

MORDENTADO CON CuSO_4

FIBRA TEÑIDA 7



3.

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TEÑIDO ///

LABORATORIO

FIBRA TEÑIDA

LAVADO CON AGUA FRÍA

LAVADO CON AGUA CALIENTE

SOLUCIÓN DE LAVADO 1

SOLUCIÓN DE LAVADO 2

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO CARMÍNICO

construcción de
la curva de
calibracióndeterminación
de la longitud
de onda
de trabajodeterminación
del espectro de
absorción del
ácido cármico

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL TEÑIDO