

Adrián Durán Benito  
Carmen Sanmartín Grijalba  
Amaia Úriz Huarte  
Cristina Sola Larrañaga  
Jesús Miguel García Mora

# **ENSEÑANDO QUÍMICA III**

*Reservados todos los derechos. Quedan prohibidos, sin el permiso escrito de los autores o editores, la reproducción o la transmisión total o parcial de esta obra por cualquier procedimiento o electrónico, incluyendo la reprografía y el tratamiento informático*

Enseñando Química III. Curso formativo práctico para profesores de Bachillerato.

© Adrián Durán, Carmen Sanmartín, Amaia Úriz, Cristina Sola, Jesús Miguel García.

Editores: Enrique Cobos Urbina y Santiago Caireta Serra (Universidad de Navarra).  
Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra.

ISBN: 978-84-8081-619-9

Depósito Legal: NA 2589-2018

Diseño e impresión: Idazluma, s.a.

# ÍNDICE

SÍNTESIS E IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES PICTÓRICOS .....	7
Objetivos .....	9
Identificación de pigmentos, soportes y aglutinantes.....	9
Identificación de $\text{CaCO}_3$ .....	9
Identificación de aglutinantes proteicos.....	10
Síntesis de pigmentos.....	11
Síntesis de verdigrís .....	11
Síntesis de blanco de plomo (cerusita) .....	11
Síntesis de azul de Prusia (hexacianoferrato (II) de hierro (III) o ferrocianuro de potasio).....	12
Síntesis de amarillo de yodo (yoduro de plomo (II)).....	13
Caracterización e identificación de materiales empleados en Patrimonio .....	13
Métodos “físicos” tradicionales no destructivos.....	13
Métodos de análisis “químicos” tradicionales destructivos.....	14
Métodos de análisis “químicos” no tradicionales y no destructivos .....	15
ANALGÉSICOS Y ANTIPIRÉTICOS: UNA APROXIMACIÓN EN EL LABORATORIO	17
Introducción.....	19
Material y reactivos.....	20
1ª fase, acetilación del <i>p</i> -aminofenol.....	20
2ª fase, obtención del producto final empleando una síntesis de Williamson.....	21
Separación y purificación del precipitado.....	22
TOXICOLOGÍA FORENSE.....	23
Objetivos .....	25
Materiales.....	25
Fundamento teórico .....	26
Procedimiento .....	27
Determinación de ácido ascórbico en zumo de naranja.....	27
Cinética de degradación del ácido ascórbico en el zumo de naranja.....	27
Determinación de salicilato en orina tras el uso de Aspirina o Réflex.....	28
Cinética de hidrólisis del ácido acetilsalicílico.....	29
Cuestiones para el alumno.....	29

ESPECTROSCOPIOS CASEROS Y ANÁLISIS DE SUELOS .....	31
Introducción.....	33
Metodología. ....	35
Construcción del espectroscopio.....	35
Montaje espectroscopio.....	36
1. Cortar a lo largo del borde exterior.....	36
Rejilla de difracción con un CD .....	38
Uso del espectrómetro. ....	39
Digitalización y calibración .....	40
Examen de las características espectroscópicas de un suelo.....	43
Extracción de metales con HCl.....	43
Examen de las muestras con el espectrómetro.....	43
Bibliografía .....	45
 QUÍMICA RECREATIVA .....	 47
Reacciones de Equilibrio.....	49
Experimento 1 .....	49
Experimento 2 .....	50
Experimento 3 .....	50
Experimento 4 .....	51
Experimento 5 .....	51
Experimento 6 .....	52
Electrólisis .....	52
Descomposición y formación de agua.....	52
Baño de cobre .....	53
Escritura electroquímica .....	53



# **Síntesis e identificación de materiales pictóricos**

Adrián Durán Benito



**Objetivos:**

- Conocer los materiales empleados en la realización de obras pertenecientes al Patrimonio Histórico y Cultural.
- Identificar pigmentos, soportes y aglutinantes empleados en pintura.
- Sintetizar pigmentos empleados en pintura.
- Conocer las técnicas de caracterización empleadas para el análisis de las obras pertenecientes al Patrimonio Histórico y Cultural.
- Unir aspectos histórico-artísticos con aspectos científicos.



Pinturas murales (siglos XIV-XVI).  
Patio de las Doncellas, Alcázar de Sevilla.

**Identificación de pigmentos, soportes y aglutinantes.**

**Identificación de CaCO<sub>3</sub>:**

Fundamento teórico: El carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) es la base y el componente principal de las pinturas murales, realizadas tanto en seco (empleando aglutinantes orgánicos) como al fresco (sin emplear aglutinantes orgánicos). Las pinturas murales al fresco se realizan por mezcla de los pigmentos sobre superficies húmedas formadas por hidróxido de calcio (Ca(OH)<sub>2</sub>). Los pigmentos empleados para pinturas murales al fresco deben resistir la basicidad del medio sin degradarse. Posteriormente se produce un



proceso de carbonatación por reacción del hidróxido de calcio con dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), produciendo carbonato de calcio. El pigmento queda inmerso en la red formada por el carbonato de calcio, de ahí la gran durabilidad de dichas pinturas. Por otra parte, los morteros de construcción empleados en la antigüedad estaban basados en el uso de cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) y arena ( $\text{SiO}_2$  y otros componentes).

Materiales y procedimiento: Se emplea  $\text{CaCO}_3$  (miligramos), HCl (mililitros), un tubo, una pipeta Pasteur.

El objetivo es discriminar si en una pintura o en un soporte mural hay presencia de carbonato de calcio o no. Para ello, se depositan mediante una pipeta Pasteur unas gotas de una disolución de ácido clorhídrico (HCl) sobre  $\text{CaCO}_3$  que se encuentra en un tubo, y se observa la posible reacción (desprendimiento de burbujas por formación de  $\text{CO}_2$ ).

La reacción es la siguiente:



#### Identificación de aglutinantes proteicos:

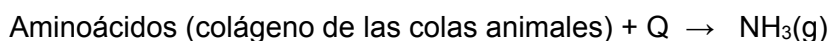
Fundamento teórico: El procedimiento pictórico es el método usado en el arte de la pintura que hace referencia al aglutinante o fijador del pigmento empleado. La percepción de cualquier obra pictórica varía dependiendo del soporte y de la técnica empleados en su ejecución; no es lo mismo pintar una obra sobre lienzo que sobre una pared o sobre una madera, o pintarla al óleo que hacerlo con pastel, acuarela o al temple. La técnica al temple es la técnica pictórica más antigua que se conoce. Consiste en disolver en agua y templar o engrosar con huevo, caseína, goma o cola pigmentos naturales para poder aplicarlos. Las colas animales están basadas en la proteína colágeno. Entre los aminoácidos presentes en los hidrolizados proteínicos de las colas se encuentran elevadas cantidades de glicina y, en menor medida, de hidroxiprolina.

Materiales y procedimiento: Se emplea cola animal seca pulverizada (miligramos), un tubo de vidrio, papel indicador de pH, un mechero Bunsen, unas pinzas de madera, plastilina.

El objetivo es identificar la presencia de un aglutinante de tipo proteico, como es la cola animal. Para ello, se introducen unos miligramos de cola animal pulverizada en un tubo de vidrio, en cuyo interior se coloca papel indicador de pH. Se cierra el tubo con plastilina

y se calienta el mismo empleando un mechero Bunsen. El tubo se sujeta con unas pinzas de madera. Al calentar la cola animal, se desprenden vapores de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) procedentes de la descomposición de los aminoácidos componentes de la misma. En presencia de  $\text{NH}_3$ , el color del papel indicador de pH cambiará (pasamos de pH neutro a pH básico). Si introdujésemos otro tipo de aglutinante, por ejemplo, aceite de linaza, no se produciría ningún cambio de coloración en el papel indicador de pH.

La reacción es la siguiente:



### **Síntesis de pigmentos.**

#### **Síntesis de verdigrís:**

Fundamento teórico: El verdigrís es un pigmento de origen sintético cuyo color es verde o azul-verdoso, dependiendo de su composición. La mayor parte de las recetas se basan en el empleo de cobre o aleaciones de cobre y de vinagre. Se establecen dos variedades del pigmento: verdigrís básico, que contiene los siguientes acetatos  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot (\text{Cu}(\text{OH})_2)_2$ ,  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot (\text{Cu}(\text{OH})_2)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y el verdigrís neutro,  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . El pintor francés Watteau usó frecuentemente una mezcla de verdigrís y azul ultramar para los cielos de sus obras. También fue muy empleado por pintores flamencos y en los comienzos de la pintura italiana al óleo.

Materiales y procedimiento: Se emplea una lámina de cobre, tarrinas monodosis de vinagre de vino, una placa de Petri.

Se dispone la lámina de cobre dentro de la placa de Petri y se rellena la misma con vinagre (ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Tras ello, se coloca la preparación dentro de una estufa a  $60^\circ\text{C}$  durante 1 mes. Esta preparación está basada en las recetas que aparecen en numerosos tratados como el Manuscrito de Lucca, Mappae Clavicula, recetario de Pietro de Saint Audemar, Manuscrito Boloñés y de Padua.

La reacción es la siguiente:



#### **Síntesis de blanco de plomo (cerusita):**

**Fundamento teórico:** El blanco de plomo es, sin duda, el pigmento más importante en la historia de la pintura occidental hasta el siglo XIX, cuando se restringió su fabricación y venta a causa de su toxicidad. Ha sido utilizado como pigmento blanco y como diluyente

de otros pigmentos (por ejemplo, en encarnaduras, mezclándolo con pigmentos rojos como el bermellón o el óxido de hierro). En su composición, se tiene una mezcla de dos fases, cerusita ( $\text{PbCO}_3$ ) e hidrocerusita ( $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ), cuyas proporciones relativas pueden ser diversas. Durante siglos fue el único color blanco de calidad empleado en la pintura al óleo, ya que confería una mayor rapidez de secado, mejorando la elasticidad, adherencia, resistencia y durabilidad de los colores.

**Materiales y procedimientos:** Se emplean disoluciones de nitrato de plomo,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  0.1 M, y de bicarbonato de sodio,  $\text{NaHCO}_3$  0.2 M, y dos tubos de ensayo.

Se depositan unos ml de disolución (5 ml aproximadamente) de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  sobre un tubo de ensayo. En el otro tubo de ensayo se depositan unos ml de disolución (5 ml aproximadamente) de  $\text{NaHCO}_3$ . Posteriormente, se vuelca el contenido del segundo tubo de ensayo que contiene la disolución de  $\text{NaHCO}_3$  sobre el primero, que contiene  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Tras la reacción, se produce una precipitación inmediata de uno de los componentes del blanco de plomo, la cerusita ( $\text{PbCO}_3$ ), en forma de polvo blanco.

La reacción es la siguiente:



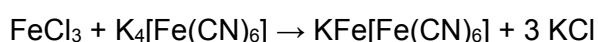
Síntesis de azul de Prusia (hexacianoferrato (II) de hierro (III) o ferrocianuro de potasio):

**Fundamento teórico:** El azul de Prusia fue el primero de los pigmentos artificiales. Fue descubierto por Diesbach en Berlín en 1704. Es un hexacianoferrato (II) de hierro (III) o ferrocianuro de potasio ( $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ). La tonalidad de su color es de gran hermosura, así como su profunda acción de veladura. Se emplea con todas las técnicas pictóricas salvo el fresco. El nombre azul de Prusia se elaboró en el siglo XVIII por ser el colorante empleado en la tinción de las telas de los uniformes militares prusianos.

**Materiales y procedimiento:** Se emplean disoluciones de cloruro de hierro (III),  $\text{FeCl}_3$  0.5 M, y de hexacianoferrato (II) de potasio o ferrocianuro de potasio ( $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) 0.25 M, un portaobjetos, dos pipetas Pasteur, una varilla.

Se coloca sobre el portaobjetos una gota de disolución de cloruro de hierro (III) y se observa su color. Se añade sobre el portaobjetos a unos centímetros de distancia, una gota de disolución de hexacianoferrato (II) de potasio y se observa asimismo su color. Con una varilla se mezclan ambas gotas en el centro del portaobjetos, se deja reposar durante un tiempo y se observa el crecimiento de cristales azules del pigmento.

La reacción es la siguiente:



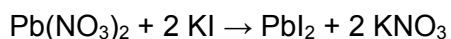
Síntesis de amarillo de yodo (yoduro de plomo (II)):

Fundamento teórico: El yoduro de plomo (II) (PbI<sub>2</sub>) fue empleado en el siglo XIX por los artistas como pigmento bajo el nombre de amarillo de yodo; sin embargo, era demasiado inestables para ser útil y fue muy raramente empleado.

Materiales y procedimiento: Se emplean disoluciones de nitrato de plomo (II), Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0.1 M, y de yoduro de potasio KI 0.1 M, tubos, placa calefactora, pinzas de madera.

Se adicionan varios mililitros (2-3 ml) de disolución de Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> a un tubo de ensayo. Tras ello se añaden varios mililitros (4-6 ml) de disolución de KI en el mismo tubo. Tras ello, se observará la formación de un abundante precipitado de color amarillo. A continuación, se calienta en placa calefactora hasta la disolución total del precipitado. Y finalmente se coge el tubo con las pinzas y se enfría bajo chorro de agua fría. Se observará la aparición de escamas brillantes de PbI<sub>2</sub>.

La reacción es la siguiente:



**Caracterización e identificación de materiales empleados en Patrimonio:**

Métodos “físicos” tradicionales no destructivos: Se basan en el empleo de radiación electromagnética de diferente longitud de onda. Las distintas formas de interacción de la radiación con los objetos (reflexión en superficie o en capas más internas, absorción o transmisión) permiten el estudio de los mismos.

La imagen obtenida mediante una radiografía es una superposición de imágenes, en donde las transparencias y las opacidades están en función de las densidades y espesores de los materiales empleados en su ejecución.

La mayor aplicación de la reflectografía de infrarrojos es la de poder contemplar y estudiar el dibujo subyacente de los cuadros, lo que se consigue con el empleo de una radiación de mayor longitud de onda que el visible, con lo que el estrato pictórico es más transparente, permitiendo la reflexión en el estrato inferior.

La iluminación ultravioleta nos permite una primera determinación del estado de conservación superficial de la obra, repintes, añadidos y barnices.

La técnica de colorimetría se refiere a la determinación de sustancias dependiendo de su capacidad de absorber luz visible. Existen muchas escalas y ecuaciones de color,

pero la más empleada es la CIELAB, que se define mediante tres parámetros:  $L^*$  indica el grado de luminosidad,  $a^*$  define el tono rojizo (valores positivos) o verdoso (valores negativos), y  $b^*$  define el tono amarillo (valores positivos) o azulado (valores negativos).

Métodos de análisis “químicos” tradicionales destructivos: El siguiente paso en el estudio de obras de arte es la extracción de una pequeña muestra de la misma. Con la muestra extraída se prepara una estratigrafía, que es un corte transversal que contiene todas las capas constitutivas de la obra en cuestión. La estratigrafía se estudia mediante una serie de técnicas analíticas. La microscopía óptica ofrece información sobre la distribución de estratos, espesores, morfología de pigmentos y color. La espectroscopia de infrarrojos permite la detección de compuestos orgánicos (pigmentos orgánicos y aglutinantes) e inorgánicos (pigmentos inorgánicos). Otra técnica muy empleada es la de espectroscopia Raman, ya que la mayoría de los pigmentos tienen su espectro Raman característico. La microscopía electrónica de barrido se emplea para el estudio morfológico de las muestras, y puede combinarse con el análisis químico elemental cualitativo y cuantitativo mediante analizadores de energías dispersivas de rayos X.

Otra técnica de estudio muy empleada, aunque requiere una cantidad de muestra mayor, es la difracción de rayos X en polvo, que permite identificar las fases cristalinas de las muestras.



Corán siglo XV, estudio por DRX-FRX portátil

Métodos de análisis “químicos” no tradicionales y no destructivos: Para evitar las limitaciones que impone la toma de muestras, se emplean técnicas disponibles en grandes instalaciones, como aceleradores de partículas y sincrotrones, donde se pueden realizar estudios no destructivos.

Para evitar los riesgos y costes que supone el traslado de las obras a las grandes instalaciones, en la última década se han desarrollado una serie de equipos de análisis portátiles que permiten el análisis no destructivo e in situ de las mismas. En esta línea, existen equipos portátiles de fluorescencia de rayos X, difracción de rayos X, y de espectroscopias de infrarrojos y Raman.

Agradecimientos: El autor desea agradecer a Marta Yarnoz y Cristina Luzuriaga su continua colaboración en la preparación y desarrollo de las sesiones.



# **Analgésicos y antipiréticos: Una aproximación en el laboratorio**

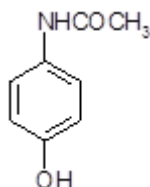
Carmen Sanmartín Grijalba



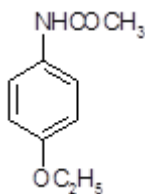


**Introducción.**

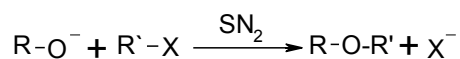
El *paracetamol* (*p*-acetamidofenol) tiene propiedades analgésicas y antipiréticas, pero no antiinflamatorias. Es un medicamento ampliamente utilizado, sobre todo por personas con problemas estomacales, ya que no produce los efectos secundarios de la aspirina.



La *fenacetina* (*p*-etoxiacetanilida) es antipirético y analgésico, aunque presenta cierta toxicidad a nivel renal.



La **síntesis de Willianson** es un método muy importante para la síntesis de éteres asimétricos a escala de laboratorio y lleva el nombre del químico inglés que lo ideó. Se basa en una reacción  $SN_2$  entre un alcóxido (o fenóxido) y un buen sustrato (haluro de alquilo primario o tosilato).

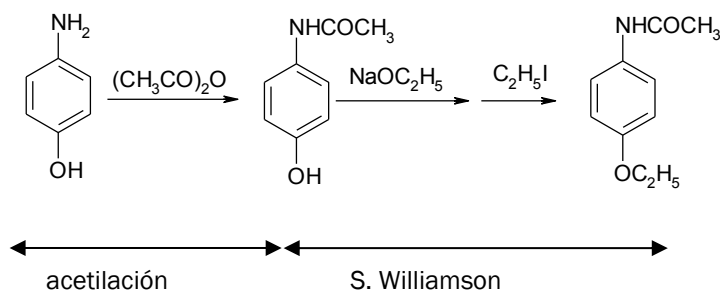


La reacción se da en dos etapas:

1ª etapa: conversión de un alcohol o fenol en su alcóxido o fenóxido.

2ª etapa: ataque nucleófilo del alcóxido o fenóxido sobre un buen sustrato  $SN_2$ .

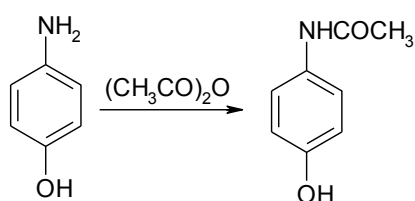
En esta práctica se va a sintetizar la *p*-etoxiacetanilida, un éter asimétrico, desde el *p*-aminofenol. Para ello, el *p*-aminofenol será primero acetilado, para dar lugar al *p*-acetamidofenol (paracetamol), y por último se obtendrá el producto final, empleando una síntesis de Williamson. Por lo tanto, la reacción global es la siguiente:



### Material y reactivos.

Matraz de fondo redondo de 100 y 20 mL, refrigerante para reflujo, embudo Büchner, kitasato, papel de filtro, placa calefactora, baño de hielo, vasos de precipitados. *p*-aminofenol, anhídrido acético, etóxido sódico (previamente preparado), etanol, yodoetano.

### 1ª fase, acetilación del *p*-aminofenol.



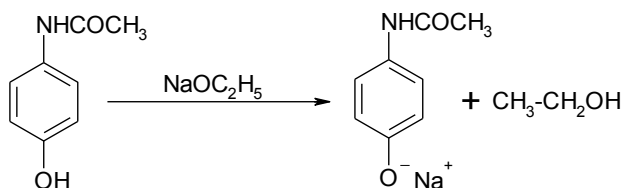
- En un matraz de 100 mL con 30 mL de agua se suspenden 11 g de *p*-aminofenol y después se añaden 12 mL de anhídrido acético.
- La mezcla se agita vigorosamente y se calienta en baño de agua hasta su completa disolución.
- Dejar enfriar la mezcla.

- Añadir 25 mL de agua fría, con lo que precipitará un sólido.
- Separar el precipitado por filtración a vacío, lavar el sólido con agua fría.
- Purificar el sólido por recristalización en agua.
- Dejar secar.
- Pesar para obtener el rendimiento del proceso.
- Identificar el compuesto por el punto de fusión (paracetamol 169-170°C).

2ª fase, obtención del producto final empleando una síntesis de Williamson.

2.1 Obtención del nucleófilo (fenóxido): Se debe colocar el *p*-acetamidofenol en presencia de una base fuerte. En este caso, como base fuerte se empleará etóxido de sodio, que se habrá preparado añadiendo a 20 mL de etanol, 45 mmoles de sodio y calentando la mezcla en un sistema de reflujo hasta la completa disolución del sodio.

- añadir 45 mmoles del paracetamol sintetizado a la disolución de etóxido de sodio preparada y fría.

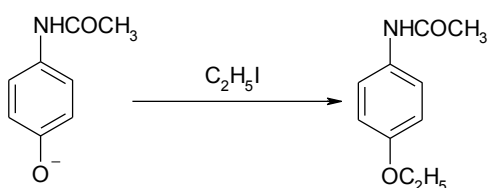


2.2 Adición del electrófilo:

- Añadir a la anterior disolución 45 mmoles de yodoetano.

2.3. Reacción  $\text{S}_\text{N}2$ :

- Mantener la solución en agitación a reflujo al menos 45 minutos.
- Añadir 50 mL de agua a través del refrigerante. Si se forma un precipitado, continuar calentando hasta su disolución.
- Enfriar en baño de hielo para que precipite la fenacetina.



Separación y purificación del precipitado.

- Separar el precipitado por filtración a vacío, lavar el sólido con agua fría.
- Purificar el sólido por recristalización en etanol.
- Dejar secar.
- Pesar para obtener el rendimiento del proceso.
- Identificar el compuesto por el punto de fusión (fenacetina 134-137°C).

# **Toxicología forense**

Amaia Úriz Huarte



**Objetivos:**

- Determinar el contenido en ácido ascórbico (vitamina C) del zumo de naranja en comparación con contenidos de Redoxón.
- Determinar el contenido en ácido acetilsalicílico de una muestra de orina tras la ingesta de aspirina.
- Determinar el contenido en salicilato de metilo de una muestra de orina tras la aplicación del antiinflamatorio tópico de Réflex.
- Seguir las cinéticas de degradación de del ácido ascórbico y el ácido acetilsalicílico.
- Introducirse en métodos prácticos comúnmente empleados como las valoraciones o las calibraciones.

En este caso se propone una práctica muy completa e integrada, que el profesor puede decidir si realizar en su totalidad.

En caso contrario, se proponen alternativas menos complejas y también la opción de que los alumnos realicen parte del trabajo en casa y presenten informes con los resultados al profesor.

**Materiales:**

Para la determinación y degradación del ácido ascórbico:



- Agua destilada.
- Povidona iodada.
- Zumo de naranja.
- Dos tubos con tapón.
- Pastilla de Redoxón.
- Disolución de almidón.
- Matraz (en su defecto botella) de un litro.
- Varilla de vidrio.



- Un vaso.
- Un Erlenmeyer.
- Pipetas.

Para la determinación y degradación de ácido acetil salicílico y salicilato de metilo:

- Agua destilada.
- Disolución estándar de salicilato de sodio (disponible en droguerías).
- Aspirinas.
- Réflex.
- Disolución de hierro (III) (disponible en farmacias como pastillas de Tardyferon o, como alternativa, hervir un estropajo con vinagre).
- Placa de pocillos.
- Probeta de 10 mL.
- Pipeta.

### **Fundamento teórico:**

La vitamina C, o ácido ascórbico, es un nutriente esencial para los mamíferos ya que participa en ciertas reacciones metabólicas y su deficiencia causa la enfermedad del escorbuto (o enfermedad de los marineros). En la mayoría de los mamíferos es sintetizada internamente, pero no por las personas por lo que es necesario tomar alimentos ricos en vitamina C, como por ejemplo el zumo de naranja.

La presencia de ácido ascórbico puede ser determinada gracias a la reacción entre la povidona iodada y el ácido ascórbico ya que, en presencia de vitamina C, el yodo de la povidona se reduce y pierde su color característico. Mediante el uso de Redoxón, una pastilla con una cantidad conocida de ácido ascórbico, se va a determinar la cantidad de vitamina C presente en el zumo de naranja, así como su degradación con el tiempo.

Los compuestos de salicilato, como la Aspirina o el Réflex, son algunos de los más conocidos y empleados. Sin embargo, en dosis altas, pueden llegar a causar graves daños como problemas digestivos, vómitos, deshidratación, daño renal, alteraciones del ritmo cardiaco... Por ello, en esta práctica vamos a aprender a determinar la presencia de estos compuestos en nuestro organismo. La aspirina, o ácido acetilsalicílico, en nuestro organismo pasa a ácido salicílico ya que es la forma activa capaz de actuar frente al dolor, mientras que el Réflex ya se aplica en la forma de salicilato. Estos iones, junto con el hierro, forman un complejo morado que permite su fácil identificación. Debido a este color, en el laboratorio se puede cuantificar mediante la técnica de la

colorimetría por absorbancia, pero en este caso se va a hacer empleando el ojo humano para comparar los colores con muestras de concentraciones conocidas de salicilato.

### **Procedimiento:**

#### Determinación de ácido ascórbico en zumo de naranja.

Se disuelve previamente una pastilla efervescente de Redoxón en un litro de agua. Se vierte parte del contenido de la botella de un litro en un erlenmeyer. A continuación, se toman 5 ml de la disolución y se pasan a un tubo con tapón, junto con 5 ml de agua destilada. En esta disolución de 10 ml se introducen gotas de povidona y se agita con una varilla de vidrio hasta que se observe que el color de la pastilla de Redoxón pasa de un color amarillento a un color marrón anaranjado. Mientras se realiza el proceso, se cuentan las gotas de povidona que se echan. El cambio de color debido al exceso de yodo puede detectarse con facilidad añadiendo unas gotas de disolución de almidón (obtenida, por ejemplo, hirviendo pasta). El exceso de yodo formará un complejo característico de color azul intenso.

En la segunda parte del experimento se toman 5 ml de zumo de naranja y se introducen en un tubo con tapón. A continuación, se le añaden otros 5 ml de agua. Se obtiene otra segunda disolución de 10 ml. De nuevo se echan poco a poco las gotas de povidona y se agita con la varilla hasta que se observa que se implanta el color de la povidona (o del complejo yodo-almidón, si se está usando como indicador), anotando el número de gotas necesarias para ello.

Para calcular la cantidad de vitamina C que hay en el zumo de naranja, se compara con la disolución de Redoxón. Se sabe que por cada pastilla efervescente hay 1g de ácido ascórbico. Por lo tanto, en la botella de un litro hay una concentración de 1 g/l. Teniendo en cuenta las diluciones realizadas se puede hallar la concentración de la disolución valorada con povidona, y comparando las gotas de povidona necesarias para este estándar y la muestra de zumo, se calcula la concentración de ácido ascórbico en el zumo (hay que tener en cuenta que este también ha sido diluido).

#### Cinética de degradación del ácido ascórbico en el zumo de naranja.

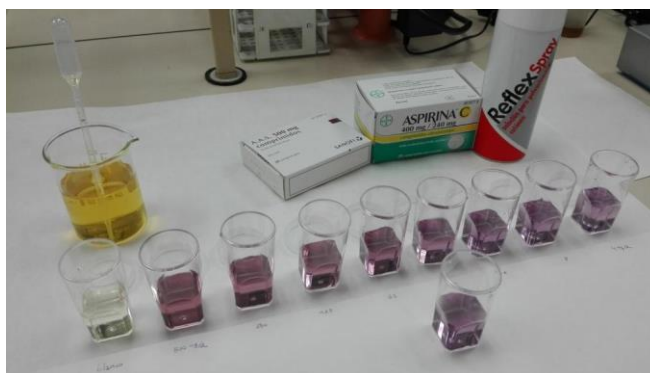
Puesto que siempre se dice que la vitamina C del zumo se degrada rápidamente, es importante comprobar esta cinética de reacción. Una cinética de reacción es la velocidad con la que se está dando una reacción, en este caso la degradación del ácido. Para ello hay que realizar el procedimiento anterior de cuantificación de ácido ascórbico con

povidona varias veces a lo largo del tiempo. Puesto que ya se conoce la concentración inicial de vitamina en el zumo, si ese mismo zumo se deja reposando y se vuelven a medir diferentes alícuotas con el tiempo, se puede comprobar si la concentración disminuye, y si lo hace, a qué velocidad sucede. Se puede medir por ejemplo pasadas unas pocas horas, pasado un día o incluso varios días.

#### Determinación de salicilato en orina tras el uso de Aspirina o Réflex.

En primer lugar, hay que preparar la disolución estándar de salicilato. El salicilato de sodio se vende en farmacias como pastillas, pero hay que tener en cuenta que sólo el 85.64% de la masa es salicílico (el resto es sodio), por lo que hay que hacer los cálculos pertinentes para obtener una disolución de 500 mg/dL.

Para la disolución de hierro no es importante su concentración por lo que se puede disolver una pastilla de Tardyferon (o hervir un estropajo).



En la placa de pocillos hay que realizar diluciones seriadas de la disolución de salicilato, para luego poder comparar con nuestra muestra problema:

- Con una pipeta transferir 1 mL de la disolución de 500 mg/dL al primer pocillo.
- En el tubo de ensayo (u otro recipiente), transferir 1 mL de la disolución de 500 mg/dL y 1 mL de agua. 1 mL de esta nueva disolución de 250mg/dL se transfiere al segundo pocillo.
- Sobre el mililitro restante en el tubo de ensayo, añadir 1 mL de agua. 1 mL de esta nueva disolución de 125 mg/dL se transfiere al tercer pocillo.
- Realizar estos pasos sucesivamente hasta obtener pocillos con concentraciones de (aproximadamente) 500, 250, 125, 63, 32, 16, 8 y 4 mg/dL.
- Para asegurarse de que el hierro no produce color en ausencia de salicilato, se coloca agua en otro de los pocillos.

1 mL de las muestras de orina de personas que hayan consumido Aspirina o usado Réflex se colocan en otro de los pocillos.

Se añaden 2 gotas de la disolución de hierro a cada uno de los pocillos con muestras y se comparan los colores obtenidos. Aquellas disoluciones con mayor concentración de salicilato tendrán un color morado más intenso y por comparación seremos capaces de saber la concentración aproximada de salicilato presente en nuestro organismo.

#### Cinética de hidrólisis del ácido acetilsalicílico.

Para estudiar el proceso de conversión del ácido acetilsalicílico en ácido salicílico vamos a atender al efecto del agua sobre el compuesto y comprobar así la velocidad de hidrólisis. En nuestro organismo, aparte de agua, se cuenta con un medio fuertemente ácido que acelera, o cataliza, la reacción de hidrólisis. Si se desea, se puede hacer el experimento con medio ácido, sino se estudiará únicamente el efecto del agua.

Tomando una pastilla de aspirina, se tritura para favorecer su disolución y se introduce en un vaso con un volumen conocido de agua.

Cada cierto tiempo (horas o incluso unos días), se toman alícuotas de 1mL y, repitiendo el procedimiento anterior con la disolución estándar de salicilato, se comparan los colores obtenidos tras la adición de hierro.

Por comparación, se obtiene la concentración en salicilato de la alícuota tomada y a partir de ella se calcula la concentración de salicilato en el vaso entero de agua. Con el paso del tiempo el color de la muestra será más morado debido al hidrólisis progresiva del ácido acetilsalicílico.

**Nota:** si en lugar de aspirina, se emplea Aspirina C (con ácido ascórbico/Vitamina C), el proceso de hidrólisis será más rápido. Se puede hacer la comparación empleando ambas al mismo tiempo y comparando las cinéticas de degradación.

#### Cuestiones para el alumno:

1. ¿Se degrada la vitamina del zumo de naranja? Y si lo hace, ¿sucede muy rápido como suele decirse?
2. ¿Cuál es la concentración de ácido ascórbico en el zumo de naranja?
3. ¿Por qué el principio desaparece el color de la povidona y hay un momento en el que deja de desaparecer?

4. Si tras tomar una aspirina de 500mg, se analiza la orina del paciente y se obtienen 400mg, ¿qué se puede deducir? ¿es peligroso tomar aspirinas de tanta concentración?
5. ¿Cuál ha sido la concentración de salicilato obtenida tras tomar una aspirina o usar Réflex?
6. ¿Qué medidas podrían tomarse para que el proceso de hidrólisis fuera más rápido?
7. Si la forma activa del medicamento es el ácido salicílico, ¿por qué la aspirina se administra como ácido acetilsalicílico?
8. Aunque no se haya realizado la experiencia, ¿por qué cree que empleando Aspirina C el proceso se ve más acelerado?

# **Espectroscopios caseros y análisis de suelos**

Cristina Sola Larrañaga



**Introducción.**

Cuando una sustancia química es excitada, como por ejemplo el sodio de las lámparas de alumbrado eléctrico, los electrones más externos que forman parte de los átomos son capaces de pasar de un estado de menor energía a un estado de mayor energía.

El átomo en este estado excitado no es estable, y el electrón tiende a descender a niveles menos energéticos. Cuando el electrón regresa a su estado original, pierde la energía ganada en forma de fotones, normalmente luz.

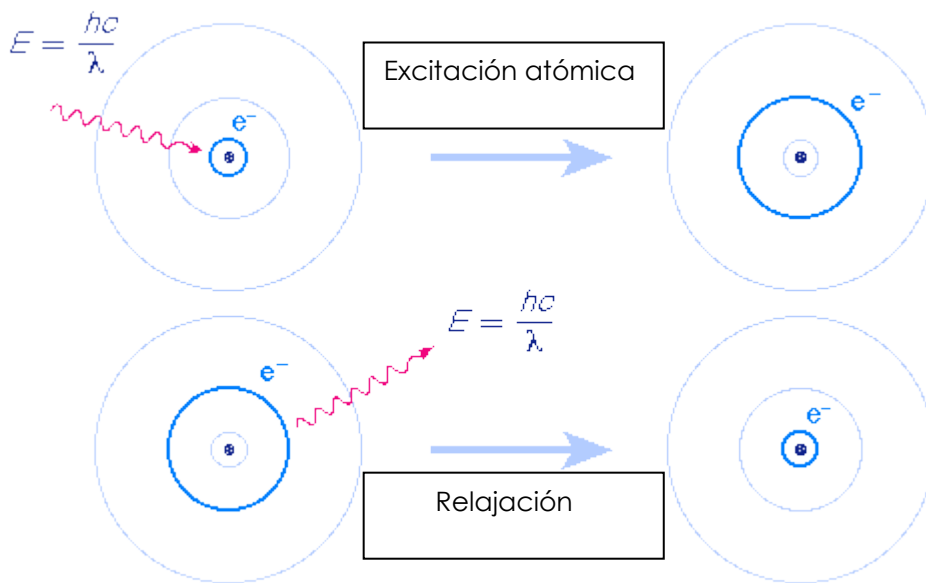


Figura 1. Esquema de excitación-emisión atómica.

Cada elemento tienen diferentes estructuras electrónicas, o sea diferente número de electrones y diferentes estados de energía, la emisión que produce cada elemento cuando es excitado está compuesta de una serie de líneas de color y es como la huella digital que sirve para identificarlo. Este patrón de líneas brillantes es conocido como espectro de emisión.

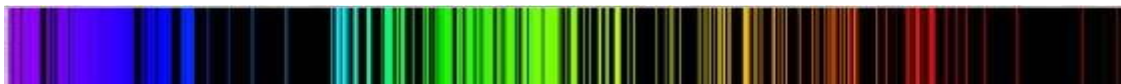


Figura 2. Espectro de emisión del hierro.

Si el mismo elemento, en estado gaseoso, recibe radiación electromagnética, absorbe en ciertas frecuencias del visible, precisamente las mismas en las que emite cuando se



estimula mediante calor. Este patrón de líneas oscuras se conoce como espectro de absorción. Estas líneas oscuras aparecen en la misma posición donde aparecerían las líneas brillantes de emisión.

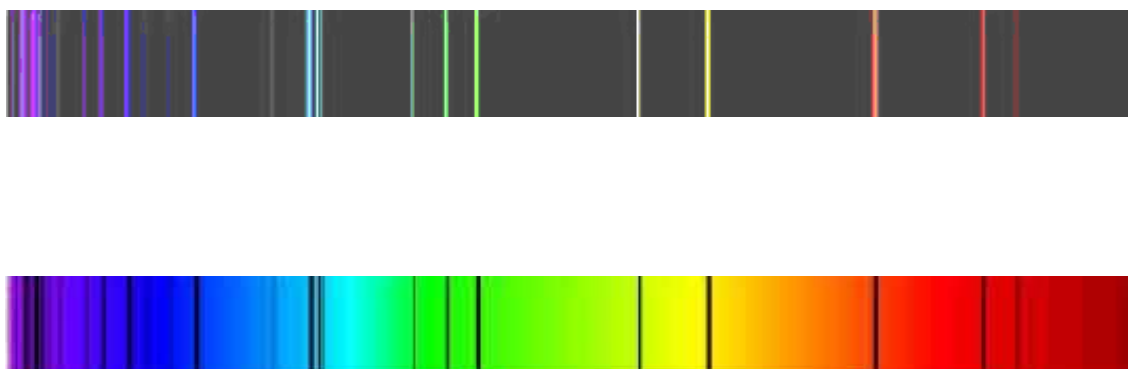


Figura 3. Espectro de emisión y de absorción del oro.

Los espectroscopios son los instrumentos utilizados para estudiar la composición de la luz y lo hacen por medio de unos elementos ópticos conocidos como rejillas de difracción que separan la luz emitida o absorbida por una fuente de luz (una estrella, una bombilla, una llama...) de forma que permiten identificar las líneas de color específicas de cada elemento o mezcla de elementos produjo la luz que es observada.

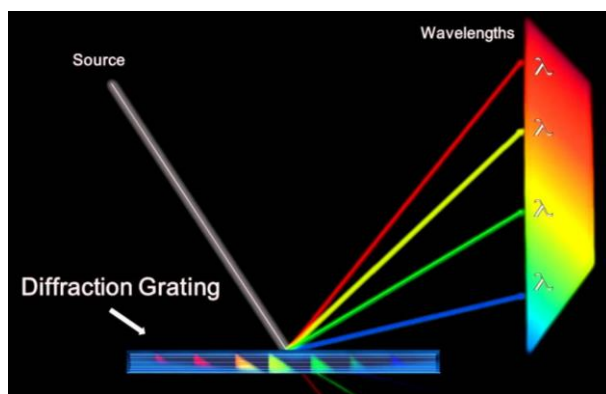


Figura 4. Separación de la luz en la rejilla de difracción de un espectroscopio

Las rejillas de difracción son el elemento principal de los espectroscopios y están constituidas por un material transparente, por ejemplo, un vidrio o un plástico, que tiene grabada una gran cantidad de surcos paralelos y es donde se da el fenómeno de la separación de los colores.

Los discos compactos pueden producir este fenómeno ya que es un material plástico transparente con una gran cantidad de surcos que es donde se graba la información.

En el procedimiento que se detalla a continuación se indicará como construir un espectroscopio casero y como convertir el patrón de luz observado, registrado fotográficamente, en un espectro que permita obtener alguna información del objeto que produjo la luz.

### **Metodología.**

Existen multitud de formas de construir un espectroscopio casero, en internet se pueden consultar un gran número de tutoriales (uno muy interesante es este: <https://www.youtube.com/watch?v=5lQVedue5OQ>). Para nosotros el más sencillo y completo es el que se detalla a continuación.

Public Lab es una comunidad abierta de investigadores de ciencia del medio ambiente, su contenido se mejora de forma continua y en él se puede encontrar entre otras cosas, una plantilla para elaborar un espectroscopio, se comparten espectros y se mejora la técnica de espectrometría de forma abierta haciendo preguntas, buscando ayuda, y ayudando a los demás. Solo necesita registrarse de forma gratuita.

### **Construcción del espectroscopio.**

El espectroscopio puede ser adquirido desde la web, o se puede imprimir y ser construido por uno mismo:

<https://publiclab.org/sites/default/files/8.5x11mini-spec3.8.pdf>

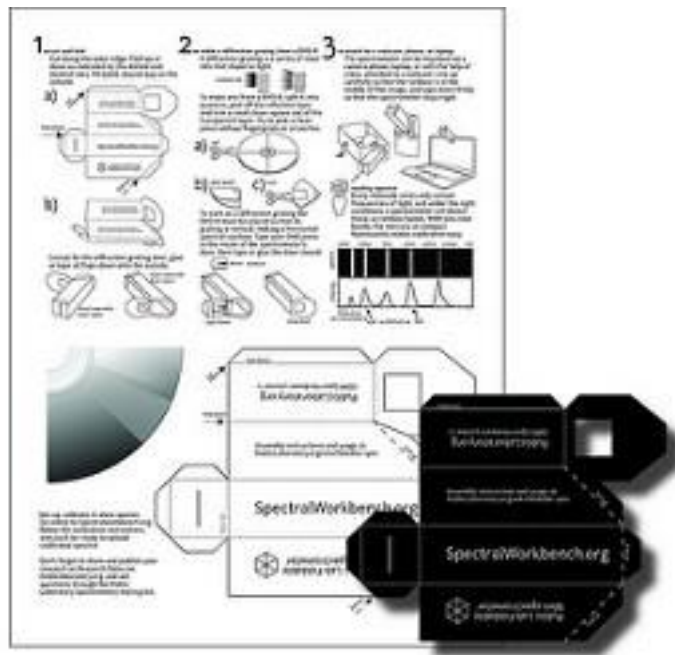


Figura 5. Plantilla e instrucciones para el montaje del espectroscopio de Public Lab.

Lo ideal es imprimirlo sobre una cartulina negra, pero también se puede hacer sobre una blanca pintando posteriormente la zona interna con rotulador negro.

### Montaje espectroscopio.

#### 1. Cortar a lo largo del borde exterior.

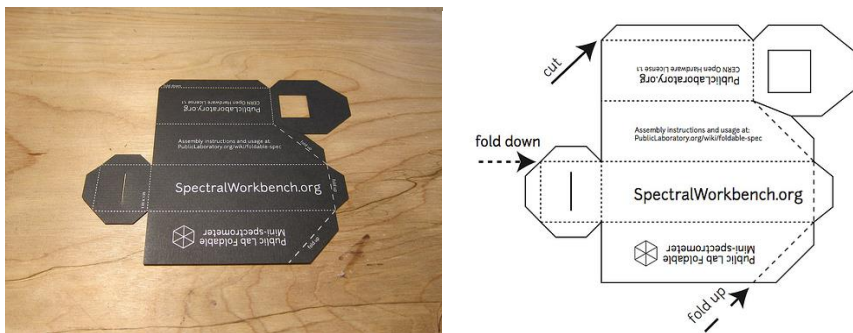


Figura 6. Recorte el borde

2. Doble tal como se indica por las líneas discontinuas. Las líneas punteadas finas se doblan hacia abajo, las líneas discontinuas se pliegan hacia afuera.

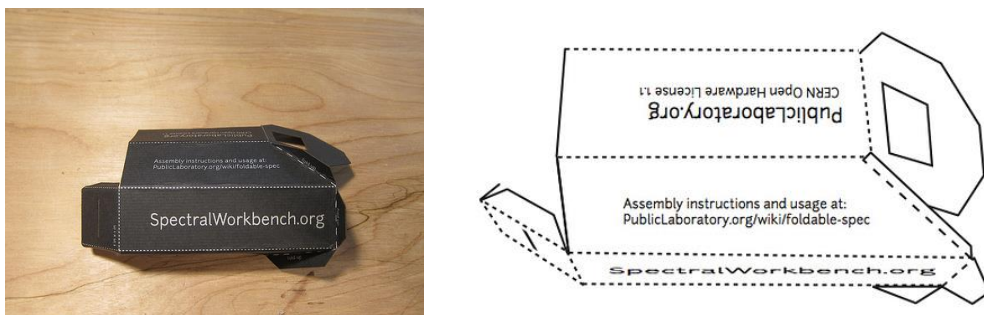


Figura 7. Plegado de solapas

3. Pegue o coloque cinta adhesiva para unir. Comience con la solapa superior y asegúrese de que los bordes estén alineados.



Figura 8. Pegado de laterales

4. Pegue todas las solapas hacia abajo en la parte exterior, a excepción de la puerta de la rejilla de difracción.

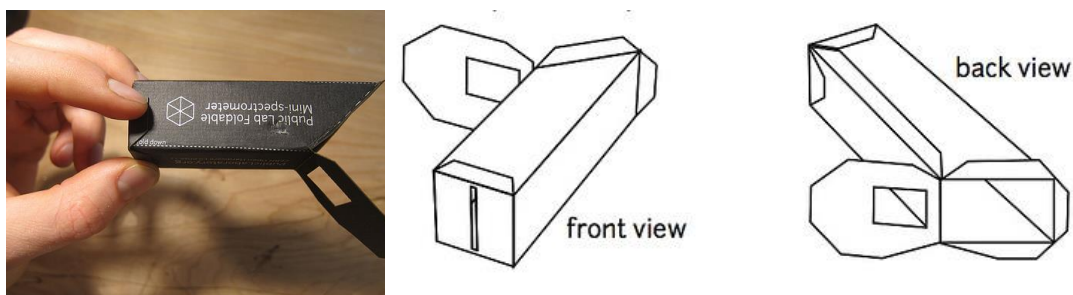


Figura 9. Pegado de solapas

Rejilla de difracción con un CD.

- a) Corte un cuarto del CD donde no haya dibujo.
- b) Con la uña despegue la capa reflectante. Con alcohol eliminar la tinción rosada
- c) Cortar un pequeño cuadrado de la capa transparente.

Ver también: <https://publiclab.org/notes/MrBumper/01-11-2015/preparing-a-dvd-r-to-act-as-a-diffraction-grating> para más información sobre la eliminación opcional de las capas de aluminio y de colorantes residuales.

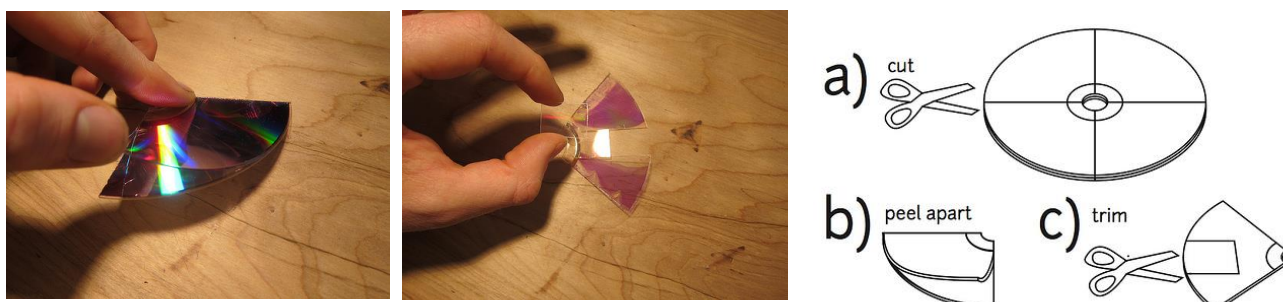


Figura 10. Preparación de la red de difracción

Pegue con pegamento o coloque cinta adhesiva debajo de la rejilla de difracción DVD-R al interior del espectrómetro de modo que la rejilla de difracción quede vertical (el borde hacia un lateral), produciendo un arco iris espectral horizontal. Después, cierre la puerta y peque las solapas.

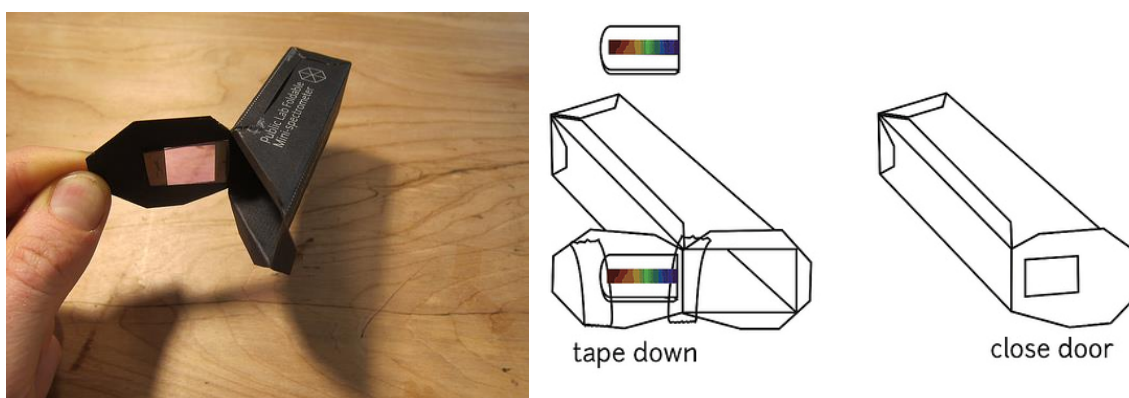


Figura 11. Colocación de la red de difracción

Unir el espectrómetro a una cámara web con la ayuda de una caja, a un teléfono, o en un ordenador.

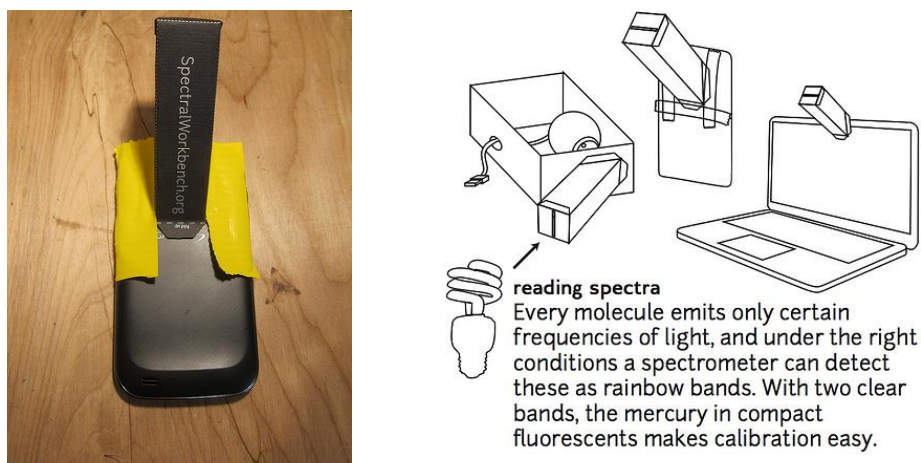


Figura 12. Acoplamiento del equipo a un dispositivo digital

Puede consultar el siguiente video para el montaje:

<https://www.youtube.com/watch?v=AW3EpXxJBYo>

### Uso del espectrómetro.

Una vez que haya montado el espectrómetro, está listo para conectarlo y utilizarlo. Realice las fotos que desee y guárdelas, a poder ser en horizontal con las líneas azules hacia la izquierda.

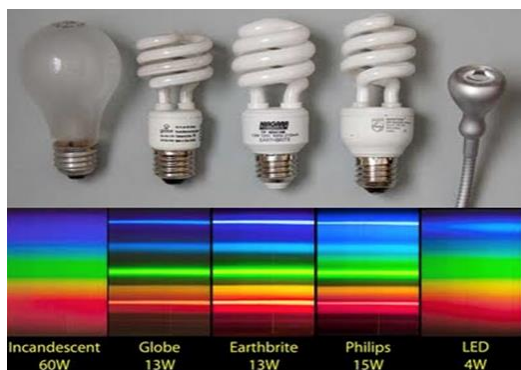


Figura 13. Espectros obtenidos de distintos tipos de fuente de luz

### Digitalización y calibración:

Existen varias formas de digitalizar y analizar espectros, en algunas es necesario el empleo de dos softwares como:

- Software de procesamiento de imágenes **ImagenJ**  
(<http://rsbweb.nih.gov/ij/download.html>).
- Software de procesamiento de espectros **VisualSpec 3.7.2**  
(<http://www.astrosurf.com/vdesnoux/>)

(ver Digitalización y calibración de espectros visibles obtenidos utilizando un espectroscopio casero. Alberto E. Villalobos Chaves).

La más sencilla es el empleo de Spectral Workbench (SpectralWorkbench.org, regístrese de forma gratuita) para comenzar el análisis de espectros.

Una vez registrado, tendrá abierta esta ventana:

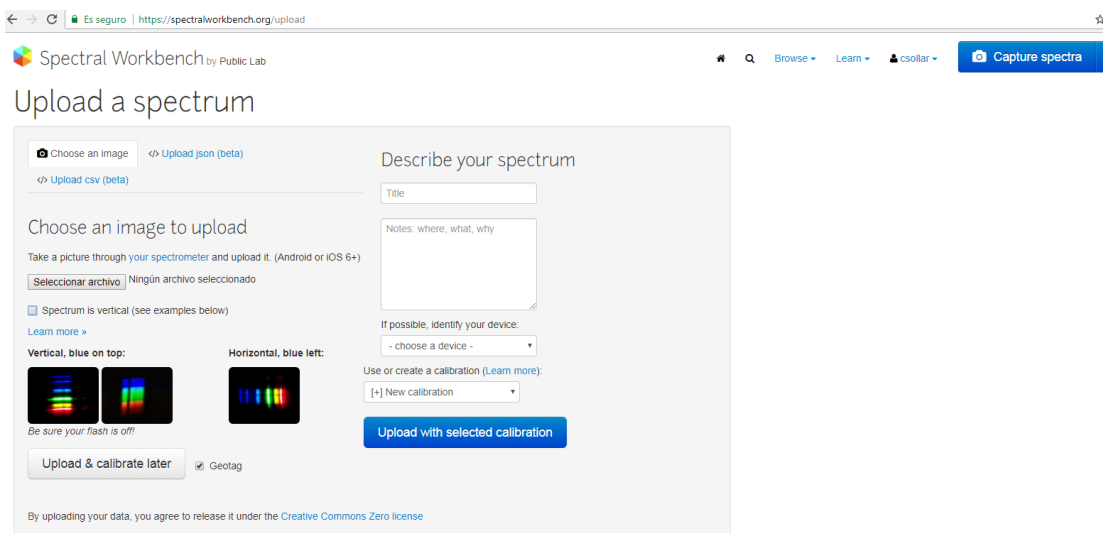


Figura 14. Ventana principal del Spectral Workbench

“Seleccione un archivo”, y cárguelo dándole a “upload & calibrate later”, dándole previamente un título. Como ya se ha comentado anteriormente, los archivos deben estar horizontales con las líneas azules hacia la izquierda.

El espectro será cargado:

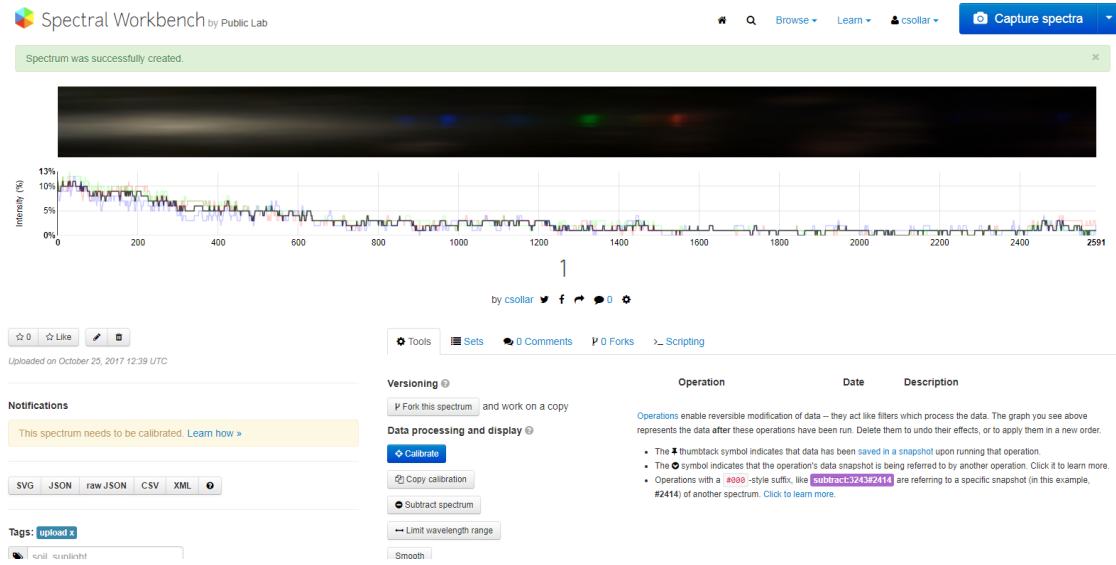


Figura 15. Carga del espectro de sodio

Calibrado:

Para calibrar necesitará el espectro de una lámpara de sodio (bajo consumo con bulbo en espiral). La carga como se ha explicado anteriormente y le da a “calibrate”.

Aparecerá un espectro teórico de sodio sobre el suyo:

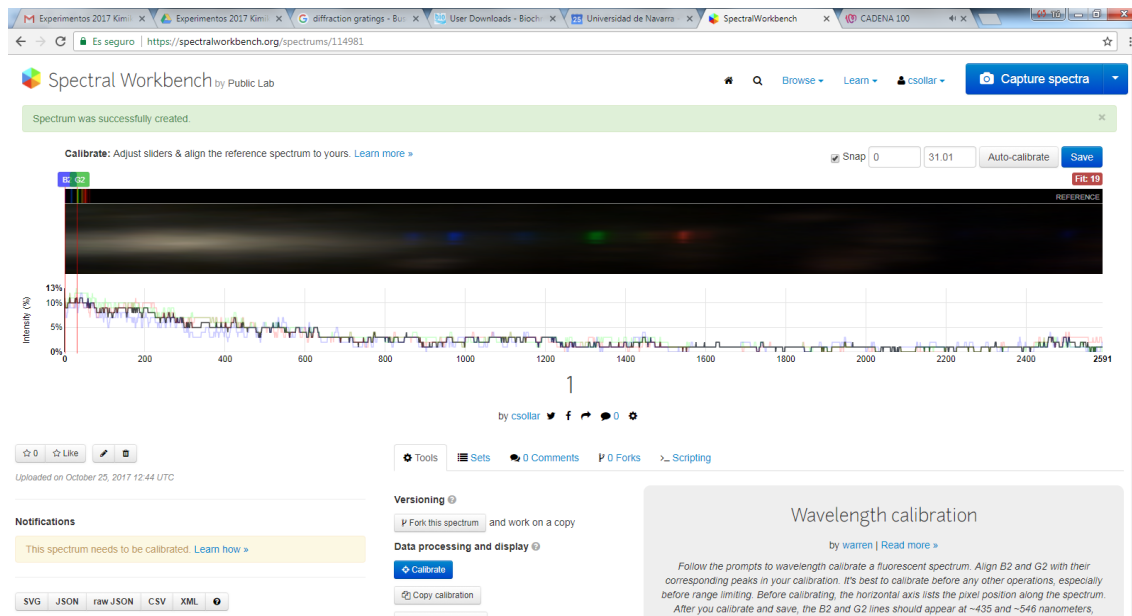


Figura 16. Calibración del espectro de sodio



Solo debe mover las pestañas B2 y G2 hasta que coincida con los de su espectro experimental:

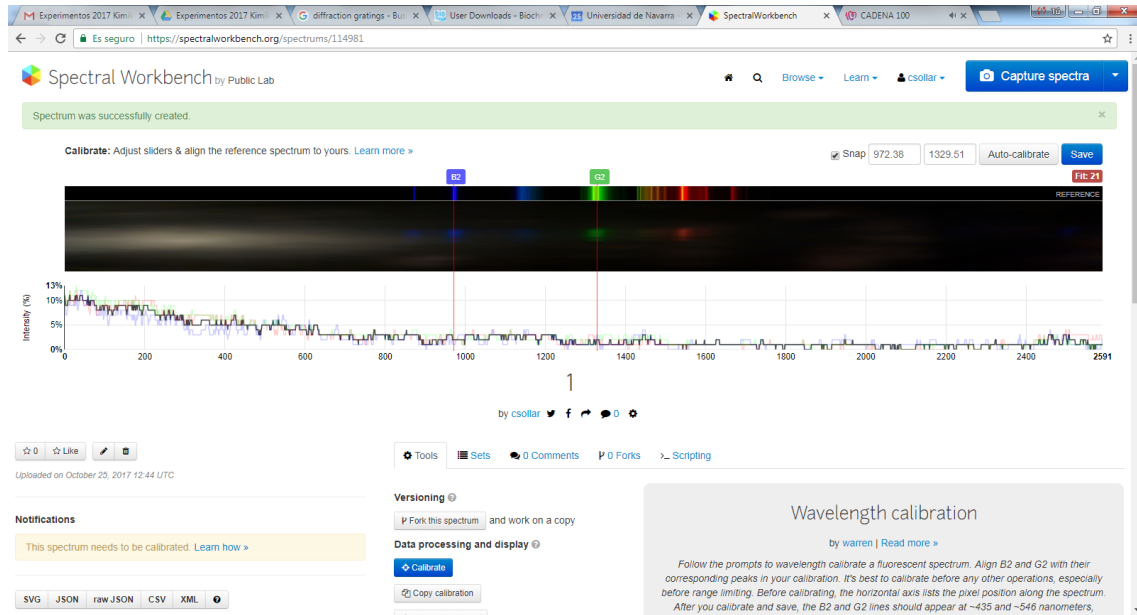


Figura 17. Espectro calibrado de sodio

Dele a “Apply”

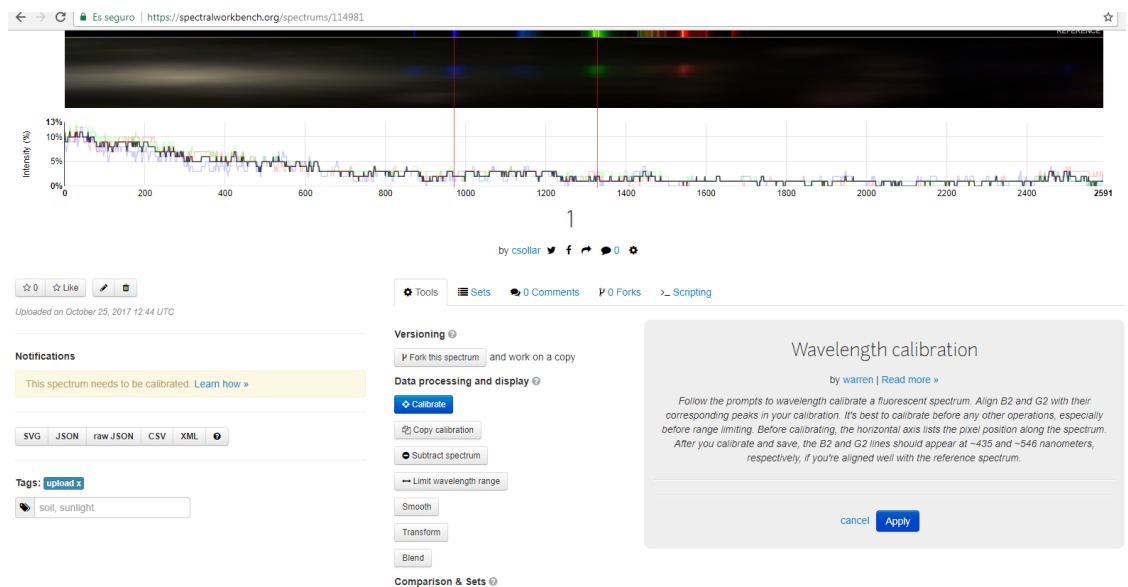


Figura 18. Cómo guardar el calibrado del espectro de sodio.

A partir de ahora podrá cargar sus imágenes con la calibración guardada.

### **Examen de las características espectroscópicas de un suelo.**

El análisis espectroscópico es muy sensible, preciso y exacto, y puede ser empleado para muestras de las que disponemos en pequeñas cantidades. El gran problema es el alto coste de estos equipos. Afortunadamente existen dispositivos más baratos (unos 40 euros), o incluso lo podemos fabricar de forma casera con la suficiente precisión y exactitud para analizar muestras de suelo, que nos permitirá ver ciertas líneas características de los principales metales.

En esta práctica extraeremos algunas especies iónicas presentes en muestras de suelos mediante extracción con ácido clorhídrico 6M. El ácido produce la solubilización de muchos compuestos insolubles formando sus cloruros correspondientes, solubles. Los cloruros se vaporizan a temperaturas relativamente bajas. Mediante el espectrómetro podremos determinar la presencia de distintos iones de forma cualitativa.

### **Extracción de metales con HCl.**

Material: placa de pocillos (o recipientes pequeños o tubos de ensayo), palillos de plástico y HCl 6M.

Emplee guantes y gafas de seguridad. Manipule el ácido concentrado en campana.

1. Coloque una cucharadita de cada una de sus muestras en el recipiente pequeño.
2. Añada 5 gotas de agua destilada o desionizada. Además, prepararemos varios pocillos de limpieza, añadiéndoles 10 gotas de agua.
3. A cada recipiente añada 5 gotas de HCl 6M, y 10 gotas a los pocillos de limpieza.
4. Remueva con un palillo de plástico y deje reaccionar durante unos minutos.

### **Examen de las muestras con el espectrómetro.**

Material: Mechero o soplete, asa de siembra.

Como ya hemos visto en la introducción, la llama es capaz de vaporizar los iones presentes en la muestra, alcanzando niveles más energéticos en su excitación. Cuando estos átomos regresan al nivel fundamental emitirán en sus longitudes de ondas características correspondientes al salto energético.

En función de la concentración de cada especie, es probable que solo tenga unos segundos para la observación de esta emisión.

1. Introduzca el asa de siembra en el pocillo que contiene solo agua y ácido.
2. Coloque la punta del asa de siembra sobre la llama del mechero.
3. Separe el asa de siempre y déjela enfriar mientras la sostiene. No la deje sobre una superficie que pueda quemarse.
4. Introduzca el asa de siembra en un pocillo que contenga una muestra de suelo a analizar.
5. Coloque la punta del asa de siembra sobre la llama del mechero. Al mismo tiempo que observa a través del espectrómetro y toma la fotografía. Es probable que necesite volver a tomar muestra. No es necesario volver a limpiar el asa de siembra en este paso.
6. Separe el asa de siempre y déjela enfriar mientras la sostiene. No la deje sobre una superficie que pueda quemarse.
7. Repita los pasos 1 a 6 para el resto de muestras.

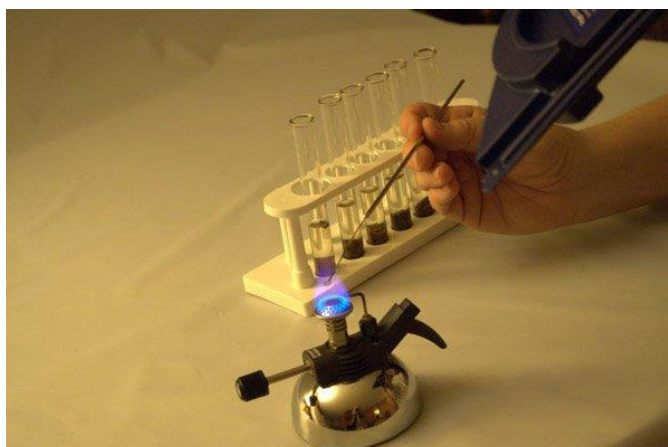


Figura 19. Colocación óptima para el análisis espectrofotométrico de muestras de suelo.

Principales longitudes de onda de emisión e intensidades relativas de ciertos elementos

Elemento	Principales longitudes de onda (intensidades relativas)
Aluminio	390.1 (450); <b>394.4 (4500)</b> ; <b>396.2 (9000)</b> ; 466.7 (550); 559.3 (450); 600.6 (450); 607.3 (450); 618.3 (450); 620.2 (450); 624.3 (450); 633.6 (450)
Bario	413.1 (910); 428.3 (530); <b>455.4 (9300)</b> ; 458.0 (580); <b>493.4 (6900)</b> ; 553.5 (1830); 577.8 (740); 582.6 (610); 597.2 (700); 599.7 (620); 601.9 (610); 606.3 (840); 611.1 (880); 614.2 (1510); 634.2 (900); 645.1 (580); 648.3 (1770); 649.7 (900); 649.9 (1060); 652.7 (890); 659.5 (740); 667.5 (462); 669.4 (454)

Hierro	<b>404.6 (4000)</b> ; 406.4 (1500); 407.2 (1200); 414.4 (800); 426.0 (800); 427.2 (1200); 428.2 (1200); 430.8 (1200); 432.6 (1500); 437.6 (800); <b>438.4 (3000)</b> ; 440.5 (1200); 442.7 (600); 495.8 (1500); 516.7 (2500); 517.2 (500); 522.7 (1000); 527.0 (1200); 527.0+ (800); 532.8 (800); 534.1 (500)
Mercurio	<b>404.7 (1800)</b> ; <b>435.8 (2000)</b> ; 546.1 (1100); 577.0 (1240); 579.0 (1100); 615.0 (1000)
Sodio	371.1 (850); 568.8 (560); <b>589.0 (80000)</b> ; <b>589.6 (40000)</b>
Estroncio	403.0 (1300); <b>407.8 (46000)</b> ; <b>421.6 (32000)</b> ; <b>460.7 (65000)</b> ; 472.2 (3200); 474.2 (2200); 478.4 (1400); 481.2 (4800); 483.2 (3600); 485.5 (500); 486.9 (600); 487.2 (3000); 487.6 (600); 487.6 (2000); 489.2 (1000); 496.2 (8000); 496.8 (1300); 515.6 (800); 522.2 (1400); 522.5 (2000); 522.9 (2000); 523.9 (2800); 525.7 (4800); 545.1 (1500); 548.1 (7000); 548.6 (1100); 550.4 (3500); 552.2 (2600); 553.5 (2000); 554.0 (2000); 638.1 (1000); 638.7 (900); 638.8 (600); <b>640.8 (9000)</b> ; 650.4 (5500); 654.7 (1000); 655.0 (1700); 661.7 (3000); 664.4 (800); 679.1 (1800); 687.8 (4800); 689.3 (1200)

Casi todos los suelos presentan cantidades importantes de sodio. El aluminio también se encuentra en casi todos los especímenes, aunque sus señales son menos intensas. Se puede encontrar hierro en algún suelo, particularmente en aquellos que presenten un color rojizo.

El bario y el mercurio son elementos pesados que deberían estar ausentes en el suelo. Sin embargo, pequeñas cantidades de ambos analitos proporcionan líneas bastante brillantes. El estroncio no suele estar presente en suelos, pero sí en otras muestras como bengalas o fuegos artificiales, dando una luz roja intensa.

### **Bibliografía**

Illustrated Guide to Home Forensic Science Experiments: All Lab, No Lecture  
Robert Thompson, Barbara Fritchman

Digitalización y calibración de espectros visibles obtenidos utilizando un espectroscopio casero. Alberto E. Villalobos Chaves.

<https://es.scribd.com/doc/30834150/DIGITALIZACION-Y-CALIBRACION-DE-ESPECTROS-VISIBLES-OBTENIDOS-UTILIZANDO-UN-ESPECTROSCOPIO-CASERO>



# Química recreativa

Jesús Miguel García Mora







### Experimento 2

Procedimiento:

50 mL de  $\text{CuCl}_2$  1 M (17 g de  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en agua hasta 100 mL) y se divide en 4 tubos.

Tubo 1, el color es azul verdoso; si se añade agua adquiere un color azul cielo como la disolución de  $\text{CuSO}_4$ .

Tubo 2, se añade HCl concentrado y adquiere un color verde brillante.

Tubo 3, se añade amoníaco concentrado y adquiere color azul profundo y al calentar adquiere color marrón pues se reduce la cantidad de agua y sube la concentración de  $\text{CuCl}_2$ ; el color varía al añadir agua porque se forma  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{OH}^-$  y menos amoníaco participa en la formación de complejo.

Tubo 4, se trata con HCl concentrado y luego se añade  $\text{AgNO}_3$  1M y la disolución cambia de azul a verde.



azul verdoso

verde

Calentando se desplaza el equilibrio a la derecha. Enfriando, a la izquierda.

### Experimento 3

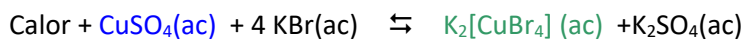
Procedimiento:

Se colocan en un matraz 150 mL de  $\text{CuSO}_4$  0,2 M (50 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  por litro de agua).

Se añade 50 mL de KBr (50 g en 50 mL) y se desplaza del equilibrio a la derecha formando más complejo verde.

Dividir la disolución en dos partes iguales. En una comprobar el efecto de la temperatura.

En la otra añadir  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sólido que hace la disolución básica y desplaza el equilibrio a la izquierda adquiriendo color azul; al añadir HCl concentrado se desplaza a la derecha adquiriendo color verde.



Azul

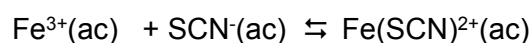
verde

#### Experimento 4

Procedimiento:

En una placa Petri se coloca KSCN 0,002 M (0,19 g /litro)

Se añaden dos o tres gotas de  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.2M (8 g /100mL)



Añadiendo un cristal de KSCN se oscurece más.

Con una gota de  $\text{Fe}^{3+}$  también se oscurece.

Con un cristal de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  se aclara el color ya que se forma un complejo de  $\text{FeHPO}_4^+$  en la que se consume  $\text{Fe}^{3+}$  y el equilibrio se desplaza a la izquierda

#### Experimento 5

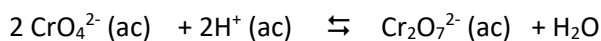
Procedimiento

En una placa Petri se coloca  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  0,1 M (19 g/L) en otra  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,1 M (29 g/L) que sirven de referencia.

En otra se coloca  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  y se va añadiendo gota a gota  $\text{HNO}_3$  1M y cambia de color a naranja, y si se añade  $\text{NaOH}$  1M (40g/L) se pone amarillo.

En otra placa Petri se pone  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  y se añaden 2-3 gotas de  $\text{NaOH}$  1M y a continuación se añade  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  0,1 M(26 g/L) y se forma un precipitado. Si añadimos gota a gota  $\text{HCl}$  1M se disuelve el precipitado y la disolución se pone naranja.

En otra se coloca  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,1 M (9 g/L) se añaden 2-3 gotas  $\text{HCl}$  1M y a continuación  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  0.1 M (26 g/L) y no se forma precipitado pero si añadimos a continuación  $\text{NaOH}$  se forma el precipitado y la disolución adquiere color naranja.



amarillo

naranja

Bibliografía: *Chemical Curiosities*, H.W. ROESKY, K. MÖCKEL, Wiley-VCH (2003)

Experimento 6: Equilibrio químico con jeringuillas.

Estudio del equilibrio  $2 \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  exotérmico.

Pardo      incoloro

Se usan dos jeringuillas (una de vidrio), conectadas por una goma o llave de tres vías.

Se coloca en una un trozo de cobre y en la otra el ácido nítrico, se conectan los reactivos y el dióxido de nitrógeno se recoge en la de vidrio.

Se calienta en baño de agua y se vuelve más pardo como resultado del desplazamiento del equilibrio hacia la izquierda.

Se varía la presión con el émbolo; al aumentar la presión, se oscurece al aumentar la concentración de dióxido de nitrógeno, pero a continuación se va aclarando como resultado del desplazamiento del equilibrio hacia la derecha formando menos moles de gas para bajar la presión.

Otra experiencia se basa en la obtención de dióxido de carbono con ácido clorhídrico y carbonato de calcio o con vinagre y bicarbonato en el interior de una jeringuilla cerrada y se puede regular la velocidad de la reacción con la presión ejercida sobre el émbolo de la jeringuilla.

## **Electrólisis**

### **Descomposición y formación de agua.**

En un tubo grande de ensayo o un matraz erlenmeyer colocamos un tapón con tres orificios, en dos de ellos colocamos los electrodos que se conectarán a una corriente continua y por el tercero se pone un tubo de goma.

Como electrolito usamos una disolución de sulfato sódico, para garantizar la obtención de hidrógeno y oxígeno que saldrá por el tubo de goma y se hace burbujear sobre agua

con jabón; a las pompas se acerca la llama y con una pequeña detonación se forma agua.

### Baño de cobre

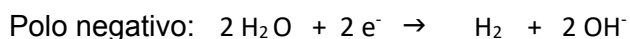
Se utiliza una disolución de sulfato de cobre con un poco de ácido sulfúrico para evitar que se oxide el cobre depositado.

Como electrodos utilizamos monedas de céntimos. En el polo positivo colocamos la que tiene un baño de cobre (1, 2 o 5 céntimos) y en el polo negativo, donde se deposita el cobre, la de 10, 20 o 50 céntimos.

### Escritura electroquímica

Se coloca un papel de filtro impregnado en una disolución de sulfato sódico con un indicador ácido-base (fenolftaleína, timolftaleína, indicador universal, jugo de col lombarda) sobre un papel de aluminio o una bandeja del mismo material.

Se conecta el aluminio al polo positivo y con el electrodo conectado al polo negativo se puede escribir con el color que adquiere el indicador en medio básico, ya que en el polo negativo se originan iones oxhidrilo.



En vez de papel de filtro se puede utilizar un papel (que en EE.UU. se comercializa con el nombre de *goldenrod paper*) que tenga cúrcuma el cual inicialmente es amarillo, pero en medio básico se vuelve rojo.

Escritura negra: se obtiene utilizando una disolución de KI y almidón, pero en este caso la escritura se realiza con el electrodo positivo ya que se produce la formación de yodo el cual forma el complejo yodo-almidón de color negro.

