

Preparación de una pintura como hilo conductor de un bloque didáctico temático

José Antonio Martínez Pons

Resumen: Con objeto de acercar la química partiendo de ideas corrientes de la vida diaria, se propone un conjunto de actividades en torno a la preparación y ensayo de unas pinturas, desde la preparación del pigmento hasta la pintura final. Se explican algunas técnicas operativas, básicas en química, y se pretende aclarar algunos conceptos mediante la experimentación directa no solo con el experimento inicial sino con algunos experimentos transversales utilizando como reactivo fundamental, el sulfato de cobre (II). Se añade una breve pincelada histórica.

Palabras clave: Pinturas y pigmentos, reacciones de precipitación, operaciones básicas, Reactivos limitantes. Historia de la Química.

Abstract: In order to bring the chemistry on the basis of current ideas of everyday life, is proposed a set of activities around the preparation and trial of paintings, from preparation to the final paint pigment. Explains some basic operational techniques in chemistry, and is intended to clarify some concepts, by direct experimentation not only with the initial experiment but with some experiments cross using as a reagent, copper sulfate (II). Added a brief historical brushstroke.

Keywords: Paints and pigments, reactions of precipitation, basic operations, limiting reagents. History of Chemistry.

INTRODUCCIÓN

En la idea básica de hacer ver que la química no es ciencia tópica relacionada con explosiones, contaminación ambiental etc se propone un trabajo práctico consistente en el estudio y preparación de una pintura siguiendo las ideas de Gaquere-Parker *et al.*^[1] que se amplían y mejoran.

Aunque un mismo experimento podría utilizarse tanto en primaria, trabajando los conceptos más elementales y visuales, como en la universidad, profundizando en todos y cada uno de los pasos que tienen lugar, por ejemplo, en la polimerización en emulsión^[2] o afinando la cuantitatividad de los experimentos. Esta propuesta, se considera adecuada para 4º de ESO o 1º de bachillerato. El autor ha mostrado partes de ella tanto en charlas divulgativas, como en ponencias ante profesores o aspirantes a ello.



J. A. Martínez
Pons

Universidad de Alcalá
IES Las Lagunas (Rivas)
C. e.: jamartinez46@gmail.com

Recibido: 20/01/2017 . Aceptado: 19/06/2017.

Los materiales que se precisan son baratos, fáciles de conseguir y con escaso peligro si se toman algunas precauciones como usar guantes de látex. Las manipulaciones, muy comunes en química tampoco requieren especiales conocimientos y precauciones puesto que no se desprenden gases nocivos en cantidad significativa ni hay riesgo de salpicaduras con sustancias corrosivas y aquellas en que se usa calor directo se proponen como experiencias de cátedra que realizará el profesor.

CONCEPTOS EN TORNO A LOS QUE SE ARTICULA EL TRABAJO.

Aunque se tocan muchos aspectos –algunos simplemente se mencionarán– se ha procurado organizar la propuesta de modo que puedan realizarse en bloques de un tiempo aproximado de 30 minutos. En algún caso será oportuno dividir la experimentación en varias sesiones como ya se indicará en su momento. No es preciso, ni siquiera recomendable, hacer todos los experimentos que se proponen en un mismo curso.

Los conceptos y técnicas que se trabajan son:

- Composición y modo de operación de pinturas: pigmentos, secantes y disolventes. Diferencia con tintes.
- Purificación de una sustancia cristalina por recristalización.
- Preparación de una disolución de una molaridad determinada.
- Reacciones de precipitación.
- Separación del precipitado: Filtrado y secado.

- Concepto de reactivos limitantes y en exceso.
- Química del secado de una pintura.
- Diluciones sucesivas: disoluciones de muy baja concentración. Número de Avogadro.
- Precaución frente a ciertas pseudociencias.

No se propondrá, aunque es muy interesante, la reología de las pinturas por considerar que la física que encierra está por encima del nivel que se pretende en este trabajo, aunque sí es recomendable analizar con una breve explicación del papel del pincel en el esparcimiento de la pintura sobre el soporte.

PINTURAS, TINTES Y PIGMENTOS

Desde hace miles de años el ser humano ha tratado plasmar en forma de imágenes objetos, ideas, seres vivos o imaginarios. También le ha gustado cambiar el aspecto cromático de los objetos de su uso cotidiano como sus habitaciones, sus muebles, sus trajes o su propio cuerpo, para ello ha empleado colorantes como son las pinturas y los tintes. Las primeras, generalizando, actúan recubriendo la superficie de los objetos, pero sin penetrar en ellos; los tintes, sin embargo, penetran por los poros del soporte y lo impregnan, y en ciertos casos pueden reaccionar químicamente con éste. Tanto unas como los otros deben fijarse de modo que sean indelebles; además deben conservar sus tonalidades y poderse aplicar con facilidad, no deben alterarse (o hacerlo lo menos posible) con el paso del tiempo y últimamente se exige que no sean tóxicas. Posiblemente hoy Velázquez o Goya no podrían utilizar algunos de sus brillantes pigmentos, pero también es posible que el maestro de Fuendetodos no hubiera padecido algunos de los problemas físicos y mentales de sus últimos años de vida, consecuencia de posibles intoxicaciones con sus pinturas. Muy semejantes a las pinturas son los esmaltes (al óleo o plásticos) y las lacas y los barnices; estos últimos no contienen pigmento. No nos vamos a referir a ellos ni a esmaltes cerámicos que requieren cocción en el horno del ceramista. Tampoco se hablará de pinturas al fresco o al temple en sus diferentes variedades ni de las modernas pinturas en polvo. En este trabajo, nos limitaremos a la pintura “tradicional”. Los conceptos expuestos a continuación son evidentemente muy esquemáticos, pero creemos que son suficientes para sentar unas bases mínimas para el desarrollo de la propuesta.

En principio una pintura consta de tres componentes: pigmento; secante y disolvente, medio o dispersante. Además, puede contener otras sustancias, como aglutinantes, cargas que modifican su textura, aceleradores o retardantes del secado. Una descripción detallada de los pigmentos no es objeto de este artículo, el lector interesado puede consultar los trabajos de las referencias.^[3,4] El pigmento es una sustancia coloreada, que entre otros requerimientos conserva el color al ser aplicada y en el caso de las pinturas es insoluble tanto en el secante como en el dispersante. Estos pigmentos pueden ser de origen mineral o biológico, ya sea animal ya vegetal. Pueden ser

naturales por lo que salvo algunas operaciones como limpieza o triturado no sufren más manipulaciones; o artificiales, que son productos de síntesis en el laboratorio. También los hay mixtos es decir pigmentos que partiendo de productos “naturales” se modifican, hoy en el laboratorio o la industria, antes en el taller del pintor. No hay que olvidar que antiguamente los pintores estaban equiparados a los boticarios.^[4] Precisamente la búsqueda de colorantes sintéticos fue uno de los motores del desarrollo de la química sobre todo en siglo XIX. No obstante los colores artificiales o mixtos se fabricaban ya en la antigüedad, como el “azul egipcio”, un bello colorante, cuya “receta” nos ha llegado a través de Vitruvio, pero su composición y forma de preparación real todavía se discute, aunque Criado y otros han conseguido una excelente y rigurosa aproximación.^[4] El secante debe ser una sustancia que, al reaccionar, con el oxígeno del aire produce una estructura química capaz de adherirse al soporte y retener el pigmento (a veces se utiliza una base intermedia a modo de imprimación, que cierra los poros y facilita la adherencia y distribución de la pintura, como el “*gesso*” que es una pasta en general blanca de composición variable, normalmente tiza, yeso, un aglutinante y eventualmente un pigmento aunque su composición ha variado bastante con el tiempo. Se aplica ya sea con pincel ya con espátula sobre el soporte. Antes cada taller preparaba su *gesso* más o menos artesanalmente, hoy en el mercado se encuentran preparados industriales con este nombre, aunque con bastante variabilidad en su composición. El papel del disolvente es importante porque facilita la aplicación y conservación de la pintura, pero debe evaporarse después de la aplicación. Generalizando, las pinturas según el disolvente se clasifican en dos grandes grupos: al agua y al óleo. Las pinturas al agua utilizan como disolvente el agua, aunque a veces ésta puede sustituirse o complementarse con otras sustancias como el etanol, el metanol o el isopropanol. En las pinturas al óleo el dispersante es un disolvente apolar, como la trementina (“*aguarrás*”).

Según el agente secante pueden ser:

1. Al huevo en las que el secante es la yema de huevo debido a su contenido proteico, además contiene lecitina que es tensoactivo. Tienen el inconveniente



Figura 1. Ejemplos de algunas pinturas preparadas en la industria

de que deben prepararse casi en el acto ya que no pueden almacenarse mucho tiempo, a lo sumo unas 24 horas. Aunque es una técnica anticuada todavía hay artistas que la utilizan, pero suelen añadir barnices a sus preparados.

2. Con base en goma arábiga. Son las pinturas al guache o témpera. Permiten colores intensos y opacos que secan rápido pero su principal inconveniente es que si se pinta sobre ellas pueden volver a disolverse y mezclarse con las nuevas pinturas. En la acuarela que es una pintura transparente la base es también goma arábiga pero los pigmentos suelen ser solubles en agua y con mucho menos cuerpo.
3. Pinturas acrílicas o plásticas. Estas pinturas secan mediante un mecanismo de polimerización en emulsión.^[2] La base es una emulsión, el látex, constituida por polímero, iniciador, monómero y un tensoactivo, en la cual se encuentra suspendido el pigmento, la reacción transcurre en varias etapas que no se detallan por brevedad. En las pinturas se usa directamente el látex sin separarlo del medio de reacción. Las pinturas se extienden sobre la superficie a pintar con el mecanismo que sea y el agua simplemente se evapora y se forma una película de polímero que retiene los pigmentos y las eventuales cargas y restantes aditivos. Una vez seca la pintura plástica puede pintarse sobre ella sin que las capas anteriores se disuelvan, sin embargo, muchas veces el soporte puede influir en el resultado final. Nosotros la simularemos utilizando como secante cola vinílica.
4. La pintura al óleo, es la técnica pictórica reina desde el siglo XVI, en ella el secante es un aceite polinsaturado, por ejemplo, de nueces. Hoy habitualmente aceite de semilla de lino, *linaza*, que puede usarse crudo o cocido, refinado o sin refinar. Se ca por oxidación formándose puentes de oxígeno entre las instauraciones de las distintas cadenas. Este aceite frecuentemente se combina con aceite de cártamo. El medio más habitual es la esencia de trementina, conocida vulgarmente por “aguarrás”, que se extrae por destilación de la resina del pino y que a veces se sustituye por productos derivados del petróleo, comercializados como “trementina-símil” o “white spirit”, también se usan otros muchos disolventes. A la pintura se suelen añadir aditivos físicos y químicos, como secativos, cargas, etc. Su secado es bastante más lento que en las pinturas al agua, propiedad que puede utilizarse en la consecución de efectos como los difuminados o degradaciones (“*sfumature*”). Tienen un buen poder cubriente que depende de los pigmentos, y una vez secas se puede pintar sobre ellas cubriendo sin problemas, como se revela mediante diferentes técnicas de exploración que descubren “arrepentimientos” (“*pentimenti*”) de los artistas o simplemente, el reciclado de una obra anterior. Se fijan sobre la mayoría de soportes, aunque lo

habitual es usar lienzos preparados o tableros. Antiguamente se pintó al óleo sobre láminas de cobre. También se puede utilizar la pintura bastante diluida sobre otra pintura ya seca, consiguiéndose efectos de veladura. Existen pinturas al óleo que admiten el agua como dispersante, se debe a que en su composición incluye emulsionantes que permiten que se forme una emulsión acuosa. Con pigmentos y un aglutinante se preparan las pinturas al pastel. No contienen secante y deben fijarse con un fijador que se pulveriza sobre la obra ya concluida o cuando se desea fijar una etapa del trabajo; el soporte más habitual de esta técnica es el papel. Los fijadores solían ser barnices o lacas que se pulverizaban por soplado con un pulverizador de efecto Venturi.

MATERIAL UTILIZADO (FIGURA 2)

- Sulfato de cobre (II).
- Hidrogeno carbonato de sodio.
- Esencia de trementina (aguarrás).
- Cola blanca (Poliacetato de vinilo) Aceite de linaza Goma arábiga.
- Paleta de plástico, agitadores, pinceles, embudos y papel de filtro.

El sulfato de cobre se conocía antiguamente con el nombre de caparrosa o vitriolo azul (la caparrosa verde es el sulfato de hierro(II)). Se encuentra en la naturaleza, por ejemplo, en Copaquire (Chile). Cristaliza en forma de prismas azules pertenecientes al sistema triclinico. Su densidad es 2,28 g cm⁻³ Muchas veces, aun el sintetizado en la industria, contiene algo de sulfato de hierro que, con siete moléculas de agua, forma cristales isomorfos a los del sulfato de cobre pentahidrato esto dificulta su separación por cristalización. Se utiliza, entre otras actividades, en la preparación de pigmentos y tintes y en agricultura para combatir el mildiu de la vid.^[8]



Figura 2. Material utilizado: Como puede comprobarse una buena parte del material es reciclado o adquirido en comercios no especializados en productos químicos



Figura 3. A la izquierda se muestran el clavo de hierro y disolución de sulfato de cobre (II), a la derecha lo que queda del clavo 24 horas más tarde y se compara con una disolución idéntica a la inicial. Se observa el cobre depositado y el cambio del color de la disolución



Figura 4. Se muestra el resultado del experimento descrito, a la izquierda se muestra el sulfato deshidratado y a la derecha como al disolverse de nuevo el sulfato recupera el color azul. En el tubo donde se realizó la prueba se ve la leve tonalidad amarilla, debida al azufre resultante de la descomposición del sulfato. La cantidad es irrelevante

UNA CURIOSIDAD HISTÓRICA

Álvaro Alonso Barba, (Lepe, Huelva 15 de noviembre de 1569, Potosí, Bolivia 1662) clérigo y metalúrgico que en su libro “El arte de los metales”^[5] describe con gran minuciosidad la minería, metalurgia y las técnicas de beneficio y refino que se empleaban entonces, pero creyente en la posibilidad de la transmutación de los metales propone un experimento para demostrar que es posible esa transmutación. El experimento propuesto consistía en introducir láminas de hierro en una disolución de caparrosa azul que, al decir del sacerdote, “se transforma en cobre fino”.

Esta experiencia se puede reproducir introduciendo un clavo de hierro en una disolución de sulfato de cobre. Al poco tiempo, como pueden comprobar los estudiantes, la parte del clavo sumergida se recubre de cobre y si se deja tiempo suficiente y la disolución de sulfato de cobre es bastante concentrada, parte del clavo puede llegar a desaparecer, quedando sobre el clavo y en el fondo cobre metálico. (Fig. 4) Puede mostrarse el experimento a los estudiantes y pedirles que expliquen lo que ha ocurrido. Se les puede sugerir a modo de pista que observen cómo ha cambiado el color de la disolución, de azul a verdoso. (Fig.4) El vaso de la derecha muestra el experimento a las 24 horas, aunque son suficientes unos pocos minutos para apreciar lo que ocurre. En 48 horas el clavo de 0,70 g se redujo a un “alfiler” de 0,06 g. En el fondo del vaso se aprecia el cobre y en el vidrio está lo que queda del clavo. En niveles más avanzados es una buena introducción al potencial de reducción y se puede sugerir experimentar con diferentes metales. Si el experimento se lleva a cabo en un recipiente capaz de taparse herméticamente puede servir también para comprobar la ley de Lavoisier. Se puede cristalizar el sulfato de hierro, pero este compuesto es bastante inestable y es posible que parte de él se oxide a sal de Fe(III). Esta oxidación se puede evitar ya sea siguiendo al P. Victoria^[8] y precipitando el sulfato de una disolución saturada con etanol, ya simplemente acidificando con ácido sulfúrico diluido la disolución.

PREPARACIÓN DEL PIGMENTO: PASOS PREVIOS

Si el sulfato es comercial se purificará por recristalización disolviendo los cristales en agua y filtrando las posibles impurezas. Por razones de tiempo si se utiliza sulfato cristalizado conviene que la disolución se prepare de antemano. Es muy probable que en el filtro aparezcan restos de cobre o hierro, si así ocurre se hará que los alumnos se fijen en ello. En este trabajo se ha partido de sulfato de cobre comercial que se puede comprar en un almacén de productos para la agricultura, pero si se utiliza sulfato de laboratorio, más caro pero imprescindible si se busca cuantitatividad, este paso no es necesario. El filtrado puede recristalizarse, aunque este paso se obviará si solo se va a preparar la pintura. Una muestra del material original o mejor del producto ya recristalizado, se calentará observándose que el cristal se desmorona y cambia de color de azul a blanco o gris claro y si se vuelve a disolver el producto blanco recupera el color azul, que se debe al agua de cristalización. El problema puede hacerse cuantitativo, pesando la muestra antes y después del calentamiento. Puede hacerse utilizando un pequeño crisol o un tubo de ensayo. Se tomará una muestra de sulfato, que si es preciso se machacará lo más posible, se introducirá en el crisol o el tubo y se pesará el conjunto. Se calentará con un mechero de Bunsen, el autor no ha ensayado una calefacción eléctrica o con mechero de alcohol, más segura, aunque en cualquier caso que los estudiantes utilicen calefacción con llama puede ser peligroso y el experimento puede hacerse como experiencia de cátedra, apoyada si es posible, con un tomavistas y proyector, removiendo de vez en cuando con una varilla de vidrio. Si observará sobre todo si se hace en tubo de ensayo como se desprenden “vapores” más blancos que en la boca del tubo o mejor en la base externa de un recipiente con agua fría, condensan en forma de gotitas de agua. Se calienta hasta que ya no se observan cristales azules y se deja enfriar al conjunto, pesándolo de nuevo. La diferencia entre ambas pesadas da el agua perdida. Es posible que durante el ca-

lentamiento se “huela a azufre”, realmente a dióxido de azufre, debido a la descomposición de algo del sulfato o tal vez a la presencia de azufre libre en el reactivo de partida, incluso es posible que se observe algo de color amarillo en el tubo. Los resultados de los alumnos de quien esto suscribe en general no han sido muy buenos ya que han sido bastante dispersos debido entre otras razones a la mala preparación de los reactivos, a la disparidad de tiempos de calentamiento y enfriamiento y a errores en las pesadas. En la tabla 1 se muestra el resultado de las pesadas y del porcentaje de agua (valor teórico 36,04%) y moléculas de agua de hidratación tomado al azar de los realizados por el autor como experiencia de cátedra, En aras del rigor convendría un análisis de incertidumbre que parece innecesario para lo que aquí se propone (Fig. 4).

Vacío(g)	Antes(g)	Después (g)	Agua (g)	Agua %	Agua hidra.
14,20	19,61	17,65	1,95	36,23	5,03

Otra muestra se puede calentar más intensamente con un poco de carbón vegetal dentro de un pequeño crisol y puede aparecer algo de cobre. Si su nivel lo permite, los alumnos justificarán el hecho y escribirán las reacciones que tienen lugar.

EXPERIMENTO TRANSVERSAL

La técnica de las diluciones sucesivas puede ser muy útil para preparar disoluciones de baja concentración. Se puede representar si se parte de una disolución 1M la concentración después de cada paso de dilución (si el alumnado tiene suficientes conocimientos matemáticos, es aconsejable un diagrama semilogarítmico) y comentar la respuesta.

Partiendo una disolución 1 M de sulfato de cobre, conviene que se prepare con antelación, puede experimentarse con las diluciones sucesivas, por ejemplo, en una paleta de plástico (Fig.2). En el primer alveolo se echan 10 gotas de la disolución 1 M, se toma una gota de este alveolo se echa en el siguiente y se completa con 9 gotas de agua y así sucesivamente hasta el último. Se pide a los estudiantes en cuál de los alveolos todavía se puede apreciar la presencia de sulfato. Luego se pregunta si en los restantes todavía hay algo de esa sustancia y si el nivel lo permite que calculen la concentración en mol/L y en ppm. Conviene recordar que en disolución el sulfato está en forma de iones SO_4^{2-} y Cu^{2+} y solo por un abuso del lenguaje tiene sentido hablar de la concentración de la sal. También es interesante recordar que en la llamada medicina homeopática se venden y no precisamente baratos, medicamentos en los que el principio activo se ha diluido hasta 15 (o más) centesimales, es decir que si se parte de una disolución 1 M el producto resultante tendrá una concentración del orden de 10^{-30} M (pueden ser los propios alumnos quienes lo deduzcan) y comparando con la constante de Avogadro, estimen la pro-

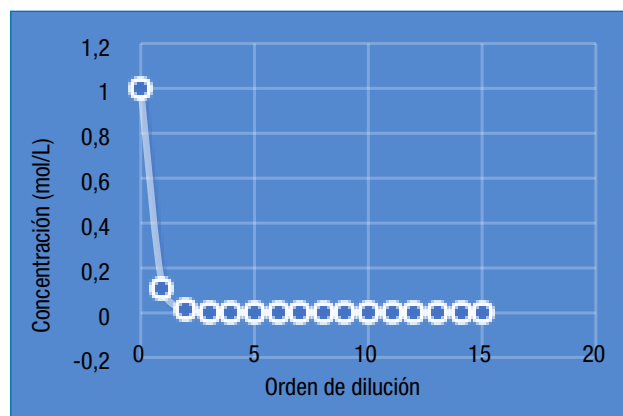


Figura 5. Concentración de una disolución en el proceso de 15 diluciones decimales sucesivas. Obsérvese como a partir diluciones terceras o cuarta la concentración es gráficamente inapreciable, ni siquiera a escalas mayores

babilidad de que en 1 L de producto final haya 1 sola molécula del principio activo.^[5,6] La hoja de cálculo puede ser de gran utilidad tanto en los cálculos como en los gráficos (Figs. 5 y 6).

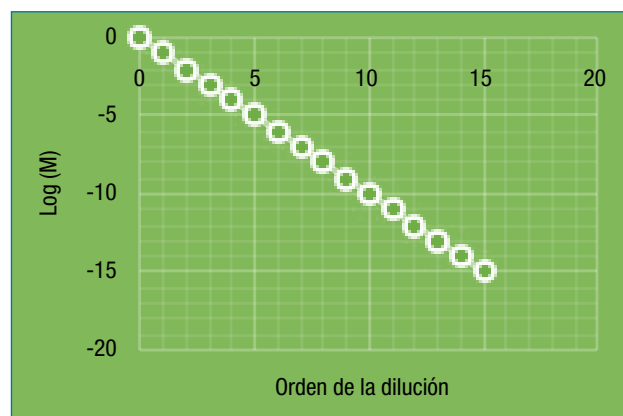


Figura 6. En el mismo experimento que en la gráfica anterior se representa el logaritmo decimal frente al orden de dilución

Nota: En los cálculos y gráficas se ha supuesto implícitamente que la concentración es una función continua, esto sabemos que no es así puesto que el soluto que es lo que nos interesa y el disolvente están constituidos por partículas discretas. La aproximación de continuidad es válida mientras la concentración no sea comparable con la inversa de la constante de Avogadro, entonces entra en juego su carácter discreto, cuantizado y su interpretación debe darse en términos de probabilidad, es decir cuál sería la probabilidad de encontrar una molécula en 1 L de disolución, porque obviamente y por vía de ejemplo, es imposible que en 1 L haya media molécula de soluto. Con menos rigor, pero más intuitivamente, equivale a decir cuántos litros de esa disolución habrá que tomar para tener seguridad de que hay al menos una molécula de soluto.

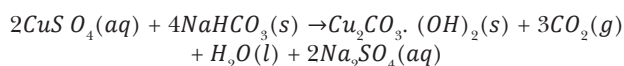
En la referencia [6] se muestra una gráfica (Fig. 7 de la referencia) equivalente a estas que no es correcta o no se ve con claridad y puede llevar a confusión haciendo suponer que el número de moléculas varía de modo lineal.

VOLVEMOS AL EXPERIMENTO BÁSICO DE ESTE TRABAJO

La malaquita es un mineral de color verde azulado que cristaliza en el sistema monoclinico y en general se presenta en formas arracimadas o fibrosas, compactas o terrosas. Su dureza está comprendida entre 3,9 y 4 en la escala de Mohs y su densidad entre 3,5 y 4 g cm⁻³. Químicamente se trata de carbonato básico de cobre (II) (Cu₂CO₃·(OH)₂). Pura contiene un 57,4 % de cobre (puede proponerse a los estudiantes que lo comprueben) y es fácil su reducción por lo que es una buena mena de este metal, pero sobre todo se usa como piedra ornamental por su fácil pulido, no así en joyería por su relativamente baja dureza (recuérdese el “quiosco de malaquita”, uno de los bienes preciados del rey del poema de Rubén Darío). El pigmento que se utilizará es verde malaquita, el cual se produce por reacción del sulfato de cobre(II) con hidrogenocarbonato de sodio. Este pigmento tiene la misma composición que la malaquita natural y no debe confundirse con el color verde malaquita, o verde victoria que es un pigmento artificial de fórmula C₂₃H₂₃N₂Cl₂ perteneciente a la amplia familia de materias colorantes derivadas del trifenilmetano.^[9]

PREPARACIÓN DE LA MALAQUITA

Se partirá del sulfato de cobre (II). La reacción que tiene lugar es:



esta reacción no es tan rápida como parece indicar ^[1], no obstante, si no se requiere excesivo rigor cuantitativo, dejar que transcurran unos minutos después de que cesa el burbujeo antes de filtrar, es suficiente para las cantidades sugeridas.

Se verterá en un vaso de plástico de 200 mL unos 20 mL de disolución de sulfato. Es recomendable un recipiente bastante alto y siempre trabajar con el recipiente dentro de una bandeja con bordes. Se añadirá una cucharada de café de bicarbonato de sodio comercial. Se observará como inmediatamente se produce una intensa eferescencia. Luego la disolución se enturbia y cambia de color. La reacción dura bastante tiempo por lo que puede dejarse apartada y rotulada y continuar con otra preparada con antelación. Un buen ejercicio puede ser que los alumnos escriban la reacción o por lo menos, nombren productos y reactivos y verifiquen que la reacción presentada está igualada. Se observará el color de las aguas madres y se comparará con el de la disolución de sulfato. Se les pre-



Figura 7. Pigmento seco

guntará ¿Ha cambiado? ¿Cómo y por qué? ¿Queda algo de sulfato presente en las aguas madres? ¿Cómo puede comprobarse? En este momento se puede introducir el concepto de *reactivo limitante* y tratar de averiguar cuál ha sido el de esta reacción. También puede sugerirse añadir un poco de bicarbonato a las aguas madre y ver si hay o no burbujeo. La presencia de burbujeo indicará que todavía queda sulfato de cobre sin reaccionar y que por tanto el reactivo limitante es el bicarbonato. El precipitado recogido es el pigmento verde malaquita que convendrá lavar con agua sin sacarlo del filtro ni del embudo. El paso siguiente es el secado. Como es evidente el secado requiere un tiempo del que no se dispone en una clase. Puede recogerse cada filtro debidamente numerado y dejarlo que seque durante unos días hasta una próxima sesión, o utilizar el producto preparado previamente por otro grupo o por el profesor y dejar el preparado propio para otros grupos. Es efectivo secarlo en un horno a menos de 50°C si lo hay en el laboratorio. Una vez seco es conveniente reducir el producto a polvo lo más fino posible, lo ideal es un mortero y macilla de vidrio, pero vale un vasito y una varilla gruesa de vidrio o plástico duro (Fig. 7). Es posible hacer este paso cuantitativo, midiendo las cantidades de bicarbonato, verificando cual es el reactivo limitante y comparar los resultados obtenidos con los esperados para estimar el rendimiento de la reacción, paso que parece oportuno sólo como trabajo voluntario con estudiantes motivados o en segundo de bachillerato.

PREPARACIÓN Y PRUEBA DE LA PINTURA

En tres o cuatro alveolos de una paleta de plástico se depositará una porción de pigmento y se añadirá a cada uno de los pocillos respectivamente unas gotas de goma arábiga, cola blanca, si se desea huevo batido y aceite de linaza, removiendo enérgicamente y añadiendo unas gotas de agua o esencia de trementina según convenga. Si se usa el huevo es conveniente agregar a la mezcla un poco de barniz incoloro al agua, aunque en principio desvirtúa la idea básica. Para las pinturas de agua no es necesario que el pigmento esté bien seco, pero es conveniente. Se puede operar por

grupos con cantidades mayores, pero haciendo que cada grupo trabaje con un solo tipo de pintura, para luego poner en común los resultados. Una vez conseguidas las mezclas uniformes, se tomará un pincel para cada vaso, se pintará una línea en un papel grueso. Se observará y comentará la calidad de lo pintado (brillo, poder cubriente, limpieza del color etc.) y se compararán las distintas pinturas. Conviene dejar secar y en una sesión posterior volver a observar los resultados y si se han conservado las pinturas preparadas pintar encima y ver qué ocurre. Observar los tiempos de secado de las pinturas preparadas es interesante, profundizar en la físico-química del secado dependerá del nivel que se desee alcanzar, pero al menos se deberá formular el ácido linoléico y hacer notar sus insaturaciones.

Para conservar las pinturas se pueden reciclar pequeños tarros de vidrio con tapa en que se envasan raciones individuales de mermelada o de paté vegetal. (Fig. 8).

Notas: Puede ser de utilidad que los estudiantes conozcan algo de la química de las sustancias que se usan; por tanto, a modo de notas recordatorio:

Aceite de linaza. Es un aceite, por tanto, una mezcla de ésteres de ácidos grasos, que se extrae de la semilla del lino (*Linum usitatissimum*). Presenta un alto contenido, del orden de 73% de derivados de ácidos poliinsaturados de la serie del ácido linoléico, (Omega 3 y Omega 6), y además de su utilidad industrial se utiliza

en la industria alimentaria y en medicina, pero debe usarse con las debidas precauciones y nunca utilizar aceites industriales en alimentación. El aceite de cártamo deriva de las semillas del cártamo o alazor (*Carthamus tinctoricus*) contiene ácido linoleico, y presenta utilidades semejantes.

Aceite o esencia de trementina: Se obtiene de la destilación de la resina del pino. Además de sus aplicaciones industriales también tiene aplicaciones médicas, por ejemplo, en medicina popular se empleaba para tratar tópicamente golpes y era un ingrediente principal de un célebre linimento, pero ingerido por vía oral puede ser tóxico. Su composición química depende del tipo de conífera (*Pinus*) del que se ha extraído y de los procesos de destilación a que se ha sometido, por ejemplo, el *P. taeda* y el *P. sabiniana* dan heptano casi puro.

Aguarrás similar o White Spirit: Es un sucedáneo más barato. Se trata de una mezcla de hidrocarburos que se obtiene del petróleo. Su fórmula media es $C_{10}H_{16}$. Ni una ni otra deben verterse en los desagües domésticos porque son contaminantes.

Goma arábiga, también goma de acacia y en industria alimentaria aditivo E-414 es un polisacárido que se obtiene de la secreción de diferentes acacias como la *A. Senegal* (goma del Sudán o de Cordofán). Su composición es variable, aunque contiene D-galactosa, L-arabinosa, L-ramnosa y algunos ácidos derivados como el ácido D-glucorónico o el 4-O-metil-D-ácido glucorónico.^[9]

De las sustancias utilizadas aquellas que tienen utilidad en la alimentación nunca deben consumirse ni probarse si se trata de productos industriales (“de droguería”) como es este caso, y sólo se pueden ingerir si se trata de preparaciones destinadas expreso al consumo humano.



Figura 8. Pigmento, aglutinantes, disolventes y pinturas al óleo, plástica y gouache. En este ejemplo los pigmentos deberían haberse molido más finamente, como se aprecia en las pruebas

INCIDENCIAS Y PRECAUCIONES

Es muy conveniente que se utilicen pinceles diferentes para cada pintura y se debe recordar a los estudiantes que al acabar la sesión deben limpiarlos convenientemente, especialmente el que se ha utilizado para la pintura plástica. Si por error se intenta preparar pintura al óleo con el pigmento húmedo, se puede observar la incompatibilidad agua-grasa y explicarla. Como ya se ha dicho, en ninguna de las experiencias propuestas hay desprendimiento de gases nocivos, y no es imprescindible que los estudiantes calienten nada. En aquellas experiencias descritas más arriba en la que es necesario el calentamiento, gracias a las nuevas tecnologías disponibles (tomavistas digitales, “tablet” etc.) puede ser el profesor quien lo haga con las debidas precauciones, aunque obviamente se empobrece el aspecto de experimentación directa. Tampoco requieren un aparataje especializado, bastan unos vasitos de plástico y unas cucharillas que pueden adquirirse en un bazar. Intencionadamente, para los experimentos que se muestran en el trabajo se ha utilizado mayoritariamente material reciclado o reciclable, lo que reafirma la idea de que la “química está en todas partes”. Tampoco es necesario el laboratorio, pueden ha-

cerse en la propia aula de clase con la única precaución de usar bandejas de plástico también reutilizadas y cubrir las mesas con un papel de periódico. Finalmente pueden mostrarse en actividades en las que los alumnos explican a sus compañeros de otros cursos o a visitantes externos experimentos de química. Una parte de este trabajo fue seleccionado en la pasada edición de Ciencia en Acción. (2016) en el apartado de demostraciones de química Debido a un problema de salud no pudo presentarse.

AGRADECIMIENTO

A la profesora Manuela Martín Sánchez por la paciente lectura crítica de los manuscritos de este trabajo y sus acertadas sugerencias.

REFERENCIAS

- [1] A. C. Gaquere-Parker, N Allie Doles, Cass D. Parker, *J. Chem. Educ.* **2016**, 93(1),152-153.
- [2] A. Horta Zubiaga "Macromoléculas". UNED. Madrid. **1982**, vol. 1, 63-68.
- [3] M. San Andrés, N Sancho, J. M. de la Roja." *An. Quim.* **2010**, 106 (1), 58-65.

- [4] A. J. Criado Portal, L. García Sánchez et alia. *An. Quim.* **2011**, 107 (2), 163-166.
- [5] A. Alonso Barba, *Arte de los metales en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro, y plata por azogue. El modo de fundirlos todos y como se han de refinar, y apartar unos de otros*, Madrid, **1640** pág. 80. Reeditado como facsímil en **1992** por El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Es el que se ha usado).
- [6] F. I. de Prada. *An. Quim.* **2006**, 102 (3), 50-54.
- [7] G. Abellán; L. Rosaleny, J. Carnicer, J. L. Baldoví y A. Gaitariño, *An. Quim.* **2014**, 110 (3) 211-217.
- [8] E. Vitoria, *Prácticas Químicas para Cátedras y Laboratorio*, Miguel Casals editor. Barcelona. **1923**. Entre otras Prácticas 948, 1070. Se trata de un libro antiguo, escrito por un profesor del Instituto químico de Sarriá. Hace un amplio recorrido de la química experimental a lo largo de 1184 prácticas factibles y descritas con minuciosidad, claridad y precisión, acompañadas de preciosas y claras ilustraciones. Algunas de estas experiencias hoy están obsoletas, pero otras no y tienen una indudable utilidad didáctica pese al tiempo transcurrido.
- [9] E. Thorpe, *Enciclopedia de la química industrial*, Editorial Labor. Barcelona **1922**. Entradas correspondientes. Es una enorme enciclopedia en seis gruesos tomos Contiene información exhaustiva pero su lectura debe ser siempre crítica debido al tiempo transcurrido desde su publicación.



XIV SIMPOSIO DE INVESTIGADORES JÓVENES
DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE QUÍMICA
REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE QUÍMICA - SIGMA ALDRICH (MERCK)
BADAJOZ, NOVIEMBRE 2017