

DA TERRA AO LENZO: A CIENCIA DOS PIGMENTOS DO RENACEMENTO

VIDAL VIDAL, ÁNGEL

*Universidade de Santiago de Compostela;
angel.vidal.vidal@usc.es*

Resumo

Ao longo da historia sempre existiu unha estreita relación entre ciencia e arte. A industrialización e o avance da química sen dúbida trouxeron grandes cambios na forma de crear unha obra de arte, dende o incremento de materias dispoñibles ata un afastamento do coñecemento da orixe, composición, preparación e propiedades dos mesmos. Neste proxecto STEAM+H búscase retornar ás orixes da creación artística sintetizando un pigmento no laboratorio como paso previo a fabricar diferentes pinturas destinadas a realizar intervencións artísticas en soportes variados como xeso, papel ou lenzo.

Palabras chave: STEAM+H, laboratorio, Renacemento, pigmentos, malaquita.

1. Introducción

A arte, unha manifestación ancestral e universal da humanidade, evolucionou dende as primitivas pinturas rupestres ata as contemporáneas obras baseadas en NFTs (*Non Fungible Token*) e tecnoloxías dixitais creadas na actualidade. Ao longo da historia, os seres humanos sentiron a imperante necesidade de expresarse a través de diversas formas de creación, establecendo a arte como unha linguaxe que transcende as barreiras da comunicación verbal.

Para crear arte, dende tempos ancestrais os seres humanos empregaron os recursos que a natureza lles ofreceu. Neste contexto creativo, a materia revélase como un compoñente esencial do proceso. De feito, moitos dos elementos da táboa periódica tiveron (e teñen) un papel crucial no desenvolvemento da arte, xa sexa como materia prima, como pigmento, como aglutinante ou como soporte. A química é unha aliada indispensable para os artistas que saben aproveitar as súas propiedades e posibilidades. Cabe destacar que existe unha relación de influencia mutua entre ambas as disciplinas manifestándose no feito de que a evolución das disciplinas artísticas está estreitamente entrelazado co progreso científico e tecnolóxico.

Dentro das diferentes formas que existen á hora de abordar unha obra de arte e profundar na súa comprensión, o coñecemento dos medios técnicos involucrados na súa creación é un elemento

fundamental. Neste contexto, os materiais empregados dannos información sobre o período no que foron creadas, a dispoñibilidade de recursos, a influencia de mecenas que apoiaron economicamente aos artistas ou o grao de innovación nos procedementos.

Os materiais nárannos unha historia que podemos e debemos explorar para lograr comprender en detalle unha obra de arte. Neste proxecto promóvese a visualización da arte dende unha perspectiva técnico-científica manifestando as sinerxías que se establecen entre disciplinas científicas e humanísticas.

2. Motivación

A revolución industrial e o avance da industria química, cambiou radicalmente o proceso de creación dunha obra pictórica. Dende hai anos xa non é necesario buscar o mineral adecuado e moelo para xerar unha *granulometría* idónea para o seu uso como pigmento, como tampouco é preciso fabricar diariamente as pinturas por problemas de conservación. A pesar diso, aínda existen artistas que prefiren fabricar as súas propias pinturas aínda que non sexa unha verdadeira necesidade. Hoxe en día os labores de creación de pinturas limítanse case exclusivamente ao ámbito da investigación científica e desenvolvemento de produto. O avance industrial facilitounos o proceso creativo pero, á súa vez, distanciounos da esencia dos materiais que se poden empregar.

Debido á importancia do binomio ciencia-arte e ao afastados que nos atopamos como sociedade dos procesos de creación de materiais da arte, nesta experiencia de aula trabállase a síntese dun pigmento químico de amplo uso ao longo da historia, e a súa conversión en diferentes tipos de pinturas para realizar deseguido unha intervención artística que nos conecte coas orixes máis remotas dos procesos creativos.

3. Metodoloxía

A metodoloxía STEM e as súas variantes, STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) e STEAM+H, (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics + Humanities) son enfoques educativos interdisciplinarios e integradores que posúen unha gran repercusión na actualidade (García Fuentes et al., 2023; Santillán et al., 2020; Vinicio e Gamboa, 2019) pola súa aplicabilidade dende a educación inicial á universitaria e os resultados que proporcionan no ámbito da mellora das habilidades e competencias dos estudantes (Carmona-Mesa e Villa-Ochoa, 2019; López, Córdoba e Soto, 2020).

O enfoque activo e participativo da metodoloxía STEAM+H favorece que os estudantes se involucren activamente no seu proceso de aprendizaxe (Moreira e Greca, 2003; Sánchez, 2019) aumentando a motivación intrínseca cara ás materias participantes. Así mesmo, promove o desenvolvemento de habilidades duras e brandas, o pensamento crítico ou a resolución de problemas (Brown, 2016), todas elas cruciais para cidadáns do século XXI. Incorporar as artes e humanidades neste enfoque concede aos estudantes a oportunidade de expresar visualmente as súas ideas, estimulando a creatividade e innovación á vez que promove a exploración da identidade cultural e o forxado do sentido de pertenza (Bravo, 2018; Coello et al., 2018).

Trátase dun modelo integral (López, 2019) que aproveita os elementos análogos entre os diferentes ámbitos do coñecemento (Celis e González, 2021) para desterrar a visualización das disciplinas como compartimentos estancos e independentes. A exploración das conexións entre diferentes áreas do saber favorece que os discentes sexan capaces de abordar desafíos complexos.

4. Desenvolvemento

Nun proxecto STEAM+H é moi importante escoller adecuadamente o tema ou fío condutor do proxecto que se realizará e planificalo en detalle. O obxectivo é promover a participación de diferentes áreas de coñecemento harmonizando os diferentes contidos. Neste caso en concreto, escolleuse unha obra de arte como nexo de unión das disciplinas de física e química, arte, historia e valores: “A festa dos deuses” de Giovanni Bellini.

Nesta pintura do século XVI represéntase unha festa que se celebra nun bosque e na que participan ninfas, sátiros e diversos deuses tales como Mercurio, Baco, Xúpiter, Cibeles ou Apolo entre outros. Conta a historia que despois de pasarse un tempo festexando e bebendo, algúns dos participantes están moi cansos, de feito, a ninfa Lotis queda durmida ao bordo dun claro. Príapo deséxa e está a piques de aproveitarse dela mentres dorme. Con todo, no mesmo momento no que lle levanta a bata, o cu de Sileno comeza a ornear moi alto e forte. Este son ocasiona que a ninfa se esperte e empúxeo. Como consecuencia, Príapo non só non consegue os seus perversos obxectivos senón que se converte no ridículo dos deuses. Esta obra mestra da pintura do Renacemento italiano foi unha das cinco que tiña o duque de Ferrara, Alfonso d’Este, na súa galería privada do palacio de Ducal xunto con outras de grandes artistas como Tiziano, Rafael ou Dosso Dossi.

Grazas a esta obra de arte pódense traballar diversos aspectos: históricos, de cultura clásica, valores ou científicos. Neste traballo centrarémonos nestes últimos.

O estudo científico da obra permitiu desvelar a historia oculta que posúe tanto no proceso de creación orixinal coma nas modificacións posteriores que sufriu esta pintura. Entre outra información obtida atópase a grande variedade de pigmentos empregados. Dos 15 pigmentos caracterizados que se mostran na Figura 1, centrarémonos na malaquita, un carbonato básico de cobre de cor verde.



Figura 1. Esquema gráfico no que se mostran os diferentes pigmentos empregados na creación da obra “A festa dos deuses” de Giovanni Bellini. Fonte: elaboración propia a partir da imaxe orixinal (<https://bit.ly/49ojUfz>).

Tradicionalmente o pigmento preparábase a partir do mineral do mesmo nome. Para iso era preciso moelo, lavallo e levigar a materia prima. Co paso do tempo apareceron diversos métodos moi sinxelos para a súa preparación no laboratorio. É precisamente o tema da síntese do pigmento e da fabricación de diferentes pinturas o que trataremos a continuación.

4.1. Síntese do pigmento

O proceso de fabricación de diferentes pinturas comeza coa síntese do pigmento malaquita ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$), responsable da cor das túnicas verdes de Mercurio, Neptuno e parte da de Príapo (Figura 2).



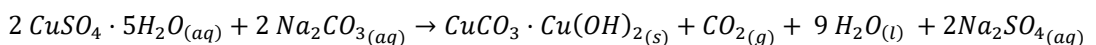
Figura 2. Detalle das túnicas dos deuses nas que se empregou malaquita como pigmento. A) Mercurio, B) Neptuno e C) Príapo. Fonte: imaxe tomada de: <https://bit.ly/49ojUfz>.

Para promover a maior aplicabilidade posible independentemente da dotación de espazos, materiais e recursos, seleccionouse un proceso de síntese química baseado no emprego de materiais cotiáns ou facilmente adquiribles por pouco prezo. Estes compostos son de baixo risco para evitar a necesidade de equipamentos especiais.

En función dos reactivos, das condicións de reacción e de se se deixa envellecer o pigmento antes de illalo ou non, pódense obter no laboratorio malaquitas sintéticas con tonalidades máis verdosas ou máis azuladas. Ao ser a malaquita ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) un carbonato básico de cobre, para a súa obtención requírese:

- **Unha fonte de cobre:** adoita empregarse ou ben sulfato de cobre pentahidratado (un composto de gran aplicación en diferentes ámbitos da vida cotiá) ou nitrato de cobre.
- **Unha fonte de carbonato:** son reactivos comúns o carbonato de sodio, o bicarbonato de sodio ou o carbonato de calcio.

Neste caso, realizarase a reacción entre unha disolución de sulfato de cobre pentahidratado (12,4 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en 50 mL de auga destilada) e unha disolución de carbonato de sodio (5,8 g de Na_2CO_3 en 50 mL de auga destilada). A ecuación química que rexe o proceso de síntese vén dada por:



Para preparalo engádesse a disolución de sulfato de cobre a un vaso de precipitados de 150 mL. Baixo axitación constante (manual ou cun axitador magnético) imos agregando aos poucos a disolución de carbonato de sodio (de forma manual ou deixando gotear moi lentamente a disolución sobre o vaso de precipitados con axuda dunha bureta). A medida que se engade este segundo reactivo observaranse dous fenómenos. En primeiro lugar apreciarase o aumento da viscosidade da mestura reactiva debido á aparición dun sólido en suspensión. Por outra banda, formarase dióxido de carbono, burbullando dito gas no vaso de precipitados e formando unha escuma que desaparece baixo axitación.

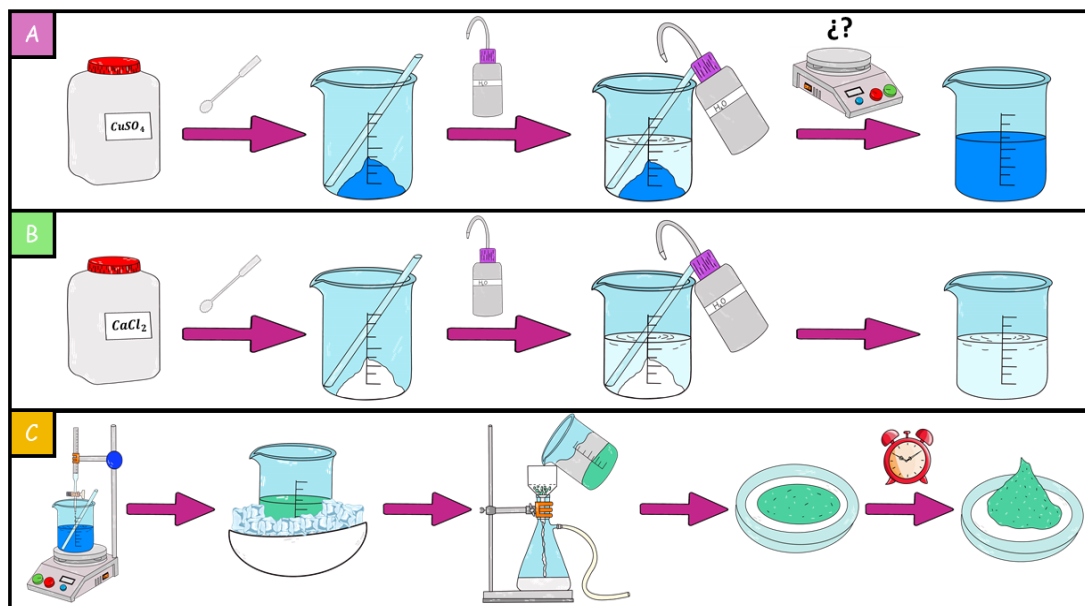


Figura 3. Esquema gráfico que resume o procedemento de síntese química do pigmento malaquita. Fonte: elaboración propia.

É moi importante axitar constantemente a mestura reactiva para promover que ambas disolucións entren en contacto. Aínda que *a priori* poida parecer trivial, ao aumentar a viscosidade do medio, é preciso revolver enerxicamente para lograr unha mestura homoxénea. Adicionalmente, cabe destacar que a adición da disolución de carbonato de sodio debe ser lenta porque o aumento da viscosidade en conxunto coa liberación dun gas pode promover que perdamos parte do pigmento ao exceder por fóra do vaso de precipitados por culpa do burbullado. Trátase dunha mestura que dependendo da superficie na que caia pode ser complexa a súa limpeza (é un pigmento), por iso recoméndase a adición pausada e realizar o experimento sobre unha superficie protexida por un papel refugable.

Considérase que a reacción está finalizada cando á hora de engadir disolución do carbonato de sodio non se aprecia liberación adicional de dióxido de carbono. Neste momento detense a axitación e déixase a mestura reactiva nun baño de auga-xeo polo menos 30 minutos. O precipitado de malaquita sintética é insoluble en auga polo que transcorrido este tempo pódese illar por filtración. Debido á viscosidade da mestura reactiva recoméndase filtrar a baleiro empregando un matraz Kitasato e un embudo Büchner cun papel de filtro de diámetro adecuado. O pigmento lávase un par de veces con auga fría e retírase do embudo transferindo tanto o pigmento coma o papel a un vidro de reloxo. Déixase secando a temperatura ambiente o tempo

necesario ata que se forme un po fino. Na Figura 3 móstrase un esquema gráfico que resume o procedemento de síntese e illamento do pigmento empregado para fabricar diferentes pinturas.

4.1.1. *Que debemos ter en conta?*

Adicionalmente podemos asegurarnos de que se completou a reacción engadindo máis disolución de carbonato ás augas de filtrado cando se illa o pigmento. Se non se observa a aparición de novo precipitado a reacción foi completa. Isto é de especial importancia se queremos calcular o rendemento da reacción.

O proceso de secado do pigmento pode estenderse ata unha semana dependendo das condicións ambientais. Durante o paso dos días debe disgregarse o pigmento cunha culler-espátula para promover o seu secado. Baixo ningún concepto débese caer na tentación de poñer a secar o pigmento nunha estufa para acelerar o proceso xa que se pode formar óxido de cobre de cor negra que estragaría o noso pigmento.

A reacción pode realizarse con montaxes máis ou menos sofisticadas en función do material dispoñible e a destreza do alumnado. Unha variante moi sinxela que se realiza a temperatura ambiente baséase en facer a reacción nunha bolsa de conxelación que teña peche hermético. Desta maneira pódese axitar facilmente a mestura reactiva coas mans coma se estivésemos amasando.

4.2. *Fabricación de diferentes pinturas*

Unha vez que se dispón do pigmento seco, o primeiro paso para a fabricación de diferentes pinturas é garantir que a mostra teña unha *granulometría* o máis uniforme posible. Para xerar unha pintura facilmente extensible e que produza unha capa pictórica uniforme, canto máis finamente moído se atope o pigmento mellores serán os resultados. Para este fin propónse a homoxeneización nun morteiro, tentando machucar o sólido para reducir o máximo posible o tamaño de partícula. Este proceso será sinxelo se a mostra está adecuadamente seca. En caso contrario, no proceso de moenda xerarase unha pasta que será difícil de despegar das paredes do morteiro. Debemos evitar levantar po no proceso de moído e recoméndase realizalo con máscara para non aspiraralo.

Unha vez que temos o pigmento en po, para fabricar as pinturas teremos que mesturalo cun aglutinante, substancia que será diferente en función de se queremos crear acuarela, óleo ou ténpera ao ovo.

- **Fabricación de acuarela:** para esta pintura emprégase como aglutinante a goma arábica, unha resina procedente da acacia que é soluble en auga. Preséntase comercialmente de dúas formas, a preparada lista para usar que se atopa en estado líquido ou ben a versión en po ou anacos sólidos que se debe elaborar. Se se opta por variante sólida, realízase unha mestura goma arábica-auga en proporción 1:2 e quéntase ao baño María ata a súa completa disolución. Cando a mestura arrefréc conséguese un líquido espeso que se debe mesturar co pigmento ata conseguir a textura desexada. A proporción máis convencional son dúas partes de aglutinante por cada unha de pigmento. As cantidades definitivas dependen do pigmento a empregar e a textura que o artista desexe conseguir. As acuarelas fabricadas pódense empregar ao momento ou ben colocar nun *godet* e deixalas secar para formar unha pastilla sólida soluble en auga como as acuarelas escolares.
- **Fabricación de óleo:** o aglutinante é aceite de liñaza. Para fabricar a pintura ponse a cantidade de pigmento que desexemos nun pequeno montículo e imos engadindo cun contagotas pequenas cantidades de aceite ata lograr que non quede pigmento solto. Esa

mestura inicial previsiblemente terá grumos polo que se debe traballar o pigmento ata conseguir unha textura fina. Isto pódese realizar cunha peza de vidro con mango sobre un vidro plano ou cun morteiro de vidro. Recoméndase traballar a pintura en pequenas cantidades no canto de toda á vez.

- **Fabricación de témpera ao ovo:** emprégase como aglutinante unha emulsión de xema de ovo e auga. Para crear o aglutinante comézase separando a xema dun ovo da clara. Posteriormente retírase a membrana vitelina, é dicir, a cuberta transparente que rodea a xema e quedará o seu contido listo para usarse. A proporción necesaria para a pintura é 1,0 mL de auga e entre 1,0 mL e 1,5 mL de xema por cada gramo de pigmento. A cantidade variable de xema indicada axústase segundo a textura que desexemos da pintura. A consistencia debe ser similar á da maionesa.

Coas pinturas fabricadas propónse realizar algún tipo de intervención artística explorando a aplicación das mesmas sobre diferentes soportes como papel, xeso ou lenzo.

5. Conceptos involucrados

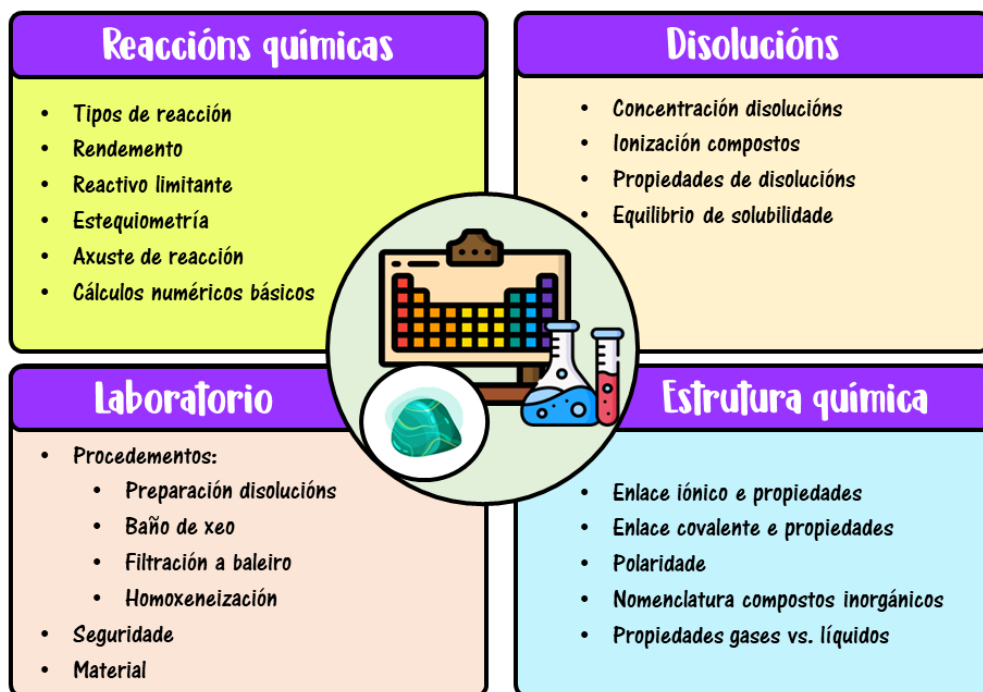


Figura 4. Selección de contidos involucrados na secuencia de ensino-aprendizaxe mostrada. Fonte: elaboración propia.

A realización da síntese dun pigmento con uso histórico na arte e posterior fabricación de pinturas permite tratar diferentes contidos do currículo de física e química. Algúns deles recóllense na Figura 4.

6. Conclusións

Os proxectos interdisciplinarios baseados no enfoque metodolóxico STEAM+H son unha excelente forma de achegar a ciencia ao alumnado e motivalo. O uso dunha obra de arte como fio

condutor permitiu realizar unha secuencia de traballo completa que involucra dende a síntese dun pigmento histórico e a fabricación de diferentes pinturas ata a súa aplicación en diferentes soportes para crear un produto artístico. A combinación entre arte e ciencia mostrada neste traballo permite romper as barreiras que tradicionalmente existen entre ciencias e humanidades, á vez que se demostra que o coñecemento na vida real non opera en compartimentos estancos. O alumnado constata ao realizar este proxecto que para ter unha visión completa da realidade que o rodea hai que combinar diferentes puntos de vista e establecer sinerxías entre campos de coñecemento aparentemente afastados ou sen relación.

7. Referencias

- Bravo, E. A. (2018). De STEM a STEAM: mucho más que la interacción del arte y la ciencia. www.educaweb.com. <https://bit.ly/30c195P>
- Brown, J. (2016). The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education*, 17(4), 52–56. <https://bit.ly/3rN3jkF>
- Carmona-Mesa, J. e Villa-Ochoa, J. (2019). Formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM. En, E. Serna (Ed.), *Revolución en la formación y la capacitación para el siglo XXI* (pp. 483-492). Instituto Antioqueño de Investigación. <https://bit.ly/47axzWY>
- Celis, D., e González, R. (2021). Aporte de la metodología Steam en los procesos curriculares. *Revista Boletín Redipe*, 10(8), 279–302. <https://doi.org/kkpb>
- Coello, S., Crespo, T., Hidalgo, J., e Díaz, D. (2018). El modelo STEM como recurso metodológico didáctico para construir el conocimiento científico crítico de estudiantes de Física. *Latin American Journal of Physics Education*, 12(2), 6, 2306-1 - 2306-8. <https://bit.ly/44Z1ob8>
- García Fuentes, O., Raposo Rivas, M., e Martínez Figueira, M. E. (2023). El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura. *Revista Complutense de Educación*, 34(1), 191-202. <https://doi.org/kkpc>
- López, M. (2019). Implementación y articulación del STEAM como proyecto institucional. *Latin American Journal of Science Education*, 6 (12084), s/p. <https://bit.ly/30AjBp1>
- López, M., Córdoba, C. e Soto, J. (2020). Educación STEM/STEAM: Modelos de implementación, estrategias didácticas y ambientes de aprendizaje que potencian las habilidades para el siglo XXI. *Latin American Journal of Science Education*, 7 (12002), s/p. <https://bit.ly/3Dza9gi>
- Moreira M. e Greca, I. (2003). Cambio Conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo. *Ciência & Educação*, 9 (2), 301-315. <https://doi.org/b6t2hz>
- Sánchez, E. (2019). La educación STEAM y la cultura Maker. *Padres y maestros*, 379, 45-51. <https://doi.org/kmq4>
- Santillán, P., Jaramillo, E., Santos, R., e Cadena, V. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Polo Del Conocimiento*, 5(08), 467–492. <https://bit.ly/3K4Zf5J>
- Vinicio, M., e Gamboa, L. (2019). Implementación y articulación del STEAM como proyecto institucional. *Latin American Journal of Science Education*, 6 (12034), s/p. <https://bit.ly/47a40op>