



La Fragua. Ejemplo transversal de química, música y artes plásticas

Reynaldo Fernández Manzano¹ y Eva Luz Fernández Barbosa²

Recepción: 2020-03-27
Aceptación: 2020-07-14

Resumen

Dentro de las actividades pedagógicas transversales que se pueden realizar entre diferentes materias en este caso nos centramos en relacionar la química con la música, el arte y la historia, a través del ejemplo de la fragua.

Destinado a los profesores para que después ellos adapten los contenidos según el nivel de sus estudiantes. Se analizarán los siguientes apartados: 1. Metodología y aspectos pedagógicos, 2. Los ritos de los herreros de la Prehistoria, 3. La fragua en la construcción de los inicios de la teoría musical, 4. La fragua fuente de inspiración musical, 5. La fragua en el flamenco: “El Martinete” y 6. Epílogo. La fragua en Velázquez.

Palabras clave

Acero; carbón; carbono; cíclopes; fuego; fragua; hierro; martillo; oxidación; oxígeno; Pitágoras; prehistoria; Rafael Sanzio; teoría musica.

Example of transversal application of chemistry, music and fine arts

Abstract

There are many transversal pedagogical activities which allow to relate different subjects. This article is focused on relating chemistry to music, art and history through the example of the forge.

This work is aimed at teachers, who later will be able to adapt the content according to the level of their students. The topics analyzed are as follows: 1. Methodology and pedagogical aspects, 2. The rites of the blacksmiths during the Prehistory, 3. The forge in construction in the early days of music theory, 4. The forge as a source of musical inspiration, 5. The forge in flamenco: “El Martinete” and 6. Epilogue. The forge in Velázquez’s art.

Keywords

Steel; Coal; carbon; cyclops; fire; forge; iron; hammer; oxidation; oxygen; Pythagoras; prehistory; Rafael Sanzio; musical theory

¹ Doctor en Historia Medieval por la Universidad de Granada, ha sido Director General de Instituciones del Patrimonio de la Junta de Andalucía, Director General del Patronato de la Alhambra y Generalife, Director del Centro de Documentación Musical de Andalucía, Vicepresidente del Centro de Estudios Bizantinos, Neogriegos y Chipriotas de la Universidad de Granada. Autor de numerosas publicaciones, comisariado de exposiciones y premios internacionales. Universidad Internacional de Andalucía, España. Correo: reynaldofm3@gmail.com

² Graduada en Química por la Universidad de Granada. Máster en formación del profesorado en física y química. Estudios musicales, organista ayudante en la iglesia de San Pedro y San Pablo de Granada, ha dado diversos conciertos pedagógicos de órgano. Investigadora. España. Correo: evaneka@hotmail.com

Metodología y aspectos pedagógicos

Se trata de relacionar conocimientos de la química con las letras: cultura, mitos, música y artes plásticas.

La fragua y el trabajo de la herrería nos permite afrontar el tema desde la educación secundaria pasando por bachillerato, formación profesional hasta llegar a los estudios universitarios. El profesor podrá adaptar la profundidad de los contenidos al nivel donde se aplique. El alumno tendrá que tener, como mínimo, unos conocimientos básicos de constitución de la materia, átomos, moléculas, enlaces y reacciones químicas.

También la fragua nos permite realizar diversos análisis químicos con diversos grados de complejidad. Por una parte los materiales y su obtención. El hierro procedente de meteoritos. El hierro de minerales terrestres, su extracción y purificación.

La búsqueda de un combustible de un poder calorífico superior al que proporciona la madera: el carbón. Sus diferentes tipologías.

Así, el carbón mineral, se origina por la descomposición de vegetales terrestres que se acumulan en zonas pantanosas, lagunas o marinas, de poca profundidad, con una degradación por bacterias anaerobias, clasificándose en turba, lignito, hulla y antracita.

Se puede estudiar la obtención del carbón vegetal mediante la combustión anaeróbica de la madera, reacción llamada pirólisis.

Las piedras de afilar y sus diferentes tipos, en el caso de armas.

Por otra parte las reacciones químicas de la fragua. La reacción química exotérmica del fuego, la combustión. Reacción redox. La energía de activación y poder calorífico del combustible. El tetraedro del fuego, y las reacciones en cadena.

Las reacciones químicas en la fragua entre el hierro, el oxígeno y los radicales libres del hidrógeno y carbono, fundamentalmente, llamado proceso de carbonización. El diagrama de hierro-carbono y diferentes tipos de acero y de estructuras cristalinas.

El proceso de templado con agua de forma tradicional o con aceites en la actualidad, diferencias en el proceso.

A lo que el profesor puede añadir los ejemplos culturales y mitológicos que se ofrecen, los fragmentos musicales, la posible visita a un museo, real o virtual, detectando representaciones míticas de fraguas, así como elementos y objetos fabricados en la herrería y representados en las artes plásticas, todo lo cual forma un conjunto de propuestas y actividades interdisciplinarias para el alumnado entre química, técnica y arte.

Los ritos de los herreros de la Prehistoria

El filósofo Eliade, M. (1956) se remonta a los orígenes de la alquimia con los herreros de la Prehistoria proponiendo una interpretación mitológica, partiendo de la relación ritual y sagrada del hombre primitivo con los metales. En estos ritos la música y los cánticos tendrían un lugar destacado.

El primer hierro utilizado fue el procedente de meteoritos. Bajado del cielo y entregado a los mortales como regalo de los dioses. Era más caro que el oro y su escasez hacía que fuera un elemento raro y de lujo, usado de forma ritual.

El hierro terrestre supuso conseguir fundir minerales como la magnetita (óxido ferroso-diférrico $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$) o la hematita (óxido férrico Fe_2O_3), con lo que entramos en la Edad de Hierro (siglo XII a. C. y último periodo de la prehistoria). La fragua era el hogar del fuego que se avivaba haciéndole pasar una corriente de aire con un fuelle.

El fuego es una fuerte reacción química de oxidación en un proceso exotérmico, que desprende energía en forma de calor. Fue Antoine Laurent Lavoisier en 1780 quién desarrolló la teoría de la combustión basada en el oxígeno.

El oxígeno del aire O_2 es el principal comburente (agente oxidante). Este comburente interviene en la combustión oxidando a un combustible (agente reductor) en cualquier estado de agregación que se encuentre. Este proceso lo realiza tomando electrones del combustible que reduce al oxidante (O_2) a través de la entrega de electrones. Todo compuesto que consista principalmente en carbono e hidrógeno puede ser oxidado. En la fragua intervienen el combustible (carbón), el comburente (O_2), la temperatura de ignición, una reacción en cadena, la intervención de radicales libres consideradas especies activas como el hidrógeno y el carbono.

No solo fue el descubrimiento de la fragua y del carbón para conseguir elevadas temperaturas, también la técnica de endurecimiento del metal llevado al rojo blanco y el trabajo de la forja y la fuerza del herrero. En el hogar del fuego se producen diversas reacciones químicas, la combustión del carbón proporciona al hierro elevadas temperaturas, entre 900 y 1.400 °C. El hierro cambia su estructura cristalina y coloración, absorbiendo átomos de carbono (proceso de carbonización). La mezcla de hierro y carbono se llama acero y es más resistente, con un contenido de carbono inferior al 2% pero suficiente. La pieza se golpea en el yunque para modelarla y conseguir una uniformidad en su composición y estructura y para que no queden fisuras ni puntos frágiles. En el golpeado el herrero comprueba las propiedades mecánicas de la pieza. Finalmente el baño de agua o aceite. El agua se utilizó tradicionalmente, actualmente se emplean diversos aceites, la

pieza debe ser enfriada con rapidez para que no pierda su modelado. Por último, con diversas piedras se afilan, en el caso de armas, espadas, cuchillos o hachas.

Todo esto llevaba una ideología y ritos importantes. El herrero acelera los procesos de la naturaleza. Las piedras, según este pensamiento primitivo, evolucionan y se van transformando. Para ello necesita realizar sacrificios, primero humanos, después de animales, que permiten, junto a recitaciones y cánticos, que el proceso pueda producirse. Rito, alquimia y música en el origen de la civilización permitió asentar una cultura sedentaria basada en la agricultura y la guerra, para defender el territorio y para poder ampliarlo.

En la mitología griega el Etna era el volcán en cuyo interior estaba la fragua de Hefestos al que ayudaban cíclopes y gigantes. El fuego ardía constantemente en los templos griegos y romanos y existía el Colegio de las Vestales cuya misión era mantener el fuego sagrado. Vulcano será el dios romano del fuego y la fragua asimilándose al dios griego Hefestos.

En la cultura Azteca, Tezcatlipoca es el creador del fuego, aunque el dios del fuego es Huehuetéotl, representado como un viejo arrugado, barbado y

desdentado, con un gran brasero en la cabeza. Se dice que la serpiente de fuego era su disfraz. En el periodo mesoamericano comienzan a utilizarse ciertos metales, oro, plata y cobre. Otros, como el hierro forjado, se utilizarán a partir de la colonización.



Imagen 1. Vulcano y los cíclopes trabajando. Pompeya (s. I d.C.), Museo Arqueológico de Nápoles.

La fragua en la construcción de los inicios de la teoría musical

La leyenda que cuenta Nicómaco (s. II d.C.), en su *Enchiridion harmonices*, de que Pitágoras (569-475 a. C.) al pasar junto a una herrería, al oír el sonido de los distintos martillos golpeando en el yunque el hierro, descubrió las proporciones de las armonías musicales, se repitió durante toda la Edad Media y esas proporciones, en realidad realizadas sobre la longitud de una cuerda en el monocordio, fueron representadas en la pintura, escultura y arquitectura del Renacimiento y la Edad Moderna. Mencionar a este respecto la *Escuela de Atenas*, de Rafael Sanzio, situada en la Estancia de la Signatura del Vaticano, donde representa a todos los sabios de la antigüedad y el medievo, incluida la de la filósofa y primera mujer matemática de la que tenemos noticia Hipatia (s. V), cabeza de la escuela neoplatónica de Alejandría; a Averroes (s. XII), filósofo, matemático y médico de al-Andalus. Retratando a personajes de su época en las figuras de los grandes pensadores, así -entre otros- Platón es Leonardo da Vinci, Heráclito es Miguel Ángel, y no podía faltar Pitágoras, en el ángulo izquierdo, mostrando su tabla con las consonancias de octava, quinta y cuarta.



Imagen 2. Rafael Sanzio: La Escuela de Atenas (1508-11), Estancia de la Signatura, Vaticano.

La fragua fuente de inspiración musical

Estos mitos de los herreros de la prehistoria y la antigüedad, de su fuerza y destreza, de su carácter de demiurgos, se mantiene en el imaginario colectivo a través del tiempo. Podemos citar algunos ejemplos ilustrativos de como la fragua y el sonido del yunque y el martillo son motivo de inspiración musical, como el que aparece en el *Coro de gitanos* de *Il Trovatore* de Giuseppe Verdi estrenado en 1836 y publicado en 1852, que comienza así (traducción):

¡Al trabajo! ¡Al trabajo!

¡Golpea, martillea!

¡Quién embellece los días del gitano?

¿Quién embellece los días del gitano?

¿Quién, quién, quién, embellece los días?

¿Quién embellece los días del gitano?

¡La gitanilla!

Wagner también incorpora estos sonidos de la fragua en la tercera ópera de *El anillo de los nibelungos*, *Sigfrido*, estrenada en 1876. En el Acto I, Mime, hermano de Alberich, se encuentra forjando una espada dentro de su cueva en el bosque. Mime necesita forjar una espada para Sigfrido para que pueda acabar con el dragón Fafner que guarda el anillo. Sigfrido rompe la espada, después matará a Mime y decidirá forjar él mismo su espada con la que finalmente romperá el yunque.

Manuel de Falla en 1905 estrena en Niza *La vida breve*, con texto de Carlos Fernández Shaw, y comienza con una fragua y el coro de hombres que canta con la llamada al trabajo como lo hace Verdi:

Ande la tarea, que hay que trabajar...

Mal haya el hombre, mal haya,

que nace con negro sino.

Mal haya quién nace yunque

en vez de nacer martillo.

Después se repetirá por una voz sola masculina.

La Biblioteca Nacional de España conserva el manuscrito de la partitura de Ruperto Chapí: *La fragua de Vulcano* (1906?).

En 1926 tenemos dos zarzuelas, la del catalán Rafael Martínez Valls: *Cançó d'Amor i de Guerra*, cuyo protagonista es un herrero, y en el fragmento *El Forjador* aparece el sonido del martillo y el yunque. También la zarzuela: *El Huésped del Sevillano*, de Jacinto Guerrero y libreto de Juan Ignacio Luca de Tena, en la pieza *La forja*.

Actualmente, en 2014, el compositor alicantino Oscar Navarro compone la suite para orquesta sinfónica: *El Olimpo de los Dioses*, dedicando el n.º VI a “Hefesto” *Dios del fuego y de la fragua*, con estos característicos sonidos.

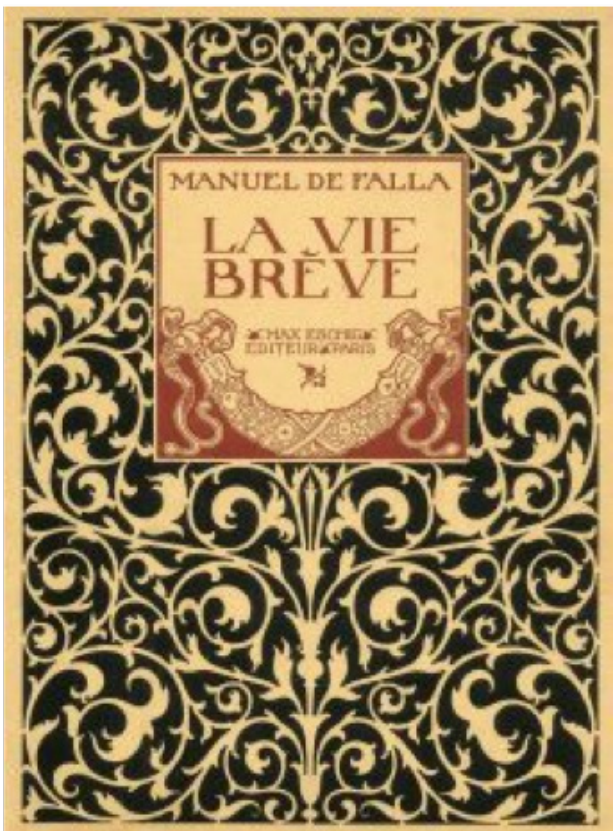


Imagen 3. Manuel de Falla.
Portada de la partitura de *La vie brève*.

La fragua en el flamenco: “El Martinete”

Finalmente destacar el palo flamenco del *martinete*, con los cantes de la fragua.

Se denominaba así al martillo pilón que golpea los lingotes metálicos antes de darle su forma definitiva; y en plural a los dos fuelles gemelos. Según José Blas Vega y Manel Rios Ruiz (1988) es un cante con copla generalmente de cuatro versos octosílabos (romance), que se considera una modalidad de la toná. Cante sin acompañamiento instrumental, solo el martillo golpeando el yunque marcando el ritmo. En ocasiones suele iniciarse con un onomatopéyico tran-tran, remedando el sonido del martillo sobre el yunque. De ritmo libre y en modo mayor con alusiones al modo frigio andaluz.

Antonio Fernández Moreno “Talismán” (1958) definía así el martinete:

padre del cante, bronco y duro como el hierro, y que no sale sino a golpes, cada vez más fuertes, más sostenidos, de voz y de lamento. Llanto seco, gemido sin lágrimas, que la pasión que se dice es áspera como un cilicio, en el alma y en la garganta, y pide experiencia y aguante, de veteranos y recios “cantaos”.

En el importante *Concurso de Cante Jondo* de 1922 organizado por Manuel de Falla y Federico García Lorca en Granada se incluyó el Martinete como uno de los palos a cantar.

Epílogo: la fragua en Velázquez

Desde el punto de vista de las artes plásticas la profesora Gallego, M. (2016) ha desarrollado una interesante actividad en el Instituto Isaac Peral de Torrejón de Ardoz, Madrid, sobre el cuadro de Velázquez: *La fragua de Vulcano*, de 1639, para explicar a los alumnos de la Educación Secundaria Obligatoria de física y química la propagación de la luz, las palancas de 1^{er}, 2 y 3^{er} género y la química del templeado del hierro en la fragua. La visita a Museos puede completar estas actividades pedagógicas, donde siempre será fácil encontrar alusiones a la fragua o a los dioses del fuego.



Imagen 4. Velázquez: *La fragua de Vulcano* (1639). Museo del Prado (Madrid).

Bibliografía

Álvarez Reverte, Santiago (2007). La música de los elementos, en *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, n.º 2, 54, consultada en mayo, 3, 2020, en la URL: https://www.researchgate.net/publication/28209089_La_musica_de_los_elementos

Blas Vega, José y Ríos Ruiz, Manuel (1988). *Diccionario enciclopédico ilustrado del Flamenco*, 2 vols. Madrid, Editorial Cinterco.

- Bluecher, M. [dir.] (1958). *Enciclopedia de química industrial*, Madrid, versión de la 18ª edición alemana, traducida al castellano. XI + 1406 pp.
- Eliade, M. (1959). *Forgerons et Alchimistes*, París, [trad. castellana, *Herreros y alquimistas*. Madrid, Taurus.
- Fernández Moreno, Antonio [Talismán] (1958). *Teoría del Cante Jondo, del alma y misterio de Andalucía*, Granada. *A Theory of the Flamenco song, of the soul and mystery of Andalusia*, Granada, Ediciones Anel, 1974, consultada en mayo, 3, 2020, en la URL <http://www.bibliotecavirtualdeandalucia.es/catalogo/es/consulta/registro.cmd?id=1043093>
- Gallego, Mercedes (2016) IES Isaac Peral, Torrejón de Ardoz. Física y química y un poco de historia, arte y mitología en la fragua de Vulcano, *IV Encuentro entre el profesorado, Museo del Prado*, Madrid, consultada en mayo, 10, 2020, en la URL <https://www.museodelprado.es/actualidad/multimedia/fisica-y-quimica-y-un-poco-de-historia-arte-y/6a54a366-2367-4b11-9ca0-00d74cc363de#>
consultada en mayo, 10, 2020, en la URL <https://content.cdnprado.net/doclinks/pdf/aprende/educacion/fp/iv-encuentro/mercedes-gallego.pdf>
- Kirk, Raymond E. [dir.] (1961-1966). *Enciclopedia de tecnología química*, 16 v. México [D. F.]: Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana.

Ilustraciones

- Falla, Manuel de (1905). *La vida breve*, Teatro Real, Dir. García Navarro, Madrid, 1997, consultada en mayo, 10, 2020, en la URL <https://www.youtube.com/watch?v=81CQrXOhDbw>
- Guerrero, Jacinto (1926). *El Huésped del Sevillano, en la fuente, la forja*, Orfeón baracaldes, 2010, [1:27], consultada en mayo, 10, 2020, en la URL <https://www.youtube.com/watch?v=pQFkqlywhQg>
- Martínez Valls, Rafael (1926). *Cançó d'Amor i de Guerra II: Cançó del Forjador*, Coro Harmonia Calellenc, Orquesta Filharmònica de Catalunya, Albert Deprius, tenor solista, consultada en mayo, 10, 2020, en la URL <https://www.youtube.com/watch?v=xcF3UN5yTTs>
- Navarro, Oscar (2014). *El Olimpo de los Dioses. VI Hefesto*, Banda Sinfónica Municipal de Madrid. Dir. Oscar Navarro, 2016, consultada en mayo, 10, 2020, en la URL <https://www.youtube.com/watch?v=QqtZLUHQW2Y>
- Verdi, Giuseppe (1836). *Il Trovatore, Coro de Gitanos*. Teatro Argentino de La Plata. Coro Estable, Dir. Miguel Martínez. Orquesta Estable, Dir: Carlos Vieu, 2009, consultada en mayo, 10, 2020, en la URL <https://www.youtube.com/watch?v=KnNOSCRCrIU>
- Wagner, Richard (1876). *Siegfried*. Adam Fischer /Viena State Opera, 2016. [7:58], consultada en mayo, 10, 2020, en la URL <https://www.youtube.com/watch?v=xlCtT5zSs2M>