



Ciencia y arte se encuentran: el caso del telescopio de Galileo

Science meets art: the case of Galileo's telescope

Margarita Ana Vázquez Manassero

Departamento de Historia del Arte, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España
mavazquez@geo.uned.es

Ángel Vázquez Alonso

Centro de Estudios de Posgrado, Universidad de las Islas Baleares, Palma, España
angel.vazquez@uib.es

RESUMEN • Se plantea un enfoque interdisciplinar para la enseñanza de las ciencias basado en la historia de la ciencia y la historia del arte. El enfoque es innovador, pues recupera la historia de la ciencia para el aprendizaje, y se complementa con productos del arte, cuya accesibilidad y fácil comprensión amplifican la atracción y motivación de los estudiantes. Integrando ciencias y humanidades, ya que historia y arte son también materias escolares, este enfoque interdisciplinar propone una enseñanza de ciencias humanística. Este enfoque se contextualiza con el caso del telescopio de Galileo, que aporta cuestiones adicionales de naturaleza de la ciencia y tecnología (nacimiento de la ciencia), las relaciones ciencia-tecnología (instrumentación científica) y las relaciones generales de ciencia y tecnología con la sociedad (arte). A modo de ejemplo, se elabora una propuesta didáctica global para el caso.

PALABRAS CLAVE: enseñanza interdisciplinar; historia de la ciencia; historia del arte; naturaleza de la ciencia y la tecnología; telescopio de Galileo.

ABSTRACT • An interdisciplinary approach for teaching science based on the history of science and history of art is proposed. The approach is innovative, as it traces the history of science for learning, and is complemented by products of art, whose accessibility and understanding amplify the attraction and motivation for students. As history and art are also school subjects, science teaching is approached by an interdisciplinary humanistic view through integrating science and humanities. The approach is contextualized with the case of Galileo's telescope, which provides additional issues on nature of science and technology, the relationships between science and technology (scientific instruments) and the general relations of science and technology with society (art). As an example, a global educational proposal for the case is developed.

KEYWORDS: interdisciplinary teaching; history of science; history of art; nature of science and technology; Galileo's telescope.

Recepción: octubre 2016 • Aceptación: abril 2017 • Publicación: noviembre 2017

Vázquez Manassero, M. A., Vázquez Alonso, A., (2017) Ciencia y arte se encuentran: el caso del telescopio de Galileo. *Enseñanza de las Ciencias*, 35.3, pp. 195-215

INTRODUCCIÓN

Desde la perspectiva de la investigación didáctica en historia, sociología y filosofía de la ciencia, la inclusión de la historia de la ciencia (HdC) como contenido en la enseñanza de la ciencia ha sido defendida hace muchos años, llegando a elaborar y acumular numerosas y sólidas razones para justificar el uso de la HdC en el aula de ciencias (Dass, 2005; Klopfer, 1963).

A pesar de esta acumulación de razones, los desarrollos curriculares actuales contienen escasas referencias a la HdC (y los libros de texto y materiales didácticos todavía menos), con lo cual, la importancia real de la HdC como instrumento de enseñanza y aprendizaje en el aula de ciencias es menor, frente al extendido lugar común de conocimientos científicos en sus formas finales, esto es, acabados, dogmáticos, ahistóricos y aproblemáticos, como los presentan usualmente los libros de texto, listos para ser aprendidos por los estudiantes (aprendizajes mayoritariamente de forma memorística, debido a su dificultad cognitiva). Por otro lado, cuando el aprendizaje va más allá de la pura memorización y se alcanza alguna pequeña isla de comprensión, está huérfana del contexto histórico en el cual los conocimientos fueron contingentemente creados como respuesta a problemas concretos, debido a la ausencia de ningún rasgo de HdC en los contenidos, y todo ello a pesar de que la contingencia histórica es un rasgo común y compartido por todos los conocimientos científicos. En suma, la exclusiva focalización curricular sobre los conceptos y procesos ha borrado la historia de los currículos científicos escolares, que es uno de los defectos capitales arrastrado desde hace años por la enseñanza de la ciencia; la consecuencia sobre el aprendizaje de los estudiantes es una pavorosa distorsión de la imagen de la ciencia, constituida principalmente por concepciones ingenuamente positivistas sobre la naturaleza de la ciencia y tecnología –NdCyT– (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000).

Este artículo pretende recuperar la HdC para la enseñanza innovadora de las ciencias, de manera que la haga más atractiva y motivadora para los estudiantes, proponiendo una nueva vía interdisciplinar: desarrollar la HdC en la educación científica a través del arte, ya que sus productos (especialmente, la pintura y las artes gráficas) son mucho más asequibles (en la información general que se puede obtener en la red o en los museos) y comprensibles para los estudiantes, a la vez que ofrecen un contexto histórico complementario y muy valioso informativamente. Además, la vía del arte hacia la HdC puede proporcionar una entrada más motivadora y sencilla que otros caminos más académicos y científicos, que también se han usado en la investigación, y que se exploran a continuación como introducción general al tema. Por otro lado, el arte y la historia suelen ser también materias escolares, de modo que ciencia y arte pueden complementarse en la educación escolar interdisciplinariamente, en este caso, para intentar potenciar la innovación de la HdC dentro de la educación científica (Milne, 2011).

LA HDC COMO CONTENIDO CURRICULAR

En los últimos años, la investigación ha propuesto una variedad de enfoques para la inclusión de la HdC como contenido curricular. Acompañando a estos múltiples enfoques se ha generado y acumulado también un cierto número de justificaciones para el uso de HdC en la educación científica (Matthews, 1994; Monk y Osborne, 1997; Rasmussen, 2007; Rudge y Howe, 2009; Sherratt, 1983; Wider, 2006). Una síntesis de razones para incluir la HdC en la enseñanza de las ciencias es la siguiente:

- Comprender cómo funciona la ciencia para validar conocimientos y sus interacciones con la sociedad y tecnología (NdCyT).
- Demostrar que la ciencia tiene historia, a la vez colectiva e individual.
- Conectar las diferentes disciplinas de ciencias identificando sus puntos comunes.
- Contribuir a una mejor comprensión de los contenidos básicos de ciencia.

- Hacer la enseñanza de la ciencia más desafiante y por lo tanto mejorar el razonamiento.
- Mejorar la imagen auténtica de la ciencia y la admiración por los científicos.
- Desarrollar mejores actitudes y emociones hacia la ciencia.
- Incrementar la motivación.
- Humanizar las ciencias.
- Promocionar el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior.
- Identificar las concepciones científicas alternativas falsas de los alumnos (cuya evolución recapitula algunas ideas incorrectas históricas).
- Vincular interdisciplinariamente la ciencia y otras materias escolares, con énfasis especial en las humanidades (reducción de la brecha entre las «dos culturas»).
- Mejorar la formación del profesorado.

La propuesta de este estudio se relaciona directamente con muchas de las justificaciones anteriores. En particular, la más importante sería la primera, y por el lado del arte, la que sugiere vincular la ciencia y el arte interdisciplinariamente (como superación de la división artificial entre ciencias y humanidades); pero en esta línea también sintonizaría con humanizar las ciencias, demostrar que la ciencia tiene historia colectiva e individual, revelar las relaciones entre la ciencia y la tecnología, contribuir a una mejor comprensión de los contenidos de ciencias, apreciar las relaciones entre la ciencia y la sociedad, motivar a los estudiantes mediante conocimientos provenientes de otras áreas escolares y aumentar la admiración hacia el trabajo de los científicos.

TAXONOMÍA DE LOS MODELOS DE ENSEÑANZA PARA LOS CONTENIDOS DE HDC

Los enfoques de HdC aplicados en la investigación sobre la enseñanza de las ciencias han sido múltiples y variados, y su descripción detallada podría ser compleja. McComas (2011) ha aliviado esta complejidad con la propuesta de una taxonomía cuyo primer objetivo es proporcionar métodos y ejemplos sobre la forma en que la HdC se puede utilizar en la enseñanza de las ciencias, y el segundo resaltar que aunque se basa en experiencias de múltiples trabajos, subyace el supuesto de que no todos los enfoques educativos de HdC son equivalentes, pues ni se integran con la misma facilidad en la enseñanza de la ciencia, ni plantean las mismas exigencias a los profesores y estudiantes, ni producirán necesariamente el mismo impacto en el aprendizaje de los estudiantes (Allchin, 1997).

La taxonomía propuesta se basa en una revisión de modelos reales utilizados en la enseñanza de la HdC, que abarcan las formas imaginables para integrar la HdC en la enseñanza de la ciencia. Un inconveniente importante es que estos intentos, generalmente, no han medido el grado de éxito logrado. Otro factor importante se refiere al impacto diferencial cognitivo y afectivo del método; obviamente, aunque ver una película es un método muy diferente de leer un manuscrito original, parece razonable sugerir que el impacto de cada uno de estos métodos diferentes puede ser influido por la percepción de los observadores y otros factores: los distintos tipos de estudiantes que pueden reaccionar diferentemente ante los distintos enfoques de enseñanza, las distintas formas de presentación del mismo tema (materiales originales o materiales del tema preparados por otros científicos) y el enfoque de manipulación práctica de la cuestión histórica (por ejemplo, replicación de experimentos o construcción de instrumentos). En general, aunque no hay evidencia empírica suficiente para juzgar la eficacia diferencial de los distintos métodos sobre el aprendizaje, la decisión de clasificarlos como categorías diferentes lleva implícita la suposición de que su eficacia puede ser también diferente. El objetivo de la taxonomía de la HdC es proporcionar detalles para suponer que cada categoría de la taxonomía será distinta de las demás por su impacto sobre la enseñanza de la ciencia.

Finalmente, otro aspecto del enfoque de la HdC que no es contemplado por esta taxonomía es el de la integración y la sinergia de los posibles enfoques «mixtos», es decir, enfoques que incluyan mezclas varias categorías.

La taxonomía de enfoques HdC que se aplican en la enseñanza de la ciencia durante los últimos 60 años contiene las siguientes categorías (McComas, 2011):

1. Interacciones con textos de obras originales (o extractos de estas)
 - a. Los trabajos originales completos (puede incluir comentarios adicionales)
 - b. Los trabajos originales resumidos (puede incluir comentarios adicionales)
2. Estudios de caso, historias y otras ilustraciones similares de la HdC (incluyendo materiales escritos originales)
 - a. Estudios de casos (con contenido original)
 - b. Historias de las ciencias
 - c. Ilustraciones, viñetas y ejemplos cortos
3. Biografías y autobiografías de científicos y sus descubrimientos
 - a. Autobiografía de un científico
 - b. Biografía de científico (escrita)
 - c. Biografía de científico (presentación dramática)
4. Presentaciones de tamaño libro de algún aspecto de la HdC
 - a. Descripción de una historia general de la ciencia
 - b. Historia de una disciplina científica en particular
 - c. Historia de un científico o subdisciplina particular (como genética, evolución o física cuántica)
 - d. Historia de un hallazgo o un acontecimiento concreto (tales como un eclipse, el problema de la longitud, la aparición del cometa Halley, etc.)
 - e. Descripción de experimentos clásicos
5. Juegos y actividades de rol relacionados con personajes históricos
6. Inserciones relacionadas con la HdC
7. Replicaciones de experimentos y otros enfoques «prácticos» para implicarse con los aspectos históricos de la ciencia

Este estudio está relacionado más directamente con la categoría 2c (ilustraciones de la HdC), ya que pretende utilizar las representaciones pictóricas de elementos científicos como fuente histórica para mejorar la enseñanza de la ciencia. En particular, se ejemplificará con el caso del telescopio de Galileo.

En suma, las justificaciones y la taxonomía expuestas, aunque incompletas y sencillas, ayudan a enmarcar la cuestión básica de este estudio: la HdC y del arte se plantean como instrumento para mejorar la enseñanza y comprensión de contenidos de la NdCyT, que requiere tres elementos fundamentales (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000). En primer lugar, sus contenidos curriculares deben integrarse explícitamente en el currículo de la enseñanza de la ciencia, en lugar de ser un apéndice o un añadido artificial, implícito o indirecto a este. En segundo lugar, la pedagogía de la HdC debe ser reflexiva (centrada en la actividad de los estudiantes), en lugar de pasiva o expositiva. En tercer lugar, debe ser evolutivamente apropiada, interesante y motivadora para la edad de los estudiantes.

ARTE Y CIENCIA

La voz *arte* proviene etimológicamente del latín (*ars, artis*), y esta, a su vez, del griego (*téchne*). En la antigüedad grecorromana, se consideraba arte cualquier habilidad o destreza del ser humano en el terreno productivo sujeta a reglas o preceptos específicos que la hicieran susceptible de aprendizaje,

evolución o perfeccionamiento (por ejemplo, construir objetos, dirigir un ejército, convencer en un debate, efectuar mediciones, etc.). En este sentido, Aristóteles definió *arte* como «una disposición permanente a producir cosas de modo racional»; Quintiliano destacó su aspecto reglado, «lo que está basado en un método y un orden», y para Platón era la capacidad general creadora del ser humano de hacer cosas por medio de la inteligencia y el aprendizaje.

El diccionario de la RAE define *arte* como: «Capacidad, habilidad para hacer algo; manifestación de la actividad humana mediante la cual se interpreta lo real o se plasma lo imaginado con recursos plásticos, lingüísticos o sonoros; conjunto de preceptos y reglas necesarios para hacer algo; maña, astucia; disposición personal de alguien; lógica, física y metafísica, etc.».

En todas estas definiciones se enfatiza la integración clásica original del arte con la técnica, entendidas ambas genéricamente como la capacidad de producir algo siguiendo reglas o métodos susceptibles de cambio, mejora y aprendizaje. Obviamente, esta base conceptual de integración sitúa el arte mucho más próximo al concepto actual de ciencia de lo que aparenta o sugiere la situación educativa real. Ciertamente, el distanciamiento actual entre el arte y la ciencia (las dos culturas presentadas por Snow, 1987) obedece a la evolución histórica de ambas.

Durante siglos se aceptó la clasificación de Galeno (siglo II) en «artes liberales» y «artes vulgares», según su origen intelectual o manual. Las siete artes liberales comprendían gramática, retórica y dialéctica (trívium), y aritmética, geometría, astronomía y música (quadrivium). Las artes vulgares o mecánicas incluían arquitectura, escultura y pintura, pero también todas las actividades que hoy consideraríamos oficios artesanos, clasificados en categorías (alimentación, vestido, vivienda, transporte, medicina, comercio y milicia).

Durante el Renacimiento, las cortes y ciudades italianas fueron el escenario donde confluyeron personajes que integraban amplios intereses –pintura, escultura, arquitectura, ciencia, matemáticas, astronomía, ingeniería, etc.– que trascendían la actual separación entre artes y ciencias (Leonardo da Vinci sería el ejemplo paradigmático). En este contexto, el mecenazgo ejercido por reyes, príncipes y nobles dio lugar a una mejora en la posición social de los «artistas», al tiempo que propiciaría la consideración de artes liberales para arquitectura, pintura y escultura (hasta entonces consideradas artes mecánicas), pues sus productos eran fruto de un proceso intelectual que las situaba indudablemente por encima del resto de artes mecánicas.

Sin embargo, paralelamente, a finales del Renacimiento comenzó a gestarse un cambio (el nacimiento de la ciencia moderna) que acabaría dando lugar a una separación gradual de ciencia y artes, aunque con características y temporalizaciones diferentes según el contexto geográfico. En este proceso de separación entre arte y ciencia, el desarrollo de la Astronomía y los métodos empíricos, apoyados en la geometría, la aritmética y otras disciplinas afines, produjo en el siglo XVII la eclosión de un nuevo arte, basado en una revolución de la cosmovisión sobre la naturaleza, que hoy día se reconoce con el nombre genérico de ciencia.

En la actualidad, en la mayoría de ámbitos sociales es manifiesta la separación (Snow, 1987) entre las denominadas humanidades (donde estarían incluidas las artes, las letras, la historia, etc.) y las ciencias (donde se incluyen las disciplinas científicas, tecnológicas, ingenierías y matemáticas), de modo que es difícil que ambos términos (arte y ciencia o técnica) se confundan o utilicen hoy como sinónimos, a pesar de que la conceptualización de la cultura es tan amplia y compleja que puede incluir virtualmente cualquier actividad humana. Hoy se considera arte cualquier actividad creadora o producto plástico, lingüístico, sonoro, corporal o mixto (obras de arte) realizados por el ser humano, que expresa ideas, emociones o visiones del mundo con una finalidad estética y/o expresiva. El arte se considera un componente estético de la cultura humana porque transmite ideas y valores inherentes a la sociedad a lo largo del espacio y del tiempo y cumple funciones ornamentales, sociales, pedagógicas o mercantiles.

A pesar de esta separación del concepto tradicional de cultura asociado socialmente a artes y letras, la filosofía de la ciencia actual reivindica la dimensión imaginativa y creativa, tan propia del arte, como constitutiva también de la CyT (Gregory, 2000). Así, las ciencias también implican actividades imaginativas, creadoras y productos intelectuales y materiales innovadores realizados por personas para el avance de las ideas y los conocimientos sobre el mundo y la satisfacción de necesidades vitales humanas, factor que aproxima las ciencias a las artes y letras. Por ello, el actual movimiento de alfabetización científica para todos sintetiza en esta etiqueta la consideración de la ciencia como una parte esencial de la cultura en una sociedad democrática moderna y, por tanto, representa un intento de recuperación y reivindicación de la CyT como cultura humana, tal y como se ha venido considerando a lo largo de la mayor parte de la historia, y por ello, integrada con artes y letras (Allchin, 1997).

Desde el lado del arte se está produciendo el movimiento inverso que también tiende a la integración. En recientes publicaciones sobre HdC relativas al periodo que nos ocupa (siglos XVI y XVII), se advierte asimismo una tendencia a la integración de enfoques de diversas disciplinas como la historia del arte, la historia cultural y la HdC, que ha permitido ampliar el paradigma de estudio sobre la ciencia moderna; así, las representaciones e imágenes del mundo natural y científico producidas por los artistas se han convertido en un excelente vehículo para analizar e interpretar la ciencia moderna, ofreciendo un panorama más rico y complejo de su desarrollo (Galluzzi, 2009; Marcaida, 2014).

Los planteamientos que relacionan ciencia y arte educativamente no son abundantes, aunque existen intentos significativos recientes. Por ejemplo, Ríos y Solbes (2000) afrontan el tema de la imagen de la ciencia y sus practicantes en la pintura, ofreciendo una amplia y erudita relación de numerosas pinturas que representan figuras de científicos ilustres, junto con la imagen de las distintas disciplinas, desde la alquimia, pasando por la astronomía hasta la anatomía médica. Desde una perspectiva didáctica, Galili (2013) usa algunos cuadros para hacer que sus alumnos aprendan conceptos ópticos, al tiempo que resalta el carácter motivador de esta actividad para los estudiantes y la coincidencia epistemológica entre ciencia y arte de usar la creatividad y la imaginación como instrumento para representar la realidad. Finalmente, con motivo del cuarto centenario de las primeras observaciones de Galileo con su telescopio, Molaro y Selvelli (2011) afrontan el tema de las primeras pinturas que representaron telescopios, un tema también abordado aquí.

LA CIENCIA Y EL TELESCOPIO DE GALILEO

Galileo Galilei (Pisa, 1564 - Roma, 1642) ha pasado a la historia como uno de los padres de la revolución científica que tuvo lugar en el siglo XVII, inaugurando una nueva forma de estudiar y analizar la naturaleza que hoy se conoce como ciencia. Es sabido que los descubrimientos de Galileo son numerosos en diversas áreas y actividades, pero este estudio se focaliza únicamente en aquellos relacionados con el telescopio, que es el caso elegido para ejemplificar el encuentro entre ciencia y arte (figura 1). Galileo conocía la obra de Nicolás Copérnico y su hipótesis heliocéntrica para explicar sus observaciones astronómicas recopiladas pacientemente durante años.

Parece que Galileo tuvo noticia en Venecia hacia el año 1609 de que un constructor de lentes germano-holandés llamado Hans Lipperhey había patentado (1608) un instrumento óptico (catalejo) formado por una lente plano-cóncava y otra plano-convexa alineadas en un tubo, que permitía ver ampliados (3x) los objetos lejanos. La prueba aportada por la figura 2 indica que los especialistas de la época tenían informaciones sobre el catalejo. Por ello, Galileo dedicó todos sus esfuerzos a construir su propio telescopio, pues disponía de una amplia experiencia artesana, desarrollada en la construcción de diversos aparatos (termómetro de aire, compás geométrico, bombas de agua, péndulos y proyectiles) y aprovechó a los fabricantes de vidrio artesanos de Venecia y Florencia para tener las lentes que necesitaba. Presumiblemente, Galileo apenas tuvo pistas sobre el catalejo patentado, pero tal vez



Fig. 1. Pintor florentino, *Retrato de Galileo Galilei con telescopio y el anillo de la Accademia dei Lincei*, 1640-1645, óleo sobre lienzo, 78 x 64 cm. Florencia, Galleria degli Uffizi (inv. 1890, n.º 5432). Galileo sostiene en su mano derecha un telescopio, que presenta notables similitudes con el construido por él mismo hacia 1610, tras entrar al servicio del gran duque de Toscana, Cosimo II de' Medici (Galluzzi, 2009) y que forma parte de las colecciones de los Medici conservadas actualmente en el Istituto e Museo di Storia della Scienza de Florencia (inv. n.º 2428).

conocía principios ópticos teóricos que pudieron ayudarle en los ensayos y pruebas para lograr pronto un telescopio de refracción con mayor potencia y campo (hasta 20 aumentos). El mérito de Galileo consistió en captar inmediatamente otra importancia práctica de este instrumento (orientado inicialmente a usos militares, terrestres y marítimos) para dirigirlo hacia los cielos y ampliar las observaciones astronómicas, y por tanto, refinar y confirmar sus hallazgos, extrayendo del telescopio un provecho científico original y decisivo. Se cree que llegó a construir varias decenas de telescopios, que regaló con profusión a mecenas, protectores y personalidades (la tabla 1 resume las características de los telescopios de la figura 3).

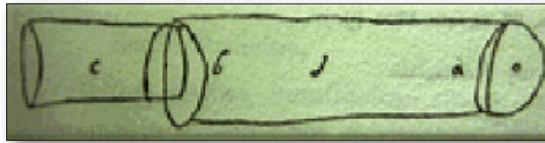


Fig. 2. Esquema más antiguo conocido de un telescopio, dibujado por Giambattista della Porta en una carta para Federico Cesi de 28 de agosto de 1609. Roma, Biblioteca dell'Accademia dei Lincei, ms. XII, cc. 326r-v, 332v.

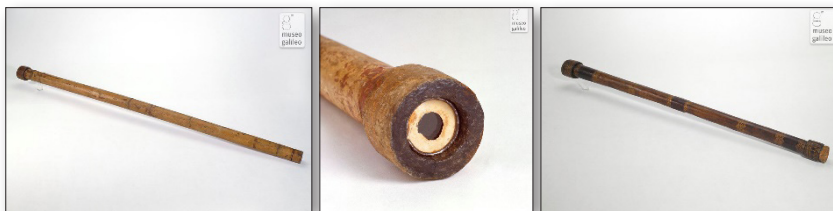


Fig. 3. Telescopios atribuidos a Galileo (izquierda y centro, detalle del ocular, inv. n.º 24247; derecha, inv. n.º 24248). Florencia, Museo Galileo Galilei (disponibles en línea: <http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/esim.asp?c=405001>).

Desde finales de 1609 hasta principios de 1610, Galileo realizó observaciones de la Vía Láctea y otros cúmulos de estrellas con su telescopio. En la Luna observó sus montañas y cráteres, pruebas inequívocas de su semejanza con la Tierra (figura 4). La trascendencia de este descubrimiento es que contradecía las tesis aristotélicas sostenidas hasta el momento: la perfección del mundo celeste externo a la Tierra exigía la completa circularidad de las órbitas y la perfecta esfericidad de los astros (que quedaba falsada por las montañas y valles de la Luna).

Tabla 1.
Características técnicas de dos de los primeros telescopios
construidos por Galileo conservados en el Museo Galileo Galilei en Florencia
(disponible en línea: <http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/esim.asp?c=405001>).

N.º inventario	2427	2428
Fecha	Ca. 1610	1609-1610
Materiales	Madera, papel, cobre	Madera, piel
Longitud	1273 mm	927 mm
Aumentos	14	21

N.º inventario	2427		2428	
Campo de visión	15'		15'	
	Lentes			
	Objetivo	Ocular	Objetivo	Ocular (original perdido)
Tipo	Biconvexo	Plano-cóncavo	Plano-convexo	Bicóncavo
Diámetro	51 mm	48,5 mm	37 mm	22 mm
Focal	1330 mm	- 94 mm	980 mm	- 47,5 mm
Espesor	2,5 mm	3,0 mm	2 mm	1,8 mm

La observación de los cuatro satélites de Júpiter es otra prueba muy directa contra el sistema geocéntrico, ya que contradecía de manera obvia el principio aristotélico que asignaba a la Tierra el centro de los movimientos circulares en los cielos.

Galileo también observó que el planeta Venus presentaba fases semejantes a las fases lunares. Recurriendo a la hipótesis heliocéntrica de Copérnico, suponiendo que Venus girase en torno al Sol y no en torno a la Tierra, como sostenía el sistema geocéntrico, la interpretación dada por Galileo a las fases de Venus observadas fue sencilla y convincente; esta explicación de las fases de Venus refutaba una vez más el geocentrismo.



Fig. 4. Dibujos de la Luna en diferentes momentos, atribuidos a Galileo, donde se aprecian sus cráteres, montañas, valles y llanuras.

En marzo de 1610, Galileo publicó sus observaciones e interpretaciones en la obra *Sidereus Nuncius* (1610), que le hizo famoso en toda Europa, y enfatizó la ventaja del uso de la instrumentación técnica (el telescopio) para mejorar las observaciones astronómicas. Como curiosidad (y como parte de una estrategia de mantener su mecenazgo), Galileo dedicó el libro a Cosimo II de' Medici, introduciendo la analogía entre los Astros Mediceos (epónimo asignado por Galileo a las lunas de Júpiter) y las virtudes atribuidas a Cosimo I. En su dedicatoria, Galileo sostiene que Cosimo I habría obtenido dichas virtudes directamente de Júpiter, planeta que se hallaba justo por encima del horizonte en el momento de su nacimiento. Galileo insinúa que Cosimo I habría transmitido sus virtudes a su sucesor a través de los Astros Mediceos (virtudes que emanaban de los cuatro astros que giran en torno a Júpiter) y sería el propio Galileo, al revelar la existencia de dichos astros, quien actuaría como intermediario para ese encuentro astrológico-dinástico (Biagioli, 2008). En este sentido, resulta interesante constatar cómo esta correspondencia entre los Astros Mediceos y las cuatro virtudes tendría su traducción en las artes plásticas e incluso, décadas después de la condena a Galileo, la imagen de las cuatro virtudes como representaciones de las cuatro lunas seguiría formando parte del imaginario alegórico mediceo, una prueba más de las conexiones existentes entre la ciencia, la sociedad y el arte.

Probablemente instalado ya en la corte del gran duque de Toscana en Florencia, Galileo estudió con su telescopio las manchas solares en 1610, que había observado ya antes de esa fecha; la observación solar deterioró su vista y presumiblemente ocasionó la ceguera de sus últimos años. En ese mismo año, Galileo viajó a Roma y mostró las manchas a diversas personalidades, de modo que su estancia fue triunfal por las exhibiciones con su telescopio. Federico Cesi (receptor de la carta referida en la figura 2) le hizo miembro de la Accademia dei Lincei, la primera sociedad científica de importancia duradera (fundada por Cesi en 1603).

Galileo publicó en 1613 la historia e interpretaciones sobre las manchas solares y sus accidentes bajo el mecenazgo del gran duque de Toscana. En ese mismo año las manchas solares habían sido observadas y publicadas en un libro bajo seudónimo por Christof Scheiner (Marius), un jesuita alemán. Esto originó dos polémicas científicas: una controversia teórica contra la interpretación de Scheiner (sostenía que las manchas eran causadas por estrellas interpuestas entre el Sol y la Tierra), y otra polémica práctica, por la prioridad en el descubrimiento de las manchas, que le granjeó la encarnizada enemistad del jesuita, hasta el punto de que su animadversión parece que llegó al proceso incoado por la Inquisición contra Galileo veinte años después. Como colofón debe mencionarse que algunos aspectos sociales e históricos de la vida y obra de Galileo, apenas citados aquí, han sido desarrollados en un congreso que celebró el cuarto centenario de las primeras observaciones de Galileo con su telescopio (Pigatto y Zanini, 2010).

CIENCIA Y ARTE SE ENCUENTRAN: LAS ILUSTRACIONES GALILEANAS EN EL ARTE

Esta sección trata de demostrar cómo las artes coetáneas de Galileo actuaron como auténticos medios culturales, de divulgación y de comunicación de la ciencia galileana al público, mediante la representación de los instrumentos (en este caso telescopios) y hallazgos científicos en la obra de arte. Al mismo tiempo, como cualquier medio de comunicación, ponen de manifiesto la competencia por la primacía en dar la noticia, en este caso, la primacía de la autoría en la representación de los instrumentos en las obras artísticas.

El primer ejemplo es el cuadro *La Vista* (1615-1616) de José de Ribera, el Españoleto (Játiva, Valencia, 1591 - Nápoles, 1652), perteneciente a la serie dedicada a los cinco sentidos pintada por el artista en Roma para un español (figura 5). El cuadro representa la figura de un hombre sentado ante una mesa donde aparecen otros objetos, entre los cuales se encuentran unas gafas o anteojos; el hombre sostiene en sus manos un catalejo, cuya longitud parece inferior a un metro y en el cual se aprecian los anillos que separan el tubo ocular del objetivo, donde se instalan las lentes.

La representación del hombre ha sido descrita como:

... torva la figura de cabellos ralos, orejas largas, rostro quemado por el viento y el sol y ropas andrajosas, pero de mirada atenta, aguda y penetrante... Sostiene meditabundo entre las manos macizas e hinchadas un catalejo de finísima factura, quizá tomado prestado o incluso sustraído furtivamente del laboratorio de cualquier experimentador convencido de las recientes enseñanzas de Galileo Galilei (Spinosa, 2008: 45).

Mason (2012) considera que lo más sorprendente de esta obra es la presencia del catalejo, pues pocas personas podrían poseer un objeto así, debido a su altísimo precio en la época contemporánea de Galileo, cuando presumiblemente se ha datado el cuadro (1615), apenas distanciado cinco años de la construcción del primer catalejo por Galileo, cuando todavía debían de ser muy escasos los ejemplares de catalejos existentes. Este autor cataloga la obra, por este hecho, como de un realismo intelectual, ya que el aspecto del personaje que sostiene el catalejo no parece ser el de una persona noble o letrada.



Fig. 5. José de Ribera, *La Vista*, h. 1615-1616, óleo sobre lienzo, 114 x 89 cm. Ciudad de México, Museo Franz Mayer.



Fig. 6. Jan Brueghel el Viejo, *Paisaje con vista del castillo de Mariemont*, h. 1608-1611, óleo sobre lienzo, 84,7 x 130,8 cm. Richmond, Virginia Museum of Fine Arts, The Adolph D. and William C. Williams Fund. (inv. n.º 53.10).

Aunque Tosi (2007) sostuvo que el cuadro *La Vista* de Ribera contiene la primera representación pintada de un catalejo, Mason (2012) atribuye esta prioridad pictórica a la obra *Paisaje con vista del castillo de Mariemont*, cuyo autor es Jan Brueghel el Viejo y está fechada alrededor de 1611 (figura 6). En la parte inferior izquierda de este cuadro se aprecia la figura que corresponde presumiblemente al archiduque Alberto, gobernador de Flandes y mecenas del pintor (la segunda persona por la derecha que tiene sus manos delante de la cara sosteniendo el tubo del catalejo), en posición de observar con el catalejo un pájaro volando. Se ha documentado que el archiduque había comprado dos catalejos por 390 florines en mayo de 1609, un mes después de la firma del tratado de paz entre España y los Países Bajos. Teniendo en cuenta que la presumible fecha de la primera patente de Lipperhey en los Países Bajos fue octubre de 1608, se puede inferir un acelerado desarrollo de la industria de construcción de catalejos, posiblemente por una gran demanda de estos, ya que, en sus primeros años el catalejo fue un instrumento de uso terrestre con fines navales o militares, fundamentalmente. Recientemente, Molaro y Servelli (2011) han sostenido documentalmente que el archiduque Alberto había adquirido algunos de sus catalejos a Lipperhey o Jensen en un trabajo publicado repetidamente (Pigatto y Zanini, 2010).

No obstante, Mason (2012) precisa que la afirmación más exacta sobre *La Vista* de Ribera es que se trata de la primera representación pintada que conocemos de un catalejo galileano, ya que incluso se identifica el instrumento como uno de los muchos catalejos diseñados por Galileo, en concreto, el que hizo para la Universidad de Padua en 1609 y posteriormente regalado al papa de Roma (hacia 1611). Está documentado que Galileo regaló muchos de sus telescopios a sus protectores (senado veneciano, Cosimo de' Medici, etc.) para ganar su favor y asegurar su salario, pero también a otras personalidades con quienes incluso mantuvo controversias, como el cardenal Francesco Maria del Monte –protector y coleccionista de Caravaggio y poseedor de una *Magdalena* del joven Ribera (Spinosa, 2008)– o el cardenal Bellarmino.

El propio Mason (2012) documenta la existencia de catalejos en Roma con anterioridad a la llegada de Galileo en 1611, de lo cual se deduce que esos catalejos romanos o bien llegaron procedentes de otros lugares, o bien fueron construidos allí mismo, por tanto, simultánea e independientemente de las actividades de Galileo en Padua. La correspondencia entre miembros de la Accademia dei Lincei permite demostrar la existencia de un esbozo de catalejo en 1609 (figura 2), que el presidente Cesi construyó varios catalejos en Roma y los distribuyó entre personalidades, que el cardenal Scipione Borghese había recibido un catalejo enviado desde Flandes en 1609 y que la calidad de los catalejos romanos y los de Galileo, cuando este visitó Roma en 1615, era similar.



Fig. 7. Detalle de *La Vista* de Rubens y Brueghel el Viejo (1617, óleo sobre tabla, 64,7 x 109,5 cm. Madrid, Museo Nacional del Prado, inv. n.º P01394) en el que aparece representado un telescopio metálico de gran tamaño y sobre un soporte ricamente labrado. En la parte central se representa a un simio que sostiene un catalejo más simple y pequeño.

Para continuar esta breve semblanza artística sobre el telescopio, se traen a consideración dos obras de Jan Brueghel el Viejo (Bruselas, 1568 - Amberes, 1625) sobre las que existen numerosos estudios desde ámbitos disciplinares diversos, pero en las que paradójicamente, la presencia del telescopio ha sido soslayada (Campo y Francés, 1982; Díaz Padrón y Royo-Villanova, 1992). La primera, es la pintura *La Vista*, realizada en colaboración con Rubens y fechada en 1617 (figura 7). Al igual que el cuadro de Ribera, *La Vista* (1617) de Brueghel y Rubens forma parte de una serie de pinturas dedicadas a «Los cinco sentidos», si bien, la concreción formal de esta última tabla se insertaría en la tradición pictórica flamenca en la que abundan las denominadas «pinturas de gabinete», esto es, re-

presentaciones de exuberantes interiores cortesanos en los que, como en este caso, adquieren especial protagonismo la representación de una colección de pinturas junto con instrumentos científicos y de medición en relación con el sentido de la vista. Diversos autores han subrayado la vinculación del gabinete representado en esta pintura con los archiduques Alberto e Isabel Clara Eugenia (Díaz Padrón y Royo-Villanova, 1992), lo que nuevamente pone de manifiesto los intereses coleccionistas, tanto de arte como de ciencia, de los mecenas.

De este modo, las series dedicadas a los cinco sentidos y, más específicamente, *La Vista* de Brueghel y Rubens, tienen por finalidad representar la organización de todas las cosas del mundo según los sentidos que eran necesarios para conocerlas. Por ello, constituyen un reflejo de los inicios de la mentalidad científica de la época, pues pretenden clasificar y entender el mundo físico. Entre los diversos objetos científicos desperdigados por el cuadro, destaca en primer plano un telescopio cuyo tamaño y forma permiten apreciar que se trata ya de un telescopio más sofisticado que el simple catalejo de la figura 5. Además, en ese mismo cuadro, encontramos representado un segundo catalejo sostenido por un simio, cuya estructura y factura formal resultan mucho más simples que las del primero (un sencillo tubo metálico liso, carente de decoración y sin anillos), lo que reflejaría las distintas variantes que existieron en el diseño y construcción de los primeros telescopios. Esta sofisticación constituye una prueba de la mejora de la tecnología de fabricación de telescopios en pocos años, aunque sobre esta cuestión pesa una polémica histórico-científica que los alumnos podrán descubrir (o no) en la búsqueda que realicen de información y será un aliciente más para resaltar la importancia de las controversias en la ciencia.



Fig. 8. Jan Brueghel el Viejo, Hendrick van Balen, Gerard Seghers (y otros), *La Vista y el Olfato*, óleo sobre lienzo, hacia 1620, 176 x 264 cm. Madrid, Museo Nacional del Prado (P01403).

La segunda aportación forma parte también de otra serie dedicada a «Los cinco sentidos», e integrada en este caso por dos lienzos dedicados a *La Vista y el Olfato* y *El Gusto, el Oído y el Tacto* del Museo del Prado. Ambas pinturas son réplicas realizadas en torno a 1620 de los lienzos encargados original-

mente para los archiduques en 1617 a los doce mejores pintores de Amberes, las cuales decoraron el palacio de Coudenberg (Bruselas) y desaparecerían en el incendio del palacio en 1731 (Díaz Padrón y Royo-Villanova, 1992). Interesa destacar que en el lienzo *La Vista y el Olfato* (figura 8) encontramos nuevamente representados numerosos instrumentos de óptica y de medición, entre los cuales vuelve a ocupar un papel central un telescopio de gran tamaño apoyado sobre un pie articulado muy similar al que aparece representado en *La Vista* de 1617. Junto a este telescopio figuran un compás, un astrolabio y varios libros apilados (un tratado de Cosmografía, etc.) sobre los que reposa otro catalejo de factura más sencilla, formado por un tubo liso sin decoración alguna.

La polémica histórico-científica en torno a los telescopios representados en las obras de arte anteriores se refiere a una aparente contradicción de fechas. En efecto, los telescopios de los cuadros corresponden a la clase denominada telescopios keplerianos por los astrónomos, que son telescopios galileanos mejorados, con su lente ocular convexa (a diferencia del ocular cóncavo galileano) y su apariencia exterior más grande, que técnicamente consiguen una ampliación del campo de visión y una mejora de la calidad de la imagen, aunque esta es invertida. La controversia surge de las fechas asignadas a ambos acontecimientos históricos: los cuadros fueron pintados entre 1618 y 1620, cuando, presumiblemente, los primeros telescopios keplerianos aún no se habían construido, ya que su nacimiento se data unos lustros posteriores a esas fechas (Molaro y Selvelli, 2011). Estos autores sugieren que algunos ejemplares precursores de telescopios keplerianos podrían haber sido ya fabricados por Scheiner, con anterioridad a la realización de los cuadros para el archiduque Maximiliano III, hermano del archiduque Alberto, quien presumiblemente los podría haber adquirido para su colección a través de su hermano.



Fig. 9. Ludovico Cardi da Cigoli, *La Asunción de la Virgen*, 1612, fresco, Roma, Santa Maria Maggiore, cappella Borghese, detalle ampliado.

En décadas posteriores, estas pinturas de gabinete y la temática de la visión gozarían de gran popularidad en los Países Bajos. Numerosos ejemplos reproducen los modelos formulados por Brueghel y Rubens. Lo más interesante es que la presencia del telescopio en las pinturas de gabinete se va a convertir en una constante; artistas como Jan Brueghel el Joven o Jan van Kessel I lo incluirán de un modo sistemático en sus composiciones dedicadas a este asunto, junto con compases, escuadras, brújulas, etc., todos ellos medios para comprender el mundo visible más allá de los límites de nuestros ojos, ofreciendo un testimonio de la rápida asimilación y difusión de estas novedades científicas (Ríos y Solbes, 2008).

Otras pruebas de cómo los hallazgos de Galileo se propagaron rápidamente por Italia y toda Europa las encontramos, por ejemplo, en *La Asunción de la Virgen* de Ludovico Cardi da Cigoli, donde la Virgen María aparece en pie sobre una luna en cuarto creciente medio aplastada y llena de cráteres (figura 9). En *La Divina Sabiduría* de Andrea Sacchi, un globo terráqueo está representado apartado del Sol, que ocupa el centro de la obra, simbolizando que la Tierra ya no es el centro del orbe, sino que gira alrededor del Sol (figura 10).



Fig. 10. Andrea Sacchi, *La Divina Sabiduría*, 1629-1631, fresco, 13x14 m. Roma, Galleria Nazionale di Arte Antica, Palazzo Barberini, con el Sol en el centro y la Tierra alrededor.

DESARROLLO DIDÁCTICO BASADO EN LA INTERDISCIPLINARIEDAD HISTÓRICA ENTRE CIENCIA Y ARTE

Aunque las secciones anteriores contienen por separado las aportaciones de la ciencia y las del arte al tema objeto de la HdC aquí analizado (el telescopio), las convergencias temporales y conceptuales son tan manifiestas en los datos presentados, que el desarrollo interdisciplinar de una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) centrada en el telescopio parece una consecuencia didáctica sencilla y elemental, aunque susceptible de diversos y múltiples desarrollos personalizados, adaptados a la edad de los estudiantes. Como colofón del estudio, se sugieren aquí algunas ideas básicas centrales para el desarrollo de esa SEA.

Los objetivos de la secuencia, desde la perspectiva histórica, serían la comprensión de las relaciones entre ciencia y tecnología, las múltiples interacciones sociales de la ciencia y la importancia epistemológica de la observación en la ciencia (Vázquez y Manassero, 2013).

Para estructurar las ideas básicas de esta SEA interdisciplinar entre ciencia y arte se emplea el modelo de las 7Es (Eisenkraft, 2003) que plantea siete etapas que empiezan con la letra E (extraer-elicitar, envolver, explorar, explicar, elaborar, extender y evaluar). La tabla 2 indica para cada etapa la actividad central que se ha de desarrollar en el aula, los materiales para usar y los productos que se espera elaboren los estudiantes individualmente, en pequeño grupo o como grupo clase. El orden real de las etapas no tiene por qué seguir el orden de la tabla, que solo es orientativo. Incluso, sería más conveniente una interacción continua entre ellas, es decir, iniciarlas y retomarlas a lo largo de todo el desarrollo de la secuencia, cuando sea necesario, de modo que el proceso más adecuado sería un desarrollo iterativo en espiral de la SEA. Desde el punto de vista metodológico, se sugiere una presentación explícita y gradual en todas las actividades que combine trabajo individual y actividades de discusión y síntesis en pequeño grupo y en el grupo clase.

Tabla 2.

Desarrollo esquemático de la secuencia interdisciplinar de enseñanza-aprendizaje entre ciencia y arte

Etapas	Actividades*	Materiales	Producto
Extraer-elicitar (hacer emerger las concepciones previas de los estudiantes para diagnosticar necesidades)	Cuestiones ¿Qué es un telescopio? ¿Qué experiencias has tenido con él? ¿Cómo funciona?...	Prismáticos y telescopios caseros: análisis de su estructura y aplicación a observaciones de objetos lejanos	Listado personalizado de ideas previas sobre telescopios y su uso y funcionamiento
Envolver- involucrar (motivar a los estudiantes, despertar su interés y curiosidad)	Estudiar con detalle el contenido de los cuadros de las figuras 3 a 10 y elaborar sus fichas técnicas	Figuras 3 a 10	Fichas técnicas de los cuadros. Identificar el centro de mayor interés personal sobre el tema
Explorar (progresar en la comprensión a través de las actividades de aprendizaje, diseñar proyectos o experimentos, resolver problemas, tomar y analizar datos, sacar conclusiones, desarrollar hipótesis, hacer predicciones, discutir temas, etc.)	Leer el texto histórico contenido en este artículo; clarificación de todos los detalles; comprobación por observación de los hechos astronómicos referidos en el texto; comprensión del contexto aristotélico y tolemaico de la cosmovisión histórica en el s. XVII	Texto completo o parcial sobre Galileo incluido en este artículo u otro equivalente, cuya longitud y complejidad sea adaptada a la edad de los alumnos	Resumen personalizado del texto. Resumen personalizado del contexto histórico

Etapas	Actividades*	Materiales	Producto
Explicar (usar conceptos, terminología, hechos, leyes, etc.)	Explicar las cuatro observaciones astronómicas de Galileo para comprenderlas. Relacionar históricamente las fichas de los cuadros con las actividades de Galileo (sobre todo fecha y referencias a los telescopios representados en ellos)	Buscar información en libros, revistas y la web	Documento que contenga organizada y estructurada la información relevante encontrada
Elaborar (transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios del entorno próximo, proponer preguntas o resolver problemas nuevos)	¿Cuál es el método usado por Galileo para lograr el éxito de sus ideas? ¿Qué ventajas e inconvenientes tiene?	Texto biográfico (completo o parcial) sobre Galileo	Escribir un resumen del método y un listado de ventajas e inconvenientes
Extender (transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios, y desarrollar creatividad)	¿Qué consecuencias tendría en la vida ordinaria y la vida escolar si se aplicase el método usado por Galileo?	Escribe y explica un problema que podría resolverse fácilmente con el método de Galileo	Documento escrito, el planteamiento del problema y su solución razonada
Evaluar (aplicar métodos e instrumentos de evaluación)	Elaborar un dibujo de un objeto tecnológico o científico que consideres el más importante actualmente. Comparación inicial-final de ideas previas sobre NdCyT. Autoevaluación de la satisfacción	Criterios: calidad de detalles del dibujo realizado. Contraste de ideas previas. Valoración del centro de interés	Dibujo. Revisión de la lista de ideas previas. Evaluación de la satisfacción del centro de interés

Esta propuesta didáctica podría contextualizarse en bachillerato o cuarto curso de secundaria obligatoria (grados 10 y 11), cuyos currículos incluyen competencias para entender la investigación científica, usar TIC para buscar y comunicar información, evaluar ideas sobre NdCyT y trabajar cooperativamente sobre temas de la vida diaria, así como referencias explícitas a Galileo, el telescopio, el modelo heliocéntrico, el arte y la ciencia y la revolución científica. Partes de la propuesta podrían adaptarse también para cursos anteriores.

CONCLUSIONES

El telescopio es un emblema del nacimiento de la ciencia moderna y uno de los pocos inventos cuyo desarrollo temprano se encuentra aún envuelto en penumbra, hasta el punto de que su invención no tiene fecha ni autor. Esta transgresión del estereotipo usual sobre inventos lo convierte en un centro de interés atractivo y desafiante, que además ilustra aspectos de la NdCyT como empresa humana.

Por otro lado, la asociación del telescopio con sus representaciones en las obras de arte coetáneas constituye un elemento de integración entre ciencia, cultura y sociedad, que hoy resulta paradójico, dada la separación disciplinar habitual entre las asignaturas escolares y entre las disciplinas científicas. Por ello, la lección interdisciplinar de HdC y arte y la relación entre conocimiento, tecnología, sociedad y cultura que ofrece el telescopio pueden ser emocionantes y motivadoras.

Desde la perspectiva científica, el telescopio ofrece un ejemplo histórico, sencillo y comprensible para todos los estudiantes, que visualiza las relaciones entre CyT, resaltando la profunda integración actual entre la instrumentación científica aplicada a conseguir conocimiento y el conocimiento producido, de modo que esta imbricación entre CyT ha acuñado hoy el término tecno-ciencia para esta situación.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo ha sido elaborado gracias a la «Ayuda para contratos predoctorales FPI» (BES-2013-062631) del Ministerio de Economía y Competitividad, así como en el marco del proyecto I+D HAR2016-78098-P (AEI/FEDER, UE), financiado por la Agencia Estatal de Investigación (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N.G. (2000). The influence of history of science courses on students' view of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
[https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200012\)37:10<1057::AID-TEA3>3.3.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200012)37:10<1057::AID-TEA3>3.3.CO;2-3)
- ALLCHIN, D. (1997). The power of history as a tool for teaching science. En A. DALLY, T. NIELSEN y F. REISS (Eds.), *History and Philosophy of Science: A Means to Better Scientific Literacy?* (pp. 70-98). Loccum: Evangelische Akademie Loccum.
- BIAGIOLI, M. (2008). *Galileo cortesano. La práctica de la ciencia en la cultura del absolutismo*. Madrid: Katz Editores.
- CAMPO y FRANCÉS, Á. DEL (1982). Brueghel el Joven, aterciopelado y pitagórico. *Academia: Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 55, 147-174.
- DASS, P.M. (2005). Understanding the nature of scientific enterprise (NOSE) through a discourse with its history: the influence of an undergraduate 'history of science' course. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 87-115.
<https://doi.org/10.1007/s10763-004-3225-1>
- DÍAZ PADRÓN, M., y ROYO-VILLANOVA, M. (1992). *David Teniers, Jan Brueghel y los gabinetes de pinturas*. Madrid: Museo del Prado.
- EISENKRAFT, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- GALLUZZI, P. (2009). *Galileo. Images of the Universe from Antiquity to the Telescope*. Firenze: Giunti.
- GREGORY, J. (2000). *¡Esto es imposible!* Madrid: Santillana.
- KLOPFER, L.E. (1963). The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists: A report on the HdCC instruction project. *Journal of Research in Science Teaching*, 1, 33-47.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660010112>
- MARCAIDA LÓPEZ, J.R. (2014). *Arte y ciencia en el barroco español. Historia natural, coleccionismo y cultura visual*. Madrid: Marcial Pons Historia.
- MASON, P. (2012). El catalejo de Ribera. Observaciones sobre La Vista de la primera serie de Los cinco sentidos. *Boletín del Museo del Prado*, XXX(48), 50-61.
- MATTHEWS, M.R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. London: Routledge.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660310406>
- MCCOMAS, W.F. (2011). The History of Science and the Future of Science Education: A Typology of Approaches to History of Science in Science Instruction. En V. KOKKOTAS, K.S. MALAMITSA y A.A. RIZAKI (Eds.), *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (pp. 37-54). Rotterdam: Sense Publishers.
https://doi.org/10.1007/978-94-6091-349-5_3
- MILNE, C. (2011). *The Invention of Science: Why History of Science Matters for the Classroom*. Rotterdam: Sense Publishers.
<https://doi.org/10.1007/978-94-6091-525-3>

- MOLARO, P. y SELVELLI, P. (2011). On the telescopes in the paintings of Jan Brueghel the Elder. En D. VALLS-GABAUD y A. BOKSENBURG (Eds.), *Proceedings International Astronomical Union Symposium, The Role of Astronomy in Society and Culture*, 260, 2009 (pp. 327-332). Author: International Astronomical Union.
- MONK, M. y OSBORNE, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199707\)81:4<405::AID-SCE3>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4<405::AID-SCE3>3.0.CO;2-G)
- PIGATTO, L. y ZANINI, V. (Eds.) (2010). *Astronomy and Its Instruments Before and After Galileo. Proceedings of the Joint Symposium Held in Venice, San Servolo Island, Italy, 20 September-2 October 2009*, Padova: Cooperativa Libreria Editrice Università Di Padova.
- RASMUSSEN, S.C. (2007). The history of science as a tool to identify and confront pseudoscience. *Journal of Chemical Education*, 84, 949-951.
<https://doi.org/10.1021/ed084p949>
- RÍOS, R.E. y SOLBES, J. (2008). La ciència de la pintura, la pintura de la ciència. *Mètode*, 57, 48-62.
- RUDGE, D.W. y HOWE, E.M. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18, 561-580.
<https://doi.org/10.1007/s11191-007-9088-4>
- SHERRATT, W.J. (1983). History of science in the science curriculum: An historical perspective. Part II: Interest shown by teachers. *School Science Review*, 64, 418-424.
- SNOW, C.P. (1987). *Las dos culturas y un segundo enfoque*. Madrid: Alianza Editorial.
- SPINOSA, N. (2008). *Ribera. La obra completa*. Madrid: Fundación de Apoyo al Arte Hispánico.
- TOSI, A. (2007). *Portraits of Men and Ideas: Images of Science in Italy from the Renaissance to the Nineteenth Century*. Pisa: Edizioni Plus.
- VÁZQUEZ-ALONSO, Á. y MANASSERO-MAS, M.A. (2013). Historical Resources for Teaching about Scientific Decision-Making. Documents of the First Autumn School on History of Science and Education, Barcelona, 14-16 noviembre. Disponible en línea: <<http://schct.iec.cat/Web1AutumnSchool/FirstAutumnSchool.html>>.
- WIDER, W. (2006). Science as Story Communicating the Nature of Science through historical perspectives on science. *American Biology Teacher*, 68, 200-205.
<https://doi.org/10.2307/4451967>
[https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2006\)68\[200:SASCTN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2006)68[200:SASCTN]2.0.CO;2)

Science meets art: the case of Galileo's telescope

Margarita Ana Vázquez Manassero

Departamento de Historia del Arte, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España

mavazquez@geo.uned.es

Ángel Vázquez Alonso

Centro de Estudios de Posgrado, Universidad de las Islas Baleares, Palma, España

angel.vazquez@uib.es

This paper develops an interdisciplinary and innovative approach for teaching science that melts the history of science (HoC) and the history of art. The products of art amplify the students' attraction and motivation towards science learning, as paintings are much more affordable and understandable for students. Besides science, history and art are different school subjects, so that science teaching is approached from an interdisciplinary humanistic view that also contributes to the global aim of integration between science and humanities.

The proposal claims the HoC for an innovative and contextualized science education that becomes more attractive and motivating for students through the new interdisciplinary way of melting history, science and art. Conversely, the uncommon road from art to HoC is also backed by research in the history of art, which explores the integration among different disciplines such as art, cultural history and HoC that extends the basic framework of this paper.

This proposal draws from the previous justifications given in literature for teaching HoC in science education: overcoming the artificial division between sciences and humanities through the acknowledged interdisciplinary link between science and art; further, it would also contribute to humanize science education, to demonstrate that science has a social, institutional, and individual history, to reveal the relationships between science and technology (S&T), to contribute to a better understanding of science contents, to appreciate the relations between science and society, to motivate students through knowledge from other school areas and to increase wonder for scientists' work.

The previous considerations frame the basic question of the paper: art is suggested as a tool to improve teaching and understanding science and the nature of science and technology (NoST) contents drawing from HoC. The latter contents require three basic conditions for an effective learning: explicit infusion of contents into science curriculum (instead of considering them as artificial, implicit or indirect additions); application of reflective pedagogy focused on students' activity (rather than passive teachers' lecture or exposition); and developmental adaptation to students' grade to make learning suitable, interesting and motivating.

This innovative approach is contextualized within the case of Galileo's telescope, which additionally provides issues on NoST, such as scientific controversies, the importance of scientific instrumentation (relationships between S&T), and the general relationships of S&T with society (art). Galileo's original merit on telescope (initially used for terrestrial and marine applications) was to point it toward the sky, thus extracting original and decisive scientific advantages, extending the astronomical observations, and refining and confirming debatable findings.

The paper results try to demonstrate how Galileo's contemporary artists acted as cultural media of dissemination and communication of the Galilean science to the public through their artworks, which visualized the instruments (telescopes) and the scientific findings. Besides the media artworks revealed the competition for the primacy on the news, in this case, the primacy of authorship in the representation of instruments and results. Later on, the presence of the telescope became systematic and constant, especially in the so-called cabinet paintings, offering a testimony of the rapid assimilation and diffusion of scientific innovations.

An educational proposal for the case is developed to bring about the potential application of the HoC and art integration within classrooms. The proposal is contextualized for grades 10 and 11, whose Spanish curricula explicitly develops the proposal's contents and competences, such as understanding scientific research, using information technologies to search and communicate information, evaluating NoST conceptions and working cooperatively on daily life issues, as well as explicit references to Galileo, the telescope, the heliocentric model, art and science and the scientific revolution. Yet simple parts of the proposal could also be adapted to lower grades.

As an emblem of the birth of modern science and a breaker of school stereotypes on inventions (no inventor nor invention date), the telescope is a challenging educational center of interest. Further, the contemporary artworks on Galileo's telescope and findings evidence the relationships among science, technology, culture, history, art, and society, which paradoxically contrast with the current disciplinary gap between school subjects. Summing up, the lesson offers an interdisciplinary historical development, which envisages the wide integration between science, society (culture, art, history, etc.) and technology, the latter currently coined as techno-science.

