

EL ENCUENTRO CULTURAL ENTRE MEDICINA Y ARTE EN LA ANATOMÍA: UNA PROPUESTA EDUCATIVA INTEGRADORA

Margarita-Ana Vázquez-Manassero

Universidad Autónoma de Madrid
margarita.vazquez@uam.es | ORCID 0000-0002-8957-8479

Maria-Antonia Manassero-Mas

Universidad de las Islas Baleares
ma.manassero@uib.es | ORCID 0000-0002-7804-7779

Ángel Vázquez-Alonso

Universidad de las Islas Baleares
angel.vazquez@uib.es | ORCID 0000-0001-5830-7062

Resumen

Este estudio elabora un marco teórico sobre las interacciones e influencias mutuas entre cultura (arte) y ciencia (medicina), para desarrollar una propuesta educativa con integración interdisciplinar entre arte y medicina a través de materiales concretos y contenidos de historia de la ciencia e historia del arte, que enfatizan la dimensión cultural de la ciencia como un elemento para motivar y atraer a los estudiantes. El marco teórico parte del giro naturalista en la caracterización de la ciencia y de los estudios sobre la naturaleza de la ciencia, que abogan por la dimensión social de la ciencia, justifican la elaboración de las relaciones entre la ciencia y la sociedad y proponen los aspectos culturales, sociales y de historia de la ciencia para la educación científica. Además, se tienen en cuenta las tendencias actuales a la integración de contenidos científicos y humanísticos en la educación científica, especialmente en relación al arte y la medicina. Como materiales didácticos para la enseñanza, el estudio ofrece un conjunto de obras artísticas y diversos contenidos de historia de la ciencia y el arte, centrados en la anatomía humana. Se elabora una propuesta de educación científica de integración interdisciplinar entre arte y anatomía, mediante la selección e infusión en la enseñanza de materiales adaptados a los estudiantes. Se discuten los potenciales logros de la propuesta para contribuir a la alfabetización científica para todos y al desarrollo innovador de la dimensión cultural de la ciencia, desde la cultura artística y la historia de la ciencia.



Palabras-clave: Educación científica; Naturaleza de la ciencia; Historia de la medicina; Historia del arte; Integración ciencia y arte.

Resumo

Este estudo elabora um referencial teórico sobre as interações e influências mútuas entre cultura (arte) e ciência (medicina), para desenvolver uma proposta educacional com integração interdisciplinar entre arte e medicina por meio de materiais e conteúdos concretos da história da ciência e da história da arte, que enfatizam a dimensão cultural da ciência como elemento de motivação e atração dos estudantes. O referencial teórico parte do giro naturalístico na caracterização da ciência e dos estudos sobre a natureza da ciência, que preconizam a dimensão social da ciência, justificam a elaboração das relações entre ciência e sociedade e propõem os aspectos cultural, social e histórico da ciência para a educação científica. Além disso, as tendências atuais para a integração do conteúdo científico e humanístico no ensino de ciências são tomadas em consideração, especialmente em relação à arte e à medicina. Como material didático de ensino, o estudo oferece um conjunto de obras artísticas e diversos conteúdos da história da ciência e da arte, com foco na anatomia humana. Elaborar-se uma proposta de ensino científico de integração interdisciplinar entre arte e anatomia, por meio da seleção e infusão de materiais para o ensino adaptados aos estudantes. As realizações potenciais da proposta são discutidas para contribuir para a alfabetização científica para todos e para o desenvolvimento inovador da dimensão cultural da ciência, a partir da cultura artística e da história da ciência.

Palavras-chave: Educação Científica; Natureza da ciência; História da medicina; História da arte; Integração entre ciência e arte.

Abstract

This study elaborates a theoretical framework on the interactions and mutual influences between culture (art) and science (medicine), to develop an educational proposal with interdisciplinary integration between art and medicine through specific resources and contents on history of science and history of art, which emphasize the cultural dimension of science as an element to motivate and attract students. The theoretical framework draws from the naturalistic twist in the characterization of science and from the studies on the nature of science, which advocate the social dimension of



science, justify the elaboration of the relationships between science and society and propose the cultural, social and history aspects of science for science education. In addition, the current trends towards the integration of scientific and humanistic contents in science education are taken into account, especially in regard to art and medicine. The study also offers a set of artistic works and various contents of history of science and art on human anatomy, as didactic resources for teaching. A teaching proposal on the interdisciplinary integration between art and anatomy is elaborated, through the selection and infusion of the resources adapted to the students into teaching. The potential achievements of the proposal to contribute to scientific literacy for all and to the innovative development of the cultural dimension of science from the artistic culture and history of science are discussed.

Keywords: Science education; Nature of science; History of medicine; History of art; Science and art integration.

Introducción

El concepto de cultura ha generado centenares de definiciones desde distintas perspectivas, aunque sencillamente, se puede decir que cultura es el conjunto de rasgos que configuran la forma de vida social. La UNESCO considera cultura los rasgos distintivos, espirituales y materiales, intelectuales y afectivos, que caracterizan a un grupo social. Por su parte, el diccionario de la Real Academia Española define la cultura así: “Conjunto de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época, grupo social, etc.”, donde cabe destacar la inclusión explícita y conjunta de los conocimientos artísticos, científicos e industriales. Los elementos más comunes de las culturas suelen englobar los símbolos de la comunidad, el lenguaje de comunicación, la idiosincrasia, las cosmovisiones y creencias, los valores que sostienen el orden social, las leyes, normas y sanciones, las costumbres, las celebraciones sociales y las tecnologías de la vida cotidiana. Wang (2018) sistematiza los rasgos culturales en tres dimensiones: conceptos culturales (creencias, valores y estilos de vida), conductas culturales (lenguajes, gestos, alimentos, costumbres, saberes, hábitos y pautas de conducta) y productos culturales (historias, narraciones, literatura, arte, música y artesanía). Este estudio desarrolla la interacción entre ciencia y cultura desde las expresiones artísticas.

La ciencia también es difícil de definir, porque se trata de una empresa humana compleja y multifacética. Análogamente a la caracterización de la cultura como la forma de vida de un grupo social, se podría decir que la ciencia es una forma de conocer el mundo natural y el estilo de vida de los científicos (Aikenhead, 1979). Como aproximación a la definición de ciencia se toma un ítem de Views on science-technology-society (Aikenhead & Ryan, 1992), que sintetiza los resultados de una encuesta empírica y define la ciencia con ocho frases; un panel de jueces expertos en ciencias clasificó las ocho definiciones como ingenuas, plausibles o adecuadas (Vázquez et al., 2006). Una definición ingenua define ciencia como inventar o diseñar cosas (corazones artificiales, ordenadores, vehículos espaciales). Las plausibles son aproximaciones parciales con una parte aceptable; la definición extensiva por disciplinas científicas (el estudio de campos tales como biología, química, geología y física), su carácter funcional (buscar y usar conocimientos para hacer de este mundo un lugar mejor para vivir; por ejemplo, curar enfermedades, solucionar la contaminación y mejorar la agricultura), su organización social (una organización de personas llamadas científicos que tienen ideas y técnicas para descubrir nuevos conocimientos), sus métodos (realizar experimentos para resolver problemas de interés sobre el mundo que nos rodea) y su fin (explorar lo desconocido y descubrir cosas nuevas sobre el mundo y el universo y cómo funcionan). Las definiciones adecuadas consideran la ciencia un cuerpo de conocimientos (principios, leyes y teorías) que explican el mundo (materia, energía y vida) y un proceso investigador sistemático y el conocimiento resultante.

Por otro lado, la amplia investigación sobre la naturaleza de la ciencia (NdC), basada en los estudios interdisciplinarios realizados desde la historia, filosofía y sociología de la ciencia (y otras, como psicología, economía, ética, etc.) ha contribuido decisivamente a caracterizar la multiplicidad de aspectos que definen la ciencia. Algunos estudios conceptualizadores de NdC convergen en señalar la existencia de dos dimensiones básicas: una dimensión epistemológica y una dimensión social (Erduran & Dagher, 2015; Manassero-Mas & Vázquez-Alonso, 2019). Los últimos autores distinguen dos partes dentro de la dimensión social, la comunidad científica (sociología interna de la ciencia) y las interacciones entre la ciencia y la sociedad (sociología externa), y ambas están relacionadas entre sí. Dentro de la sociología externa, los aspectos socio-culturales de la ciencia constituyen una parte significativa en un doble sentido: la cultura social influye sobre la ciencia (p. e. priorizando y financiando ciertas líneas de investigación) y la ciencia influye sobre la cultura social



(p. e. el heliocentrismo modificó las cosmovisiones populares sobre el universo). La impregnación social y cultural de la ciencia es unánimemente reconocida en esos estudios, pues la ciencia, como empresa humana, y el conocimiento científico que produce están arraigados históricamente en contextos sociales y culturales (Kaya & Erduran, 2016; Niaz, 2016).

En este sentido, son numerosos los estudios que destacan cómo la cultura imperante en cada contexto histórico y social determina el desarrollo del conocimiento, y, a su vez, el conocimiento contribuye a modificar el marco cultural que lo ha generado. El ejemplo más extremo de la primera idea podría ser la sociología del conocimiento, cuya tesis fuerte sostiene que los factores sociales determinan el conocimiento (Barnes, 1982; Latour & Woolgar, 1979). Un ejemplo conspicuo de esta primera idea global es el nacimiento de la ciencia moderna en Europa durante el Renacimiento, que se atribuye a la confluencia de factores culturales: el interés renacentista por el humanismo (la persona humana es el centro y la medida de la cultura), junto con el redescubrimiento de los clásicos y sus conocimientos (Milne, 2011).

Por otro lado, la idea de que el contexto cultural induce y posibilita el desarrollo de determinados conocimientos es ampliamente compartida y aplicada. Así, la práctica común de caracterizar las etapas históricas con nombres que reflejan el conocimiento dominante en cada etapa confirma esa tesis; los nombres de Edad de Piedra (junto con las distinciones más finas, entre paleolítico y neolítico), Edad del Bronce y del Hierro reflejan el conocimiento progresivo en el uso de esos materiales en las épocas a las que dan nombre. Análogamente, la ciencia sería el rasgo cultural más característico de la modernidad, es decir, la ciencia también es cultura y, a la vez, un motor de desarrollo económico y social (Bud et al., 2018).

En resumen, el conocimiento es un rasgo inmaterial propio de cada cultura (p. e. filosofía, ciencia, técnica), que, a veces, puede materializarse en objetos concretos (p. e. pirámides, pólvora, catedrales, computadores, etc.). El rasgo fundamental de la cultura y sus conocimientos propios es la interacción permanente y mutua: el conocimiento influye en la cultura y la cultura influye sobre el conocimiento.

El objetivo de este estudio es elaborar las interacciones e influencias mutuas entre la cultura y la ciencia, desarrollando la idea general de que la ciencia es un conocimiento y una cultura humana, en el marco específico de la interacción entre una expresión cultural concreta e institucionalizada (el arte) y una disciplina de la ciencia

también concreta e institucionalizada (la medicina). Para ello se desarrolla un marco teórico que contextualice y justifique las relaciones entre arte y medicina; después se añade la perspectiva de una orientación educativa hacia la historia de la ciencia, como conexión directa entre el arte y la medicina y a través de materiales concretos.

La tercera cultura: encuentros y desencuentros entre ciencia y humanidades

Hasta el siglo XIX aproximadamente, la ciencia ha sido tradicionalmente una empresa cuyo desarrollo se ha asociado a gigantes individuales (Galileo, Newton, Lavoisier, Darwin, Linneo, etc.), cuyas aportaciones científicas surgieron, sin embargo, de actividades embebidas de una manera natural en el marco de sus contextos culturales y sociales. Por otro lado, las necesidades de comunicación y validación pública del conocimiento de los científicos y la creación de las incipientes sociedades científicas llevaron pronto a una escenografía de reuniones de validación pública, donde los científicos presentaban sus hallazgos y experimentos ante auditorios sociales ilustrados (científicos, escritores, artistas, profesores, mecenas, clérigos) que representaban la cultura de la época. Ciencia y cultura eran compartidas socialmente de forma natural y socialmente integrada y, con frecuencia, las imágenes creadas actuaban como instrumentos, vehículos o agentes de transmisión del conocimiento, y en todo caso como testigos de esas actividades culturales de comunicación y validación del conocimiento (Gorri & Filho, 2009).

A lo largo del siglo XIX, el conocimiento científico comienza a aplicarse social e intensivamente en agricultura, industria y transporte, de la mano de la máquina de vapor y las tecnologías eléctricas (entre otras), lo cual origina una gran demanda que lleva a la creciente profesionalización de la práctica científica a todos los niveles. Las universidades se van transformando hacia el perfil moderno basado en la investigación, con una mayor especialización y complejidad: aumenta el número y la formación de los científicos, mejoran los equipamientos, se crean laboratorios universitarios y privados (p. e. Menlo Park de Edison), se amplifican las controversias y se inicia la institucionalización de las sociedades de ingenieros. La especialización del conocimiento convirtió la práctica científica en una actividad cada más compleja, profesionalizada e institucionalizada, lo cual redujo drásticamente su accesibilidad y comunicabilidad públicas. El panorama socio-cultural global de la ciencia se transformaba gradualmente, desplazando el modo de comunicación de las reuniones públicas hacia revistas, periódicos, libros, colecciones y museos, movimiento que



presagiaba una quiebra de la tesis de la integración entre ciencia y cultura, tal como se había conocido y desarrollado hasta entonces (Acevedo-Díaz & García-Carmona, 2017; Archila et al., 2020; Braga et al., 2015).

Los famosos congresos Solvay del siglo XX certifican la ausencia de la cultura de los actos públicos de la ciencia. La icónica foto de la conferencia Solvay de 1927 (con los 29 mejores científicos) es la visualización patente de que la ciencia se había convertido ya en una cuestión exclusiva de científicos. Sin embargo, la foto testimonia una nueva forma de presencia social en la ciencia; el mecenazgo filantrópico de Solvay, financiador de los congresos, innova la interacción ciencia-sociedad con la financiación social de la ciencia. Tras la Segunda Guerra Mundial crece la conciencia pública del poder dual de la ciencia; en la misma medida que la ciencia gana guerras (proyectos radar, Ultra o Manhattan), puede convertirse en un factor determinante de progreso y bienestar, pero también en una amenaza de autodestrucción planetaria; en definitiva, una fuente de liderazgo y poder mundiales. Esta conciencia propició el desarrollo de la gran ciencia, caracterizada por la construcción de grandes centros de investigación (CERN, NASA, etc.), donde grandes equipos de personas e instrumental desarrollan ambiciosos proyectos (carrera espacial, genoma, nano-tecnologías, colisionador de hadrones, etc.) gracias a la financiación de los gobiernos y otros agentes sociales. La gran ciencia representa el culmen de la especialización científica al servicio de objetivos diseñados desde las más altas instancias económicas y políticas. Paralelamente, la penetración de la ciencia y sus desarrollos en la vida diaria de las personas (electrodomésticos, coches, viajes, etc.) crece y se intensifica y proliferan los movimientos sociales reactivos ante las cuestiones socio-científicas (átomos por la paz, ecologismo, pseudo-ciencias, anti-ciencia, guerra de las ciencias, etc.) planteadas por la gran ciencia (Antonioli et al., 2012; De Solla-Price, 1963).

Hacia la mitad del siglo XX la división social entre los practicantes de una cultura humanística y de una cultura científica es un hecho. La conferencia Rede de 1957 pronunciada por Snow (1964) formalizó la tesis sobre las dos culturas, letras y ciencias, constatando la realidad de una disociación intelectual entre los practicantes de ciencias y de humanidades. Posteriormente, Snow propuso la tesis de una tercera cultura, imaginada como una unión de coexistencia proactiva entre ciencia y humanidades. Brockman (1995) retomó esta idea de una tercera cultura, pero desde el liderazgo de la ciencia sobre las humanidades, que fue criticada como una forma de cientifismo encubierto que causaría el enfrentamiento, en lugar de la conciliación cultural (Benda, 2015). Los jóvenes perciben cierta integración global de la ciencia y la

tecnología en la cultura actual y la existencia de muchas culturas en las sociedades, por lo que la colaboración entre culturas se percibe como un enfoque más productivo, y que resulta insoslayable en el ámbito educativo (Vázquez Alonso et al., 2002).

La separación factual entre ciencia y humanidades ha sido reforzada por la organización de los sistemas educativos. Por un lado, la organización curricular en disciplinas diferenciadas compartimenta la transmisión del conocimiento. Por otro lado, la elección de estudios a ciertas edades (entre ciencias y letras) segrega a los estudiantes según sus elecciones; los electores de ciencias se encajonan en el tubo para ser científicos, pierden contacto académico con los conocimientos humanísticos y con sus pares y profesores de humanidades (y viceversa), muy especialmente en la educación superior. Este tubo educativo segregacionista ha contribuido a oscurecer lo mucho que tienen en común las humanidades (y especialmente el arte) y la ciencia, desde su raíz compartida de ser ambas empresas humanas creativas que observan la realidad, una para crear obras de arte y la otra para crear conocimientos sobre el mundo natural, un aspecto que se ha elaborado más en otro lugar (Vázquez-Alonso et al., 2019). Este estudio tiene como objetivo justificar y restaurar la relación entre ciencia y cultura en el ámbito educativo, caracterizada por educar explícitamente desde la interdisciplinariedad entre una cultura específica (arte) y un conocimiento científico (la medicina). La finalidad educativa es superar la artificial separación cultural en las escuelas por la diferenciación disciplinar de asignaturas y las elecciones prematuras de estudios, y ofrecer la manifiesta y permanente dimensión cultural de la ciencia como un elemento para motivar y atraer a los estudiantes hacia la ciencia.

Cultura y Ciencia

En este epígrafe se desarrolla el marco teórico sobre la dimensión cultural de la ciencia desde una perspectiva histórica y desde su realidad actual.

La cultura griega clásica fue la primera en desarrollar pensamientos proto-científicos sobre el mundo, partiendo de la reflexión filosófica (explicaciones del movimiento de los cuerpos, los cambios, la astronomía, los números, la geometría y la materia). Paralelamente, desarrolló numerosos conocimientos prácticos (*tecné*) en arquitectura, escultura, medicina, molinos, relojes y metalurgia y utensilios.

Posteriormente, la cultura romana aportó organización y funcionalidad a los conocimientos heredados de los griegos en medicina, agricultura (arado), obras públicas (calzadas, acueductos, templos, faros), arquitectura (casas, arcos,



calefacción) y tecnologías militares (armas, catapultas, ballestas, torres de asalto sobre ruedas) y civiles (molinos hidráulicos, poleas, grúas, relojes, calendarios).

La cultura medieval europea heredó de otras culturas conocimientos e instrumentos, tales como los relojes mecánicos, la pólvora, los molinos de agua, y desarrolló otros propios, como los molinos de viento, las gafas, los cuadrantes, los astrolabios, el papel moneda, la alquimia, la disección, la cirugía y los arbotantes. Con todo, los símbolos principales de la cultura medieval son sociales: oficios, hospitales, farmacias, catedrales y, sobre todo, la creación de las universidades, que se erigen como las sedes institucionales del conocimiento y la cultura medievales, donde se continúa el cultivo de la medicina y la filosofía natural, embriones del nacimiento de la ciencia moderna en los albores del siglo XVII.

Los historiadores datan el nacimiento de la ciencia moderna en el siglo XVII, de la mano de figuras como Galileo o Newton (Milne, 2011). Entonces se denominaba filosofía natural por sus practicantes (filósofos naturales), porque aplicaban la lógica filosófica al estudio de la naturaleza (Newton titula su obra principal *Principia Philosophiae Naturalis*); sin embargo, añadían un nuevo y profundo énfasis en la sistemática y detallada observación y en una nueva modalidad (la experimentación). Sintetizando la reflexión filosófica sobre la ciencia de siglos anteriores (Descartes, Hume, Bacon, Kant, etc.), la filosofía positivista del siglo XX propuso como rasgos metodológicos característicos de la ciencia los denominados factores epistémicos: lógica y empirismo. En el caso de la lógica, la ciencia adoptó desde sus albores para las medidas y la argumentación de las explicaciones sobre los hechos naturales un lenguaje matematizado, que aportó un gran avance respecto a la lógica filosófica y un desarrollo de las matemáticas y su integración natural con la ciencia. Con el empirismo y la planificación de experimentos basados en el control de variables, la ciencia desarrolla un conocimiento avanzado y abstracto. Ambos elementos conformaron una práctica científica con altos niveles de especialización (Hempel, 1965; Nagel, 1961).

El giro naturalista de la filosofía de la ciencia y sus consecuencias culturales

En los últimos lustros del siglo XX, los estudios sociales desafiaron la visión positivista de la ciencia mediante el llamado giro naturalista, caracterizado por su interdisciplinariedad, pues sus aportaciones nacen de las múltiples disciplinas sociales que estudian la ciencia, especialmente filosofía, historia y sociología de la ciencia, junto con otras (psicología, economía, política, antropología, etc.). Se desarrolla una



visión de la ciencia que va más allá de los factores epistémicos y se abre a considerar la influencia en el conocimiento científico de los factores sociales, y que ha tenido impacto y consecuencias en todos los niveles de la actividad científica, desde la propia investigación científica, hasta la innovación de la educación científica (orientada a la alfabetización ciudadana y no solo a la formación de científicos), pasando por el diseño de las políticas científicas, nacionales y transnacionales. En general, el giro naturalista ha supuesto una mayor apertura de la ciencia a la sociedad, y, por tanto, a la cultura social (Ambrogi, 1999; Kuhn, 1962). Dentro del giro naturalista, el movimiento ciencia-tecnología-sociedad (CTS) reivindica la relevancia de las interacciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad para el desarrollo tanto de ciencia y tecnología como de la sociedad. La versión educativa del movimiento CTS propugna una educación científica interdisciplinar, con enseñanza explícita de las interacciones CTS, y cuyo concepto central es la alfabetización científica para todos, considerada como una competencia clave para atender las necesidades personales y sociales de los ciudadanos que viven en sociedades intensamente impregnadas de ciencia y tecnología (Vesterinen et al., 2014).

Un elemento empírico que demuestra la importancia del giro naturalista para la restauración de la relación entre la ciencia y la cultura es el nacimiento de algunas revistas de investigación, cuyos contenidos se basan en considerar la ciencia una forma de cultura. Incluso, para algunos esta conclusión se matizaría más bien como que la ciencia es la cultura propia de la modernidad (Franklin, 1995). El perfil de estas revistas proyecta una visión general acerca de los rasgos que caracterizan las relaciones entre la ciencia y la cultura actuales. La revista “*Science as culture*” argumenta que nuestra cultura es científica porque los valores de la ciencia influyen sobre la sociedad y se visualizan en conocimientos, hechos, técnicas, prioridades de investigación, gadgets y publicidad, artefactos, y diseños de procesos y productos, armas y maravillas filmadas. La revista de Sage “*Cultures of Science*” investiga las intersecciones entre cultura y ciencia (comunicación científica, historia, filosofía, sociología, psicología social, educación científica pública, comprensión pública de la ciencia, culturas de la ciencia y actitudes públicas, etc.). Finalmente, “*Cultural Studies of Science Education*” examina la educación científica como un fenómeno cultural para construir puentes con los estudios culturales y sociales de la ciencia (comprensión pública de la ciencia, ciencia y valores humanos, ciencia y alfabetización, etc.). En suma, las tres revistas mencionadas demuestran la importancia de los temas culturales para la ciencia y apuntan los temas científicos y culturales de interés.



Las propuestas de integración STEM

En los últimos lustros, diversos países constatan que los estudios superiores relacionados con la ciencia no son suficientemente atractivos para reclutar el personal técnico demandado por el sistema productivo y que los profesionales tienen una formación muy disciplinar, pero carecen de otras destrezas (creatividad y pensamiento crítico) y disposiciones generales (apertura, colaboración, comunicación y trabajo en equipo) crecientemente necesarias en los empleos globalizados del siglo XXI.

Como respuesta a esta problemática, *National Science Foundation* apoyó la adopción de actividades pioneras integradas, que fueron transformadas después por la administración de los EU de América en una iniciativa política bajo las siglas STEM (en inglés: ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). La idea innovadora STEM es enseñar esas disciplinas de forma integrada e interdisciplinar, para lograr una mayor calidad educativa, desarrollar en los estudiantes las competencias transversales y atraer a los campos STEM más estudiantes, especialmente mujeres y minorías. STEM combina algunos conceptos académicos ya conocidos (la integración propia de CTS) y, además, trata de conjugar escuela, comunidad, trabajo y empresa, de modo que los aprendizajes STEM se beneficien de esa integración y coordinación globales.

Como consecuencia de los sustanciosos apoyos económicos y políticos recibidos, la etiqueta STEM ha hecho fortuna y ha calado también en numerosos ambientes escolares, como moda educativa y como marca de innovaciones educativas dirigidas hacia una educación más interdisciplinar. También ha generado estudios y revistas especializadas (*Journal of STEM Education*, *International Journal of STEM Education*, *Journal for STEM Education Research*, *European Journal of STEM Education* o *Journal of Research in STEM Education*). Además, muchas otras revistas han incorporado el acrónimo STEM a la descripción de su perfil y objetivos.

El meta-análisis de Becker y Park (2011) mostró que la integración STEM tiene efectos positivos en el aprendizaje y que estos beneficios son mayores en las escuelas primarias que en las universidades y cuando se integran los cuatro campos STEM, aunque concluyen que se necesita más investigación empírica sobre estos efectos. Con todo, algunos análisis sostienen que STEM no contiene ideas nuevas y originales respecto a las ideas ya conocidas en la investigación educativa y en didáctica de la ciencia (Akerson et al., 2018; Toma & García-Carmona, 2021).

Algunas instituciones educativas han alumbrado diversas iniciativas para ampliar

el ámbito de STEM, incorporando nuevas áreas al acrónimo. Por ejemplo, las National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM) de los EU de América han incorporado la “M” de medicina como nueva disciplina, y desde hace años la mayoría de sus informes y publicaciones refieren en sus títulos el acrónimo STEMM. Pero la incorporación más llamativa son las humanidades, añadiendo la “A” de artes (música, diseño, literatura y bellas artes) para producir el acrónimo ampliado STEAM. La integración de las artes en STEAM no se reduce a una mera yuxtaposición multidisciplinar de asignaturas, añadiendo artes como área nueva de STEM. La “A” de STEAM aportaría creatividad e innovación, para una visión de la educación en todas las disciplinas orientada a problemas o proyectos del mundo real, que desarrollan la curiosidad (hacer preguntas), la comunicación (crear respuestas, diseñar soluciones) y el uso del pensamiento de diseño y las habilidades artísticas.

Algunos autores elaboran aún más STEAM para concluir que superaría la mera suma o yuxtaposición de individualidades (multi-disciplinar) o la integración interactiva de disciplinas (interdisciplinar), para llegar a alumbrar una ambiciosa nueva disciplina, emergente y transdisciplinar (Guyotte et al., 2014). Las actividades STEAM buscan también hacer más interesantes los aprendizajes STEM y aportar mejoras relacionadas con las necesidades auténticas del mundo real, tales como el compromiso, la relevancia, la innovación y el aprendizaje (Galliot et al., 2011). Sin embargo, Khine y Areepattamannil (2019) reconocen que la iniciativa STEM ha desarrollado una literatura y un cuerpo de conocimientos educativos, que incluyen elaboraciones teóricas, actividades y buenas prácticas, mientras la información STEAM es hoy aún escasa y dispersa. No obstante, el informe de las academias (NASEM, 2018) constituye un referente más optimista para desarrollar STEAMM en la educación superior; además, incluye una interesante puntualización sobre el significado de las tres formas de integración de disciplinas: superficial (multidisciplinar), media (interdisciplinar) y profunda (transdisciplinar). Estas propuestas sintonizan con la vía de la tercera cultura, como lugar de encuentro igualitario entre humanistas y científicos que aproximara proactivamente ciencias y humanidades, en lugar de continuar viviendo de espaldas (Snow, 1964).

En suma, los análisis históricos demuestran que cultura y conocimiento han estado integrados de manera natural durante la mayor parte de la historia en todas las sociedades, lo cual ha sido causa de la consecvente y continua interacción e influencia mutua entre cultura y conocimiento. Así, la evolución de ambos ha sido un producto de estos procesos de interacción e influencia, que incluyen fenómenos de



fecundación positiva, pero también incluyen momentos de conflicto, controversia y desencuentro (Bud et al., 2018). Este estudio propone integrar materiales concretos de arte en STEAMM para aportar a los objetivos de innovación, creatividad y educación trans-disciplinar. En concreto, el estudio de imágenes de temática médica descubre y aplica las potencialidades del arte a la enseñanza contextualizada de los aspectos relacionados con anatomía, fisiología y el cuidado de la salud, recurrentes en los currículos de las disciplinas científicas, en primaria, secundaria y educación superior.

Elementos para una Integración del Arte en la Educación Científica

Las representaciones artísticas de hechos científicos o las imágenes creadas por artistas con una finalidad científica tienen diversas ventajas didácticas cuando se aplican a la educación científica: el componente visual de las obras de arte resulta, en primera instancia, relativamente accesible, lo que incentiva la motivación y estimula la curiosidad hacia los elementos representados. La obra de arte contribuye a eliminar obstáculos en el aprendizaje de la ciencia, y, por ello, el arte puede ser un andamio apropiado para estimular y lograr la alfabetización científica con perspectiva cultural.

El recurso del arte es aún más valioso porque aporta la perspectiva histórica, contribuyendo a enseñar ciencia y, además, historia de la ciencia, que suele estar ausente en la educación científica. La integración del arte en la enseñanza de la ciencia está relacionada con la segunda categoría de la taxonomía de McComas (2011), que describe los métodos y enfoques educativos para incluir la historia de la ciencia en la educación científica, referida a los estudios de caso, historias y otras ilustraciones similares de la historia de la ciencia (incluyendo materiales originales, tales como textos, ilustraciones, viñetas etc.). En este apartado se presentan algunos materiales concretos, referidos a representaciones plásticas de medicina anatómica, donde se visualizan contenidos científicos de morfología y fisiología, junto con otros de historia de la medicina que ayudan a contextualizar, entender y situar históricamente la práctica científica representada. El inventario de obras de arte disponibles como recurso didáctico es extenso, y aunque la selección desplegada aquí es breve por la limitación de espacio, se animan las búsquedas personalizadas para su ampliación.

El “Renacimiento” de las imágenes del cuerpo: anatomía del encuentro arte- ciencia

Desde finales del siglo XV en adelante se asistió a un cambio paulatino que progresiva e inexorablemente conduciría a una revolución en la concepción de la

medicina, en su sistema de enseñanza y en el conocimiento de la anatomía humana.

Las teorías médicas establecidas en la Antigüedad clásica por Hipócrates (ca. 450-370 a.C.) y después por Galeno (ca. 130-210 d.C.) habían permanecido en vigor durante siglos y se basaban en la teoría de los humores, según la cual la enfermedad era el resultado de un desequilibrio de los cuatro humores que conformaban el cuerpo: sangre, flema, cólera y melancolía (Figura 1) (Nutton, 1993).

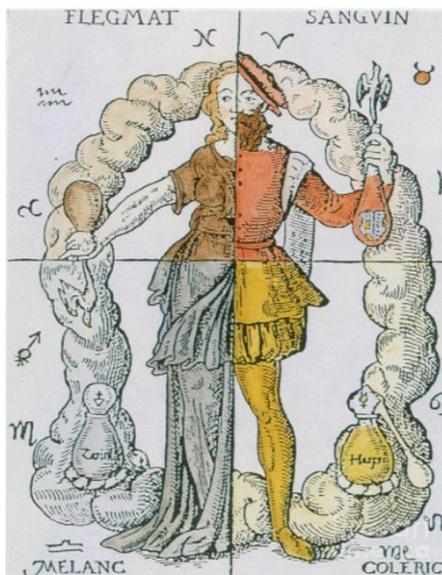


Figura 1 - Anónimo, Figura humana donde se representan los cuatro humores: sangre, flema, cólera y melancolía.

El hecho transcendental para el desarrollo de la medicina en Europa fue su aceptación como una de las ramas del saber enseñado en las Universidades del siglo XIII. Sin embargo, el saber médico del cuerpo humano en la universidad del Medioevo era un conocimiento anclado en el corpus de textos heredados de la Antigüedad greco-latina, que no se basaban en el estudio directo y en la observación de la anatomía o, en su defecto, de las imágenes anatómicas (Salmon, 2010). El cambio de esta concepción del cuerpo, basada en la palabra y en la teoría de los cuatro humores, por el estudio fundamentado en la observación directa de la anatomía humana, tiene su momento culminante en el siglo XVI, centuria que ha sido calificada como “el siglo de la anatomía” (Laurenza, 2012) o la época del “Renacimiento anatómico” (Cunningham, 2016), y conducirá a nuevas formas de sanación.

El renovado interés hacia la anatomía empezó a fraguarse en las últimas décadas del siglo XV en Italia y no puede comprenderse de manera aislada, sin



inscribirlo en el marco de una serie de fenómenos filosóficos, culturales y técnicos vinculados al concepto de “Renacimiento” y que tradicionalmente se estudian en la Historia del Arte. Si bien el Renacimiento es un fenómeno cultural complejo existe consenso historiográfico en los principales aspectos que lo caracterizan; a partir del siglo XV pintores, escultores, arquitectos (hoy denominados “artistas”), pero también filósofos, humanistas y mecenas, volvieron su mirada hacia la Antigüedad clásica, lo cual supuso un cambio sustancial con respecto al sistema de representación medieval. A partir del *Quattrocento* se dejan de lado las imágenes medievales de carácter simbólico y esquemático y se impone un nuevo sistema de representación “realista”, basado en la observación de la naturaleza, que debía ser recreada de manera mimética y verosímil, a través de la implementación de sistemas de proyección basados en las leyes de la geometría y de la perspectiva. De la mano de estos procesos, se redescubre el desnudo de la estatuaria griega, cuyos cánones son retomados y reinterpretados, para crear nuevos criterios estéticos en torno al cuerpo. En ese contexto, no parece extraño que pintores y escultores exploraran y observaran con ahínco la materialidad corpórea de la anatomía humana, sus movimientos, la musculatura e, incluso, se adentraran en la realidad interna del cuerpo participando en disecciones y autopsias de cadáveres.

En paralelo a estos fenómenos, para comprender la revolución anatómica que tendrá lugar en el siglo XVI, es preciso considerar una serie de innovaciones técnicas que iban a marcar la Edad Moderna, en términos generales, y que supondrían una auténtica “revolución visual” que permitió aumentar exponencialmente la difusión de ideas e imágenes en lo que respecta a las artes y las ciencias. La invención de la imprenta a mediados del siglo XV permitió reproducir mecánicamente los textos, que hasta ese momento, solo podían realizarse de forma manuscrita. La imprenta reproducía textos a menor costo – de tiempo y dinero – y en gran número, alcanzando así una gran difusión hasta entonces desconocida. Además, la irrupción de la imprenta llegó de la mano de mejoras y avances en las técnicas de estampación que permitieron reproducir imágenes de manera seriada a partir de matrices grabadas. La ejecución de imágenes grabadas o estampas es un aspecto muy relevante para comprender el desarrollo de la ciencia moderna, en general, y de la ilustración anatómica, en particular, ya que estas imágenes realizadas por dibujantes, grabadores y pintores se incorporaron a los principales tratados anatómicos impresos, generando un nuevo conocimiento en torno al cuerpo humano gracias a la imagen. En suma, el “renacimiento anatómico” que alcanza su zénit en el siglo XVI debe comprenderse

desde un análisis transversal de los múltiples agentes que intervinieron en el mismo: dibujantes, grabadores, pintores y escultores “retrataron” la anatomía humana en el contexto de un paradigma estético naturalista; los anatomistas paulatinamente dejaron atrás la visión macroscópica del cuerpo humano heredada de las teorías médicas antiguas y se aventuraron a explorar la estructura interna del cuerpo y los órganos; y algunos impresores apostaron por publicar determinados textos médicos incorporando estampas que los ilustraban y que, hasta la fecha, circulaban de forma manuscrita.

En este sentido, resulta interesante referir la periodización de Domenico Laurenza (2012) en torno a la “revolución anatómica” de los siglos XV y XVI, atendiendo al papel que ejerce cada uno de los agentes referidos con anterioridad. Para este autor, una fase inicial de este proceso – a finales del siglo XV – estuvo marcada por el protagonismo de algunos impresores, como por ejemplo los hermanos Giovanni y Gregorio de Gregori, que se adentraron en el ámbito de la publicación médica, sencillamente trasladando y adaptando al formato impreso el contenido de determinados manuscritos sobre esta materia y sus imágenes. Una segunda fase, en la primera mitad del siglo XVI aproximadamente, se caracterizó por el protagonismo de los “artistas anatomistas”, que creaban imágenes anatómicas mucho más precisas y avanzadas que las manejadas por los propios médicos y profesionales de la anatomía en esas mismas fechas. Poco después, a mediados de esa misma centuria, serían los anatomistas quienes se harían con el control de este tipo de imágenes. A continuación, se analizan ejemplos concretos y significativos de este proceso, apenas descrito, y las imágenes anatómicas producidas en alguno de esos momentos clave.



Figura 2 - Leonardo da Vinci, *Los principales órganos y vasos sanguíneos del cuerpo humano*, ca. 1485-1490. Dibujo a lápiz negro o carboncillo, pluma y tinta, aguada marrón y verde, 278 x 197 mm, The Royal Collection Trust (RCIN 912597).



Sin duda, Leonardo da Vinci (Vinci, 1452 – Amboise, 1519) constituye el ejemplo paradigmático de “artista-anatomista”. Formado en Florencia en el taller de Andrea del Verrocchio, Leonardo estudió anatomía y fue un adelantado en múltiples campos de lo que hoy se denomina “ciencia”. Su interés por la anatomía y sus investigaciones en torno al cuerpo humano han quedado reflejadas en sus numerosos dibujos sobre estos temas (Keele & Pedretti, 1978-1980). Un dibujo temprano, ejecutado hacia 1485-1490, antes de que Leonardo realizara disecciones, es un estudio anatómico de un hombre en pie, con los brazos y las piernas separadas, mostrando los principales órganos y vasos sanguíneos (figura 2). El dibujo refleja todavía la tradición medieval de representación anatómica combinando dos tipos de imágenes: las figuras dedicadas a representar la posición de los órganos más importantes dentro del tronco y las figuras destinadas a mostrar las venas. Cuando Leonardo realiza este estudio la noción de circulación sanguínea actual todavía no existía, sino que se pensaba que los vasos sanguíneos viajaban desde los intestinos hasta el hígado, como había postulado Galeno. Algunos autores han señalado estas incorrecciones de situar el origen de la vena cava en el hígado (Clayton & Philo, 2014). Sin embargo, a lo largo de su vida Leonardo se dedicó a la investigación anatómica – realizando autopsias y disecciones de cadáveres – lo cual le conduciría a importantes descubrimientos, tales como el seno frontal del cráneo, la naturaleza muscular del corazón y la existencia de cuatro cavidades ventriculares (Laurenza, 2012). En este sentido, un dibujo ejecutado años más tarde refleja su interés por resolver el antiguo debate sobre el centro del sistema venoso, afirmando y argumentando ya que todas las venas y arterias surgen del corazón, estableciendo una comparativa con las plantas (Clayton & Philo, 2014).

Además, Leonardo introdujo novedades en el campo de la representación anatómica. Un buen ejemplo de ello se encuentra en un folio, fechado hacia 1485-1490, que reúne varios estudios. En el recto de la hoja se representan tres estudios de piernas habituales y en el reverso de ese mismo folio hay tres imágenes de la pierna derecha de un hombre: una de perfil, señalando con líneas horizontales la medida, y otras dos imágenes de la pierna cortada en secciones, que muestran las partes de la anatomía interna señaladas con letras que las identifican. Esto supone una novedad en el sistema de representación anatómico utilizado por Leonardo, pues como han señalado Clayton y Philon (2014, nº 6), en la actualidad solo la tomografía axial computarizada permite obtener imágenes del interior del organismo en forma de cortes transversales; obviamente, este sistema de representación anatómico era absolutamente innovador pues carecía de precedentes en la época de Leonardo.

Los estudios anatómicos de Leonardo alcanzaron un nivel de precisión descriptiva mayor que cualquiera de las imágenes utilizadas por los profesionales de la anatomía en esa época, pero su impacto sobre otros pintores y anatomistas coetáneos fue bastante limitado, principalmente porque eran manuscritos. Como se ha comentado con anterioridad, mediado el siglo XV la imprenta revolucionó el mercado del libro y permitió alcanzar una difusión sin precedentes a los textos y las imágenes; este hecho afectó decisivamente al desarrollo de las ciencias y de la anatomía, pues permitía que las publicaciones impresas llegaran a mayor número de lectores y, por ende, que los conocimientos contenidos en las mismas tuviesen mayor impacto y pudiesen ser replicados o refutados por otros autores. En este sentido, el año 1543 fue enormemente relevante, pues se publicaron *De revolutionibus orbium coelestium* de Nicolás Copérnico y el tratado anatómico *De humani corporis fabrica libri septem* de Andrea Vesalio, que causaron dos cambios culturales sin retorno. El primero rompió la cosmovisión geocéntrica ptolemaica y el segundo rompió la visión del cuerpo humano, poniendo en tela de juicio las ideas de Galeno, secularmente asumidas.



Figura 3 - Andrea Vesalio, *De humani corporis fabrica Libri Septem* (frontispicio de la obra), 1543, Basilea, Ex Officina Ioannis Oporini.

El frontispicio de la obra de Vesalio (Bruselas, 1514 - Zante, 1564) constituía ya toda una declaración de intenciones y escenificaba la ruptura con respecto a la enseñanza médica y anatómica dominante hasta la fecha (figura 3). Resulta ilustrativo



comparar esta estampa que abre el tratado de Vesalio con el grabado publicado tan solo unas décadas atrás por los referidos hermanos De Gregori, en el *Fasciculo di medicina* (1494) (figura 4). La parte superior central de este grabado de 1494 muestra al profesor de anatomía impartiendo su lección teórica, ocupando su cátedra, y distanciado de la escena que transcurre en el primer plano de la composición, donde un barbero o cirujano se ocupa de llevar a cabo la disección del cadáver situado sobre la mesa de autopsias. En contraste, el frontispicio del tratado de la *Fabrica* (figura 3) representa al profesor – el propio Vesalio – con sus manos directamente sobre el cadáver, ya abierto por el abdomen, y ocupándose en primera persona de ejecutar la disección. Así, se escenificaba un giro desde una medicina basada en la teoría heredada a otra medicina basada en la praxis y en la observación anatómica directa.

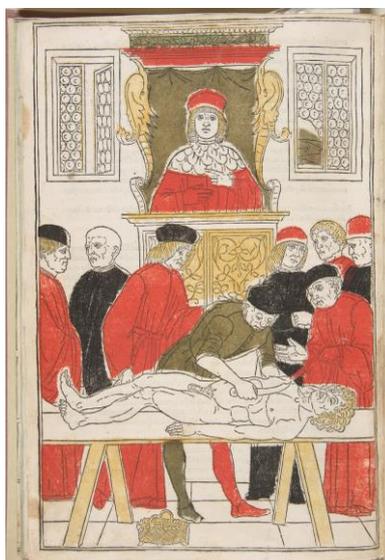


Figura 4 - Johannes de Ketham (atribuido a), Conferencia de anatomía con disección de un cuerpo, grabado xilográfico incluido en la obra *Fasciculo di medicina* publicada por los hermanos Giovanni y Gregorio de Gregori en Venecia en 1494.

El éxito del tratado de Andrea Vesalio residió en la excelente conjunción entre texto e ilustración anatómica (Saunders & O'Malley, 1973; Roberts & Tommlinson, 1992). El propio Vesalio se ocupó de determinar el tipo de ilustraciones que debía incluir el tratado a partir de sus propias disecciones y de organizar la obra con un criterio coherente y pedagógico. Los siete libros que componían la *Fabrica* y sus imágenes, acompañadas de una leyenda o tabla explicativa, analizaban los distintos aspectos de la anatomía humana (huesos y esqueleto, musculatura, venas y arterias, sistema nervioso, órganos del sistema digestivo y los distintos órganos del cuerpo y el cerebro). Actualmente no existe consenso sobre la autoría artística de las estampas

anatômicas del tratado, aunque se han barajado los nombres de Jan Stephen von Calcar, del escultor Jacopo Sansovino e, incluso, de Tiziano (Simons & Kornell, 2008; Laurenza, 2012). En cualquier caso, es indudable la gran calidad artística de las estampas, realizadas con la técnica de la entalladura o xilografía, consistente en labrar con una gubia un taco de madera, que luego se entintaba para trasladar al papel la imagen grabada en la matriz. Se menciona aquí la técnica precisa utilizada para realizar las imágenes anatómicas de Vesalio puesto que, a pesar de que a finales del siglo XV un artista como Alberto Durero había elevado la técnica de la entalladura a la categoría de “Arte” (en mayúsculas), las estampas realizadas con una matriz de madera daban como resultado, por lo general, imágenes conformadas por líneas más gruesas y mucho menos precisas. La técnica de grabado sobre lámina de cobre con buril, que experimentó un notable desarrollo en el siglo XVI, permitió obtener líneas y contornos más precisos y finos, y estos avances mejoraron la calidad de las imágenes anatómicas; un ejemplo de ello es la *Historia de la composición del cuerpo humano* (1556) del anatomista español Juan Valverde de Hamusco (figura 5).



Figura 5 - Ilustración anatómica (Tab. Quarta del Lib. Tercero) incluida en el tratado de Juan Valverde de Hamusco, *Historia de la composición del cuerpo humano*, Roma, Impresa por Antonio de Salamanca y Antonio Lafréry. Esta estampa fue realizada con la técnica de grabado calcográfico sobre lámina de metal.

Durante la segunda mitad del siglo XVI la ilustración anatómica fue controlada principalmente por los profesionales de esta disciplina, dejando su ejecución a los



artistas, pero ello no fue óbice para que las relaciones entre arte, medicina y anatomía continuaran siendo constantes y fructíferas a lo largo de la centuria siguiente. Por un lado, la anatomía se convirtió en materia de estudio para los artistas en las primeras academias de arte que se fundaron en la Edad Moderna. Además, los tratados de anatomía se convirtieron en libros consultados y estudiados por artistas importantes, como el pintor flamenco Peter Paul Rubens o el sevillano Diego Velázquez, quien poseía un ejemplar del volumen de Valverde de Hamusco entre sus libros. Por otro lado, los artistas continuaron creando imágenes que constituyen excelentes documentos para el estudio y el conocimiento de la historia de la medicina y de la anatomía. Uno de los ejemplos paradigmáticos a este respecto es la *Lección de anatomía del Doctor Nicolaes Tulp*, pintada por Rembrandt en 1632 (figura 6), y el conjunto de cuadros predecesores sobre el tema, que poseen un interesante valor informativo, aunque son menos conocidos. Entre estos pueden citarse la *Lección de anatomía del doctor Sebastian Egbertsz*, pintada en 1603 por Aert Pietersz, y la *Lección de anatomía del doctor Willem van der Meer*, ejecutada en 1617 por Michiel y Pieter van Miereveld, y cuyas comparaciones aportan interesantes rasgos de estas disecciones públicas, que constituían un acontecimiento en la época. Por ejemplo, cotejando la representación realizada por los Van Miereveld y la de Rembrandt, se observan diferencias entre ambos retratos colectivos que recrean sendas agrupaciones de cirujanos. El cuadro de 1617 recrea una disección pública, que se desarrolla en un anfiteatro anatómico, porque su barandilla está parcialmente representada en el lienzo de los Van Miereveld y rodea la mesa, donde se encuentra el cadáver, que generalmente correspondía a algún delincuente ajusticiado. Como muestra el cuadro, la primera incisión se efectuaba en el abdomen del cadáver; después el *praelector* – el doctor Van der Meer – iba diseccionando el cuerpo, mostrando al público asistente cada órgano y explicando su función (Nash, 2004). El cuadro de Rembrandt (figura 6) presenta algunas diferencias significativas con respecto al precedente: la lección del doctor Tulp no se desarrolla en un anfiteatro anatómico y el número de personas es mucho menor, lo cual razonablemente ha llevado a interpretarla como una reunión de carácter privado. Además, frente a la práctica extendida de comenzar la disección del cuerpo por el abdomen – como sucedía también en el frontispicio de la *Fabrica* (figura 3) – en el cuadro de Rembrandt se inicia por el antebrazo. Esta última cuestión ha dado pie a que el cuadro se haya interpretado como un encargo particular de un selecto grupo de miembros del gremio de cirujanos e, incluso y, de manera plausible, a la voluntad personal del Doctor Tulp.

En ese contexto, la disección iniciada por Tulp en el antebrazo se ha interpretado con la voluntad de equipararse con Vesalio, quien se autorretrató al principio de su *Fabrica* disecando un antebrazo y también con la significación moral que se daba desde la Antigüedad, siguiendo a Aristóteles, a la mano humana como instrumento del alma, frente al intelecto como forma de las formas (Schupbach, 1982; Nash, 2004). Precisamente, Rembrandt pintó otra lección de anatomía en 1656 – en este caso protagonizada por el Doctor Deijmar – donde muestra la disección del cráneo, sede del intelecto, y cuya plasmación visual guarda notables analogías con la estampa del cráneo abierto incluida en el tratado de Vesalio.



Figura 6 - Rembrandt van Rijn, *Lección de anatomía del Doctor Nicoales Tulp*, 1632. Óleo sobre lienzo, 169,5 x 216,5 cm, La Haya, Mauritshuis (Inv. nº 146).

Una Propuesta Didáctica: Enseñar Anatomía y Fisiología Integrando Historia y Arte

En los epígrafes precedentes se han presentado con detalle histórico y artístico algunas significativas imágenes anatómicas junto con el contexto histórico en el cual nacieron y se desarrollaron. Todas ellas constituyen materiales básicos que pueden ser usados flexiblemente para complementar la enseñanza de los temas curriculares relativos a la anatomía y fisiología del cuerpo humano en todos los niveles educativos. En este apartado se ofrecen orientaciones específicas para desarrollar esa innovación educativa, basada en la integración de la ciencia y el arte, aglutinados por la historia, de manera flexible, que pueda ser adaptada por cada docente, en función del nivel de los estudiantes y de sus propios objetivos educativos. Las orientaciones se centran en ejemplificar los aspectos innovadores de la integración de las obras artísticas y de los contextos históricos con los contenidos curriculares, que permitan una interpretación sencilla y flexible a cada docente que desee aplicar un desarrollo integrado STEAM.



Una idea metodológica básica a considerar sería la infusión de las imágenes anatómicas y los detalles históricos seleccionados, que se consideren pertinentes y adaptados al nivel evolutivo de los estudiantes, en los contenidos curriculares apropiados, dejando la profundización en los detalles históricos o la relación con otras asignaturas (como, por ejemplo, la historia), como proyectos de investigación personales de cada estudiante. Asimismo, otra idea básica sería que los estudiantes desarrollen actividades artísticas anatómicas, consistentes en dibujar y pintar distintos órganos humanos, como han hecho tantos artistas y científicos a lo largo de la historia, y adecuados al nivel de los estudiantes y a los contenidos del currículo. En este contexto, un marco de los objetivos específicos de aprendizaje podría ser el siguiente:

- Reconocer y practicar la observación anatómica como vía de conocimiento y punto de contacto entre artes y ciencias a lo largo de la historia.
- Concienciar sobre la evolución y el cambio del conocimiento a través de la imagen y métodos de representación de la anatomía humana a lo largo de la historia.
- Conocer, practicar y explorar la importancia de la imagen y de la representación gráfica como parte de la metodología científica y como vía de difusión y comunicación del conocimiento.
- Fomentar la creatividad y la imaginación de los estudiantes a través de la práctica de la expresión plástica sobre entes y temas de anatomía humana.

La metodología de la infusión de contenidos de artes e historia de la ciencia dentro de los contenidos curriculares de ciencias sobre anatomía y fisiología humanas requiere seleccionar contenidos pertinentes de los primeros para los segundos y que sean coherentes. Se sugieren los siguientes:

- La imagen anatómica desde el Renacimiento.
- Evolución histórica de los conceptos de anatomía descriptiva y de la práctica de la medicina.
- Modelos anatómicos de los sistemas del cuerpo humano (óseo, muscular, digestivo, respiratorio, etc.).

La metodología didáctica general se centra en el aprendizaje por descubrimiento directo de los contenidos anatómicos del cuerpo humano, mediante observación, exploración y representación activa de los mismos y de las obras de arte por los estudiantes, que participan cooperativamente en actividades y en la puesta en común

de conclusiones. El grado de dificultad se adaptará en función de la etapa educativa.

Introducción de la lección. El docente presenta las imágenes seleccionadas para la actividad de aprendizaje por descubrimiento de los estudiantes. Como complemento para la presentación de los materiales se sugiere el planteamiento de las siguientes preguntas generales, que pueden servir de guías para dirigir las actividades:

- ¿Qué aparece representado en la imagen?
- ¿Quiénes son los personajes implicados en la acción?
- ¿En qué época aproximadamente pudo ser creada la imagen?
- ¿Cuál podría ser la finalidad de la imagen?

Ejemplo: lienzo de Rembrandt titulado *La lección de anatomía del Dr. Nicolaes Tulp* (figura 6). El docente introduce los principales conceptos que se trabajarán a lo largo de la sesión: la importancia de la observación detenida y crítica de la realidad como forma de conocimiento, el relevante papel de la imagen y de la representación gráfica como parte de la metodología científica y como vía de difusión del conocimiento. Los estudiantes observan e interpretan la acción y la escena del lienzo.

Ejemplo: Exploración de las imágenes del cuerpo humano de los primeros tratados anatómicos. Integración de “ciencia” y “arte” en el ámbito de la anatomía descriptiva a través de imágenes seleccionadas del seminal tratado de Andrea Vesalio titulado *De humani corporis fabrica* (1543). El alumnado se introduce en el conocimiento anatómico a través de la imagen artística.

Ejemplo: Construcción de un modelo anatómico móvil. Cada estudiante realiza en grupos pequeños un modelo anatómico móvil de cartulina o transparencias, para facilitar el intercambio de ideas y el aprendizaje cooperativo. En esta actividad, se sugiere a los docentes adaptar la dificultad de la actividad de dibujo al nivel educativo, según el número de solapas móviles solicitadas para el modelo anatómico.

Puesta en común. En gran grupo, los estudiantes presentan y explican al resto de compañeros el resultado final de sus respectivos modelos anatómicos móviles.

Los recursos y materiales didácticos serán seleccionados y preparados por los docentes en la forma de enlaces (videos, imágenes y otros recursos digitales disponibles en la web), fotocopias y materiales para el dibujo y la expresión artística. La observación de las imágenes debería estimular debates y discusiones en torno a ellas; el docente debería aprovechar estos debates y discusiones para introducir



algunos de los principales conceptos curriculares que se desarrollan después en la enseñanza. Por ejemplo, la relevancia de la observación como vía de conocimiento o el importante papel jugado por la imagen y la representación gráfica como parte de la metodología científica y la comunicación social de la ciencia, etc.

Conclusiones

Este artículo pretende contribuir a integrar la enseñanza de la ciencia con el arte, desde la perspectiva de una tercera cultura integradora de ciencia y humanidades en el caso concreto de la anatomía humana, y resaltando los aspectos de historia de la ciencia implicados y las propuestas didácticas de la integración STEAMM. Por ello, el objetivo principal es ofrecer contenidos, materiales y ejemplos concretos que permitan el desarrollo de esta idea de integración interdisciplinar con una marcada perspectiva de compartir cultura e historia. En este marco general, el artículo y los contenidos que desarrolla a lo largo de los textos precedentes logran otros objetivos adicionales.

Por un lado, contribuye a superar la discriminación entre ciencias y humanidades a partir del trabajo didáctico integrado sobre las obras de arte de contenido anatómico, que ejemplifican la convergencia entre contenidos científicos y contenidos artísticos. Por otro lado, presenta la ciencia como una parte de la cultura humana, especialmente desde la edad moderna; la ciencia contribuye a la cultura (la ciencia provee contenidos artísticos para los pintores en sus obras de arte) y, además, la cultura contribuye a la ciencia (representando contenidos científicos, los artistas contribuyen a configurar y comunicar el conocimiento científico) (Franklin, 1995).

A pesar de que la mayoría de especialistas recomiendan la enseñanza de la historia de la ciencia, la realidad de las aulas y de los libros de texto es claramente refractaria a este objetivo historicista en la educación científica (con lo cual, se limita también la presencia de los aspectos culturales y sociales de la ciencia). En la medida que el aprendizaje de la historia de la ciencia es aún un reto en la educación científica, aquí se plantea enseñarlo a través de las obras de arte, donde la integración de arte y ciencia en anatomía brinda el desarrollo natural de esta enseñanza (McComas, 2011).

La colaboración profesional entre artistas y científicos es una parte importante en la comprensión de la impregnación sociocultural de la ciencia, que es considerado un rasgo básico de la naturaleza de la ciencia, y, como tal, forma parte de la alfabetización para todos y debe ser enseñado en la educación científica; el arte ofrece ejemplos intuitivos y motivadores para los estudiantes, que no requieren

grandes teorizaciones para su enseñanza y que resaltan la integración entre artistas y científicos propia de una tercera cultura proactiva (Antonioli et al., 2012).

La integración entre disciplinas escolares y la mejora de los aprendizajes en ambas, desde una perspectiva cultural compartida, y no segregada, es un reto escolar competencial. Desarrollar las destrezas artísticas de los estudiantes desde las áreas de educación científica, y viceversa, desarrollar las destrezas científicas de los estudiantes desde la educación plástica y artística contribuyen a lograr el reto. Las múltiples perspectivas elaboradas en este estudio a través de la relación cultural entre arte y ciencia deben adaptarse a los intereses de los estudiantes (p. e. dejando elegir libremente el tema de las tareas personalizadas) con la expectativa de estimular un mayor y mejor acceso, participación y relación de todos los estudiantes con las áreas científicas y para lograr una alfabetización científica de todo el público, que contribuya a promover las vocaciones científicas en todos los estudiantes (NASEM, 2018).

Para los docentes, el logro de los objetivos de integración podría fortalecerse con la colaboración interdisciplinar de profesores de las distintas áreas implicadas, ciencia, historia, plástica y tecnología. Cuando esto no sea posible, también podría ser suficiente el compromiso de un profesor individual que desea integrar en su enseñanza los contenidos y materiales didácticos mostrados en este estudio. La estrategia didáctica de infundir contenidos científicos en la educación artística, y viceversa, la infusión de contenidos artísticos en la educación científica, no son tareas difíciles de realizar para los profesionales docentes y son muy intuitivas y gratificantes para los estudiantes. El punto crucial es afinar las decisiones de selección de los materiales a utilizar para la infusión (p. e. elegir las obras de arte por el profesor de ciencias o los contenidos científicos a desarrollar por el profesor de plástica o historia). Después, sería crucial sincronizar bien la temporalización de la infusión; por ejemplo, en las obras de arte relacionadas con la anatomía y fisiología presentadas aquí, su uso en el tiempo que se enseñan los contenidos sobre anatomía, fisiología y salud humanas parecería lo más conveniente (Vázquez-Alonso et al., 2019).

Finalmente, los propios estudiantes pueden complementar las perspectivas históricas y culturales de la enseñanza con sencillas actividades, de búsqueda digital de información sobre esas perspectivas, individuales o grupales, pues la información está muy difundida y es fácilmente accesible en la red. La presentación por los propios estudiantes estimulará el desarrollo de la perspectiva cultural de la ciencia.

En suma, el desarrollo de la dimensión cultural de la ciencia en la educación



científica no sólo es un compromiso didáctico justificado por las múltiples razones desarrolladas anteriormente, sino que desde la práctica educativa parece abordable gradual y modestamente en las aulas. El beneficio de la innovación es relevante: contribuir a una educación científica centrada en la alfabetización científica para todos, mediante la integración de contenidos transdisciplinarios, sencillos y motivadores, que aportan cultura artística e historia de la ciencia.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2017). *Controversias en la historia de la ciencia y cultura científica*. Los Libros de la Catarata.
- Aikenhead, G. S. (1979). Science: A Way of Knowing. *Science Teacher*, 46(6), 23-25.
- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Ahmed Khan, T., & Newman, S. (2018). Disentangling the Meaning of STEM: Implications for Science Education and Science Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 29, 1-8.
- Ambrogi, A. (ed.) (1999). *Filosofía de la ciencia: el giro naturalista*. Universitat de les Illes Balears.
- Antonioli, P. de M., Chrispino, A. Vázquez Alonso, Á., & Manassero Mas, M. A. (2012). Avaliação das atitudes das duas culturas em relação à aprendizagem da ciência. *Revista Ibero-Americana de Educação*, 58, 151-166.
- Archila, P. A., Molina, J., & Truscott, A. (2020). Using Historical Scientific Controversies to Promote Undergraduates' Argumentation. *Science & Education*, 29, 647-671.
- Barnes, B. (1982). *T.S. Kuhn and social science*. MacMillan Press.
- Becker, K., & Park, K. (2011). Integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12(5), 23-37.
- Benda, L. (2015). On the Relationship between the Natural Sciences and the Humanities: Brockman's Concept of the "Third Culture" and its Criticism. *E-LOGOS*, 22(2), 19-29. <https://doi.org/10.18267/j.e-logos.420>
- Braga, M., Guerra, A., & Reis, J. C. (2012). The Role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences: The Debate Between Biot and Ampère. *Science & Education*, 21, 921-934. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9312-5>
- Brockman, J. (1995). *The third culture*. Simon & Schuster.
- Bud, R., Greenhalgh, P., James, F., & Shiachl, M. (2018). Being Modern: The Cultural



- Impact of Science in the Early Twentieth Century. University College London Press.
- Clayton, M., & Philo, R. (2014). *Leonardo da Vinci: Anatomist*. Royal Collection Publications.
- Cunningham, A. (2016). *The Anatomical Renaissance. The Resurrection of the Anatomical Projects of the Ancients*. Routledge.
- De Solla-Price, D.J. (1963). *Little science, big science*. Columbia University Press.
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2015). *Reconceptualizing the Nature of Science*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9776-4>
- Franklin, S. (1995). Science as Culture, Cultures of Science. *Annual Review of Anthropology*, 24, 163-184.
- Galliot, A., Greens, R., Seddon, P., Wilson, M., & Woodham, J. (2011). Bridging STEM to STEAM: Trans-disciplinary research. *Research News*, 28, 20–23.
- Gorri, A. P., & Filho, O. S. (2009). Representação de Temas Científicos em Pintura do Século XVIII: Um Estudo Interdisciplinar entre Química, História e Arte. *Química Nova na Escola*, 31, 184–189.
- Guyotte, K. W., Sochacka, N. W., Costantino, T. E., Walther, J., & Kellam, N. N. (2014). STEAM as social practice: Cultivating creativity in transdisciplinary spaces. *Art Education*, 67(6), 12–19.
- Hempel, C.G. (1965). *Aspects of scientific explanation*. MacMillan.
- Kaya, E., & Erduran, S. (2016). From FRA to RFN, or how the family resemblance approach can be transformed for science curriculum analysis on nature of science. *Science & Education*, 25(9), 1115-1133.
- Keele, K., & Pedretti, C. (1978-1980). *Leonardo da Vinci: Corpus of the Anatomical Studies in the Collection of Her Majesty the Queen at Windsor Castle*, 3 vols. Johnson Reprint Co.- Harcourt.
- Khine, M., & Areepattamannil, S. (eds.) (2019). *STEAM Education*. Springer.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1979). *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. Sage.
- Laurenza, D. (2012). *Art and Anatomy in Renaissance Italy: Images from a Scientific Revolution*. The Metropolitan Museum of Art.
- Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, Á. (2019). Conceptualization and taxonomy to structure the knowledge about science. *Revista Eureka*, 16(3), 3104. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3104



- McComas, W. F. (2011). The History of Science and the Future of Science Education. In P. V. Kokkotas, K. S. Malamitsa, & A. A. Rizaki (Eds.), *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (pp. 37–53). Sense Publishers.
- Milne, C. (2011). *The Invention of Science: Why History of Science Matters for the Classroom*. Sense Publishers.
- Nagel, E. (1961). *The Structure of Science*. Harcourt & Brace.
- Nash, J. M. (2004). Rembrandt y el retrato de grupo profesional en los Países Bajos. En R. Argullol (ed.), *El retrato*, (pp. 175-196). Galaxia Gutenberg.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2018). *The Integration of the Humanities and Arts with Sciences, Engineering, and Medicine in Higher Education: Branches from the Same Tree*. The National Academies Press.
- Niaz, M. (2016). *Chemistry education and contributions from history and philosophy of science*. Springer.
- Nutton, V. (1993). Humoralism. En W. D. Bynum & R. Porter (eds.), *Companion Encyclopaedia of the History of Medicine* (pp. 281-291). Routledge.
- Roberts, K. B., & Tomlinson, J. D. W. (1992). *The Fabric of the Body: European Traditions of Anatomical Illustration*. Clarendon Press of Oxford University Press.
- Salmon, F. (2010). The Body Inferred. Knowing the Body through the Dissection of Texts. En L. Kalof (ed.), *A Cultural History of the Human Body in Medieval Age* (pp. 77-97). Berg Publishers.
- Saunders, J. B., & O'Malley, C. (1973). *The Illustrations from the works of Andreas Vesalius of Brussels: with annotations and translations, a discussion of the plates and their background, authorship and influence, and a biographical sketch of Vesalius*. Dover Publications.
- Schupbach, W. (1982). *The Paradox of Rembrandt's Anatomy Lesson of Dr. Tulp*. Wellcome Institute for the History of Medicines.
- Simons, P., & Kornell, M. (2008). Annibale Caro's After-Dinner Speech (1536) and the Question of Titian as Vesalius's Illustrator. *Renaissance Quarterly*, 61(4), 1069-1097. <https://doi.org/10.1353/ren.0.0297>
- Snow, C. P. (1964). *The two cultures and a second look*. Mentor Books.
- Thomas, J. M. (2015). Sir Humphry Davy and the coal miners of the world: A commentary on Davy (1816) "An account of an invention for giving light in explosive mixtures of fire-damp in coal mines". *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 373(2039).
- Toma, R. B., & García-Carmona, A. (2021). STEM. Análisis crítico de una tendencia

- educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 65–80.
- Vázquez Alonso, Á., Acevedo Díaz, J. A., & Manassero Mas, M. A. (2002). Opiniones sobre la influencia de la ciencia en la cultura. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 16, 35-55.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, J. A. (2006). An Analysis of Complex Multiple Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90(4), 681-706. <https://doi.org/10.1002/sce.20134>
- Vázquez-Alonso, Á., Vázquez-Manassero, M.-A., & Manassero-Mas, M. A. (2019). Más allá de las dos culturas y la creatividad: un análisis de los vínculos históricos entre artes y ciencias. In S. F. de M. Figueirôa (Ed.), *História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores* (1st ed., p. 346). Edições Hipótese.
- Vesterinen, V.-M., Manassero-Mas, M.-A., & Vázquez-Alonso, Á. (2014). History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. In M. Matthews (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1895–1925). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_58
- Wang, C. (2018). Scientific Culture and the Construction of a World Leader in Science and Technology. *Cultures of Science*, 1(1), 1–13.