

**Arte, ciencia, tecnología y sociedad. Un enfoque para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en un contexto artístico \***

**Tecnologias da informação e da comunicação, arte, ciência, tecnologia e sociedade. Uma abordagem para o ensino e aprendizagem das ciências em um contexto artístico**

***Art, Science, Technology and Society. An Approach to Teaching and Learning the Sciences in an Artistic Context***

**Francisco Javier Serón Torrecilla \*\***

La enseñanza y el aprendizaje científicos en contextos de educación artística presentan particularidades asociadas a la tipología del alumnado y su ambigua relación con la ciencia y la tecnología. Desde esta afirmación, en el marco de una investigación doctoral y un proyecto de innovación docente, se presentará un enfoque de trabajo al que se le ha dado la denominación “ACTS”: arte, ciencia, tecnología y sociedad. En el artículo se argumentará y justificará el porqué de la incorporación de la “A” a los ya conocidos enfoques CTS como metodología de enseñanza y aprendizaje. Se señalarán asimismo sus características fundamentales y el marco conceptual en el que se inserta la propuesta. Para finalizar, se detallará uno de los proyectos realizados bajo dicho enfoque, así como un análisis cualitativo de la mejora en el aprendizaje, la motivación, la expectativa y el interés del alumnado.

197

**Palabras clave:** arte; ciencia; tecnología; sociedad; enseñanza y aprendizaje

---

\* Recepción del artículo: 20/06/2017. Entrega de la evaluación final: 06/07/2017.

\*\* Doctor en didáctica de las ciencias experimentales, profesor asociado en el Departamento de Didáctica de las CCEE de la Facultad de Educación de Zaragoza, España, y profesor del Departamento de Fundamentos Científicos del Diseño de la Escuela Superior de Diseño de Aragón, España. Correos electrónicos: serntorrecilla.franciscojavier@gmail.com y fjserr@unizar.es.

O ensino e a aprendizagem de conteúdos científicos em contextos de educação artística apresentam particularidades associadas à tipologia dos alunos e sua relação ambígua com a ciência e a tecnologia. A partir desta afirmação, no âmbito de uma pesquisa de doutorado e um projeto de inovação, será apresentada uma abordagem de trabalho que recebeu o nome de “ACTS”: arte, ciência, tecnologia e sociedade. No artigo serão argumentadas e justificadas as razões da incorporação do “A” às abordagens já conhecidas CTS como metodologia de ensino e aprendizagem. Serão apontadas, ainda, suas características fundamentais e o contexto conceitual em que se insere a proposta. Por fim, um dos projetos realizados sob tal abordagem será detalhado, bem como uma análise qualitativa da melhoria na aprendizagem, a motivação, expectativa e interesse dos alunos.

**Palavras-chave:** arte; ciência; tecnologia; sociedade; ensino e aprendizagem

*Scientific teaching within the context of artistic education has characteristics associated to students and their ambiguous relationship with science and technology. Based on this statement, and within the framework of a doctoral research and an innovation project for teachers, a new approach is presented. It has been named “ASTS”: Arts, Science, Technology and Society. This paper analyzes the reasons for including the “A” in the already known STS approach as a teaching and learning methodology. Fundamental characteristics and the conceptual framework in which the proposal is entered are also noted. Finally, one of the projects carried out under the ASTS approach is detailed, as well as a qualitative analysis of the improvements in learning, motivation, expectations and interest experienced by the students.*

**Keywords:** art; science; technology; society; teaching and learning

## Introducción

Las dos primeras décadas del siglo XXI están suponiendo el aumento de la complejidad en cuanto a los problemas que confronta la sociedad. Cada vez se hace más necesario buscar soluciones desde perspectivas integradoras que provengan de los múltiples campos del conocimiento. En el hecho de la complejidad subyace, según autores como Morín (1996), la capacidad del ser humano de establecer múltiples interconexiones. De esta forma se aboga por dar visibilidad a las distintas dimensiones de lo real. En esta afirmación se entrevé la imposibilidad de abarcar el conocimiento del mundo en exclusividad desde un campo disciplinar, sea el ámbito científico u otros. Se trata de un aspecto que es posible vincular con problemas complejos y que, en el caso de la educación, hay que tener en cuenta por su especial relevancia, requiriendo que la intervención se produzca desde todos los campos del conocimiento —tecnocientíficos, humanístico-sociales y artístico-estético-visuales— y con un abordaje a nivel social.

Si se hace una mirada retrospectiva a diferentes enfoques de aprendizaje y a los cambios de paradigma, lo que se ha venido en denominar estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) presenta muchos paralelismos con lo descrito anteriormente. Se trata de un enfoque metodológico con una elevada capacidad de establecer múltiples vínculos entre disciplinas y de actuar de forma integradora para el desarrollo de las competencias (Waks, 1990). La apropiación de significados, que permite al alumnado comprender el mundo de una forma más adecuada, debe tener en cuenta la manera en la que se integran saberes que provienen desde distintos ámbitos del conocimiento. Un enfoque CTS confronta la complejidad al introducir múltiples miradas y e intervenir sobre distintas capacidades del estudiante, ante todo una mirada crítica que reconstruye la realidad fuera de discursos unidireccionales. Desde esa aproximación al concepto de lo complejo, lo integrador y lo relacional, junto con miradas y perspectivas como las que se señalan en las propuestas de tipo CTS, se establece un análisis y una reflexión previa a la propuesta en base a una serie de preguntas. ¿Qué papel jugamos los docentes en esos nuevos espacios de complejidad? ¿Cómo somos capaces de involucrar a nuestros estudiantes en la construcción de nuevas miradas y significados? ¿Cómo se convive en un espacio tradicional de aprendizaje con los nuevos paradigmas de la realidad?

Las cuestiones formuladas han servido para plantear si en un contexto eminentemente visual y artístico es suficiente abordar el aprendizaje tecnocientífico desde los aspectos señalados en los párrafos anteriores, o si es necesario incorporar una mirada adicional. Si desde una sociedad del conocimiento y del riesgo que incorpora continuamente nuevas tecnologías —y desde las cuales lo visual invade el espacio público y privado— se recurre a nuevas miradas, sería lo propio que existiera una transposición en el ámbito educativo. La incorporación de aspectos creativos que entroncan con lo artístico y lo visual puede aportar soluciones diferentes para los grandes problemas que confronta la humanidad, siempre que se haga desde un punto de vista inclusivo e integrador. Este último punto ayuda a construir herramientas que sean apropiadas para una tipología de alumnado formado y acostumbrado al trabajo desde códigos simbólicos visuales. La atención debe estar puesta en diseñar

herramientas más adecuadas, que permitan incorporar al debate social, su perspectiva visual y artística en el aula y fuera de ella.

## **1. De la complejidad tecnocientífica y social a las nuevas realidades de la educación estético/visual**

En la introducción se ha mencionado como una sociedad de complejidades requiere propuestas que provengan del mayor número de ámbitos del conocimiento y que puedan aportar soluciones creativas. La potenciación y el fomento de las experiencias artísticas y estéticas se muestra en los últimos años como una herramienta fundamental, ya no sólo en los cambios de paradigma social, sino en la renovación o implementación de nuevos modelos pedagógicos (Klimenco, 2009).

La denominada función estética, entendida como aquella capaz de desarrollar y mejorar la percepción de lo real y la comprensión del mundo, debe empezar a jugar un papel fundamental al mismo nivel que otros campos y disciplinas. Autores como el polémico Premio Nobel de Química Mullis (1995) han apuntado como el vínculo que se establece entre lo estético y lo creativo se presenta como una relación de una gran riqueza perceptiva, emocional y conceptual. Se trata de ofrecer coherencia a una formación para el siglo XXI que tenga en cuenta lo estético, lo creativo y lo visual. Para alcanzar dicha meta, estos aspectos deberían estar presentes en todas las etapas educativas de construcción de un conocimiento que atiende a la comprensión del mundo.

200

En el ámbito educativo, al igual que sucede en la sociedad, lo creativo se ha vinculado tradicionalmente con lo artístico. Aceptando de partida esta relación unidireccional y excesivamente reduccionista, cabe señalar la importancia que autores como Eisner (1994) han dado a la educación artística.<sup>1</sup> El autor menciona su potencial para contribuir a la integración de las capacidades humanas, así como para fomentar los logros y el trabajo por competencias (científicas, artísticas, lingüísticas, emocionales, matemáticas) en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Otros autores (Gardner, 1999) han señalado a su vez cómo la educación artística, en tanto dimensión del conocimiento, es capaz de concitar espacios de convergencias e integración de saberes. Se podría señalar que nos encontramos en una nueva encrucijada estética del conocimiento, desde la cual la denominada experiencia plástica o artístico-visual señala hacia modelos de reflexión y aprendizaje al concitar los siguientes aspectos: aportar valor a través de actitudes que proceden de múltiples tradiciones culturales a la hora de adoptar decisiones sociales, fomentando la dimensión cultural; y desarrollar los aspectos individuales del ser humano en la

---

1. La integración del arte dentro de los programas educativos, siguiendo la visión de Eisner (1994), está relacionada con la idea que liga el aprendizaje a conexiones cognitivas relacionadas con la emoción, es decir: existen relaciones entre forma, sentimiento y conocimiento que son parte indispensable de los procesos cognitivos. Las expectativas del alumno le permiten el desarrollo de estados emocionales vinculados a los procesos de conocimiento y aprendizaje.

construcción libre de la personalidad, en base a una dimensión creativa que supone actos cognitivos de toda índole y que se conectan para captar la experiencia compleja de la realidad. Estos dos aspectos ponen de manifiesto la relevancia del acto artístico y cómo la dimensión cultural puede proporcionar: sentido cognitivo y formas integradoras que conformen espacios de convergencia.

Desde el campo de acción del aula, la utilización de enfoques interdisciplinares favorece la incorporación de aquellos aspectos que atienden al aprendizaje según el concepto de “inteligencias múltiples”, que fomenta la diversificación y atención a esa dicotomía entre las culturas humanas.<sup>2</sup>

En una realidad donde conviven lo complejo tecnológico y los nuevos paradigmas científicos, los principios que han de sustentar el aprendizaje presentan un gran vínculo con su dimensión cultural. El diseño de metodologías estratégicas que incidan en la no fragmentación disciplinar, que —se ha comprobado— afecta negativamente en el aprendizaje, ayudará a trabajar lo complejo en el aula. Hay que ser consciente de que la parcelación incapacita al alumnado en la construcción de una perspectiva global del mundo. En este sentido, un espacio para lo estético-plástico-visual promueve la ruptura y el salto de obstáculos, haciendo de campos integradores.

## 2. El aula y el espacio de las dos culturas: enfoques CTS

En *La reproducción* (1977), Bourdieu sostiene que los sistemas educativos están diseñados para reproducir el funcionamiento de los sistemas sociales. Esta afirmación pretende socavar la perspectiva de que la enseñanza disciplinar aislada y poco integradora facilita el aprendizaje. La excesiva especialización en el ámbito escolar, que se replica desde una sociedad donde las culturas conviven separadas, no ofrece salidas a la situación actual de complejidad. Sin embargo, desde las instituciones académicas y los órganos de decisión se siguen poniendo trabas a propuestas más holísticas que impliquen miradas divergentes y complementarias. Las formas de trabajo educativo que representan este modelo impiden que el término “cultura” se amplifique en una concepción propia del ser humano que se configura a partir de todas las dimensiones del conocimiento. Autores como Leyva (1989) han hecho hincapié en señalar cómo esta resistencia al cambio de los sistemas, así como la falta de interés por la interacción de disciplinas, entronca con un discurso clásico de enfoques tradicionales de enseñanza.

Los enfoques CTS, en sus distintas aplicaciones de aula y acepciones, se muestran concitadores de procesos de enseñanza que son capaces de trabajar los procesos de

---

2. John Dewey (2008), desde la experiencia estética, criticó la visión dicotómica de la educación conductista separando mente y emoción. Consideró que la pedagogía activista permitía al estudiante enriquecer su experiencia en el mundo al poner en contacto las ciencias, el conocimiento histórico y el aprendizaje artístico. Para Dewey, el arte era una experiencia activa, dotada de unidad e intensidad propias. Consideraba que no podía limitarse a su dimensión productiva y que debía trasladarse su educación y herramientas a otras ramas simbólico-formales del aprendizaje, entre ellas disciplinas científicas.

aprendizaje fronterizos con una gran capacidad de acercar los debates en el aula a los factores multidimensionales que conviven en la construcción tecnocientífica del saber. En todo caso, y más allá de posturas personales, una ampliación de la mirada que incorpore la experiencia estética, como señalábamos antes, permitiría enriquecer los propios enfoques CTS aportando otras perspectivas. De esta forma, la incorporación de las variables artística/estética y visual nos lleva a definir un enfoque ACTS que no sólo trabaja en el desarrollo de competencias tecnocientíficas y su inclusión en el debate social, sino que lo hace desde un campo visual que aporta otras miradas en la búsqueda de soluciones a los grandes problemas de la humanidad. En la aproximación al aula, y desde el caso que se está señalando en este artículo, permite que los estudiantes de arte se incorporen al debate desde una perspectiva que les ha de ayudar a mejorar su autoestima. En muchas ocasiones se ha observado su frustración al pensar que sus aportes a los debates tecnocientíficos no son valorados o son en la mayor parte minusvalorados.

Más allá de visiones negativas, la argumentación a la hora de integrar el arte y lo visual al debate de proposiciones tecnocientíficas proviene de la posible similitud que Duhem y Kuhn (citados por Marcos, 2000) han apuntado en ámbitos del conocimiento como la filosofía y la historia de la ciencia. Estos autores han reflejado cómo en ocasiones los criterios estéticos han estado presentes en la solución de grandes problemas por parte de los científicos. El propio ámbito científico ha apelado múltiples veces a la simplicidad, la elegancia, la belleza formal y la armonía a modo de criterios tan útiles y legítimos como los más “racionales”. Ante todo, se trata de ampliar los aspectos a tomar en cuenta en la elección entre unas u otras teorías que dan crédito a fenómenos científicos. El cuerpo de la ciencia siempre ha estado atento a la sensibilidad a la hora de su desarrollo.

202

En el ámbito educativo también se han elevado voces que abogan por dar importancia al arte y su capacidad de aunar sensibilidades (Dewey y Bentley, 1949). La experiencia estética es una manifestación que ayuda al desarrollo de las múltiples capacidades y competencias humanas. En su vertiente pedagógica ayuda a los estudiantes a valorar los aspectos estéticos, no sólo como parte integrante del arte, sino también de la ciencia, algo que, como ha señalado Duhem (en Marcos y Castro, 2010) sirve y mucho en la toma de decisiones y en la autonomía del estudiante, algo fundamental para el aprendizaje científico en particular y para el aprendizaje en general. En este mismo sentido, autores como Lowenfeld (1961) y Read (1969) han criticado abiertamente, desde el análisis estético y artístico, la enseñanza memorística basada en la mera transmisión de información. Los autores han afirmado que la enseñanza artística y el uso del análisis visual en el aula pueden animar el cuestionamiento y la búsqueda de respuestas para favorecer el desarrollo de nuevas conexiones con la realidad. Se trata de fomentar el aprendizaje centrado en el desarrollo de la autonomía del alumnado a la hora de construir significados. Los autores defienden la educación artística no como una técnica, sino como una herramienta para el desarrollo vital del alumnado. Lowenfeld (1961) aprecia de manera especial este aspecto análogo al aprendizaje científico y lo considera fundamental para una integración de disciplinas en su forma más orgánica. Por otro lado, Read (1969) afirma que el arte es capaz de fijar de forma permanente aquellas experiencias que parecen significativas para el propio estudiante y asegura que “el

arte sigue siendo una actitud que conserva alerta nuestra sensación, viva nuestra imaginación y penetrante nuestra facultad de razonamiento”.

Con las afirmaciones y los argumentos expuestos anteriormente se aprecia una sintonía entre los distintos ámbitos del conocimiento, lo que señala en el ámbito y modelo educativo, la importancia de la experiencia estética como fuente y herramienta de integración. Estos aspectos ayudan a definir una perspectiva globalizada de las dimensiones culturales. De esta forma se reformulan algunos de los aspectos controvertidos, señalados por Snow (1969) al aludir a la dicotomía y las barreras infranqueables que existen entre los intelectuales de ambas culturas y su falta de comunicación y entendimiento.<sup>3</sup> Se ha de decir, en todo caso, que el discurso de Snow ha envejecido mal y ya fue criticado en su momento por figuras tan reputadas como Susan Sontag en su artículo “Contra la interpretación” (1966). Además, durante la década de los años noventa del siglo XX, Brockman acuña el término “la tercera cultura” (1995).<sup>4</sup> En sus ensayos establece la necesidad de que los agentes de la cultura tecnocientífica se hagan dueños de la comunicación y la divulgación teniendo en cuenta perspectivas integradoras.

Las críticas a un modelo social de cultura parcelada, junto con las obvias mejoras en las relaciones desarrolladas en las últimas décadas entre ambos ámbitos, deben servir para reflexionar sobre la necesidad de transponer este discurso integrador al ámbito educativo. La enorme complejidad social y educativa que se advierte en las dos primeras décadas del siglo XXI es motivo suficiente para detenernos a analizar la forma de relacionarse entre conocimientos y el éxito alcanzado en muchos casos, algo que debería estar presente en el aula, como se valorará en los siguientes puntos.

203

### 3. El problema de las dos culturas y sus relaciones

A pesar de los desencuentros y aproximaciones más o menos exitosas a lo largo de estas últimas décadas, sigue existiendo una percepción de que las dos culturas no se entienden. En su afirmación de que la cultura es eso que no se transmite por vía genética, Wagensberg (2011) está apuntando a que precisamente la cultura es un bien común de todos los seres humanos, más allá de si es científica o humanística, y por tanto estamos en el deber de conocer y promover las diferentes perspectivas que aporta. Una de las formas de integrar esas perspectivas es contar con el catálogo de las múltiples relaciones que se han dado a lo largo de la historia y cómo se han enriquecido y apoyado mutuamente. Sin pretender realizar un recorrido exhaustivo,

---

3. Cita en Snow (1969): “... tenía la sensación de moverme entre dos grupos comparables de inteligencia, racialmente idénticos, no muy diferentes en cuanto a origen social que habían dejado completamente de comunicarse y tenían poco en común”.

4. “La ‘tercera cultura’ es una idea muy poderosa. Entre los intelectuales de letras hay algo así como una conspiración para acaparar el panorama intelectual y editorial, cuando de hecho hay un grupo de escritores no novelistas, de formación científica en su mayoría, con multitud de ideas fascinantes sobre las que la gente desea leer. Y algunos de nosotros escribimos y nos expresamos bastante bien” (Stephen Jay Gould, citado en Brockman, 1995).

se describirán a continuación algunas de estas interrelaciones que pueden ayudar a situar el marco referencial para el trabajo en el aula desde una cultura y dimensión artístico-visual que se acerca a la cultura tecnocientífica.

El Renacimiento puede ser un buen punto de partida para mencionar cómo se han dado estas relaciones, y en concreto en la figura de Leonardo da Vinci. Su formación en ambos campos del conocimiento, sus habilidades y competencias visuales son modelo de la capacidad para ampliar las fronteras del conocimiento humano, tomando como ejemplo, entre otros, sus tratados de anatomía. Otra de las figuras destacadas por la utilización de sus conocimientos amplios es la de Galileo Galilei. Destaca su formación artística y visual, la “educación del ojo” que le capacitó para apreciar y determinar, frente a otros contemporáneos, elementos del sistema solar, y más si se tiene en cuenta lo rudimentario de los telescopios, poniendo las primeras piedras de la astrofísica moderna. Desde el punto de vista artístico y en esa misma época destaca la figura del pintor y grabador flamenco Alberto Durero. Sus detallados grabados y acuarelas sobre los seres vivos sirvieron de referencia fundamental en zoología durante muchos siglos.

En el caso español y dando un salto temporal, hay que mencionar la figura del Premio Nobel de Medicina Santiago Ramón y Cajal. El científico español reconocía cómo sus habilidades y capacidades pictóricas le habían ayudado a construir un mapa del sistema nervioso al utilizar múltiples y detalladas representaciones.<sup>5</sup> Su afán por introducir lo visual y lo artístico en el campo científico le llevó a indagar sobre las nuevas teorías de la fotografía de color, siendo su introductor en España y llevando a cabo las posiblemente primeras experiencias de microfotografía o fotografía de microscopía.<sup>6</sup>

204

La época en la que se producen las investigaciones de Ramón y Cajal es un momento especialmente relevante en el establecimiento de sinergias entre el arte y la ciencia. El físico y dramaturgo inglés Philip Ball (2004) ha señalado en su libro sobre la síntesis del color cómo los impresionistas son capaces de ampliar su paleta al recoger los nuevos productos provenientes de la síntesis química del color. En esa misma segunda mitad del siglo XIX, y como cita Lozano Leyva, catedrático de física de la Universidad de Sevilla, los avances de Maxwell en la nueva teoría del electromagnetismo y su incidencia en el comportamiento de la luz sirven de acicate e inspiración para las nuevas propuestas del citado movimiento artístico y sus posteriores ramas, fauvistas y posimpresionistas.

Por último, y concluyendo este breve recorrido por las relaciones entre arte y ciencia, y como han señalado Miller (2007) y otros autores, hay que destacar la más

---

5. “El buen dibujo, como la buena preparación microscópica, son pedazos de la realidad, documentos científicos que conservan indefinidamente su valor y cuya revisión será siempre provechosa, cualesquiera que sean las interpretaciones a que hayan dado origen” (Cajal, 1899b).

6. El libro *Fotografía de los colores: bases científicas y reglas prácticas*, publicado en 1912, pasó tristemente inadvertido entre los aficionados y profesionales de la fotografía de la época, a pesar de que los avances técnicos ya estaban disponibles, siendo el primer tratado editado en España.

que probable relación entre las nuevas concepciones de la realidad que nacen de la mecánica cuántica.<sup>7</sup> En este sentido la inspiración es bidireccional, citando el caso de Bohr y su modelo atómico en relación con las pinturas de Metzinger o el interés de Picasso por las teorías de Poincaré.

Una serie de ejemplos que se extenderán, adoptando distintas formas de relación a lo largo del siglo XX, y que en muchos casos son fruto del desarrollo científico y tecnológico y del interés de los artistas por recoger dichos avances y reflexionar sobre ellos desde su perspectiva artística, creativa, visual y plástica. Un fenómeno que en el otro sentido ha llevado a desarrollar programas de residencias para artistas en instituciones de investigación tecnológica y científica e incluso a incorporar equipos artísticos o de diseñadores del ámbito gráfico como miembros de pleno derecho. En muchos casos, como se viene señalando en distintos foros de investigación, dichos equipos no sólo aportan su propia visión sobre los fenómenos investigados, sino que aportan en ocasiones soluciones a problemas que desde la ciencia y la tecnología todavía están pendientes de resolver.<sup>8</sup>

#### **4. Arte, ciencia, tecnología y sociedad: la mejora del aprendizaje desde la perspectiva constructivista y la enseñanza integradora**

Desde una perspectiva constructivista del aprendizaje (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978), se ha apuntado a la necesidad de encontrar estrategias que fomenten el aprendizaje por descubrimiento, diseñando estrategias que ofrezcan a los estudiantes una formación y un entorno para su desarrollo intelectual, emocional y práctico fomentando la integración de conocimientos (Joubert, 2002).<sup>9</sup> El sistema educativo, y en particular los docentes como agentes activos, debemos fomentar los procesos de alfabetización que ayuden al alumnado a solucionar problemas de una forma intuitiva, flexible y ante todo creativa (Gardner, 1971), siendo para ello necesaria una educación integral, global y simbiótica en ciencias y artes, que ha de permitir desarrollar todos los aspectos que amplifican el potencial del alumnado.

Esta integración o potencial de los ámbitos visuales ha sido reconocida a lo largo de las épocas por figuras tan reputadas como Newton o Einstein, que señalaron cómo las imágenes vividas procedentes de experiencias visuales creativas les habían permitido obtener resultados científicos óptimos. En la actualidad la comunidad

7. Más información en: <http://www.elcultural.com/revista/ciencia/Manuel-Lozano-Leyva/29822>. Consultado el 20 de mayo de 2017.

8. Un ejemplo de estas relaciones se puede apreciar en el desarrollo de un modelo visual de corazón llevado a cabo por un equipo de desarrolladores gráficos que trabajan en el centro de supercomputación de Barcelona y que se puede apreciar en el siguiente enlace: <https://www.bsc.es/news/bsc-news/alya-red-computational-heart>.

9. Ausubel *et al.* consideran que “el aprendizaje por descubrimiento no es opuesto al aprendizaje por exposición, pueden ser igual de eficaces, si se cumplen unas determinadas premisas. Para el aprendizaje significativo, los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva en la estructura cognitiva del alumno. Esto se logra cuando éste relaciona los nuevos con los adquiridos: pero es necesario que el alumno se interese por aprender lo que se le está mostrando” (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978).

científica trabaja cada vez más en sintonía con los artistas. Existen múltiples áreas de colaboración en la investigación y por ambas partes se destaca la alta producción generada por dichas asociaciones.<sup>10</sup> Se hace, por tanto, indispensable reflexionar desde el ámbito educativo sobre estos fenómenos de interacción. La capacidad para encontrar preguntas y ofrecer respuestas creativas no debería subestimarse como aproximación de nuevos enfoques de trabajo en el aula, al igual que sucede en los ámbitos citados.

El enfoque CTS en educación —a partir de sus pilares básicos que problematizan desde el punto de vista ético, político, económico y social el conocimiento científico y los procesos de enseñanza y aprendizaje— tiene la flexibilidad suficiente para incorporar un nuevo ámbito que enriquezca el relato y el trabajo en el aula. Se trata de una afirmación que no parece ser coherente con las distintas reformas educativas. A pesar del intento de mejora de los aprendizajes que inciden en las competencias científicas, rara vez se apuesta en dichas reformas por enfoques distintos, metodologías integradas e inclusivas y recursos que están más allá del libro de texto. El sistema educativo deja un rastro de inmovilismo especializado que acaba segregando la visión del mundo que el alumno está construyendo.

Frente a este hecho, nos encontramos investigaciones que con mayor frecuencia están poniendo de manifiesto la mejora del aprendizaje en áreas científicas cuando se incorpora el arte y en general las estrategias que utilizan de una forma integrada las disciplinas consideradas de humanidades.<sup>11</sup> Las artes y lo visual, en un currículo tradicional de ciencias o desde enfoques de carácter más interdisciplinar como pueden ser los CTS, ayudan a modificar actitudes presentes entre los estudiantes cuando se enfrentan a contenidos científicos. Con estos enfoques se ha señalado una mejora del interés, al ofrecer un mayor significado para los estudiantes, así como un aumento de su autonomía, al permitirles integrar aspectos distintos y personales que se asocian a los distintos conceptos y contenidos tecnocientíficos.

Entre las investigaciones y proyectos más relevantes que avalan lo expuesto anteriormente, y en cuanto a la efectividad de la interacción en el aprendizaje, cabe destacar el proyecto REAP (Reviewing Education and The Arts Project).<sup>12</sup> Se trata de un proyecto integrado dentro de las investigaciones del Proyecto Cero de la

---

10. Como señala Miriam Grau (2010) en el libro *Art i Ciència. Converses sobre Enric Andell y Àlex Nogué*, “tanto el científico como el artista buscan explicaciones a preguntas que nadie les ha hecho, dando respuestas que nadie les ha planteado. Es por eso que existe una correspondencia entre el arte y la ciencia, un diseño común para descubrir la realidad, para configurar una imagen del mundo desde las capacidades humanas de la percepción, la reflexión y la comunicación”.

11. La cumbre nacional sobre el aprendizaje, las artes y el cerebro organizada por la Escuela de Educación de la Universidad Johns Hopkins puso de manifiesto cómo la formación en artes facilita cambios en el cerebro que pueden mejorar otros aspectos cognitivos. Los investigadores encontraron una correlación muy estrecha entre la formación en las artes y los logros en la cognición científica y el aprendizaje (Universidad John Hopkins, 2009).

12. El Proyecto Cero fue fundado en la Escuela de Educación de Harvard en 1967, dirigido por el filósofo Nelson Goodman, que poseía un enorme interés en la estética y en el arte. Sus objetivos fueron desde el principio el trabajo en el área de educación artística, en busca de la fundamentación de un conocimiento base en este campo en similares condiciones que el conocimiento científico. Las investigaciones de este proyecto han sido múltiples en el campo de la integración y la interdisciplinariedad, asociadas sobre todo a la visión de Howard Gardner.

Universidad de Harvard, Estados Unidos, que en muchos casos han estado vinculadas a acciones que exploran la presencia en el aula del concepto y teorías sobre las inteligencias múltiples de Gardner (1991), uno de los responsables principales. De las principales conclusiones alcanzadas durante la investigación caben destacar las siguientes:

- La inclusión de estos contenidos resulta motivadora para los alumnos, ante todo para aquellos que no se adaptan a las estructuras y culturas de la escuela contemporánea.
- Las estrategias que se desarrollan desde esta perspectiva permiten una adaptación a las demandas y tradiciones culturales de los estudiantes, tomando en mayor consideración sus realidades sociales y económicas.
- Las asignaturas tecnocientíficas que adoptan un sesgo artístico mejoran la disposición del alumnado, elevando la confianza en sus capacidades y desarrollando una mayor motivación y esfuerzo que a su vez mejora el rendimiento en los ámbitos de la educación científica (Winner y Hetland, 2001).

Otro de los estudios (Harland *et al.*, 2000) que han aportado evidencias sobre la incorporación e importancia de los contenidos artísticos para el aprendizaje fue llevado a cabo por la National Foundation for Educational Research (NFER) del Reino Unido, bajo la denominación: “*Arts education in secondary schools: effects and effectiveness*”. En dicho estudio se presentan los resultados y las conclusiones de tres años de investigación sobre los efectos y la efectividad de la educación artística en las escuelas secundarias inglesas y galesas.

207

Entre los resultados asociados a fenómenos de aprendizaje, cabe destacar aquellos que apuntaron a una mejora del aprendizaje de aquellos estudiantes que habían desarrollado programas artísticos en otros contextos, como serían los de materias científicas, de formación profesional y actividades culturales de amplio significado realizadas fuera y en contexto muy distintos del escolar.

Tanto las investigaciones señaladas en los párrafos anteriores como las posteriores revisiones de la NFER y las realizadas por la Asociación Norteamericana de Enseñanza han llegado a conclusiones similares en cuanto a los principios fundamentales sobre los que debería sustentarse el proceso educativo: i) la integración de las artes en el currículo de ciencias y humanidades para facilitar sólidos cimientos para el aprendizaje; y ii) el desarrollo de las capacidades de los estudiantes que se produce a partir de esta integración para mejorar la estructura de valores y las vivencias del alumnado.

En la actualidad la tecnología permite que el acceso a la información por parte de los estudiantes esté disponible en todo momento. Este hecho permite diseñar estrategias adecuadas para mejorar sus capacidades en el aula, de modo que se ayude al desarrollo de pensamientos divergentes desde una estrategia global en la que se integran y quedan interconectadas todas las disciplinas (arte, historia,

ciencias, literatura). Con esta integración se favorece el potencial intelectual del alumnado y su formación para un futuro profesional que explora múltiples opciones de desarrollo. Aquellos programas que diseñan estrategias donde la ciencia y el arte trabajan conjuntamente en la construcción de la realidad no sólo mejoran el aprendizaje desde un punto de vista integrador, sino que se ha señalado también la mejora en la capacidad de los estudiantes para desarrollar conductas responsables coherentes con valores éticos y sociales de su entorno directo.

El informe elaborado por la NFER establece una conclusión en relación con los objetivos planteados para la investigación de especial significancia: “El mundo desarrollado está viviendo en una era que favorece las explicaciones científicas. Garantizar un camino responsable, sabio y claro para el futuro dependerá de la capacidad de combinar lo mejor de la ciencia y lo mejor de las artes junto con los valores éticos” (NFER, 2000). Este alegato viene a considerar la responsabilidad de los docentes en el fomento de estas estrategias y a dar argumentos a la propuesta y a la definición del concepto ACTS, base de este artículo.

En cualquier caso, y por aproximar el acrónimo adscrito al concepto ACTS a un marco mucho más cercano, se detallarán a continuación algunas propuestas, proyectos o instituciones que señalan como referencia de aprendizaje el arte, la ciencia y la tecnología en su contexto social. Se trata de aquellas apuestas que, desde la definición y desarrollo propuesto, pueden tomarse como antecedentes al propio término ACTS.

208

En el sentido de diseñar y elaborar acciones que integren los distintos conocimientos, se destaca el trabajo de la Leonardo/ISAST (The International Society for the Arts, Science and Technology).<sup>13</sup> Se trata de una institución que ha desarrollado este tipo de interacciones operando y trascendiendo las fronteras que separan las disciplinas a través de programas como el Leonardo Educators and Student Program. Con él se ha promovido el avance de la educación a través de un conjunto de hibridaciones o iniciativas como el Leonardo Education and Art Forum (LEAF). Todos estos proyectos y programas promueven el diseño de recursos didácticos para el profesorado y el alumnado en el ámbito de la intersección arte-ciencia. Los recursos y las propuestas proporcionan aspectos básicos de arte, ciencia y tecnología, y en último término tienen por finalidad servir de inspiración a los estudiantes para la selección de carreras tecnológicas. Con el programa LEAF se ha promocionado la investigación artística en el ámbito académico desde la intersección, empleando foros que han involucrado a múltiples comunidades escolares y a instituciones como la Asociación de Escuelas de Arte de América (CAA).

El interés por analizar cómo estas nuevas formas de interacción promueven acciones integradoras no se ha reducido de forma exclusiva al ámbito anglosajón. En

---

13. Leonardo/The International Society for the Arts, Science and Technology es una organización sin ánimo de lucro que ofrece un servicio a una red de escolares, artistas, científicos, investigadores y pensadores a través de un conjunto de programas centrados en el trabajo interdisciplinar, creativo y del ámbito de la innovación. Desde sus inicios ha funcionado como una comunidad virtual para propuestas de trabajo que comparten recursos, buenas prácticas, investigación y acontecimientos en el campo de la interacción Arte-Ciencia-Tecnología-Sociedad.

2006, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) elaboró un informe en el que detallaba los resultados de una investigación al respecto del estado del arte bajo el título de *Libro blanco de la interrelación Arte, Ciencia y Tecnología*. En dicho texto se ponían de manifiesto proyectos e instituciones en el ámbito español, europeo y —en menor medida— mundial que trabajan en este sentido.

Dado que en muchos casos se trata de instituciones educativas de ámbito universitario, cabe destacar algunas de las conclusiones realizadas en base a los resultados del informe. Por una parte, el informe señalaba la necesidad de fomentar las relaciones transfronterizas entre disciplinas que ayudan a una mejora en la toma de decisiones y búsqueda de soluciones creativas en la sociedad del conocimiento. A su vez se apreciaba cómo estas interacciones motorizaban la innovación y el desarrollo económico. Entre los argumentos aportados por el documento señalamos los siguientes: i) los artistas se inspiran en hallazgos científicos y tecnológicos, investigan de una manera creativa en los campos tecnocientíficos (ingeniería genética, nanotecnología, astronomía, robótica, inteligencia artificial) en los que han encontrado inspiración directa y han realizado investigaciones creativas muy relevantes; y ii) la investigación científica puede obtener grandes beneficios de la colaboración con los artistas, bien sea como mediadores, bancos de pruebas, o bien por su capacidad de modular lenguajes de la comunicación pública, cuestión necesaria para la ciencia en la construcción de una adecuada imagen social y de gran importancia en la puesta en valor del conocimiento y las industrias que se desarrollan a su alrededor.

La importancia del análisis y la reflexión del informe elaborado por la FECYT contrasta con el escaso esfuerzo realizado para trasladar sus conclusiones al ámbito educativo, y en especial a la enseñanza obligatoria y pos-obligatoria, como es el bachillerato. En todo caso, no es el único análisis de los últimos años realizado en el contexto español. El informe *Art, Research and Society* (ARS), elaborado por la Secretaría General de Universidades y el instituto de Arte Contemporáneo, ahondaba en aspectos parecidos a los señalados por el *Libro Blanco* y de cuyas conclusiones y reflexiones se destaca lo siguiente: “El fortalecimiento de las relaciones Arte, Ciencia, Tecnología en aras de una mejora de la sociedad solo será posible si llegamos a reconocer la experiencia artística como una experiencia de conocimiento integrador y cooperativo que aporte a la sociedad nuevas formas de actuación” (ARS, 2010). Lo señalado reivindica el término empleado en este artículo al señalar una perspectiva ACTS, desde la que el arte, la estética, lo plástico y lo visual entran a formar parte de estrategias que aportan soluciones integrales para la sociedad, y que, en el caso que señalamos aquí, están aportando mejoras en el aprendizaje de los estudiantes desde una visión integrada, inclusiva y coherente con las numerosas acciones desarrolladas en programas ACTS.<sup>14</sup>

209

---

14. La empresa dirigida por Daniel Erice, licenciado en astrofísica por el Imperial College de Londres y en dirección de escena por la Escuela Superior de Arte Dramático de Madrid (RESAD), ha recibido varios premios, entre ellos el Focus de puesta en escena del certamen nacional “Ciencia en Acción” en octubre de 2011 con el espectáculo *El tiempo por las nubes*, y colabora al mismo tiempo con la revista *online* de divulgación científica *Caos y Ciencia*, del Instituto Astrofísico de Canarias. Otra de las empresas dirigidas a la interacción es La mandarina de Newton, cuya cabecera en la web declara: “Un cóctel de ciencia, tecnología, arte, cultura, diversión, participación, diversidad, diseño e innovación. Entre otros agentes ha colaborado con el Tech Museum de California y ha desarrollado el programa Science of the City”.

#### 4.1. ACTS: Las dimensiones y los estados de agregación en el informe ARS

“Los artistas pueden ser muy útiles a los científicos mostrándonos los prejuicios de nuestras categorizaciones, expiéndolo creativamente el rango de las formas de la naturaleza, y fracturando las fronteras de una forma abierta”  
Stephen Jay Gould (1999)

Por la importancia que supone para la perspectiva que se describe en este artículo, vamos a insistir con algo más de detalle en lo expuesto en el informe ARS.<sup>15</sup> Entre las afirmaciones realizadas por los autores se ha de destacar aquella que señala la capacidad que presentan estas formas de conocimiento para integrar y sumar desde la interacción, así como la disposición al diseño de estrategias de trabajo cooperativo. Se trata de elementos que permiten aportar soluciones y formas distintas de construir la realidad para los grandes problemas de la sociedad en la complejidad. No es una perspectiva excluyente, sino que el informe aboga por una complementariedad que atribuye a la experiencia estética y artística una capacidad de integrar las relaciones e interacciones entre las distintas dimensiones del conocimiento, así como de fomentar la dimensión colaborativa. Se aprecia una serie de cualidades en el planteamiento que son fundamentales en el ámbito educativo de cara a establecer estrategias de trabajo en el aula que sean enriquecedoras y promuevan aprendizajes abiertos, flexibles y con una gran potencialidad de construir autonomía entre los estudiantes. Los procesos colaborativos y cooperativos de construcción del conocimiento desde el enfoque estético ponen en evidencia nuevos significados para los estudiantes en su relación con la sociedad, mejorando ciertas actitudes, conductas y aprendizajes en relación con los conceptos tecnocientíficos.

210

El informe, que es además propositivo y proyectual, ha diseñado un sistema que permite integrar a los distintos agentes que forman parte de la estrategia, sociedad, universidad y empresa. Dadas las diferencias con lo que supondría su transposición a los niveles educativos que se señalan en el artículo, es importante destacar la posición del arte como un factor transversal en base a sus tres dimensiones fundamentales —cognitiva, patrimonial y comunicativa—, algo que no está muy alejado de las contribuciones que se han señalado en puntos anteriores. Estas dimensiones presentan aportes a los seis ejes de agregación que se establecen en el modelo ARS, destacándose los cuatro que presentan un mayor interés para la propuesta ACTS: i) el arte como agente de integración (arte, ciencia, tecnología); ii) el arte como factor de aplicación (arte, tecnología, creatividad); iii) el arte como educación ciudadana (arte, cultura, comunicación); y iv) el arte como difusión del conocimiento (arte, comunicación, ciencia).

---

15. El 4 de octubre de 2010 la Secretaría General de Universidades y el Instituto de Arte Contemporáneo, asociación de profesionales de las artes visuales, firmaron un convenio para “fomentar la elaboración de modelos de excelencia, que integren aspectos vinculados con la sensibilidad artística interdisciplinar entendida como núcleo fundamental de la educación ciudadana y de la cultura”. Con este acuerdo de colaboración, el Instituto de Arte Contemporáneo ha propuesto a la Secretaría General el modelo ARS, que aspira al fortalecimiento de la intersección real entre arte, ciencia y tecnología, lo que sólo es posible desde el reconocimiento de la experiencia artística como una experiencia de conocimiento imprescindible para un modelo de excelencia integrador y cooperativo entre universidad, sociedad y empresa.

El texto apunta a cómo la complejidad social, que ya se ha citado numerosas veces en este artículo, se afronta desde una continua agregación y negociación de códigos y términos adscritos a los distintos ámbitos de conocimiento: códigos simbólicos y códigos tecnológicos-científicos. De esta forma, la estructura cultural que integra la educación estética del ciudadano, inmerso en un contexto eminentemente visual y sumada a la capacidad integradora del arte, facilita el trabajo desde enfoques globalizados. Esta perspectiva, que es ajena a la estanqueidad de lo disciplinar o departamental, evita que la construcción del conocimiento tenga lugar desde presupuestos ideológicos particulares, siendo la enseñanza artística y su transversalidad un recurso perceptivo, emocional y cognitivo que puede brindar una educación ciudadana integral.<sup>16</sup>

Para concluir este punto de adhesión al análisis del informe y sus propuestas, y señalando lo citado por Moraza y Cuesta (2010), hay que resaltar el papel que juega la experiencia artística y estética desde un punto de vista cognitivo. El informe destaca de nuevo cómo ese aumento de la complejidad de los sistemas que describen la realidad, así como las contribuciones metodológicas provenientes de la investigación científica, ha permitido la transformación del conocimiento humano. Al mismo tiempo se ha producido un fenómeno de interacción entre las dos culturas que es necesario rescatar desde el ámbito educativo. En esta encrucijada de relaciones y desde un aporte transversal, de las cuatro formas de interacción apuntadas en los párrafos anteriores se señalan a continuación las potencialidades y aportes del arte a la interacción:

- Arte, ciencia, tecnología: el arte puede ofrecer un modelo de integración cognitiva y de práctica interdisciplinar.
- Arte, tecnología, creatividad: el arte opera como un factor de aplicación que pone al límite la tecnología y expande sus expectativas.
- Arte, cultura, comunicación: el arte se ofrece como educación ciudadana, permitiendo una integración cognitiva y activa de las significaciones sociales.
- Arte, comunicación, ciencia: el arte se ofrece como un factor de difusión capaz no sólo de mejorar la divulgación y la ilustración científica, sino de desvelar patrones morfológicos significativos para la propia ciencia.

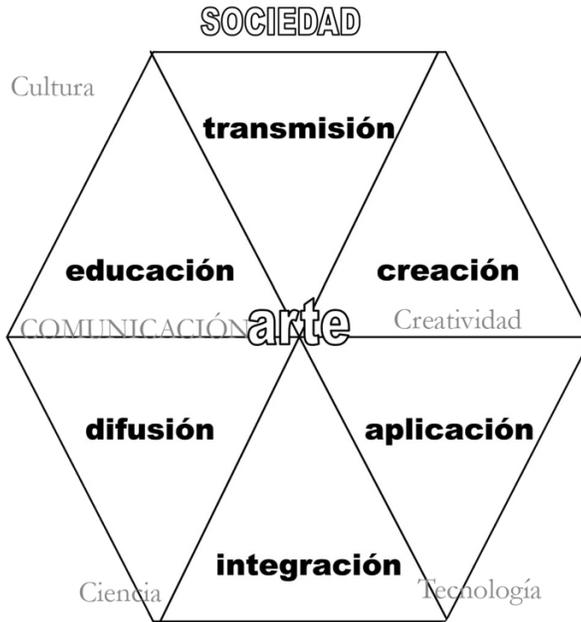
Se puede apreciar, de este modo, la significatividad para el propio trabajo en el aula al tomar de referencia el arte y los aportes que realiza en los ejes de interacción con

---

16. En la sociedad de la información, los ciudadanos deberían disponer de una educación estética que les capacite para la asimilación y reflexión crítica de los flujos de imágenes y símbolos que, producidos por la industria mediática, componen una compleja y potente "cultura visual". En este sentido, la educación estética y plástica puede ser capaz de proporcionar esos recursos perceptivos, conceptuales y afectivos imprescindibles para un desarrollo personal y crítico.

la ciencia, la tecnología, la cultura o la comunicación, dos ámbitos sociales si entendemos por “cultura” todo lo que es parte cognitiva de la ciudadanía.

Imagen 1. Modificación del esquema de Moraza y Cuesta (2010)



212

Nota: En el esquema adjunto se señala cómo el arte juega un papel transversal en las dimensiones de interacción arte-tecnología-sociedad, y cómo la sociedad está presente como agente fundamental que recoge estas interacciones.

## 5. Enfoque ACTS en el contexto de las escuelas de arte y de diseño

Hasta el momento se ha argumentado y justificado la necesidad de integrar la dimensión artístico-estética en las propuestas que trabajan desde enfoques CTS. Asimismo se ha realizado un breve recorrido que atiende al marco histórico de las relaciones entre las dos culturas. Por último se ha atendido a las investigaciones que señalan la importancia del arte, lo visual y lo estético como factores de integración de conocimientos, mejora de aprendizajes y transversalidad en la construcción de realidades en el aula. Para finalizar se han mencionado algunos de los casos, tanto de instituciones, análisis e informes que podrían denominarse ACTS, poniendo especial énfasis en el informe ARS que señala el valor que presenta el factor artístico como variable de agregación en las múltiples dimensiones del conocimiento.

En los siguientes párrafos se detallará una propuesta de trabajo que materializa los aspectos señalados anteriormente. Desde el aula de ciencias en la especialidad de bachillerato artístico, y bajo el enfoque ACTS, el alumnado elaboró una propuesta que es capaz de integrar habilidades, capacidades, competencias y conocimientos. El objetivo general fue fomentar la alfabetización científica en torno al conocimiento de una institución, la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés), que lleva a cabo múltiples programas tecnocientíficos y que tiene entre sus finalidades ser un polo social de innovación y desarrollo.

Se parte de un contexto escolar particular —una escuela de arte— y la reflexión docente sobre las dificultades de adaptar estrategias, herramientas y metodologías de enseñanza/aprendizaje científico a este tipo de alumnado. A lo largo de cinco cursos escolares se llevó a cabo una investigación que señaló la baja motivación, interés y expectativa hacia la ciencia y la tecnología del alumnado de esa escuela. En un porcentaje elevado (70-80% en muchos casos), los alumnos manifestaron haber tenido malas experiencias con las materias científicas.<sup>17</sup> Estas afirmaciones apuntaban a una baja autoestima en relación con su aprendizaje. Al mismo tiempo, los cuestionarios iniciales mostraron grandes carencias conceptuales de aspectos básicos en cuanto a los contenidos científicos.

Estos resultados, junto con las ideas previas del alumnado, han puesto a su vez de manifiesto vínculos y posturas pseudocientíficas o falsas creencias entre el alumnado en relación con contenidos tecnocientíficos. Si bien el objetivo fundamental es la alfabetización científica, los objetivos específicos debían plantarse en el sentido de diseñar una estrategia y metodología de trabajo bajo un enfoque determinado que ayudara a motivar, interesar, mejorar las expectativas y la autoestima. Para alcanzar estos objetivos se planteó dotarles de estrategias y llevar a cabo acciones que les permitieran integrar la ciencia, la tecnología y su formación escolar artística y visual como dimensiones de una misma cultura en un contexto social determinado.

213

Desde la propia reflexión docente, uno de los aspectos fundamentales a la hora de abordar la propuesta nace de la propia disciplina científica y la perspectiva que se tiene de ella en el aula. Es necesario que a los elementos señalados anteriormente se les sumen aquellos que provienen de la propia naturaleza de la ciencia (NdC) y que ayudan a humanizar y apreciar que el desarrollo científico siempre ha requerido, desde la propia acepción contemporánea de la NdC (Lederman, 1998; Mc Comas, Clough y Almazora, 1998; Weinburgh, 2003), de los aportes de la sociología, la filosofía, la historia y otras disciplinas que el propio alumnado asocia más con el ámbito humanístico que científico.

---

17. Entre los cursos 2008/2009 y 2012/2013 se llevaron a cabo más de 500 encuestas iniciales para indagar en aspectos relacionados con la motivación, el interés, la expectativa y la percepción de la tecnociencia de los estudiantes de la escuela de arte en el aula de "Ciencias para el Mundo Contemporáneo". El análisis reveló que entre el 70% y el 80% del alumnado presentaba un elevado grado de desmotivación, insatisfacción, desinterés y baja expectativa hacia una materia de ciencias. Durante los dos primeros cursos escolares de aplicación de la experiencia, se observó además un elevado grado de incompreensión hacia la necesidad de cursar una asignatura obligatoria de ciencias en el contexto de un currículo artístico.

En el siguiente apartado se detallará una de las propuestas de trabajo que permiten apreciar el enfoque y la metodología empleadas. Se trata de un proyecto que refleja el trabajo realizado a lo largo de cinco años que, de forma paralela a los análisis mencionados anteriormente y desde una investigación-acción, se ha venido realizando en la escuela de arte y cuyos resultados se recogen en la investigación doctoral del autor de este artículo.

### **5.1. Camino de Marte. Un micro-proyecto con enfoque ACTS.**

“Camino de Marte” es una propuesta diseñada y desarrollada bajo los principios de un enfoque ACTS y la metodología de aprendizaje por proyectos. Se trata de un micro-proyecto elaborado por un grupo reducido de alumnas durante el último trimestre del curso escolar. La propuesta nace como posibilidad de participar en el taller promovido por la ESA, en el que se contemplan propuestas docentes que provengan del trabajo con el alumnado en torno a los trabajos, materiales y contenidos de la institución. Su objetivo es acercar la propia institución a las aulas, estableciendo espacios sobre las investigaciones que realiza con su programa espacial y en los que se pueda apreciar la importancia y el impacto científico y tecnológico entre la ciudadanía europea.

Se lanzó una convocatoria en la escuela de arte entre el alumnado de primero de bachillerato de la materia “Ciencias para el Mundo Contemporáneo”. La convocatoria fue secundada por diez alumnas pertenecientes a los distintos grupos. Entre los objetivos específicos planteados por el docente, más allá de lo especificado por la ESA, estaban incluir uno de los aspectos que se ponen de manifiesto con las metodologías ABP, que los productos que se generan a raíz de las propuestas fueran reales o estuvieran en relación con un problema, solución o evento real, como era el caso. Se pretendía que el alumnado pudiera utilizar sus habilidades y competencias artísticas y visuales para reformular, en base a las decisiones que se adoptaran, una propuesta que presentara conceptos científicos y tecnológicos desde un bagaje eminentemente visual.

La propuesta presentó distintas fases y etapas que son coherentes con la propia metodología ABP y con el enfoque ACTS, y que se describen en los siguientes puntos:

a. Primera sesión para explorar el conocimiento de las alumnas sobre el programa espacial europeo. Durante dicha sesión el docente introdujo algunos aspectos sobre la historia del programa y señaló los recursos de la ESA a nivel educativo que pudieran ser empleados como herramientas para diseñar y elaborar la propuesta. Se instó que se formarían cinco parejas que, utilizando la página web de la ESA, aportarán tres o cuatro ideas posibles, de las cuales se pudiera escoger una por grupo. De esas cinco proposiciones se debía decidir de forma consensuada aquella que presentaba un mayor potencial y era más representativa de la institución escolar y de las propias alumnas implicadas.

b. Foro de decisión durante el cual cada grupo expuso, justificó y argumentó, en base a la documentación y materiales que habían leído y analizado, su propuesta.

Votación y toma de decisión por parte del grupo en base a algunas orientaciones del docente, la exploración del planeta Marte, programa (Exo-Mars) que está dentro del proyecto de la ESA. Una de las razones para adoptar esta propuesta fue la posibilidad que tenía como efeméride al cumplirse el décimo aniversario del lanzamiento de la sonda marciana.

c. Diseño, planificación, elaboración y materialización de un proyecto de trabajo para reivindicar la investigación realizada a lo largo de los diez años de exploración. Para ello, las alumnas decidieron partir de las imágenes tomadas por la sonda marciana y que están disponibles en la web de la ESA. Se trataba de utilizar aquellos materiales que son de utilidad para profundizar en el conocimiento de Marte y a la vez forman parte del ámbito formativo visual de las propias estudiantes.

d. Materialización de la propuesta. En un debate con las estudiantes se señala el concepto de la ESA como proyecto europeo, participativo, colaborativo, de unión e intercambio y flujo de ideas, lo que lleva a una propuesta para tunear el mapa de Europa con las imágenes tomadas de la superficie marciana por parte de la sonda. Al mismo tiempo se alude a ciertos vínculos alegóricos entre la superposición de la superficie terrestre en el ámbito geográfico europeo con la superficie marciana. Se trata, como señaló una de las estudiantes, de “traer un trozo de marte a Europa”.

En la **Imagen 2** se muestra el trabajo llevado a cabo por parte de las estudiantes. El mapa de Europa queda tuneado con distintos fragmentos de las imágenes tomadas por la sonda marciana, sobre un fondo cósmico. El tratamiento de las imágenes requirió a su vez de una exploración de la orografía de los distintos países, así como una selección de las que se consideraron más adecuadas.

215

**Imagen 2. Mapa de Europa como resultado de aplicar imágenes tomadas por la Exo-Mars de la superficie marciana**



A la par, parte del grupo decide abordar dos trabajos más. El diseño de unas camisetas para celebrar el evento y el diseño y la elaboración de un objeto escultórico que simbolice la efeméride. En ambos casos se trata de complementar con dos productos representativos una posible celebración por parte de la ESA y seguir profundizando en aquellas disciplinas en las que se están formando. El diseño y la elaboración del trofeo-escultórico tenía como fin que la ESA pudiera entregar dicho objeto a personalidades destacadas que hubieran contribuido al avance de la ciencia y la tecnología del espacio o a otro tipo de visitantes que por su especial relevancia se les quisiera entregar dicho obsequio.

En las **Imágenes 3 y 4** se muestran los productos desarrollados por las estudiantes.

**Imagen 3. Diseño de camiseta realizada por las estudiantes**



216

Nota: la imagen corresponde a la sonda marciana sobre la que se ha intervenido, siguiendo el mismo estilo propuesto para el mapa.

**Imagen 4. Imagen del prototipo del objeto conmemorativo diseñado por las estudiantes y desarrollado por el docente**



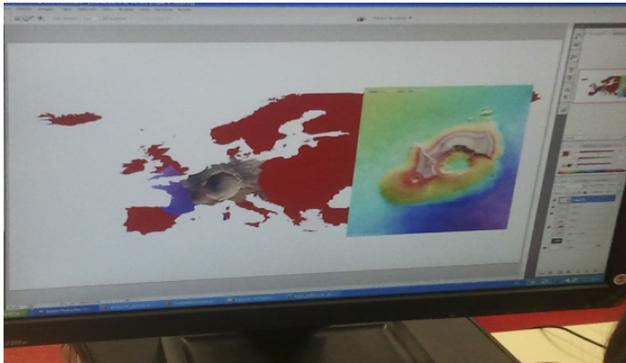
Nota: simboliza la propia sonda marciana orbitando sobre Marte. Está realizada en varilla de latón, placa con transferencia de texto en metacrilato, madera de cerezo y plancha de cinc con intervención gráfica, imágenes de la superficie marciana.

217

**Imagen 5. Estudiantes llevando a cabo el proceso de tuneado del mapa de Europa**



**Imágenes 6 y 7. Alumnas durante el procesado de imagen y revisión del manual corporativo**



218

Las **Imágenes 5, 6 y 7** muestran a las estudiantes trabajando en el aula y una de las fases de elaboración del mapa y tratamiento de las imágenes. Uno de los aspectos que hay que destacar del trabajo realizado y del diseño y la elaboración de las propuestas es el grado de autonomía alcanzado por parte del grupo. En este sentido el papel del docente se circunscribió a observar, orientar, aconsejar y guiar en algunos momentos, y apoyar en el desarrollo de algunos procedimientos, ante todo en la pieza final.

Hay que señalar cómo se resolvieron algunas de las cuestiones que atienden al ámbito de desarrollo de la propuesta y que están relacionadas con lo que se denomina “manual de estilo”, una actividad que permite hablar del desarrollo de las competencias de las estudiantes. Todas las organizaciones presentan un manual de

estilo que afecta ante todo al ámbito gráfico, y donde se especifican y se dan orientaciones para todas aquellas instituciones, organizaciones o personas que quieran utilizar su imagen gráfica, logotipo, imago tipo o cualquier otro recurso. De esta forma se evita desvirtuar la propia identidad de la organización citada. Tener en cuenta estos aspectos cae dentro del ámbito disciplinar y formativo de las alumnas, lo que acerca todavía más el proyecto a una propuesta real. Las estudiantes tuvieron que hacer, para ajustarse a las orientaciones del manual de estilo, continuos debates, cambios y toma de decisiones para llevar a cabo el trabajo.

## 5.2. Discusión de los resultados obtenidos

En este apartado se va a incidir en varios aspectos relacionados con el resultado de los proyectos, el resultado de los aprendizajes, las dificultades y la mejora de la expectativa, la motivación, el interés y el compromiso del alumnado.

En primer lugar, las estudiantes mostraron su satisfacción con los resultados alcanzados y una gran expectación de cara a la posibilidad de que el proyecto fuera seleccionado para ser mostrado en un contexto fuera del aula y considerado a nivel europeo junto con los trabajos de alumnos y alumnas de muchos países. En segundo lugar, señalaron que habían tenido que poner en práctica muchos de los aspectos formativos del ámbito plástico y visual aprendidos durante el curso y aplicarlos en un marco de contenidos científicos. Las alumnas manifestaron de nuevo su satisfacción y el haber aprendido mucho más sobre una institución europea tan importante que les resultaba desconocida. En tercer lugar, la propuesta fue seleccionada para ser presentada por el docente y autor de este resumen dentro del taller que la central de la ESA promueve todos los años en Nordwijk, Holanda.<sup>18</sup> En cuarto lugar, hay que destacar el máximo grado de cumplimiento ateniendo sobre todo a la extensión del proyecto, concebido desde el principio como un proyecto de corta duración: i) las estudiantes se aproximaron a la institución con desconocimiento, alcanzando tras la fase de información, documentación, análisis y toma de decisión un alto grado de interés, comprensión y elaboración de discursos reflexivos sobre el trabajo que aporta la ESA; y ii) en relación con los objetivos específicos, los productos realizados muestran tan sólo una parte de las competencias puestas en juego y los logros alcanzados: es más importante señalar cómo las estudiantes fueron capaces de analizar la necesidad de adaptarse a estándares y condiciones reales al trabajar con la idea de marca o imagen de una empresa o entidad.

El aprendizaje acercó a las alumnas al mundo real, en el cual deben ser capaces de conjugar la creatividad, su enfoque y perspectiva personal, con una propuesta que

---

18. Durante los cinco días que duró el taller se tuvo la oportunidad de hablar en varias ocasiones sobre la propuesta, la metodología, el enfoque y la importancia de incluir el arte como un ámbito de conocimiento y dimensión capaz de llevar a cabo importantes aportes a la investigación científica y tecnológica. La acogida por parte del resto de docentes provenientes de Italia, Grecia, Portugal, Holanda, Lituania, Reino Unido, así como por parte de los organizadores institucionales del evento, fue muy buena y se mostró mucho interés al respecto de la metodología y su marco teórico.

atiende a ciertas normas y en la que se utilizan conceptos y contenidos muy específicos. De esta forma, se volvieron capaces de dar forma a un cierto pensamiento divergente que configurara el espacio propicio, así como un puente que conectara su ámbito escolar con la realidad.

En el proyecto debían tenerse en cuenta aspectos y contenidos de carácter visual, tratamiento y edición de las imágenes y su transposición a ámbitos de conocimiento provenientes de la geografía y otros factores que son parte fundamental del desarrollo del conocimiento científico y tecnológico. Este hecho supone al mismo tiempo que la propia selección de una vía formativa concreta en artes o diseño permite al alumnado abrirse, más allá de las ideas preconcebidas, a explorar vías de integración en su futuro profesional. Se trata de acercar aquello que ya está sucediendo en el contexto social y que ya se señaló en párrafos anteriores.

Hay que destacar, a su vez, las estrategias empleadas por las alumnas que revelan el grado competencial desarrollado en relación con el currículo, más allá de la competencia artística o científica. En muchos casos, como en el caso de la competencia digital y el uso de programas de diseño, herramientas digitales o editores de imágenes, se ha hecho patente por su propia necesidad de abordar un problema. Las alumnas han trabajado en base a recursos digitales y comprendido contenidos y conceptos de base tecnológica y científica. Se han tomado decisiones a partir de los argumentos, poniendo en juego las habilidades comunicativas y sociales. En definitiva, las estudiantes tuvieron que utilizar de forma real muchos de los aspectos que —se supone— forman parte de su formación integral.

220

A pesar de su corto recorrido, el proyecto ha generado un conjunto de dinámicas que han fomentado un tipo de aprendizaje vinculado con una situación real. A su vez, la propuesta presenta el valor añadido de haber sido mostrado ante un público amplio, lo que suponía un aspecto motivacional mucho mayor, al ser agentes externos al entorno escolar los que ponen en valor su trabajo. La propuesta se mostró a través de una ponencia realizada dentro de la presentación del proyecto europeo STIMULA.<sup>19</sup>

## Reflexiones y conclusiones

La elección de la propuesta que permite trasladar los principios de lo que se ha considerado el enfoque ACTS al aula viene dada por su poder explicativo y capacidad de hacer reflexionar al docente sobre su efectividad.

---

19. STIMULA es un proyecto que ha analizado el impacto de las actividades extracurriculares sobre ciencia y tecnología en la percepción y el interés que suscitan estos temas entre los alumnos de secundaria y bachillerato. Durante la presentación del proyecto europeo estuvo presente el Dr. Vladimir Garkov, director general para la educación y la cultura de la comisión europea. En el acto se realizó una ponencia sobre el enfoque ACTS y se presentó el resultado del proyecto realizado con las alumnas.

Uno de los aspectos de mayor importancia del trabajo en el aula bajo enfoques CTS —en este caso ACTS— viene de las características que ofrece al alumnado para fomentar sus ideas, compartirlas y expresarlas entre sus iguales. Se fomenta una capacitación en la confrontación de ideas que ayudan a solucionar problemas, haciendo que dichas ideas evolucionen en función de debates reflexivos, participativos y colaborativos. Se busca una mayor democratización del aula en el bien compartido, lo que supone tomas de decisiones consensuadas para generar aprendizajes vinculados, en este caso, con el desarrollo científico y tecnológico.

Este vínculo de aprendizajes interdisciplinarios se extiende mucho más lejos cuando se incorpora la dimensión visual, artística, plástica y estética al poder del estudiante para manejar otros códigos, símbolos y significados que también forman parte de la construcción y comprensión del mundo, y que en definitiva es la tarea a la que nos enfrentamos desde la profesión docente.

Desde lo meramente competencial, ya se ha señalado cómo el proyecto obedeció a la necesidad de realizar tareas múltiples en las que confluyen aspectos de la cultura tecno-científica y artístico-humanística y la cultura digital en su dimensión socio-relacional. De esta forma se está instando al estudiante a que ponga en juego todas las competencias formativas, de una forma colaborativa y participativa y poniendo en juego en una secuencia cuyo fin es real y trasciende el propio ámbito del aula.

A modo de conclusión, los proyectos que fomentan metodologías activas desde enfoques que promueven la integración de conocimientos operan en un sentido positivo —y contrario a esa fragmentación de la que Bourdieu y otros autores acusan a la propia institución educativa. La inclusión de la experiencia estética, que en este caso se lleva a cabo desde la propia perspectiva artística, permite amalgamar una realidad que es mucho más amplia que la elaborada en modelos disciplinares.

Las estudiantes se posicionaron en un contexto de trabajo para una institución —la ESA— entre cuyos objetivos está desvelar los secretos del universo, con la finalidad de aportar una mayor comprensión de los fenómenos que acontecen en base a programas pragmáticos que tienen una incidencia en la sociedad. Por lo tanto, en su propuesta las estudiantes intervinieron a la hora de revelar cuáles son los modelos de la realidad y aportaron una perspectiva que, lejos de ser una visión no profesional o amateur, presenta elementos interpretativos que en la propia agencia espacial se están dando, proporcionando un enriquecimiento del discurso. Se dotó al alumnado de su capacidad de involucrarse como ciudadanos, ya no sólo en la generación de opiniones críticas o toma de decisiones, sino como partícipes del propio proceso de generación del conocimiento, lo que supone un nivel superior de la llamada alfabetización científica en su aproximación a la ciencia ciudadana (Wals *et al.*, 2014).

## Bibliografía

AUSUBEL, D., NOVAK, J. D. y HANESIAN, H. (1978): "Changes in achievement goal orientations, perceived academic competence, and grades across the transition to middle level schools", *Contemporary Educational Psychology*, vol. 22, n° 1, pp. 269-298.

BALL, P. (2004): *La síntesis de los colores*, México DF, Fondo Iberoamericano.

BOURDIEU, P. y PASSERON, J. C. (1977): *La reproducción. Elementos para una teoría del sistema de enseñanza*, Barcelona, Laia.

BROCKMAN, J. (1995): *The third culture: Beyond the scientific revolution*, Nueva York, Simon and Schuster.

CANADELL, E (2010): *Art i ciència: converses*, Barcelona, Publicacions i Edicions de la Unviersitat de Barcelona.

DEWEY, J. (2008): *El arte como experiencia*, Barcelona, Paidós Ibérica.

DEWEY, J. y BENTLEY, A. F. (1949): *Knowing and the Known*, Boston, Beacon Press.

EISNER, E. (1994): "Commentary: Putting multiple intelligences in context: Some questions and observations", *Teachers College Record*, vol. 95, n° 4, pp. 555-560.

222

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA (2006): *El libro blanco de la interrelación entre Arte, Ciencia y Tecnología en el estado español*, Madrid, FECYT.

GARDNER, H. (1971): "Problem solving in the arts and sciences", *Journal of Aesthetic Education*, vol. 5, pp. 93-113.

GARDNER, H. (1991): *The unschooled mind: how children think and how schools should teach*, Nueva York, Basic Books.

GARDNER, H. (1999): *Intelligence reframed: Multiple intelligences for the 21st century*, Nueva York, Basic Books.

HARLAND, J., KINDER, K., LORD, P., STOTT, A., SCHAGEN, I., HAYNES, J., CUSWORTH, L., WHITE, R. Y PAOLA, R. (2000): *Arts education in secondary schools: Effects and effectiveness*, Londres, NFER, Slough.

JOUBERT, L. (2002): "La ciencia y el arte: Nuevos paradigmas en educación y salidas profesionales", *Revista trimestral de educación comparada*, vol. 124, n° 4, París, Oficina Internacional de la Educación, UNESCO.

KLIMENKO, O. (2009): "La creatividad como un desafío para la educación del siglo XXI", *Educación y Educadores*, vol. 11, n° 2. Disponible en: <http://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/740/1717>.

LEDERMAN, N. G. (1992): "Student's and teacher's conceptions of the nature of science: A review of the research", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, n° 4, pp. 331-359.

LEYVA, R. (1989): "El principio de la relación intermateria a través de la didáctica general y los métodos especiales", *Pedagogía Cubana*, n° 5.

LOWENFELD, V. (1961): *Desarrollo de la capacidad creadora*, Buenos Aires, Kapelusz.

MARCOS, A. (2000): *Hacia una filosofía de la ciencia amplia*, Madrid, Tecnos.

MARCOS, A y CASTRO, S. (2010): *Arte y Ciencia: mundos convergentes*, Madrid y México DF, Plaza y Valdés.

MC COMAS, W. F., CLOUGH, M. O. y ALMAZORA, H. (1998): "The role and character of the nature of science in science education", en W. Mc Comas (ed.): *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, Boston, Kluwer Academic Publishers.

MILLER, A. I. (2007): *Einstein y Picasso: El espacio, el tiempo y los estragos de la belleza*, Barcelona, Tusquets

MORÍN, E. (1996): *Introducción al pensamiento complejo*, Barcelona, Gedisa.

MORAZA, J. L. y CUESTA, S. (2010): *El arte como criterio de excelencia: programa campus de excelencia internacional: modelo ARS (Art, Research, Society)*, Madrid, Ministerio de Educación, Subdirección General de Documentación y Publicaciones.

READ, H. (1969): *Educación por el arte*, Barcelona, Paidós.

SNOW, C. P. (1969): *The two cultures/A second look: An expanded version of the two cultures and the scientific revolution*, Cambridge, University Press.

SONTAG, S. (1984): *Contra la interpretación y otros ensayos*, Barcelona, Seix Barral.

UNIVERSIDAD JOHNS HOPKINS (2009): *Neuro-educación: Aprendizaje, las artes y el cerebro. Hallazgos y desafíos para los educadores e investigadores*, Cumbre de la Universidad de Johns Hopkins, Nueva York, Dana Press.

WAGENSBERG, J. (2011): *Más árboles que ramas: 1116 aforismos para navegar por la realidad*, Barcelona, Tusquets.

WAKS, L. (1990): "Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos intelectuales", en M. Medina y J. Sanmartín (eds.): *Ciencia, Tecnología y Sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthropos, pp. 42-75.

WALS, A. E., BRODY, M., DILLON, J. y STEVENSON, R. B. (2014): "Convergence between science and environmental education", *Science*, vol. 344, n° 6184, pp. 583-584.

WINNER, E. y HETLAN, L. (2000): "The arts and academic achievement: What the evidence shows", *Journal of Aesthetic Education*, vol. 34, n° 3/4, pp. 91-104.

### **Cómo citar este artículo**

SERÓN TORRECILLA, F. J. (2019): "Arte, ciencia, tecnología y sociedad. Un enfoque para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en un contexto artístico", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, vol. 14, n° 40, pp. 197-224.