

Tangencias arte y ciencia para la formación de estudiantes de Magisterio: experiencias interdisciplinarias en el Grado de Educación Primaria

Tangencies between art and science in teacher training: interdisciplinary experiences in the primary education degree

<https://dx.doi.org/10.58265/pulso.5934>

Nora Ramos Vallecillo¹
Víctor Murillo-Ligored²

Francisco Javier Serón Torrecilla³
Ana M^a de Echave Sanz⁴

Recibido: 19-06-2023
Aceptado: 10-10-2023

Resumen

El proyecto interdisciplinar que llevan a cabo las áreas de Didáctica de la Expresión Plástica y Didáctica del Medio Físico y Químico ha conseguido situarse como un proyecto de referencia dentro de las convocatorias de innovación docente en la Universidad de Zaragoza. El presente artículo materializa una de las vías de investigación del proyecto, en la cual las obras de arte contemporáneo se sitúan como el punto de partida para el desarrollo de las propuestas relacionadas con las máquinas mecánicas. El objetivo de este estudio es definir, implementar y analizar el aprendizaje desde un punto de vista interdisciplinar bajo el enfoque STEAM para la formación de los futuros maestros de primaria. Se presentan algunos de los resultados más sobresalientes, todos ellos centrados en las obras tridimensionales a través de las cuales se ha estudiado la integración de los saberes artísticos y científicos. Finalmente, se alcanzan unas conclusiones donde advertimos que la interdisciplinariedad es una de las vías presentes y futuras para atender a las necesidades educativas que se presentan en la complejidad de los tiempos actuales.

Palabras clave

STEAM, Didáctica científica, Educación artística, Formación inicial de maestros/as

Abstract

The interdisciplinary project carried out by the areas of visual art and physics and chemistry pedagogy has managed to position itself as an exemplary model of teaching innovation at the University of Zaragoza. This article materialises one of the project's areas of research, in which contemporary works of art are used as the starting point for the development of proposals related to mechanical machines. The aim of this study is to define, implement and analyse learning from an interdisciplinary point of view under the STEAM approach for the training of future primary school teachers. Some of the most notable results are presented, all of them centred on the three-dimensional products through which the integration of artistic and scientific knowledge was studied. Finally, conclusions are reached in which we note that interdisciplinarity is one of the present and future ways to meet the educational needs that arise in the complexity of current times.

Keywords

STEAM, Science education, Arts education, Initial teacher training

¹ Universidad de Zaragoza
<https://orcid.org/0000-0002-4524-7459>
noramos@unizar.es

² Universidad de Zaragoza
<https://orcid.org/0000-0002-8227-6312>

³ Universidad de Zaragoza
<https://orcid.org/0000-0002-2935-7236>

⁴ Universidad de Zaragoza
<https://orcid.org/0000-0003-4252-0285>

1. Introducción

En este artículo se trabaja el concepto de interdisciplinariedad con un fin integrador. Esta decisión derivó de la necesidad de unir las áreas de conocimiento de Didáctica de la Expresión Plástica y Didáctica de las Ciencias Experimentales, en sus asignaturas Educación Visual y Plástica (en adelante EVyP) y Didáctica del Medio Físico y Químico, para la integración de los aprendizajes y saberes del alumnado que las cursa en el mismo año académico y cuatrimestre de carrera, con una carga de créditos paralela y una complementariedad de horarios, tanto en los grupos de mañana, como en los de tarde. Por ello, el equipo docente, formado por los y las docentes de ambas áreas de conocimiento, diseñaron procesos integradores de aprendizaje y saberes en la acción prevista del alumnado. Todo ello, mediante el modelo didáctico STEAM, donde intervienen principalmente la S (Science) de ciencia y la A (Art) de arte, pero se completa con la tecnología y el diseño.

Un aspecto relevante en esta experiencia didáctica es la presencia y desarrollo igualitario de todas las áreas implicadas. Como evidencia Lenoir (2015) en su estudio realizado sobre el trabajo interdisciplinar de los últimos treinta años, existe una marcada jerarquía entre las materias escolares, cuyas razones no son de orden escolar, sino social, político e ideológico-económico. Es así como todas las disciplinas artísticas, siempre, e independientemente del currículum que haya sido implantado, se ubican en los últimos niveles de importancia. Por tanto, el discurso sobre la interdisciplinariedad enmascara prácticas que, a menudo, se encuentran marcadas por la primacía de determinadas disciplinas que son socialmente valoradas y la dilución de saberes socializados propios de las disciplinas llamadas “secundarias”, en beneficio de un aumento de tiempo concedido a la enseñanza de aquellas de mayor aceptación social (Lenoir, 2015).

Desde esta perspectiva, esta experiencia didáctica propone desarrollar el diseño de un objeto generador de conocimiento, donde la interdisciplinariedad favorece los aprendizajes de una manera holística, para favorecer una experiencia generada a partir de la manipulación y experimentación con el objeto. Toda esta relación surge de la búsqueda de interacciones entre el arte y la ciencia. Este acercamiento fomenta el interés de los y las estudiantes, pues encuentra nuevas posibilidades para abordar un fenómeno complejo, desde la presentación de un objeto sencillo, que refuerza un aprendizaje significativo en el alumnado.

Se trata, por tanto, de promover la interdisciplinariedad como recurso didáctico en el fomento de un enfoque ACTS (Arte, Ciencia, Tecnología y Sociedad) (Serón, 2015) próximo a las estrategias STEAM, buscando una utilidad práctica en cuanto a lo didáctico en el propio hecho interdisciplinar que, a su vez, se centre en el aprendizaje competencial del alumnado universitario.

2. Antecedentes

La propuesta que presenta este artículo es fruto de la reflexión y el análisis sobre las dificultades que presenta el alumnado del Grado en Educación Primaria (en adelante E.P.) en la comprensión de fenómenos complejos de aprendizaje y enseñanza vinculados con la relación del arte y la ciencia (Murillo-Ligorred, Serón y Revilla, 2020). El enfoque tradicional de las didácticas de las áreas que intervienen en el proyecto se ha centrado en lo disciplinario, desatendiendo el tratamiento globalizado de las mismas y la posibilidad que ofrecen las artes de comprender fenómenos científicos complejos de una manera más sencilla. Por tanto, el proyecto, desde sus inicios en el curso 2016/17, se ha ido mejorando por parte del equipo docente y en beneficio de proporcionar y favorecer el aprendizaje de un saber integrado.

La propuesta se basa en el trabajo interdisciplinar en la línea de numerosos autores (Boix-Mansilla, 2007; Liao, 2016; Morín, 2007; Serón, 2015; Yakman, 2007) que apuestan por aprendizajes más integradores desde la convergencia y vertebración del conocimiento en las relaciones arte y ciencia y sus vínculos en el conocimiento y reflexión sobre las sociedades contemporáneas (Serón, 2015). La interdisciplinariedad centrada en los proyectos STEAM se abre paso para trascender el paradigma tradicional disciplinar (Yakman 2007, 2012), fomentando el análisis y el encuentro que proporciona, por ejemplo, la implicación del arte contemporáneo. En este sentido, esta experiencia educativa trata de afrontar el diálogo existente entre el artista y el alumnado a través de la obra. Se persigue que sean capaces de elaborar/crear un producto/objeto/acción con un fuerte componente didáctico para ser llevado a un aula de primaria. Un objeto didáctico construido para superar la visión unidimensional cuestionada por Gardner (1993), en cuanto a las dimensiones curriculares para transformar los aprendizajes, desde el espacio privilegiado que ocupa el propio objeto, en la reflexión transdisciplinar.

Así, las distintas ediciones del proyecto han tenido un matiz particular que las ha hecho únicas. Desde el trabajo con referentes femeninos, en la visibilización de las mujeres científicas y artistas en el curso 2017/18, hasta la edición en el curso 2019/20 donde la peculiaridad fue abordar los circuitos eléctricos desde una perspectiva artística, hasta tratar, en el curso 2020/21, el ODS nº13 *Acción por el clima*. Sin duda, una vía de estudio interesante para el área de didáctica de las ciencias experimentales a partir de su taller de *mezclo y separo* y para el área de didáctica de la expresión plástica, a través de la estética del reciclaje y el arte *povera*, con una proyección didáctica e integradora que, por otra parte, es lo pertinente en lo que los futuros maestros de primaria necesitan.

Desde 2016, y de manera ininterrumpida, el proyecto ha cumplido en el curso 2022/23 su séptima edición. Para esta edición han estado implicadas dos líneas de estudio: *Luz y color* y *Máquinas mecánicas*. En este artículo se presenta, por novedoso y haber

alcanzado sorprendentes productos, la vía recorrida por los distintos grupos que han realizado propuestas en base a las *máquinas mecánicas*.

3. Objetivos

El objetivo general de este artículo es presentar una experiencia interdisciplinar para un aprendizaje integrador y global a medio camino entre el arte y la ciencia en el grado de magisterio de primaria de la Universidad de Zaragoza.

Así, se proponen unos objetivos específicos como los siguientes:

- Implementar una metodología de trabajo STEAM que integre a las áreas de Didáctica de la Expresión Plástica y al área de Didácticas de las Ciencias Experimentales.
- Situar en el centro del debate educativo las diferentes miradas pedagógicas y su interrelación, donde el arte tenga tanto protagonismo como las otras áreas implicadas.
- Favorecer la integración de los contenidos requerida por el desarrollo competencial de la LOMLOE, ley con la que este alumnado trabajará en su próximo curso, en asignaturas de prácticas escolares.
- Presentar los resultados más sobresalientes de los grupos que han trabajado las máquinas mecánicas en la idea de interdisciplinariedad arte-ciencia.

4. Fundamentación teórica

4.1. Enfoque STEAM

En las últimas décadas, numerosos autores (Fernández-Pérez, 1994; Ander-Egg, 1999; Boix-Mansilla y Dawes 2007; Augsburg, 2005; Davies y Davlin, 2007; Liao, 2016) han tratado de ofrecer claridad definiendo la interdisciplinariedad y sus principios. En este sentido muchas y muchos de ellos y ellas coinciden a la hora de apuntar que no se trata de propuestas que mezclan contenidos, sino que se versa de un producto u objeto curricular propio que trasciende a las propias disciplinas y transforma la manera de pensar (Fernández-Pérez, 1994).

En cualquier caso, y dentro de los principios de actuación y diseño de propuestas interdisciplinarias, existe una necesidad de alfabetizar más que instruir a los estudiantes en el saber hacer, principio que ya Delors (1996) destacó con relación a un aprendizaje competencial. Se trata de un hábito de aproximación a la construcción de cualquier conocimiento que, al ser método didáctico, deviene método para alumnado. Una definición mucho más ajustada a nuestra

propuesta viene señalada por autores como Boix-Mansilla (2007) al hablar del pensamiento interdisciplinar como la capacidad para integrar el conocimiento y los modos de pensamiento de dos o más disciplinas o áreas, establecidas para producir un avance cognitivo tal como explicar un fenómeno, resolver un problema o crear un producto en formas que hubieran sido imposibles e improbables a través de los medios ofrecidos por una disciplina particular.

Este saber hacer va en beneficio de entender al maestro como agente activo de cambio para una educación transformadora, (Hillman, Bottomley, Raisner y Malin, 2000). Se trata, por tanto, como han señalado diferentes autores (Morín, 2005; Borroy, 2013) de actualizar el rol de los docentes-formadores para que sean capaces de abordar la enseñanza con una concepción de tipo global y con una elevada capacidad de innovar en dichos entornos complejos. De esta forma y como señala León-Giselle (2010) las prácticas interdisciplinares no solo van a resultar en un espacio que propicie cambios conceptuales, sino que facilitan la comprensión de fenómenos que involucran a distintas disciplinas al promover cambios metodológicos y actitudinales.

En el campo de las relaciones artístico-científico-tecnológico han surgido estrategias como la denominada STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*) que son una clara apuesta por significar dichas relaciones (Yakman and Lee, 2012; Eger, 2015; Karin Ohlenschläger citado en Murillo-Ligorred y Ramos Vallecillo, 2023). El marco de los proyectos STEAM está apoyado por autores que, en las últimas tres décadas, han visto pertinente trabajar de manera transversal e interdisciplinar (Maurer, 1994; Taylor y Taylor, 2017; Visser, 2002). Esta metodología aumenta la creatividad, la motivación, mejora los resultados en las evaluaciones del aprendizaje (Borsay & Foss, 2016; Cline & Smith, 2016; Gates, 2018; Tsurusaki, et al., 2017; Ugras, 2018), la construcción de ideas y el análisis de los esquemas cognitivos (Stoycheva & Perkins, 2016;).

El proyecto se presenta con la intencionalidad de trascender a las propias disciplinas e integrarse en un marco más amplio en favor de la comprensión del alumnado. En este sentido, el hecho transdisciplinar e interdisciplinar ayuda a buscar, actuar y sentir mejor los retos de la sociedad líquida (Bauman, 1996) en la que nos encontramos.

Uno de los aspectos básicos para la comprensión de los fenómenos científicos es la “reconstrucción” de modelos explicativos a nivel escolar. Sin embargo, la tarea se encuentra con la dificultad de acomodar los modelos científicos a la base de ese aprendizaje (Nicolescu, 1997). En este sentido, el arte en general y el arte contemporáneo en particular se presenta como una dimensión de gran potencial por los continuos desbordamientos que este ha presentado desde los años sesenta, en las postrimerías de la modernidad y los albores de la modernidad, en un mapeado y tangencialidad a otros campos de conocimiento. En palabras de Foucault “se trata de un proceso de formación conducente a introducir una unificación de sentido” (2003, pág.164).

Por ello, se trata de un acercamiento donde el componente de lo visual, en palabras de Catalá (2005), es lo que de alguna forma permite familiarizar ambas disciplinas y dimensiones de saber en su encuentro con el hecho de comprender, aprender y enseñar a aprender. En el proyecto, el encuentro existente entre los fenómenos físicos, entendidos en tanto que máquinas mecánicas simples y su presentación como objetos artísticos, coexisten en una dimensión interdisciplinar que hace que se comprenda en la fusión de ambas disciplinas. Siendo imposible de disgregar la forma de la función o la estética de su uso.

Esto es posible gracias a la naturaleza del enfoque STEAM que, desde su propia conceptualización, incorpora aquellos elementos provenientes de la dimensión más creativa del arte y sobre todo del diseño (Maeda 2013; Serón, 2020) aunque, este último quede oculto en la propia -A del acrónimo. El problema detectado en este modelo STEAM es que el punto de partida de cualquier proyecto que articule el Arte está, o condicionado por el carácter utilitarista del propio proyecto o viciado por los prejuicios, estereotipos y desconocimiento de lo que el arte puede y debe aportar en cada uno de los niveles educativos (Caeiro, 2021).

5. Experiencia didáctica

La finalidad principal de la propuesta parte de definir un contexto de enseñanza-aprendizaje de carácter interdisciplinar en el contexto de maestras y maestros en formación de E. P. (Fiallo, 1996). A partir de la selección de un tema de enorme complejidad, como es la comprensión de la naturaleza del funcionamiento de las máquinas mecánicas simples en E. P., se vio la oportunidad de trabajar a partir de la selección de referentes artísticos que abordasen esa tecnicidad en sus obras artísticas, donde dialogan a partes iguales el arte, la ciencia y la estética, fundiendo así las disciplinas en una idea de superación del trabajo fragmentario.

En lo que respecta a la propuesta y en el marco de las pedagogías socio-construccionistas (Vygotsky, 1978), se ha señalado cómo la construcción de significados y la comprensión de la realidad se realiza en base a las relaciones individuales con el mundo social y el mundo material. En ese mundo material se involucran los objetos que nos rodean y las relaciones que se establecen con dichos objetos (Fosnot, 1996). Un conjunto de objetos y productos que, en muchos casos, son representaciones que devienen de conjuntos y aportes interdisciplinarios de la realidad a la que pertenecen. Se trata, por tanto, de aprovechar su posible valor didáctico desde la reflexión y juego de relaciones, significados y simbolismos que se enmarcan en la comprensión de la propia realidad y que estaría vinculado de alguna forma con la denominada "Teoría de la agencia material secundaria de las cosas" (Gell, 1998). Bajo dicha teoría, las

creaciones u objetos artístico-científicos por su carácter interdisciplinar permitirán una mejor definición de lo que ellos comprenden como realidad, pero, además, en el juego de relaciones, estudiante-objeto, se modifican las “actitudes y conductas”. Los objetos nos afectan y nos conmueven, influyendo de forma decisiva en la construcción del nuevo conocimiento. Por ejemplo: pensar cómo una escultura o una fotografía no son tan solo una mera representación, sino que, se presentan en tanto que objetos de carácter cognitivo (Catalá, 2005) que nos influyen para experimentar de forma activa a través de ellos y con el entorno. Por ello, se trata de considerar los productos u objetos que emergen de una acción interdisciplinar, no como meros contenedores o construcciones materiales, sino como agentes de significación relacional para la comprensión de fenómenos, a través de las máquinas mecánicas simples, a un nivel artístico-científico, pero, sobre todo, desde una intencionalidad integradora de conocimientos, en la superación de una realidad que trasciende a la visión disciplinar. Y, en ese sentido, el hecho del objeto interdisciplinar nos permite revelar las intensas relaciones de aprendizaje y enseñanza como base cognitiva para una comprensión más global, holística e integradora.

Con dicho análisis preliminar, la pretensión fue generar ese espacio de creación artístico-científica con los estudiantes, a la vez que se profundizaba en su utilidad didáctica que, junto con la reflexión sobre el papel docente en el contexto interdisciplinar, configura uno de los objetivos principales de la formación. Un espacio de trabajo centrado ante todo alrededor de lo que se ha denominado “producto-creativo”. Así, se trata de alcanzar productos u objetos que emerjan de una acción transdisciplinar, como verdaderos agentes de significado para la comprensión de fenómenos complejos, como puede ser las distintas interacciones luz/color, a nivel artístico-científico, pero, sobre todo, en el nivel integrador de una realidad que trasciende esa visión disciplinar.

Dicho producto ha de permitir la integración de los múltiples significados que se van definiendo en el proceso de aprendizaje desde los ámbitos disciplinares y, ante todo, en los límites y confluencias que sustentan el diálogo de la interdisciplinaridad. El producto tiene por objeto ser un agente de transformación de su realidad de aprendizaje con el que interaccionan desde el inicio, diseño, elaboración y proceso de construcción. Así mismo se plantea como un espacio material de significación y reflexión, a través de la creación del objeto interdisciplinario, donde convergen la comprensión de las relaciones arte y ciencia en el propio contexto formativo de los futuros maestros y maestras. De este modo, se trata de buscar interrelaciones que se desarrollen a partir de los productos generados a medio camino entre las experiencias de laboratorio y los desarrollos estético-artísticos procedentes del taller visual y plástico. De esta forma, se persigue que en un solo producto se integre el conocimiento científico “revelado” junto con la importancia que presentan dichos fenómenos para el arte contemporáneo y el análisis que deviene de las obras involucradas y seleccionadas en el proyecto.

La imagen científico-artística ha sido explorada por múltiples proyectos de proyección internacional, como los llevados a cabo por el ZKM alemán en torno al arte, la ciencia y la tecnología o, en el caso español, los desarrollados por Karin Ohlenschläger (Murillo-Ligorred y Ramos-Vallecillo, 2023) en el MEDIALAB de Madrid primero y en LABORAL Centro de Arte y Creación Industrial de en Gijón después. Estas propuestas se han posicionado como auténticos baluartes de transdisciplinariedad donde el trabajo innovador en arte y ciencia, destaca por su puesta en escena y su gran valor estético. Aúna fundamentación científica y apariencia artística a la que además sumamos en nuestro contexto, una aplicabilidad didáctica para las aulas de E.P.

Por último, la propuesta favorece un aprendizaje en términos visuales y plásticos, tratando de complementar las carencias de un alumnado poco relacionado con el mundo del arte actual, integrando a través de esta metodología, un conocimiento en historia del arte contemporáneo, praxis artística actual y cultura visual, desde un pensamiento crítico. Algo muy importante, pues se trata de que reflexionen acerca de las posibilidades que se presentan desde un aprendizaje globalizado en la comprensión de la complejidad de las sociedades contemporáneas. Solo desde este acercamiento crítico y creativo, en el saber qué hacer con y en imágenes, es donde deben situarse los futuros egresados de primaria. Desde este acercamiento, nos encontramos con un elevado grado de preocupación por parte de los estudiantes a la hora de cursar ambas asignaturas dado que presentan ciertas carencias en los conceptos de alfabetización científica o alfabetización visual.

5.1. Participantes

El proyecto se llevó a cabo con un total de 240 alumnos y alumnas, divididos en las dos temáticas. 120 corresponden al trabajo con la línea de luz y color y los otros 120 con máquinas mecánicas. Así, de los 120 estudiantes que trabajaron la línea de máquinas mecánicas 89 fueron mujeres y 31 hombres, su edad media se sitúa en 22,6 años (+-1,8), estudiantes de segundo curso del grado de E.P. en la Facultad de Educación de la Universidad de Zaragoza. El alumnado pertenecía a cuatro grupos de docencia, dos en turno de mañana y otros dos de tarde.

Se desarrolló durante el primer cuatrimestre, con una duración de cuatro meses (de septiembre a diciembre) y participaron un total de 14 docentes (6 mujeres y 8 hombres) de los cuales 6 (4 mujeres y 2 hombres) pertenecían al área de didáctica de la expresión plástica y 8 (3 mujeres y 5 hombres) de didáctica del medio físico y químico.

5.2. Objetivos del proyecto

El principal propósito de la propuesta fue definir, implementar, analizar y evaluar la efectividad de un contexto de enseñanza-aprendizaje de carácter interdisciplinar en la formación de maestras y maestros de E. P., partiendo de un foco de interés, como es la comprensión del funcionamiento de las máquinas mecánicas simples, entendidas desde la relación existente entre el arte y la ciencia.

A partir de esta intencionalidad, se persiguen como objetivos específicos los siguientes:

- Generar un espacio de co-creación artístico-científica con los estudiantes.
- Facilitar la comprensión de fenómenos complejos y hacerlos fáciles en un contexto de alumnado de primaria.
- Integrar los discursos y las obras de arte contemporáneo de arte cinético, como fuentes de inspiración para la realización de las propuestas.

A su vez se busca que el alumnado logre los siguientes resultados de aprendizaje:

- Trabajar de manera colaborativa y grupal sobre una propuesta interdisciplinaria.
- Trabajar conceptos científicos desde la integración de los saberes a través de una metodología STEAM.

5.3. Metodología didáctica

Previo al planteamiento del proyecto a los estudiantes se realizó un diseño conjunto por parte de los docentes. Se decidió que la línea de trabajo estaría definida por las máquinas mecánicas, como aparatos o artefactos que nos permiten trabajar distintos conceptos como, tipos de máquinas simples (palanca, rueda y plano inclinado), trabajo y ganancia mecánica y energía, abordados en los contenidos del área de ciencias dentro de la E.P. y teniendo en cuenta que había referentes visuales artísticos de gran interés.

Como producto final del proyecto los estudiantes debían elaborar un “producto-objeto didáctico” que permitiera, a partir de dicho artefacto, trabajar en el aula de primaria las máquinas sencillas como fenómeno científico artístico. El producto realizado debería estar pensado para que, en un aula de primaria, los discentes puedan comenzar a desarrollar un modelo científico que permita trabajar el movimiento, las fuerzas y la energía.

Es importante destacar que es el producto el que define nuestra interpretación de la realidad y a través del cual entendemos el propio fenómeno estudiado. Debían pensar en todo momento en la transposición de la experiencia al aula de Primaria y su importancia

para el trabajo con las niñas y los niños, así como en el resultado como facilitador de aprendizajes interdisciplinares e integradores.

En este sentido, y a partir de un listado general propuesto por el área de EPyV se acordaron sobre la base del eje temático de Máquinas Mecánicas la selección de unas imágenes correspondientes a 17 obras (figura 1). Este eje temático se estableció bajo los principios del interés e importancia para el discurso artístico y estético, pero desde la mirada de la presencia de fenómenos de las máquinas relevantes para la propia comprensión de la obra.

Figura 1: Cuadro resumen de los artistas y obras utilizadas como referentes en el proyecto

Autor	Obra	Año
Marcel Duchamp	Rueda de Bicicleta	1913
Marcel Duchamp	Rotary Glass Plate	1920
Alexander Calder	Móvil Rojo	1961
Jean Tinguely	Santana IV	1966
Gordon Pask	Colloquy of Mobiles	1968
George Rickey	Two open triangles up gyatory	1982
Jesús Soto	Esfera Caracas	1996
Lyman Whitaker	Whirligig	2006
Paul DeMarinis	High Like	2006
David Ascalon	Wings to the Heavens	2008
María Castellanos	Herramienta de dibujo electrónica interactiva	2012
César Manrique	Juguete del Viento	2013
Espada y Santa Cruz	Lettering mecánico	2016
David C. Roy	Thunderbird Kinetic Sculpture	2016
OPNstudio	Sincronía 4. Móvil electromecánico	2016
Kinetic Sculpture. BMW Museum	The things of shape to come	2017
TheoJansen	Strandbeest	2020

Fuente: *Elaboración propia*

La secuencia que se trabajó en el aula estuvo conformada por tres fases cíclicas que facilitaron la autorregulación del aprendizaje a lo largo del proceso: lanzamiento, desarrollo y conclusión (English y Kitsantas, 2013).

Se comenzó por el planteamiento del proyecto. Para ello se utilizó una presentación diseñada y expuesta en cada uno de los grupos de manera conjunta entre los docentes de ambas áreas. También se les entregó una imagen y una pequeña ficha de la obra de

referencia. La obra tan solo era un detonante del cual el grupo debía buscar información sobre qué representa la máquina pero que bajo ningún concepto debía servir para copiarlo en su proyecto.

La formación de los grupos de trabajo se realizó por parte de los estudiantes, con cuatro integrantes en cada grupo, conformando un total de 30 equipos de trabajo.

Se realizaron unas sesiones prácticas en el laboratorio para que el alumnado tuviera experiencias vinculadas con los contenidos que trabajaban en el proyecto para la mejora de su comprensión. Se trata de reflexionar sobre cómo la realidad se construye a partir de lo que vemos y percibimos en esa interacción, y cómo llegamos a ser capaces, partiendo de la observación, de idear, expresar, comunicar, explicar, analizar, argumentar y reflexionar sobre las dificultades de los fenómenos y la forma de abordarlos en E.P.

En las sesiones de EVyP se analizó la obra seleccionada, el fenómeno físico elegido y las posibilidades a la hora de diseñar y elaborar un producto/objeto/acción que integrara estos aspectos. El taller sirvió para analizar y seguir explorando, indagando, diseñando, elaborando propuestas de carácter visual de manera que se integren de la mejor forma.

El producto u objeto también se trabajó de forma autónoma por parte de los/las estudiantes. Cada grupo realizó de forma obligatoria una tutoría con los profesores de ambas materias de forma conjunta (figura 2) y la presentación de los trabajos se realizó al finalizar el proyecto.

Figura 2: Resumen de los aspectos más relevantes que debía tener en cuenta el alumnado para el planteamiento del proyecto

Qué hacer	Qué NO hacer
<ul style="list-style-type: none"> • Un objeto-producto-acción que aporte valor didáctico desde una visión asentada en proyectos artístico-científicos (STEAM) • Productos creativos, originales, interesantes... • Tener autonomía suficiente para poder crear un producto que articule aprendizajes artísticos y científicos... • Un proyecto interdisciplinar, con un valor tanto científico, como artístico 	<ul style="list-style-type: none"> • Copias o imitaciones de obras artísticas • Productos sin aplicación ni proyección didáctica • Objetos erróneamente realizados, o mal terminados • Proyectos poco creativos • Resultados únicamente artísticos o científicos • Trabajos que no tengan poder visual u objetual y no sirvan para comprender ni la relación, o con la luz y el color o con la electricidad • Maquetas o dioramas

Fuente: Elaboración propia

6. Evaluación del proyecto

6.1. Criterios de evaluación

Los resultados de aprendizaje y de la propuesta interdisciplinar se han analizado y valorado atendiendo a los siguientes criterios:

- El valor que otorgan a su producto/objeto en cuanto a la integración de disciplinas y generador de conocimiento, tanto artístico como científico.
- El valor de la propia experiencia y cómo la reconocen respecto a las dos disciplinas involucradas.
- El valor que le otorgan al producto/objeto como recurso didáctico para el aula de primaria.
- El trabajo en tanto que proceso. Planificación, diseño, reparto de tareas, investigación sobre materiales y estrategias de trabajo, ejecución y resultado final del producto.

Los criterios se han establecido a modo de categorías tras el análisis que se realizó del discurso de los propios estudiantes. La información se ha recogido y analizado a partir del uso del cuaderno de laboratorio o diario de actividades, de las anotaciones de las tutorías y del análisis de las grabaciones de las sesiones de las actividades tanto de laboratorio como del taller de creación plástica. En este sentido, el profesorado ha estado presente durante todo el proceso de creación, tanto en el laboratorio como en el taller, asesorando a los grupos y haciendo un seguimiento de la evolución de sus proyectos, por lo que conocen todos los productos desde sus inicios y cómo se han ido gestando.

De manera más concreta, y en cuanto a las tres primeras categorías para la evaluación de los proyectos, estas corresponden con la valorización del producto elaborado como integrador de disciplinas, recurso didáctico y generador de nuevo conocimiento. En las tres se pone de relieve la importancia del objeto para generar nuevas experiencias para la formación de los maestros y maestras, como centro del aprendizaje y cómo resultan de una forma o enfoque distinto al situarse frente a las disciplinas. El producto se sitúa, en este punto, como un agente y los estudiantes como pacientes. Es decir, es el diseño y construcción de un solo producto-artefacto didáctico con significado propio para las dos áreas, el que sirve para articular la interdisciplinariedad y dar sentido holístico a la educación artística. Mediante este producto se produce el aprendizaje y la transformación de los maestros y maestras. Nuestra relación con las cosas y los objetos modifica nuestra conducta y nos conmueve de algún modo como señala Gell (1998). Según esta lógica, estos objetos funcionan como extensiones protésicas de sus usuarios, en la medida en que objetivan y transportan a la vida social la personalidad de sus creadores o usuarios (Rampley, 2005). Estos objetos tienen impresa una personalidad y una inten-

cionalidad clara que los eleva de estatus, del mero objeto fetiche, a un objeto ejemplarizante y en ello, didáctico.

6.2. Proyectos destacados

A continuación, presentamos algunos ejemplos de propuestas realizadas por el alumnado en relación con los criterios de evaluación establecidos:

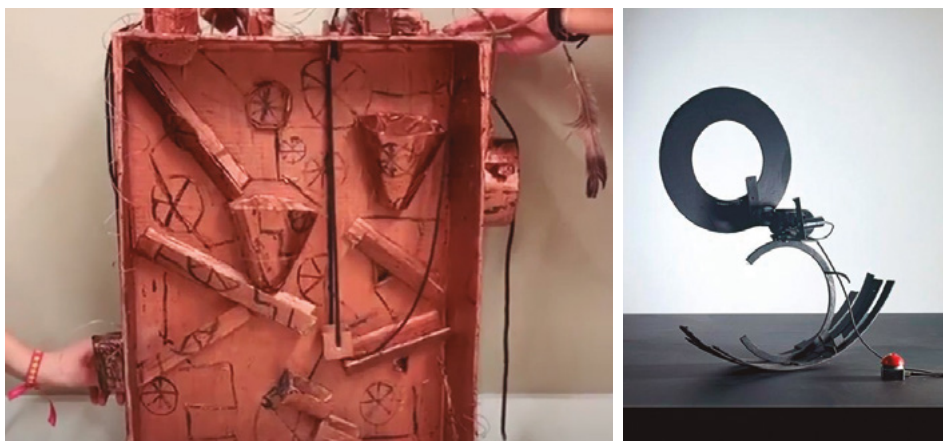
La obra titulada “Efecto Mariposa” (Figura 3) basado en la obra del artista Jean Tinguely, *Mecanismos*, combina conceptos científicos con el movimiento artístico del nuevo realismo, en una máquina con un objetivo de crítica a la sociedad industrial (Figura 4). Este objeto destacó por la integración de las disciplinas científicas y artísticas.

La obra de Tinguely sirvió de referencia para crear una propuesta didáctica interdisciplinar que aúna el arte y las ciencias para su enseñanza y aprendizaje en un aula de 4º de Primaria.

Los aprendizajes que pretenden desarrollar en la parte artística fueron la generación de obras tridimensionales poniendo el reciclaje como arte resultando en la estética de lo feo.

Finalmente, en cuanto a los contenidos científicos se centraron en el método ensayo-error y el método experimental.

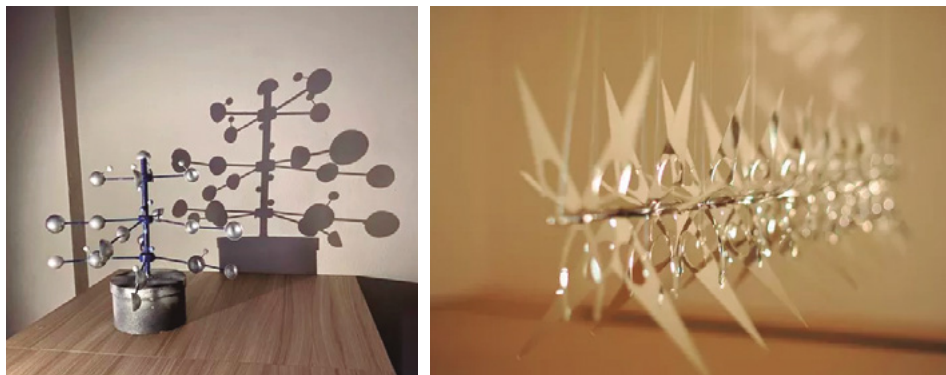
Figura 3: “Efecto Mariposa”. Figura 4: Santana IV



La obra diseñada por un grupo de alumnas (Fig. 3) que se inspiró en la obra de Jean Tinguely (1966) (Fig. 4) Fuente (Fig. 3): Elaboración propia. Fuente (Fig. 4): <https://www.wikiart.org/es/jean-tinguely/santana-1966>

El proyecto titulado “Anemómetro del futuro” (figura 5) destacó por su aplicabilidad didáctica en un aula de primaria. Tuvo como objetivo que los alumnos y alumnas de tercer ciclo de primaria (5^o y 6^o) pudieran comprender de forma significativa el funcionamiento de la rueda. También pretendió que aprendieran cómo funciona un anemómetro, que mide la velocidad del viento. Además, debido a la estructura del objeto diseñado se podría trabajar desde la educación plástica el concepto de la simetría. Este diseño tomó como referencia la obra de OPNstudio, “Sincronía 4. Móvil electromecánico” (2016) (Figura 6).

Figura 5: “Anemómetro del futuro”. Figura 6: “Sincronía 4. Móvil electromecánico”



Obra realizada por un grupo de alumnas (Fig. 5) tomando como referencia el móvil creado por OPN studio (Fig. 6)
Fuente (Fig. 5): Elaboración propia. Fuente (Fig. 6): <http://opnstudio.com/sincronica-iv/>

A partir de la obra “*Lettering mecánico*” (2016) del grupo “Espada y Santa Cruz” (Figura 8) las estudiantes crearon, mediante una instalación artística, un parque de atracciones, donde el alumnado de primaria pudiera jugar y ver cómo funcionan los engranajes, las poleas, las palancas... y aprendieran las máquinas simples desde un punto de vista divertido y cercano a su entorno (Figura 7). En este caso las alumnas aplicaron su experiencia personal para generar una instalación donde se combinan ambas disciplinas. El ciclo ideal para su aplicación corresponderá al tercero, con 5^o y 6^o ya que puede ser un concepto algo más complejo para cursos menores, aunque la instalación e idea se podrían adaptar a niños y niñas más pequeños pues al final es un recurso donde la actividad principal es el juego.

Figura 7: Instalación con temática circense realizada por el alumnado.

Figura 8: Parte de la obra del equipo "Espada y Santa Cruz"

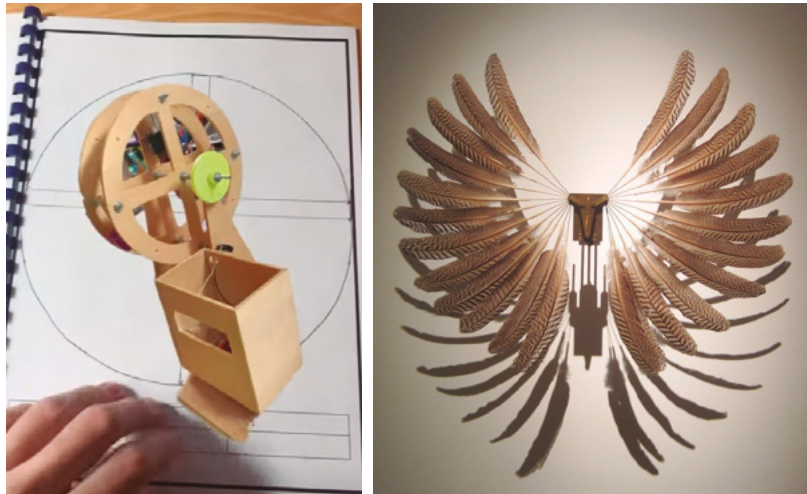


La instalación realizada por el alumnado con temática circense (Fig. 7) tomó como referencia un lettering mecánico (Fig. 8) en el que el movimiento de los zapatos termina de componer el trazo de cada una de las letras

Fuente (Fig. 7): Elaboración propia. Fuente (Fig. 8): <https://www.espadaysantacruz.com/projects/yeah>

El trabajo titulado "La noria óptica" (Figura 9) destacó por el proceso de planificación, reparto de tareas, investigación sobre materiales y estrategias de trabajo alcanzar el diseño final del producto. Funciona a partir de un circuito eléctrico de mecanismos simples, creando un efecto visual en las imágenes laterales. La obra de referencia fue *Large Feather Wheel* (La Gran Rueda de Plumas) de Rebecca Horn, 1997) (Figura 10). Trabajaron dos ámbitos de la ciencia relacionándolos con el arte, tanto el tema de las máquinas simples como el de las ilusiones ópticas. Además, es interesante que el alumnado pueda aprender acerca del funcionamiento de máquinas simples mediante engranajes y objetos sencillos.

Figura 9: "La noria óptica". Figura 10: *Large Feather Wheel*



La noria (Fig. 9) fue diseñada a partir de la escultura cinética de Rebecca Horn realizada en 1997 (Fig. 10)

Fuente (Fig. 9): Elaboración propia

Fuente (Fig. 10): <https://ronulicny.tumblr.com/post/96407504375/large-feather-wheel-1997-by-rebecca-horn>

7. Discusión

Podemos decir que, en la actualidad, la defensa de los beneficios educativos de las colaboraciones entre Arte y Ciencia es casi anecdótica en la literatura científica (Gurnon, Voss-Andreae & Stanley, 2013). Por ello este proyecto se ha centrado en el diseño y el desarrollo de los procesos que posibilitaran resolver problemáticas cuya base se sustenta en el diálogo y en el intercambio de enfoques que superan la dimensión disciplinar. Los alumnos y alumnas a través de este proyecto han sido capaces de integrar la disciplina artística y científicas para la generación de un aprendizaje significativo. Al igual que destaca Perera (2008) por medio del desarrollo de la interdisciplinariedad se ha puesto de manifiesto el paradigma contemporáneo de la complejidad.

Ante esto, nos encontramos con lo denominado interdisciplinar, ligado íntimamente con los nuevos retos de la Educación Artística. La necesidad de una implicación práctica exige igualmente una reflexión teórica sobre los significados de lo interdisciplinar en la educación, con el objetivo de poder encuadrar nuestras acciones de forma efectiva. En este sentido, algunos autores en las últimas décadas (Maurer, 1994; Visser, 2012) han señalado que ser o diseñar de manera interdisciplinaria consiste en buscar, actuar y sentir según nuevas formas más acordes con la concepción contemporánea de la realidad y

su complejidad en torno a los fenómenos que de ella emergen y en ella se insertan, por ejemplo: los abordados en la propuesta que se presenta en este escrito en torno a las máquinas. Se trata de fenómenos de una elevada complejidad para el aprendizaje que a lo largo de los siglos se han ido desarrollando en torno a múltiples debates, desarrollo de modelos, establecimiento de las bases conceptuales y comprensión de sus implicaciones para el análisis de la realidad.

Actualmente, la tarea de definir el campo de actuación y los principios interdisciplinarios sigue abierta, ante todo, en lo que se refiere a distinguirla de otros marcos de actuación como son lo multidisciplinar o transdisciplinar (Augsburg, 2005; Davies y Davlin, 2007).

En nuestro caso concreto, lo interdisciplinar presenta una base integradora, frente a una base aditiva como sería lo multidisciplinar. Las acciones que se llevan a cabo bajo este enfoque, así como los conocimientos provenientes de diferentes disciplinas, se contrastan y transforman por integración o síntesis, dando lugar a nuevas oportunidades de aprendizaje. En relación con los aspectos prácticos vinculados con el diseño de propuestas interdisciplinarias, autores como Hillman, Bottomley, Raisner y Malin (2000) apuntan hacia la necesidad de instruir, nosotros creemos más en alfabetizar, a los estudiantes en la forma de abordar las problemáticas, puesto que en la alfabetización se encuentra el aprendizaje profundo y no puramente instrumental. Es con esto que aparece el pensamiento crítico.

Una vez en este punto, lo que el proyecto persiguió es la obtención de un producto con las premisas de la interdisciplinariedad, en la ideación, construcción y presentación de una máquina mecánica que sea un detonante para el trabajo de una o varias asignaturas en primaria. Por ello, otro de los puntos para tener en cuenta en la evaluación del proyecto fue conocer el valor que el alumnado otorga al producto/objeto como recurso didáctico para el aula de primaria. Debemos destacar que producto ha cobrado un protagonismo especial, puesto que es a través de él mismo con el que se traen al frente las distintas propuestas de máquinas mediante los ámbitos del arte y la ciencia. Es el propio producto, en tanto que imagen-objeto, el referente mediante el cual comprendemos los distintos fenómenos (Gell, 1998). Es el objeto, como señala Gell, el que modifica nuestra conducta y, en ello, es generador de conocimiento.

En relación con el proceso de trabajo, los y las estudiantes, manifestaron durante las presentaciones la importancia de realizar un proceso de investigación, planificación y realización de forma correcta para poder comprender los referentes visuales que se dieron como punto de partida y ser capaces de generar nuevos productos artísticos con una clara finalidad didáctica. Durante el proceso de trabajo el alumnado fue capaz de identificar sus dificultades para poder superarlas y transformarlas en habilidades académicas (Ramos-Vallecillo, 2020).

8. Conclusiones

En este proyecto se ha entendido la interdisciplinariedad como la interacción entre las disciplinas artística y científica mediante conexiones reales y no de forma acumulativa. La importancia del proceso no ha sido tomar esta metodología como un fin, sino como un medio para integrar los procesos de aprendizaje. La presencia de ambas áreas ha sido articulada mediante la utilización del aprendizaje como objetivo común y teniendo como elemento de referencia las necesidades de aprendizaje del alumnado. Por ello, en el proyecto presentado alcanzamos las siguientes conclusiones:

Primero, el proyecto interdisciplinar planteado en las aulas del grado de E.P. se ha logrado un trabajo en profundidad de los procesos creativos que han desembocado en un aprendizaje significativo, que advertimos por la reflexión que el estudiantado ha presentado a lo largo de las sesiones y en las obras finales mostradas. En este sentido, es importante resaltar que para lograr este objetivo las propuestas de los y las estudiantes han tenido que estar supervisadas y estructuradas bajo una acción continuada para lograr un espacio de co-creación artístico-científico, anclado en la complementariedad de ambas áreas.

Segundo, esta experiencia innovadora ha permitido explorar cómo a través de la materialidad de los objetos, se puede lograr la comprensión de fenómenos científicos explicados de manera sencilla y hacerlos fáciles en un contexto de un aula de primaria. Las obras realizadas por el alumnado tienen la particularidad de presentarse como objetos de fácil entendimiento y manipulación que facilitan la comprensión.

Tercero, a través del trabajo integrador, superando las barreras de conocimiento, se ha conseguido integrar la esencia de las obras de arte contemporáneo proporcionadas en las propuestas de realización del alumnado en una idea de objeto científico-artístico-didáctico aplicado a un contexto de primaria.

Cuarto, el trabajo en el taller mediante una metodología de indagación-investigación STEAM se ha visto reforzada mediante el trabajo colaborativo y grupal sobre una propuesta transdisciplinar de aprendizajes integrados en ambas áreas de conocimiento. El trabajo grupal favorece los procesos de aprendizaje del alumnado aprendiendo unos de otros y mediante su propio descubrimiento del aprendizaje.

Finalmente, con la presentación de los objetos creados por parte del alumnado y la aplicabilidad didáctica que contemplan desde un punto de vista docente, comprobamos que sus propios aprendizajes han surgido a propósito de la construcción de su propio proyecto. Comprendiendo de manera más veraz lo que sucede respecto al fenómeno tratado y como trasladarlo a un contexto de primaria de manera simple, clara y sencilla a un aula de primaria.

No obstante, este trabajo presenta algunas dificultades. Una de las más importantes es la falta de experiencia previa que presenta el alumnado de E.P. en este tipo de aprendizajes globalizados como la metodología STEAM. Además, la coordinación de los docentes de las dos áreas para las labores de planificación y seguimiento es complicada, debido al elevado número de profesorado que participa. Por último, también se ha percibido que en ocasiones existen diferencias en la motivación e interés de los y las estudiantes en relación a la participación en las ramas de conocimiento.

Algunos aspectos de mejora sería lograr que los y las estudiante entendieran la finalidad de la propuesta desde el comienzo de la misma. De esta manera se conseguiría una mayor eficiencia de la regulación de los tiempos de trabajo, enfocados desde el comienzo del proyecto a la adquisición de los objetivos de aprendizaje.

7. Referencias

- Ander-Egg, E. (1999). *El taller: una alternativa de renovación pedagógica*. Magisterio del Río de la Plata.
- Augsburg, T. (2005). *Becoming interdisciplinary: An introduction to interdisciplinary studies*. Kendall/Hunt.
- Bandura, A. (1997). Ejercicio de la eficacia personal y colectiva en sociedades cambiantes. En A. Bandura (Coord). *Autoeficacia: Cómo afrontamos los cambios de la sociedad actual*. Desclée de Brouwer.
- Bransford, J., Darling-Hammond, L. & LePage, P. (2005). Introduction. En L. Darling-Hammond & J. Bransford (Ed.s), *Preparing Teachers for a Changing World: What Teachers Should Learn and Be Able to do* (1 Ed., pp. 1-39). Jossey-Bass.
- Boix-Mansilla, V & Dawes, E. (2007). Target assessment of students' interdisciplinary work: An empirically grounded framework proposed. *The Journal of Higher Education*, 78(2), 215-237 doi:10.1353/jhe.2007.0008.
- Borsay, K. D. & Foss, P. (2016). Third Graders Explore Sound Concepts through Online Research Compared to Making Musical Instruments. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(1), 46-61. <https://cutt.ly/egd8wZ3>
- Borroy, J. (2013). El magisterio como agente de innovación pedagógica. *Educar*, 51(2), 239-258.
- Cabero, J. (2001). *Tecnología Educativa. Diseño y utilización de medios en la enseñanza*. Paidós.
- Caeiro Rodríguez, M. (2019). Recreando la taxonomía de bloom para niños artistas. Hacia una educación artística metacognitiva, metaemotiva y metaafectiva. *Artseduca*, (24), 65-84.
- Catalá, J.M. (2005). *La imagen compleja: La fenomenología de las imágenes en la era de la cultura visual*. UAB.
- Cline, J. E., y Smith, B. A. (2016). Water Play. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 16-22. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1151177>
- Davies, M. y Davlin, M. (2007). *Interdisciplinary higher education: Implications for teaching and learning*. Centre for the Study of Higher Education.

- De Echave, A., Ferrer-Bueno, L.M. & Morales, M.J. (2011). La relevancia y el valor de los trabajos prácticos en Educación Primaria y en la formación del profesorado de este nivel: Una experiencia de Aula. *Investigación en la escuela*, 74, 101-112
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. UNESCO
- De Puig, I. (2004). *Pensar, percibir, sentir y pensar*. Octaedro.
- Eger, J. (2015, November 24). *The Congressional STEAM Caucus may turn STEM to STEAM in the reauthorization of ESEA*. Retrieved from www.huffingtonpost.com/john-m-eger/stem-may-become-steamoffi_b_8634126.html
- Eisner, E.W. (2004). *El arte y la creación de la mente. El papel de las artes visuales en la transformación e l aonciencia*. Paidós Ibérica.
- English, M. C., & Kitsantas, A. (2013). Supporting Student Self Regulated Learning in Problem and Project-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 7(2), 128-150
- Fernández-Pérez, M. (1994). *Así enseña nuestra universidad*. Universidad Complutense de Madrid.
- Fiallo, J. (1996). *Las relaciones intermaterias: una vía para incrementar la calidad en la educación*. Editorial Pueblo y Educación
- Fosnot, C. T. (1996). Constructivism: A psychological theory of learning. En C. T. Fosnot (Ed.), *Constructivism: Theory, perspectives, and practice* (pp. 8-33). Teachers College Press.
- Foucault, M. (2003). *Vigilar y castigar. Nacimiento de la prisión*. Siglo XXI
- Gates, A. E. (2017). Benefits of a STEAM Collaboration in Newark, New Jersey: Volcano Simulation Through a GlassMaking Experience. *Journal of Geoscience Education*, 65(1), 4-11. <https://doi.org/10.5408/16-188.1>
- Gell, A. (1998). *Art and agency. An anthropological theory*. Clarendon Press.
- Goodman, N. (1990). *Maneras de hacer mundos*. Visor.
- Gurnon, D., Voss-Andreae, J., & Stanley, J. (2013). Integrating art and science in undergraduate education. *PLoS Biol*, 11(2), <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001491>
- Hillman, S., Bottomley, D., Raisner, J., & Malin, B. (2000). Learning to practice what we teach: Integrating elementary education methods courses. *Action in Teacher Education*, 22(2), 1-9
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313
- Holley, K. A. (2009). Special issue: Understanding interdisciplinary challenges and opportunities in higher education. *ASHE Higher Education Report*, 35(2), 1-131.
- Klein, (1990). *Interdisciplinarity: History, theory, and practice*. Wayne State University Press.
- Klein, J.T. (1993). Blurring, cracking, and crossing: Permeation and the fracturing of discipline. En E. Messer-Davidow, D.R. Shumway, & D.J. Sylvan, (Eds.). *Knowledges: Historical and cultural studies in disciplinarity* (pp. 185-211). University Press of Virginia.
- Klein, J.T. & Newell, W. (1997). Advancing interdisciplinary studies. En J. G. Gaff & J. Ratcliff (Eds.) *Handbook of the undergraduate curriculum* (pp. 393-415). Jossey-Bass.

- Liao, C. (2016). From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to STEAM Education, *Art Education*, 69:6, 44-49, DOI: 10.1080/00043125.2016.1224873
- Lenoir, Y. (2015). Interdisciplinariedad en educación: una síntesis de sus especificidades y actualización. *INTER DISCIPLINA*, 1(1). <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2013.1.46514>
- León, G. (2010). La formación interdisciplinaria de los profesores: una necesidad del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Ensayos Pedagógicos* (5), 1
- Loughran, J., & Berry, A. (2005). Modeling by Teacher Educators. *Teaching & Teacher Education*, 21, 193-203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2004.12.005>
- Lunenberg, M., Korthagen, F., Swennen, A. (2007). The teacher educator as a role model. *Teaching and Teacher Education*, 23, 5, pp. 586-601.
- Maurer, R. E. (1994). *Designing interdisciplinary curriculum in middle, junior high, and high schools*. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.
- Morín, E. (2007). Complexité restreinte, complexité générale, en *Intelligence de la complexité. Épistémologie et pragmatique*. Éditions de l'Aube: 28-64.
- Murillo-Ligorred, V., Serón Torrecilla, F. J. & Revilla, A. (2020). Arte y ciencia en la formación de maestros: una propuesta interdisciplinaria de aprendizaje de la luz y el color a través de la obra de Ignacio Fortún, *AACA Digital*, nº50.
- Murillo-Ligorred, V. & Ramos-Vallecillo, N. (2023). Museo, industrias culturales y patrimonio. Entrevista con Karin Ohlenschläger, directora de LABoral Gijón. Noviembre de 2020, *Arte, Individuo y Sociedad* 35(1), pp. 303-333
- Newell, W.H. (2001). A theory of interdisciplinary studies. *Issues in Integrative Studies*, 19, 1-25.
- Nicolescu, B. (1997). *The transdisciplinary Evolution of the University Condition for Sustainable Development*. Bulletin Interactif du Centre International de Recherches et Études transdisciplinaires nº 12
- Nicolescu, B. (2002). The unfathomable pornography of binary thinking. En B.Nicolescu & J. Visser, Eds., *L'Apprentissage dans le creuset/Learning in the crucible*. Special issue of Rencontres Transdisciplinaires, 16, February, 36-38
- Perera, F. (2008). Proceso de enseñanza-aprendizaje. Interdisciplinariedad o integración. *Varona* 48-49/2009 43-39
- Perrenoud, Ph. (2004). *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar. Profesionalización y razón pedagógica*. Graó
- Pombo, O. (2013). Epistemología de la interdisciplinariedad. La construcción de un nuevo modelo de comprensión. *Interdisciplina I*, núm 1 21-50.
- Ramos-Vallecillo, N. (2020). Aplicación de Design Thinking para la sistematización de procesos artísticos en el alumnado de Secundaria, *Revista de Investigación en Educación*, 18(1), 24-39, <https://doi.org/10.35869/reined.v18i1.2628>
- Rampley, M. (2005). Art history and cultural difference: Alfred Gell's anthropology of art. *Art History*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8365.2005.00475.x>

- Schopenhauer, A. (2004). *El mundo como voluntad y representación*, vol. 1, edición y traducción de Roberto R. Aramayo (Madrid: Fondo de Cultura Económica, p. 144
- Serón, F.J. (2015). *El aprendizaje basado en proyectos Arte, Ciencia, Tecnología y Sociedad en el bachillerato artístico. Una Metodología para el aprendizaje de contenidos científicos*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Serón Torrecilla, F. J. y Murillo-Ligorred, V. (2020). Arte contemporáneo y STEAM en la formación de maestros de educación primaria: intersecciones arte y ciencia, *AusArt Journal for Research in Art*. 8(1), <https://doi.org/10.1387/ausart.21462>.
- Serón Torrecilla, F. J. (2020). El enfoque STEAM: diseño participativo en una experiencia de ciencia ciudadana, *AusArt Journal for Research in Art*. 8(1), 247-257
- Stoycheva, D. & Perkins, L. (2016). Three- and Four-Year Olds Learn about Gears through Arts, *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 67-83. <https://cutt.ly/igf6K9z>
- Tsurusaki, B., Tzou, C., Conner, L. y Guthrie, M. (2017). 5th - 7th Grade Girls' Conceptions of Creativity: Implications for STEAM Education. *Creative Education*, 8(2), 255-271. <https://doi.org/10.4236/ce.2017.82020> <https://doi.org/10.1387/ausart.21474>
- Ugras, M. (2018). The Effect of STEM Activities on STEM Attitudes, Scientific Creativity and Motivation Beliefs of the Students and Their Views on STEM Education, *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5), 165-182. <https://doi.org/10.15345/ijoes.2018.05.012>
- Visser, J. (2012). Innovación: necesidad científica y elección artística. Ponencia presentada en el marco de la inauguración de las "Cátedras de Innovación Educativa" de la Coordinación General del Sistema para la Innovación del Aprendizaje, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. Recuperado de <http://www.learndev.org/dl/Innovacion-UdG-2002.pdf> [Consulta 10 marzo, 2008]
- Vygotsky, L.S. (1978). *Pensamiento y Lenguaje*. La Pleyade.
- Wagensberg, J. (2014). *El pensador intruso: El espíritu interdisciplinario en el mapa del conocimiento*. Tusquets.
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), pp. 1072–1086.

Como citar (APA):

Ramos, N.; Murillo-Ligorred, V., Seron, F. J. y de Echave Sanz, A. M^a. (2023). Tangencias arte y ciencia para la formación de estudiantes de Magisterio: experiencias interdisciplinarias en el Grado de Educación Primaria. *Pulso. Revista de Educación*, 46, 105-126. <https://doi.org/10.58265/pulso.5934>