



<https://dx.doi.org/10.7203/eari.12.20841>

Diálogos entre la Tecnología, el Arte, la Ciencia y las Humanidades en contextos educativos: de los modelos STEAM y SHAPE al TACH-di **Dialogues between Technology, Art, Science and Humanities in educational contexts: from STEAM and SHAPE models to TACH-di**

Martin CAEIRO. *Universidad de Zaragoza (España)*. mcaeiro@unizar.es

Resumen: En este artículo presentamos el modelo TACH-di que pone en diálogo cuatro macro áreas de saber: Tecnológicas, Artes, Ciencias y Humanidades desde la perspectiva de la educación artística. Para ello, profundizamos en el origen del modelo STEAM y sus variables, situamos categorías y conceptos necesarios a un modelo transversal y detectamos las necesidades que exige aplicar exitosamente TACH-di en el contexto educativo y en sus diferentes etapas formativas. Comprobamos que existen algunas problemáticas asociadas a un modelo reducido ideológicamente a STEM, STEAM o SHAPE en contraste con las posibilidades que abre para la educación un modelo ideado a partir de las diferentes áreas de saber. TACH-di, al incluir condicionantes formativos, considerar a las personas (docentes y discentes) como elementos centrales, aunar conocimiento y cultura, romper estereotipos en relación con la Tecnología, el Arte, la Ciencia y las Humanidades, amplifica los procesos de enseñanza y aprendizaje dando lugar a diálogos diversos y a una aplicación cognitiva, expresiva y comunicativa mucho más interesante.

Palabras Clave: STEM, STEAM, SHAPE, TACH-di, educación artística, personas.

Abstract: In this article we present the TASH-di model that puts in dialogue four macro areas of knowledge: Technological, Arts, Sciences and Humanities from the perspective of arts education. To do so, we delve into the origin of the STEAM model and its variables, we situate categories and concepts necessary to a transversal model and we detect the needs required to successfully apply TASH-di in the educational context and in its different formative stages. We found that there are some problems associated with a model ideologically reduced to STEM, STEAM or SHAPE in contrast to the possibilities that a model based on the different areas of knowledge opens for education. TASH-di, by including formative conditioning factors, considering people (teachers and students) as central elements, bringing together knowledge and culture, breaking stereotypes in relation to Technology, Art, Science and Humanities, amplifies the teaching and learning processes, giving rise to diverse dialogues and a much more interesting cognitive, expressive and communicative application.

Keywords: STEM, STEAM, SHAPE, TASH-di, art education, people.

Introducción: Tecnológicas, Artes, Ciencias y Humanidades en educación

La especialización en diferentes campos de saber y la progresiva aparición de disciplinas y materias han sido la base del nacimiento de la institución escolar y también de la Universidad (Da Costa 2006). Encontramos hoy Tecnológicas, Artes, Ciencias y Humanidades y cientos de disciplinas y materias que atomizan el conocimiento, así como métodos epistemológicos asociados a diferentes procesos cuantitativos, cualitativos o mixtos y también congresos y revistas que les dan contexto (Díaz 2018), creadas por y para tecnólogos, artistas, científicos y humanistas, e incluso intersecciones entre todos esos territorios que permiten pensar y sentir la educación y el conocimiento de un modo transversal. Es algo que podemos comprobar en portales, repositorios y catálogos como DICE (2010), FECYT (2020), SCIELO (2020), Biblioteca de Bellas Artes (2017), etcétera. De esta compartimentación de saberes y quehaceres tecnológicos, artísticos, humanísticos y científicos y sus disciplinas, han surgido teorías y propuestas pedagógicas y se definen modelos de interrelación para la investigación, la docencia y el aprendizaje como son STEM, STEAM o SHAPE.

En este contexto disciplinar, especializado y diverso, situamos el alcance y objeto de este trabajo: identificar las problemáticas, posibilidades y necesidades asociadas a un modelo educativo de interrelación formativa STEM/STEAM y el que abren otras permutaciones y diálogos a las áreas implicadas como SHAPE, o el que nosotros introduciremos aquí y que hemos denominado *TACH-di* (Figura 1), un modelo que articula Tecnológicas, Artes, Ciencias y Humanidades para una aplicación dialéctica y fenomenológica más efectiva y diversa en el contexto educativo. Para ello, profundizaremos en el origen de los modelos citados y sus variables, situaremos conceptos necesarios a un modelo de relación transversal diverso y detectaremos condicionantes para aplicar exitosamente el modelo TACH-di.

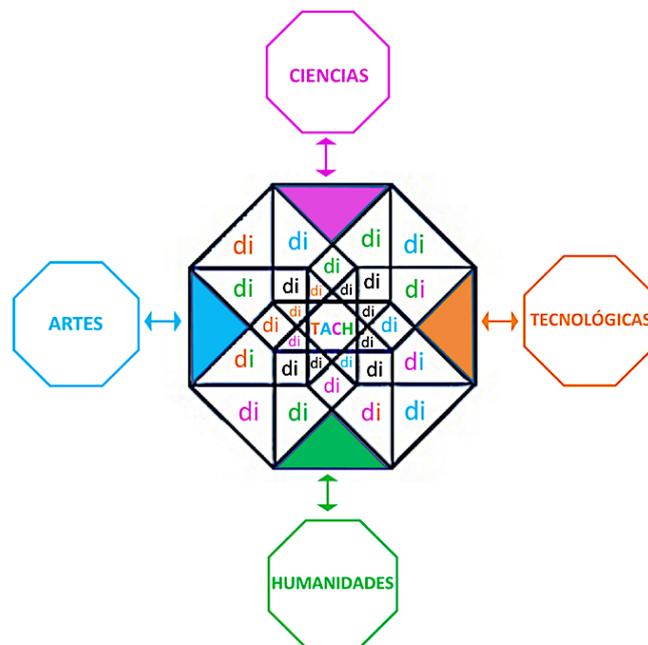


Figura 1. TACH-di diseñado a partir de la sombra de un tetracta

Los modelos STEM/STEAM, SHAPE y las permutaciones TACH-di

¿Qué es STEM? ¿Qué es STEAM?

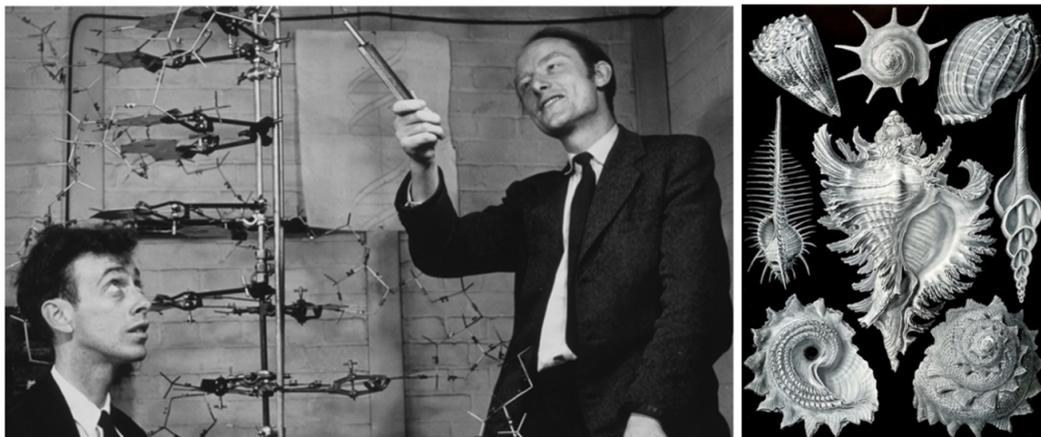
STEM articula ciencia y tecnología: *Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Selección coherente con lo que pretende originar: creación de productos que dan solución a problemas que requieren articular el conocimiento experto de esas áreas y sus disciplinas. Dificilmente pondremos un cohete en órbita sin matemática, ingeniería, tecnología y ciencia o haremos funcionar un robot. Este modelo comienza a visualizarse con intensidad en el contexto educativo en la década del 2000 a partir del trabajo de diversos autores que reclaman una mejora del aprendizaje holístico y creativo de las áreas científicas con el objeto de garantizar la formación innovadora de los científicos (Ashby 2006, Horwedel 2006, Porter et al. 2006, Sanders 2006, Toulmin y Groome 2007, Tyson et al. 2007). Se significa la necesidad de que la formación científica adquiriera perspectiva en otras áreas como las tecnológicas y otras materias asociadas más a las artes y las humanidades. Inspirada por este modelo, Europa se ha marcado en su agenda educativa la potencialización del modelo STEM, al que se ha ido sumando de forma paulatina, y gracias a la sensibilización de diversos autores e investigaciones y a la comunidad educativa el modelo STEAM (Figuras 2 y 3), en el que las Artes están también presentes aportando lo que, en principio, les es propio o posible:

El aprendizaje STEAM es un modelo educativo que persigue la integración y el desarrollo de las materias científico-técnicas y artísticas en un único marco interdisciplinar (Yakman 2008). El acrónimo surge en 2008 cuando Yakman, intentado fomentar la interdisciplinariedad, introduce la A inicial de 'Arts' dentro de otro acrónimo ya existente que recogía las iniciales en inglés de las disciplinas de ciencias (S), tecnología (T), ingeniería (E) y matemáticas (M): STEM. (Ruíz 2017, p. 26)

Este modelo STEAM nace para establecer una relación de las artes con las ciencias y las tecnologías bajo la influencia de las necesidades y formaciones propias de los autores que lo van definiendo, pero utilizando desde el principio "artes" en un sentido que aplica más allá de los artistas y obras o proyectos artísticos. En cada contexto cultural *ars* adquiere una pluralidad de sentidos (Higuera 2014). Según los países, el término refiere campos también de las ciencias humanas, las ciencias sociales y las humanidades arrastrando significados antiguos y ambiguos (Durkeim 1995), donde *ars* referiría a una rama del saber o a una "disciplina" (Ruiza et al. 2004). Esto ha influido en el diseño del sistema educativo de cada país. Por consiguiente, la "A" de STEAM hace referencia a más campos y dimensiones que los asociados a la educación y creación artística, como las artes del lenguaje, las ciencias sociales o las humanidades (Yakman y Lee 2012). No obstante, en nuestro modelo TACH-di, el término "arte" es el que distingue profesiones y estudios artísticos de otros que son considerados como tecnológicos, científicos o humanísticos, definiendo una práctica específica y una territorialidad propias que lo transforma en una macro área independiente (VV. AA. 2007a, VV.AA. 2007b, De Laiglesia et al. 2010).



Figuras 4 y 5. Izquierda, Buonarrotti pintando la Capilla Sixtina (1508-1512). fotograma de *El tormento y el Éxtasis* (Reed, 1965). Fuente: https://www.pressreader.com/spain/muy-historia/20200420/282905207695823_Derecha, Barceló (2008), pintando la cúpula de la ONU. Fuente: <https://antoniogarciavillaran.blogspot.com/2008/12/la-cpula-de-miquel-barcel-una-obra.html>



Figuras 6 y 7. Izquierda, Watson y Crick (1953), junto a uno de sus modelos de la molécula del ADN en el Laboratorio Cavendish de Cambridge. Fuente: <http://esmateria.com/2013/04/25/el-secreto-de-la-vida-cumple-60-anos/#prettyPhoto/1/>. Derecha, ilustración de Haeckel (1904), *Kunstformen der Natur*, Prosobranchia Gastropod, Illustrated Plate 53. Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/44/Haeckel_Prosobranchia.jpg

una disciplina esencial en el aprendizaje escolar (Pérez 2015). En esta deriva o reducción de lo que implica la A: “El reto de STEAM es apostar por una serie de objetivos, entre los que se pueden citar: la transformación de las políticas de investigación para situar el Arte+Diseño en el centro de lo que venía siendo STEM; el impulso a la integración de Arte+Diseño en la educación y formación técnica superior en un enfoque de aprendizaje a

lo largo de la vida; la influencia sobre los empresarios para contratar artistas y diseñadores como piezas clave para el impulso a la innovación.” (Amor 2018: 4) Se reduce la función del artista y de lo artístico y por extensión de la educación artística a la de ser un área cuyos sujetos ofrecen como principal valor educativo el ser “creativos” o “diseñadores” dejando para otras áreas lo que se entendería como conocimiento o fundamento cognitivo de los aprendizajes. ¿El artista-diseñador o educador artístico estará presente en los procesos de desarrollo científico no para repercutir epistemológicamente, sino divergentemente? El artista y los discentes en sus proyectos y procesos también deben pensar convergentemente, con momentos de lógica y toma de decisiones acordes a los objetivos que han establecido y que evitan la dispersión holística; el éxito o fracaso de la obra depende de muchos factores y dimensiones, no solo de la creatividad (o de una creatividad aplicada y resolutive). Así, STEAM llega a nuestros días reduciendo la función del arte y la figura y labor del artista y del educador artístico a la creatividad y al diseño aplicativos (Pérez 2015), participando artísticamente de proyectos condicionados y “poniendo el foco principal en la resolución de problemas en situaciones abiertas y no estructuradas, con el fin de generar por parte del alumnado un determinado producto para solventar la situación problemática” (Casado y Checa 2020, p. 52).

Una de las consecuencias de la reducción del Arte (y de las materias STEAM) a estas ideologías y derivas educativas es que, con este modelo, en la mayoría de los proyectos analizados que se han ideado para trabajar en el contexto educativo, y que se sitúan en el foco de interés de las administraciones y agentes educativos, nos reducimos a aprendizajes tecnológicos y robóticos en lo que se conoce ya como “robótica educativa” (Casado y Checa 2020). ¿No hay proyectos STEAM que no pasen por la robótica? ¿Solo articulamos en la educación Primaria o Secundaria lo tecnológico, lo artístico, lo científico para hacer robots o para incentivar diseñadores creativos, o para trabajar el pensamiento computacional? Entendemos que hay otros proyectos transdisciplinares, así como otros procesos de diálogo, y que esto debería significarse para no confundir o reducir la visión del arte y de la propia idea de transversalidad y lo que esta puede generar.

Amplificación de la “A” y del modelo STEAM: hacia el trayecto SHAPE

Todo lo dicho no significa hablar de la ineficacia artística de los proyectos y formaciones STEM y STEAM, incuestionablemente necesarios y oportunos, sino del reduccionismo que encontramos al profundizar en los proyectos desarrollados. Los modelos suelen separar al artista del conocimiento y lo tecnológico, incluso filtrando sus prácticas desde el prisma de las humanidades. Asimismo, la asociación del arte y los artistas a la creatividad casi como parámetro fundamental de la creación de obras de arte deja al margen otras operaciones fundamentales en el proceso creador que posibilita el quehacer artístico. Las artes y los artistas comportan también procesos cognitivos expresivos (Caeiro y Muñiz 2019), incorporan un campo epistemológico de conocimiento complejo (Moraza 2008), métodos propios de investigación (Barone 2001, Barone y Eisner 2006, Grau et al. 2020, Hernández 2008, Marín 2005, Marín y Roldán 2019, Hernández y Calderón 2019), recorridos poéticos y metodográficos (Caeiro 2020) y no pueden reducirse en el contexto

educativo o profesional a unos estereotipos que suelen construirse ajenos al campo de las artes. Todas estas cuestiones deben implicarse en la A y desplegarse según procesos y proyectos diversos y desde una concepción educativa contemporánea del arte y lo artístico (Serón y Murillo 2020).

En esta línea de abrir más diálogos y posibilidades para la educación escolar y preuniversitaria, ha surgido recientemente en el contexto anglosajón el modelo *SHAPE* (Martín 2020) que establece y categoriza la transversalidad en la formación escolar y preuniversitaria desde las Ciencias Sociales, las Humanidades y las Artes: *Social Science, Humanities and the Arts for People and the Economy*. Es un modelo que quiere poner en valor áreas que dejan al margen los modelos STEM y STEAM, significando, además, que las Humanidades son diferentes de las Artes (<https://thisishape.org.uk>). El modelo procura una rehumanización de la sociedad, tanto social como económica y nace, como expresa su fundadora, con la condición de ser útil social y económicamente (Riestra 2020). En el caso español, al interpretar el modelo SHAPE, se confunde a las Artes considerándolas como implicadas dentro del concepto de las Humanidades, cuando las Artes, como se ha dicho, tienen una territorialidad propia y diversa que las relaciona por igual con las Ciencias y las Tecnológicas (VV.AA. 2007b). El modelo SHAPE parece separarse formativamente de las materias científico-tecnológicas defendiendo intereses de las Ciencias Sociales y las Humanidades en detrimento de las otras áreas.

¿Qué es TACH-di? Un modelo conectado con más realidades

TACH-di pone en diálogo Tecnológicas, Artes, Ciencias y Humanidades. Por ejemplo: la *fotografía* con la *biología*, con la *electrónica*, con la *filosofía*. Una diferencia fundamental que significan los modelos STEM y STEAM frente al TACH-di, es que en este tan importantes son los tránsitos y vivencias que ocurren durante el proyecto de diálogo como el resultado. Incluso, puede establecerse como una vivencia y por el placer de convivir cognoscitivamente en lo artístico, lo científico, lo tecnológico, lo humanístico. El modelo TACH-di carece de ideologías, lo que permite diversos recorridos y articulaciones según los intereses, necesidades, problemáticas de cada contexto educativo. El modelo STEM elimina las Artes; el modelo STEAM elimina las Humanidades; el modelo SHAPE se separa de las Ciencias y las Tecnológicas; el modelo TACH-di las integra, sin que ello signifique, que siempre deban aparecer las cuatro áreas en las relaciones. TACH-di aprovecha cualquier intersección y necesidad sin universalizar las experiencias a una única interrelación o ideología educativa del momento.

Necesidad de definir los términos y recuperar conceptos

Área, ámbito, disciplina y persona

Para pensar modelos y establecer diseños que articulen experiencias formativas transversales eficaces según la etapa o nivel educativo en el que nos encontremos, se hace necesario definir los elementos que participan en el modelo TACH-di. En este sentido, al pensar

en la interrelación y el diálogo entre áreas para el contexto educativo y académico, ya sea en la educación primaria y secundaria o en la universitaria, nos encontraremos con términos como *área de conocimiento*, *campo*, *ámbito*, *disciplina* (Figura 8). Situemos en torno al contexto de la educación artística y las diferentes etapas educativas cada uno de estos términos para su mejor operatividad y aplicabilidad:

1. *Área de conocimiento*: El número de áreas de conocimiento varía de un país a otro. En la Universidad están organizadas en núcleos básicos del conocimiento o clasificaciones por campos, disciplinas o profesiones (VV. AA. 2012: 81). Entre estos núcleos encontramos Bellas Artes (que agrupa: Pintura, Escultura, Fotografía, Dibujo...), Ciencias de la Salud o Ciencias Sociales y Humanas. Algunos sistemas incluyen unas áreas y disciplinas en un lugar u otro según la percepción que tienen de ellas. En el caso de los estudios de Bellas Artes, habrá universidades que los asocien a Humanidades, otras a Ciencias Sociales y Jurídicas o hasta a Ingeniería y Arquitectura. Uno de los factores de esta dispar asociación es el inmenso abanico de campos, disciplinas y profesiones asociadas al área de Artes que surgen a través de las diferentes formaciones y estudios que se pueden cursar desde ella. Otro, el alto coeficiente de experimentalidad que comparte con el ámbito científico-tecnológico además del teórico, que le aproxima a lo humanístico. Al margen de estas clasificaciones institucionales, nuestro modelo TACH-di parte y distingue cuatro macro áreas: Tecnológicas, Artes, Ciencias y Humanidades, incluyendo en el macro área de Artes cualquier campo y disciplina dedicada a la *creación poética*: escritores, pintores, escultores, ceramistas, fotógrafos, compositores, directores, animadores, diseñadores, etcétera.
2. *Disciplina o campo*: para Csikszentmihalyi (1998), “campo” consiste en una serie de reglas y procedimientos simbólicos. Las matemáticas son un campo o, si adoptamos una definición más matizada, el álgebra y la teoría numérica se pueden considerar campos. También podemos hablar de disciplinas. Es importante significar que en el contexto educativo escolar y obligatorio solemos hablar de “asignaturas” y “materias” más que de campos o disciplinas.
3. *Ámbito*: con relación al “ámbito”, para Csikszentmihalyi (1998), el término incluye a todos los individuos que actúan como guardianes de las puertas que dan acceso al campo. En las artes (o la pintura, por ejemplo) el ámbito lo constituyen los educadores y educadoras de arte, los directores y directoras de museos, coleccionistas de arte, críticos y críticas de arte, comisarios y comisarias de arte, especialistas en estética y administradores de fundaciones u organismos estatales que se ocupan de la cultura. Por tanto, un ámbito está configurado, entre otras cosas, por diversos campos (disciplinas, materias, especialidades...), instituciones, organismos, agentes. Hay campos que interseccionan desde su base, ya que beben de diversas áreas y prácticas (por ejemplo, la neurolingüística o la arquitectura). Algo también a tener en cuenta es que en Educación Primaria o Secundaria hablamos de “ámbitos educativos” (Real Decreto 1105/2014, Real Decreto 126/2014): científico, tecnológico, lingüístico, artístico, diferenciación que no debemos confundir con las categorizaciones de la Universidad.
4. *Persona*: el modelo funcionará mientras los implicados en los procesos y proyectos TACH-di comprendan la potencialidad de sus respectivas macro áreas, reconozcan sus ámbitos, conozcan sus diferentes campos y disciplinas y trabajen no solo ideológicamente aplicando por inercia un modelo, sino a

partir de deseos, motivaciones y necesidades tanto de los docentes como de los discentes. Por eso, otro elemento a considerar y focalizar es quienes deberán implicarse y tener formación relacionada con la transdisciplinariedad y los diálogos TACH-di. En el contexto educativo *persona* será tanto el docente como el discente, ellos configuran el “ámbito”.

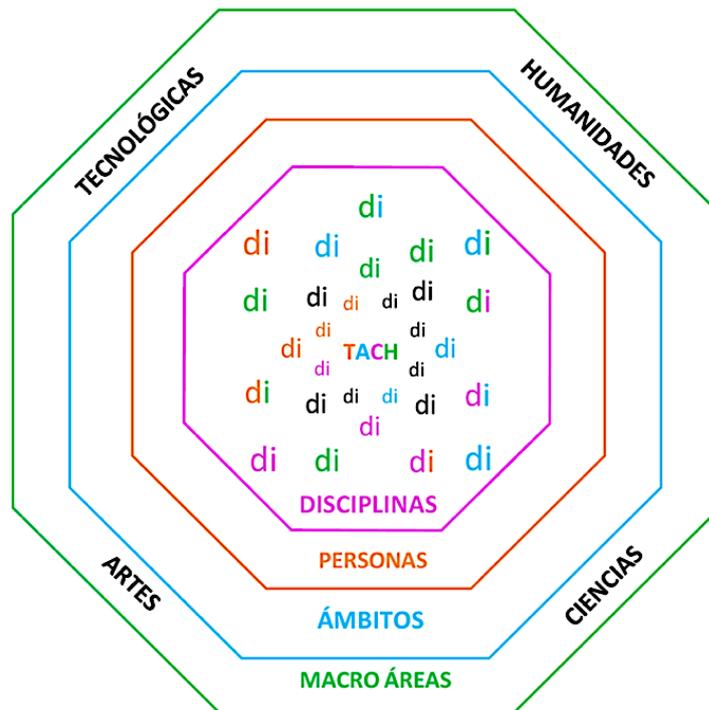


Figura 8. El modelo TACH-di diseñado en torno a las cuatro macro áreas, sus ámbitos, las personas y las disciplinas.

Discusiones/Conclusiones: un modelo de transversalidad TACH-di

Permutaciones TACH-di

Hablar de Tecnologías, Artes, Ciencias y Humanidades es situarse en territorialidades distintas, pero con afinidades, es coexistir con autores, agentes, profesionales, categorías, contextos, prácticas que han fortalecido esas áreas (Alsina 2007, Caeiro 2010) pero que son procedimental y académicamente porosas (Cassidy 1964, Wilson 2002). STEM, STEAM, SHAPE surgen como respuesta a la necesidad de comprender, actuar, solucionar, enfrentar los retos a los que nos dirigimos y que no podemos resolver o acometer desde una perspectiva o planteamiento obtuso. El reto de desvelar los secretos del cerebro abrió

el horizonte a proyectos y formaciones inter, multi y transdisciplinares (Jackendorf 1998, Peñuela 2005, Pareja 2011). Fuera del contexto educativo, lo transversal es una constante de la civilización y una voluntad humana. Y los modelos y sus ideologías no pueden limitarlo.

El problema detectado en nuestro estudio sobre los modelos STEM, STEAM o SHAPE 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: Primaria, Secundaria, Universidad. Asimismo, la permanencia de las matemáticas o la ingeniería en STEAM condiciona el diálogo, pudiendo extraerse y significar otros campos (Figura 9). Un modelo más equilibrado y potencialmente adecuado según cada contexto educativo es el que articula Tecnológicas, Artes, Ciencias y Humanidades (TACH) o que parte de que cualquier interrelación entre las Artes y las otras áreas es posible (Arte-Humanidades; Arte-Ciencias; Arte-Tecnologías; Humanidades-Ciencias) sin significar directa y universalmente un campo, sino recogiendo y extrayendo en cada macro área lo que sea oportuno a la formación y edad de los discentes. Así, podemos estar enseñando y aprendiendo transversalmente desde la combinación y puesta en valor de diversas áreas y asociaciones generadas entre las diferentes “materias” presentes en mayor o menor medida según cada etapa educativa (Primaria, Secundaria, Universidad), que recogen las cuatro macro áreas: electrónica (T), pintura (A), biología (C), historia (H), ética (H), mecánica (T), fotografía (A), botánica (C), antropología (H), aerodinámica (T), arquitectura (A o C o T), música (A), filología (H), Filosofía (H), etcétera.

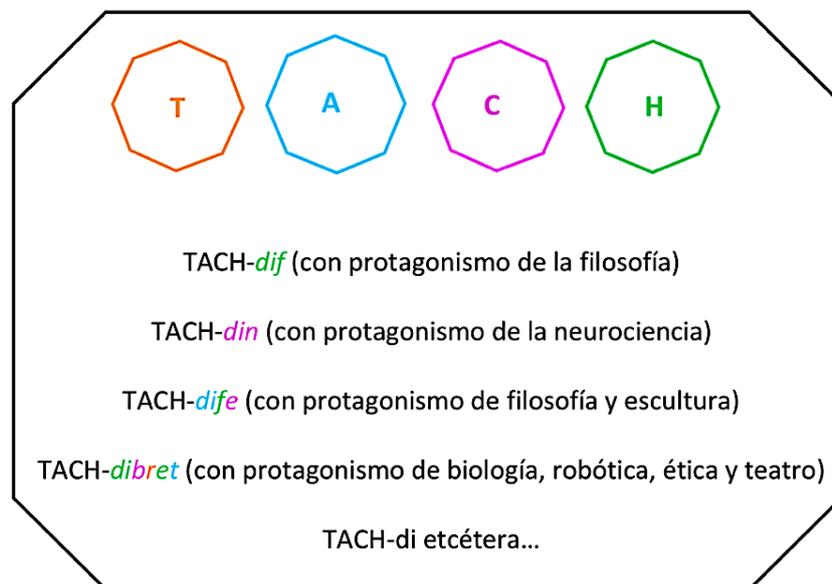


Figura 9. Permutaciones del modelo TACH-di con protagonismo de algunas disciplinas.

Como comenta Nuere reflexionando las etapas de Primaria y Secundaria (2011, p. 42): “A pesar de que las asignaturas sean aparentemente muy diferentes, desde la educación artística todo se relaciona. Imagen audiovisual, diseño, geometría, sistemas de representación, dibujo del natural, fotografía, publicidad, escenografía, diseño, urbanismo, historia del arte, etcétera, permiten establecer una infinidad de actividades cruzadas y puentes entre diversas materias”. Encontramos propuestas relacionadas con esta idea en las conducidas por Mónica Rikić o Hamilton Mestizo, cuyas acciones transitan entre la ciencia, el arte y las prácticas pedagógicas o proyectos ideados directamente para el contexto educativo, como *LABoral Centro de Arte y Creación Industrial* en Gijón. Asimismo, fuera del contexto educativo formal, hay innumerables proyectos que se pueden tomar como punto de partida e inspiración del modelo TACH-di con gran aplicación en Educación Secundaria y la Universidad: modelos que llevan la creación poética a las ciencias, como *BioFilia* de la Universidad Aalto de Helsinki, o proyectos como los que se abordan en *MediaLab Prado* de Madrid, o *Parque Explora* en Medellín, o la obra de la artista Marta de Menezes y el centro *Ectopia* de Lisboa, en la que lo biológico y la genética están presentes en las obras artísticas en la línea de *The Arts & Genomics*

Centre. Encontramos, también proyectos como *SymbioticA* en Australia, un laboratorio artístico dedicado a la investigación, la enseñanza y la reflexión de las Ciencias de la Vida, o el proyecto *Bioteknica*, que enlaza la ética, la estética y el desarrollo tecnológico desde el encuentro de las artes, las humanidades y las ciencias biológicas, entre otros referentes.

La mayoría de estos modelos, visiones y proyectos identificados no encajan ni en STEM, ni en STEAM ni en SHAPE, y son contemporáneos de lo que la educación transversal puede y debe aportar desde las etapas escolares hasta la Universidad pasando por la educación Primaria y Secundaria. El modelo TACH-di o la intersección de lo tecnológico, lo artístico, lo científico y lo humanístico nos ofrece a los educadores y a la sociedad más oportunidades acordes a las edades en las que estaremos formando en transversalidades.

Condicionantes para diálogos TACH-di

La aplicación eficaz del modelo TACH-di hace necesario identificar algunos condicionantes:

1. Los docentes debemos tener perspectiva tecnológica, artística, científica y humanística: “La contribución del arte a la ciencia no puede, pues limitarse a un ‘embellecimiento’ de los resultados, sino más bien a la introducción de un nivel recursivo de complejidad que incluya los aspectos ‘dramáticos’, experienciales, psicoperceptivos, subjetuales, inherentes a los modelos y los efectos de la investigación: cuando no queda obturado el acceso a los límites de la razón epistemológica” (Moraza 2006, pp. 17-32). El artista o discente-creador está implicado en lo que aprende, algo fundamental en la educación de seres humanos y cuando no se trata solo de construir artefactos. Podemos querer ir a la luna (necesitamos un cohete), pero también podemos desear contemplarla (necesitamos la noche y un cielo despejado) o dibujarla (un lápiz). ¿Tiene derecho el sistema educativo a privar a los niños y las niñas de hacer esto? ¿Ya no es necesario en el contexto educativo, en cualquier nivel formativo, dibujar o crear máquinas inútiles (Munari 1994), que deben ser

matemática, tecnológica y científicamente operativas? (Figuras 10 y11)

2. El Arte no se reduce a lo cultural o al entretenimiento y al ocio, que hay una cultura artística pero también una cultura tecnológica, una cultura científica y por supuesto una cultura humanística, así como un conocimiento tecnológico, un conocimiento artístico, un conocimiento científico y un conocimiento humanístico.
3. El modelo TACH-di se ideará y trabajará entre la Sociedad de la Información y la Comunicación, la Sociedad del Conocimiento y la Sociedad del Espectáculo. Las Tecnológicas, las Artes, las Ciencias y las Humanidades arrastran e implican al dialogar parámetros, planteamientos, condicionantes, posibilidades y oportunidades de estos tres modelos de sociedad. Las Artes y las Humanidades también interseccionan con la Sociedad del Espectáculo (Debord 2000), las ficciones, fantasías, imaginaciones forman parte de las operaciones mentales y desarrollos cognitivos de quienes aprenden, perciben y hacen arte (Caeiro 2018), algo que se olvida o queda marginado en los modelos STEAM o SHAPE.
4. La creatividad no es exclusiva del arte ni de los artistas, es una categoría más, pero que sin otras que también intervienen en el proceso creador esta carecería de sentido. La estética, la imaginación, la fantasía, el pensamiento crítico, el alfabetismo múltiple o los deseos personales y trayectorias vitales (Figura 12) son igual de importantes en la generación de arte y se ponen en acto con mayor o menor intensidad en los artistas y discentes cuando crean.

A favor de la diversidad TACH-di

En la *Lección Inaugural del Curso académico 1997/1998: La universidad es un tetraedro, escultóricamente hablando* el catedrático y escultor Juan Fernando De Laiglesia (1999, p. 23), identificaba una “Cuatridad universitaria” constituida por la división de los saberes en Humanidades, Tecnologías, Jurídico-Social y Experimentales. El empuje del modelo científico/tecnológico primero y de las Humanidades Digitales y Ciencias Humanas y Sociales después, ha transformado los paradigmas. Para atender a las posibilidades y necesidades formativas actuales, hay que identificar áreas y ámbitos y disciplinas asociadas, para, a partir de ahí, definir contenidos, programar experiencias, diseñar proyectos. El modelo TACH-di requiere considerar cuatro macro áreas formativas implicadas, que incluyen una *formación tecnológica*, una *formación artística*, una *formación científica* y una *formación humanística*. Cuanto mejor se comprenda el alcance de lo que significa cada macro área más posibilidades surgirán. Quizá la figura del tecnólogo, como le ocurre al humanista, al científico o al artista cuando salen de su casa, se vea condicionada en cada nivel educativo a la comprensión por parte de la comunidad educativa de “¿para qué sirve?: “De los tecnólogos se espera que inventen, perfeccionen o mantengan artefactos de cierta clase, sean estos animados, como los caminos y los ordenadores; vivientes, como los cultivos y las vacas; o sociales, como las compañías y las agencias del gobierno.” (Bunge 2007: 252). En realidad, potencialmente hablando, todo discente es transversal en su relación con el mundo, la naturaleza... comporta algo del espíritu del tecnólogo,



Figuras 10, 11 y 12. Izquierda, Munari (1953), *Máquina inútil o Carrusel arrítmico*. Fuente: <https://www.wikiart.org/es/bruno-munari/useless-machine-arrhythmic-carousel-1953> ; Centro, Calder (1957) con uno de sus móviles “inútiles”. Fuente: <https://www.revistavanityfair.es/cultura/articulos/alexander-calder-esculturas-moviles-exposicion-centro-botin/39071>; Derecha, Sterbak (1997), *Remote Control II*. Fuente: <https://curiator.com/art/jana-sterbak/remote-control-ii>

del humanista, del científico, del artista. Es el sistema educativo quién lo disciplina, limita y acota. Finalmente, el alcance y posibilidades del modelo TACH-di solo puede establecerse a través de proyectos y procesos de aula. Lo que ya pasa por su ideación, diseño e implementación por agentes educativos, instituciones y, sobre todo, las *personas con sus ideologías*.

Referencias bibliográficas

Adams, S. (1996). *The Dilbert Principle*. Harper Business.

Alsina, P. (2007). *Arte, ciencia y tecnología*. EDIUOC.

Amor Bravo, E. (2018). De STEM a STEAM: mucho más que la interacción del arte y la ciencia. *Educaweb publicaciones*. <https://www.educaweb.com/noticia/2018/04/04/stem-steam-mucho-mas-interaccion-arte-ciencia-16384/>

Ashby, C. M. (2006). *Higher Education: Science, Technology, Engineering, and Mathematics Trends and the Role of Federal Programs. Testimony before the Committee on Education and the Workforce, House of Representatives*. Washington D. C.: Government Accountability Office.

Barone, T. (2001). Science, art, and the Predispositions of Educational Researchers. *Educational Researcher* 30, 24-28. doi:10.3102%2F0013189X030007024

Barone, T. y Eisner, E. (2006). Arts-Based Educational Research. En J. Green,

C. Gregory y P. Belmore (Eds.), *Handbook of Complementary Methods in Educational Research*, (pp. 95-109). Mahwah: AERA.

Biblioteca de Bellas Artes (2017). *Revistas evaluadas: arte*. Biblioteca de Bellas Artes. Universidad de Sevilla. https://bib.us.es/sites/bib3.us.es/bellasartes/files/revistas_evaluadas2017.pdf

Bunge, M. (2007). *A la caza de la realidad. La controversia sobre el realismo*. Editorial Gedisa.

Caeiro, M. (2010). Hacia un téttrade cultural: continuación de las dos culturas de Snow y de la tercera cultura de Bockman. En J. F. De Laiglesia, J. Loeck y M. Caeiro (Eds.), *La cultura transversal: Colaboraciones entre arte, ciencia y tecnología* (pp. 45-75). Universidad de Vigo.

Caeiro, M. (2018). Ser persona en la sociedad del conocimiento y el espectáculo: Aprendiendo a vivir, pensar y comunicar más allá de los espejos. *Arte y Políticas de Identidad*, 18 (18), 159–176. doi:10.6018/reapi.336061

Caeiro, M. (2020). Describiendo las metodografías: crear, aprender e investigar biográficamente desde la educación artística. *ARTSEDUCA* (27), 20-35. doi:10.6035/Artseduca.2020.27.2

Caeiro, M. y Muñiz, M. A. (2019). La cognición expresiva como experiencia de relación del arte y la ciencia en la educación preuniversitaria. *Artnodes*, 24, 142-154. doi:10.7238/a.v0i24.3259

Casado, R. y Checa, M. (2020). Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 58, 51-69. doi:10.12795/pixelbit.73672

Cassidy, H. G. (1964). *Las ciencias y las artes*. Taurus.

Csikszentmihalyi, M. (1998). *Creatividad. El fluir y la psicología del descubrimiento y la invención*. Paidós.

Da Costa, R. (2006). Las definiciones de las siete artes liberales y mecánicas en la obra de Ramón Llull. *Revista Anales del Seminario de Historia de la Filosofía* 23, 131-164. <https://revistas.ucm.es/index.php/ASHF/article/view/ASHF0606110131A>

Debord, G. (2000). *La sociedad del espectáculo*. Pre-textos.

De Laiglesia, J. F. (1999). La universidad es un tetraedro escultóricamente hablando. En *Teoría bruta de la forma frágil: escritos adverbiales de arte, estética y enseñanza*, 127-153, Edición do Castro.

- De Laiglesia, J. F., Loeck, J. y Caeiro, M. (2010) (Eds.) *La cultura transversal: Colaboraciones entre arte, ciencia y tecnología*. Universidad de Vigo. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=708006>
- De Laiglesia, J. F., Caeiro M. y Fuentes, S. (2008). (Eds.) *Notas para una investigación artística*. Universidad de Vigo.
- Díaz Herrera, C. (2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. Orientación intelectual de revista Universum. *Revista General de Información y Documentación*, 28 (1), 119-142. doi:10.5209/RGID.60813
- DICE (2010). *Difusión y Calidad Editorial de las Revistas Españolas de Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas*. http://epuc.cchs.csic.es/dice/listado_revistas.php?letra=A
- Durkheim, E. (1995). *A evolução pedagógica*. Artes Médicas.
- FECYT (2020). *Repositorio Español de Ciencia y Tecnología. Listado de Revistas*. <https://recyt.fecyt.es/index.php/index/about>
- Grau, E., Callejón-Chinchilla, M. D. y Porquer, J. M. (2020). Metodologías de creación en clave de Aprendizaje-Servicio. En P. Aramburuzabala, C. Ballesteros, J. García Gutiérrez y P. Lázaro (Eds.), *El papel del Aprendizaje-Servicio en la construcción de una ciudadanía global* (pp. 704-713). UNED.
- Hernández Hernández, F. (2008). La investigación basada en las artes. Propuestas para repensar la investigación en educación. *Educatio Siglo XXI* 26, 85-118. <https://revistas.um.es/educatio/article/view/46641>
- Hernández Hernández, F. y Calderón García, N. (2019). *La investigación artística. Un espacio de conocimiento disruptivo en las artes y en la universidad*. Octaedro.
- Higuera, J. (2014). La pluralidad de sentidos del término ars: scientia-philosophia-sapientia. *Anales del Seminario de Historia de la Filosofía* 323, 31 (2), 323-345 doi:10.5209/rev_ASHF.2014.v31.n2.47572
- Horwedel, D. (2006). Operation STEM. *Diverse: Issues in Higher Education*, 23 (20), 36-39.
- Jackendorf, R. (1998). *La conciencia y la mente computacional*. Visor.
- Marín, R. y Roldán, J. (2019). A/r/tografía e Investigación Educativa Basada en Artes Visuales en el panorama de las metodologías de investigación en Educación Artística. *Arte, Individuo y Sociedad*, 31(4), 881-895. doi:10.5209/aris.63409
- Marín, R. (2005). La Investigación Educativa Basada en las Artes Visuales o

Arteinvestigación educativa. En R. Marín (Ed.), *Investigación en Educación Artística*, 223-274. Editorial Universidad de Granada.

Martín, R. (2020). Las humanidades, las ciencias sociales y el arte, claves para la construcción de un futuro sostenible, entrevista a Julia Black. *Quiero. Believe in a better way*. <https://somosquiero.com/las-humanidades-las-ciencias-y-el-arte-claves-para-la-construccion-de-un-futuro-sostenible/>

Moraza, J. L. (2006). Tejidos. En C. Buró y J. L. Moraza (Coord.). *3.200.000+2006: Tejidos (Óseos, Arquitectónicos, Pictóricos)* (pp. 17-32). La Casa Encendida.

Moraza, J. L. (2008). Aporías de la investigación (tras, sobre, so, sin, según, por, para, hasta, hacia, desde, de, contra, con, cabe, bajo, ante, en) arte. Notas sobre el SABER. En J. F. De La Iglesia, M. Caeiro y S. Fuentes Cid (Eds.), *Notas para una investigación artística* (pp. 35-72). Universidad de Vigo, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=708358>

Munari, B. (1994). *El Arte como Oficio*. Editorial Labor.

Nuere, S. (2011). La organización del aula: espacio de interacción y comunicación. En F. Esquinas y M. Sánchez (Coords.), *Didáctica del dibujo: artes plásticas y visuales* (pp. 27-48). Editorial Graó.

Pareja, J. (2011). Modelos globalizadores y técnicas didácticas interdisciplinares. En M. Lorenzo (Coord.), *Didáctica para la educación infantil, primaria y secundaria* (pp. 167-198). Universitas. <https://www.ugr.es/~fjjrios/pce/media/7-ModelosGlobalizadoresTecnicasInterdisciplinares.pdf>

Peñuela Velasquez, A. (2005). La transdisciplinariedad. Más allá de los conceptos, la dialéctica. *Andamios, Año 1* (2), 43-77. <http://www.scielo.org.mx/pdf/anda/v1n2/v1n2a3.pdf>

Pérez Tudela, J. (2015). STEM, STEAM... ¿pero eso qué es? *Red DIDACTALIA. Comunidad pública odite*. <http://odite.ciberespinal.org/comunidad/ODITE/recurso/stem-steam-pero-eso-que-es/58713dbd-414c-40eb-9643-5dee56f191d3>

Porter, A. y Roessner, D. (2006). A systems model of innovation processes in university STEM education. *Journal of Engineering Education* 2 (2), 154-170.

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte «BOE» núm. 3, de 3 de enero de 2015. Referencia: *BOE-A-2015-37*. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-37-consolidado.pdf>

Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la

Educación Primaria. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte «BOE» núm. 52, de 1 de marzo de 2014. Referencia: BOE-A-2014-2222. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-2222-consolidado.pdf>

Riestra, C. (2020). Las Humanidades y el futuro posible. *El País, Red de Expertos*. https://elpais.com/elpais/2020/09/21/planeta_futuro/1600686610_387065.html

Ruíz, F. A. (2017). *Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa* [Tesis doctoral]. Universidad CE Cardenal Herrera. <https://repositorioinstitucional.ceu.es/handle/10637/8739>

Ruiza, M., Fernández, T. y Tamaro, E. (2004). Biografía de Marco Terencio Varrón. *Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea*. <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/v/varron.htm>

Sanders, M. (2006). A Rationale for New Approaches to STEM Education & STEM Education Graduate Programs. *Paper presented at the 93rd Mississippi Valley Technology Teacher Education Conference*. Nashville.

Serón, F. J. y Murillo, V. (2020). Arte contemporáneo y STEAM en la formación de maestros de educación primaria: Intersecciones arte y ciencia. *AusArt* 8 (1) 65-76. doi:10.1387/ausart.2146

SCIELO (2020). *Scientific Electronic Library Online. Materias*. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?lng=es&script=sci_subject

Toulmin, C. y Groome, M. (2007). *Building a science, technology, engineering, and math agenda*. National Governors Association. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED496324.pdf>

Tyson, W., Lee, R., Borman, K. and Hanson, M. A. (2007). Science, technology, engineering and mathematics (STEM) pathways: High School science and Math coursework and postsecondary degree attainment. *Journal of Education for Students Placed at Risk (JESPAR)* 12 (3), 243-270. doi:10.1080/10824660701601266

VV. AA. (2012). *Documento metodológico sistema nacional de información de la educación superior-SNIES*. Ministerio de Educación Nacional. https://redes.colombiaaprende.edu.co/ntg/men/pdf/Documento_Metodologico_SNIES_2012.pdf

VV. AA. (2007a). *Libro blanco de la interrelación entre Arte, Ciencia y Tecnología en el Estado español*. FECYT. <https://www.fecyt.es/es/publicacion/libro-blanco-de-la-interrelacion-entre-arte-ciencia-y-tecnologia-en-el-estado-espanol>

VV.AA. (2007). *Libro blanco de la Investigación en Humanidades*. FECYT. <https://www.fecyt.es/es/publicacion/libro-blanco-en-investigacion-en-humanidades>

Wilson, S. (2002). *Information Arts: Intersections of Art, Science, and Technology*. MIT Press/Leonardo Books.

Yakman, G. (2008). STΣ@M Education: an overview of creating a model of integrative education. En Marc de Vries, trans. *PATT-17 and PATT-19 Proceedings*, 335-358. Reston, V.A.: ITEEA. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a>

Yakman, G. y 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 Research in Science Education* 32 (6), 1072-1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>