

POSIBILIDADES Y LIMITACIONES PARA UN ENCAJE INTERDISCIPLINAR DEL CURRÍCULO DE MATEMÁTICAS

POSSIBILITIES AND LIMITATIONS FOR AN INTERDISCIPLINARY APPROACH OF MATHEMATICS CURRICULUM

Álvaro Sánchez González.

Doctor en Matemáticas. Profesor de Secundaria en la Comunidad de Madrid. Profesor Asociado en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Complutense de Madrid.

Resumen

Las Matemáticas se han señalado como una disciplina fundamental en la formación del alumnado, así como de cara a la adquisición de las competencias necesarias para los individuos de la sociedad del siglo XXI. Por otro lado, el contexto social junto al paradigma educativo actual está tendiendo a una visión integral del conocimiento, que se materializa en la interdisciplinariedad como forma de estudiar un fenómeno de la realidad.

Analizamos las posibilidades y dificultades que la coyuntura educativa nos plantea para trasladar esta visión interdisciplinar a las aulas. Realizamos una

revisión histórica de ejemplos de interrelación de las Matemáticas con otras disciplinas y aportamos sugerencias para una implementación del currículo de Matemáticas con un punto de vista interdisciplinar.

Palabras clave: *Educación, Interdisciplinariedad, Matemáticas, Métodos pedagógicos.*

Abstract

Mathematics has been pointed out as a fundamental discipline in the formation of the students as well as in the acquisition of the necessary competences for the individuals of the society of the XXI century. On the other hand, the social context together with the current educational paradigm is tending towards an integral vision of knowledge, which is materialized in interdisciplinarity as a way of studying a phenomenon of reality.

We analyze the possibilities and difficulties that the current educational situation poses to transfer this interdisciplinary vision to the classroom. We make a historical review of examples of interrelation of Mathematics with other disciplines and provide suggestions for an implementation of the Mathematics curriculum with an interdisciplinary point of view.

Keywords: *Education, Interdisciplinarity, Mathematics, Pedagogical methods.*

1. EL MARCO COMPETENCIAL E INTERDISCIPLINAR EN EDUCACIÓN

El acceso a la educación establecido en la Declaración Universal de los Derechos Humanos a mediados del siglo XX, y ratificado en la Constitución española de 1978, puso en manos de los centros educativos la formación de los futuros ciudadanos adultos. Desde entonces se han producido profundos cambios en la sociedad, a los cuáles no es ajena la educación y, sin duda, ésta debe dar respuesta a las demandas que desde aquélla surgen como consecuencia de la realidad compleja que vivimos.

El paradigma social actual hace imprescindible que cada persona deba dominar una serie de recursos y que, además, posea la capacidad de aplicarlos. Tenemos aquí una primera aproximación a lo que llamamos *ser competente*: a cada individuo se le requiere conocer y emplear de forma eficiente técnicas para desenvolverse en el día a día, así como en su ámbito laboral. Y no solo eso, sino que la vertiginosa evolución tecnológica que experimentamos desde mediados del siglo pasado, hace que los conocimientos queden pronto obsoletos y requieran ser actualizados, por lo que también se espera del individuo la capacidad de incorporar nuevo conocimiento a lo largo de toda su vida.

En definitiva, no estamos sino ante la descripción del perfil que la sociedad idealmente demandaba a un ciudadano adulto a las puertas del siglo XXI. Y en consonancia, la Organización de las Naciones Unidas [ONU] desde su organismo especializado en Educación, Ciencia y Cultura [UNESCO] publicó el archiconocido Informe Delors (1996) como texto de cabecera que guiase los planes educativos, al menos, de los países desarrollados. En aquella publicación, se establecían *las Competencias* como el referente alrededor del cual debía girar el proceso de enseñanza-aprendizaje y que, en España, quedaron recogidas en la Ley Orgánica de Educación 2/2006 [LOE], recientemente modificada por la Ley Orgánica 3/2020 [LOMLOE]. Sin embargo, ya ha transcurrido más de un cuarto de siglo desde la publicación del Informe Delors y se ha hecho necesario actualizar los

objetivos de la educación para, como decíamos, responder a las nuevas demandas sociales.

Por otro lado, todo individuo se enfrenta a constantes tomas de decisión que deberían hacerse previa interpretación de la información disponible, así como conforme a diversos criterios de percepción personal o, a veces, corporativa. La globalización de la economía y las relaciones sociales, potenciados por la navegación en Internet, así como los dilemas y debates generados sobre tolerancia, ecologismo, sostenibilidad o crisis sanitarias, hacen que tanto la información como los criterios puedan venir dados, influidos o sesgados por agentes externos. Pero es el individuo, en última instancia, el que debe analizarlos y asumirlos desde una perspectiva crítica para conformar su propia opinión con la que fundamentar cada decisión.

La ONU identificó los retos que como sociedad debíamos afrontar en los próximos años y, en 2015, lanzó la Agenda 2030 en la que promulgó los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Posteriormente, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] estableció el Marco de Aprendizaje 2030 – Brújula 2030 para la Educación en el que se reconoce que “el concepto de competencia implica más que la mera adquisición de conocimientos y habilidades [...] se requerirá tanto el conocimiento amplio como el especializado”. Y prosigue: “El conocimiento de una disciplina seguirá siendo necesario [...] junto con la capacidad de pensar más allá de las fronteras de cada disciplina y conectarlas”.

En esta situación de cambio constante, en la que se promulgan nuevos retos y objetivos a nivel global, es cuando la UNESCO encarga la elaboración de un nuevo informe que se ha titulado *Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación* (Sahle–Work Zewde, 2021) y cuyo propósito no es sino el de tomar el testigo del Informe Delors, En este nuevo informe se insiste, de forma reiterada, en la necesidad de aplicar los principios de

cooperación y colaboración. Pero más aún, explícitamente establece como propuesta para mejorar la Educación que "los planes de estudios deberían hacer hincapié en un aprendizaje ecológico, intercultural e interdisciplinario que ayude a los alumnos a acceder a conocimientos, y producirlos, y que desarrolle al mismo tiempo su capacidad para criticarlos y aplicarlos".

Tomaremos la anterior sugerencia como punto de referencia en este artículo y centraremos el foco en la posibilidad de desarrollar experiencias interdisciplinares organizadas desde las Matemáticas o alrededor de ellas para contribuir a la consecución de un adecuado perfil competencial del alumnado. En primer lugar, haremos algunas precisiones sobre la interdisciplinariedad y analizaremos los condicionantes, tanto a favor como en contra, que el Sistema Educativo nos impone de cara a trasladarlo al aula. Recuperaremos algunos ejemplos en los que este enfoque le ha sido fructífero a las Matemáticas para el desarrollo del Conocimiento y, por último, haremos algunas observaciones para la puesta en práctica de un modelo interdisciplinar desde la perspectiva del currículo de Matemáticas.

2. LA INTERDISCIPLINARIEDAD: ¿METODOLOGÍA O ACTITUD?

Desde la Antigüedad se ha vivido un proceso gradual de segmentación a la hora de estudiar los fenómenos que nos rodean, creándose así las diferentes disciplinas del conocimiento. Los planes educativos del siglo XX fueron diseñados siguiendo esta tradición de fragmentación (Torres, 1994, capítulo primero): conforme avanza la edad de los estudiantes, los currículos se subdividen en asignaturas con programas estancos y autocontenidos, que guardan analogía con diferentes parcelas de conocimiento, así como con la especialización en los procesos de producción.

Como señalan García y de Alba (2008), parece evidente que la respuesta a desafíos globales y a fenómenos de carácter complejo no puede alcanzarse desde los actuales planteamientos fragmentados del conocimiento en multitud

de disciplinas académicas. Por citar algunos ejemplos, es inconcebible el estudio de un proceso biológico dejando de lado la química que le subyace, ni se entiende el estudio de la Física sin comprender el lenguaje matemático. De igual modo ocurre en las Ciencias Sociales en general, o las Humanísticas y Artísticas como la Historia o la Música, que interactúan entre ellas de forma casi espontánea y constante.

Para hacer frente a los planteamientos parciales, surgen los discursos que procuran integrar los diferentes quehaceres de cada disciplina. Se llega así al llamado currículum integrado, bien fundamentado y desarrollado en el libro de Torres (1994). Este planteamiento pone en jaque la tradicional división en materias estancas (Valdés, 2017) y sin duda aboga por la interdisciplinariedad académica como estrategia para materializar una visión global en las aulas.

Advertimos aquí sobre el carácter del término *interdisciplina*, ya que en ocasiones se le atribuyen matices que lo diferencian de otros como *multidisciplina* y *transdisciplina*, no siempre bien utilizados como sinónimos. Más allá de las sutiles diferencias entre unos y otros términos, damos por asumida la clásica definición de Piaget (1978) que requiere que entre las disciplinas haya "reciprocidad de intercambios que dan como resultado un enriquecimiento mutuo". Así, la interdisciplina implica el reconocimiento de la insuficiencia de las herramientas de cada una de las disciplinas por sí solas. Requiere además una colaboración de los profesionales de las disciplinas, no quedándose en la mera agregación de los aportes de cada disciplina, sino que se eleva y da un conocimiento a nivel superior que hubiera sido imposible separadamente. En palabras de Welch (2011) "la práctica interdisciplinaria ha de trascender las estructuras disciplinarias del conocimiento". Y, más adelante, concluye que la interdisciplinariedad no pretende la destrucción de las disciplinas, sino que pretende servirse de ellas "ampliando sus contextos y estableciendo relaciones sintéticas entre ellos".

Sin embargo, en la búsqueda de la interdisciplinariedad puede llegar a ser un punto de conflicto el hecho de que cada disciplina trabaje con sus propios métodos, y pese a que en un marco generalista seríamos capaces de reconocer una Ciencia como rigurosa, los estándares de rigor son diferentes entre cada una de ellas (Follari, 2007). De todos modos, si en el mundo profesional es natural la interdisciplinariedad, aparentemente no hay razón para no recurrir a ella también de cara a enriquecer el proceso de enseñanza–aprendizaje.

Precisamente el hecho de difuminar las fronteras que compartimentan los conocimientos es uno de los aspectos positivos por los que se hace aconsejable utilizar la interdisciplinariedad, como cita Fiallo (2001). De igual modo, este autor cita otros beneficios a tener en cuenta, como el desarrollo de habilidades de trabajo en grupo y el incremento de motivación de los estudiantes, así como evitar repeticiones en los currículos de diferentes materias, lo que ayuda a optimizar el tiempo de los docentes y alumnos en el aula. Más aún, Fiallo sugiere la pertinencia de articular la interdisciplinariedad alrededor de las Matemáticas puesto que "los conceptos, procedimientos y actitudes que potencia la matemática y el resto de las disciplinas se pueden ir asociando a nodos principales que se distinguen por sus aplicaciones a la práctica social".

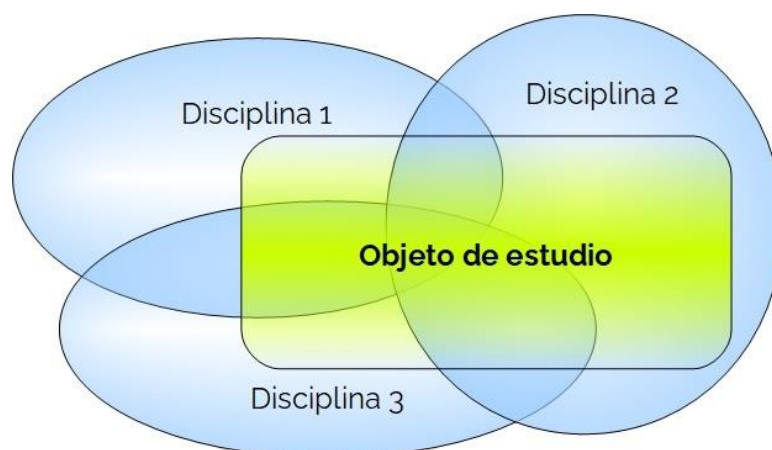


Figura 1. La interdisciplinariedad aboga por crear conocimiento a partir de la visión integradora de varias disciplinas.

Para que sea posible el enfoque interdisciplinar, primero debe existir una labor de análisis desde cada disciplina en particular, y realizar después una síntesis integradora de vuelta a la visión global. Merece la pena insistir en que el enfoque interdisciplinar no busca acabar con la especialización ni va en contra de ella, sino más bien busca valerse de ésta para aupar a un nivel superior la búsqueda del Conocimiento, superando así la fragmentación (López, 2012). Es innegable que existen problemas y objetos de estudio en investigaciones que no pueden ser tratados desde una única perspectiva, por tanto, la interdisciplinariedad no es sino la consecuencia necesaria de la insaciable búsqueda de saber que pretende hacerse de un modo integral.

En definitiva, al trasladar el discurso anterior aspirando a alcanzar cierto grado de interdisciplinariedad en el aula, no debemos considerar ésta una metodología en sí sino más bien una actitud metodológica que busque la interacción entre las diferentes materias del plan de estudios. Pero dado que los currículos están organizados legislativamente en asignaturas con programas establecidos y que deben respetarse, hay que realizar un análisis del sistema educativo para detectar el margen de actuación que hay de cara a la realización de una posible propuesta interdisciplinar.

3. CONDICIONANTES DEL SISTEMA EDUCATIVO

Si desde el aula pretendemos establecer conexiones con el mundo real, entonces estamos en la obligación de presentar los objetos de estudio desde todas las perspectivas posibles. Como ya hemos argumentado, el estudio de cualquier fenómeno desde una única disciplina solo aportará una visión parcial de éste, mientras que, como señalábamos anteriormente, la interdisciplinariedad parece el enfoque natural en gran parte del mundo científico. En consecuencia, también en los planteamientos educativos parece pertinente recurrir a estrategias organizativas que favorezcan la interdisciplinariedad o, al menos, la

multidisciplinariedad.

Antes de plantear ninguna propuesta, debemos hacer un estudio de las oportunidades que nos brinda el sistema educativo, así como de las limitaciones que existen dentro del mismo. Recurrimos al esquema típico del análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), agrupando por un lado los aspectos beneficiosos y, por otro, los que pudieran ir en nuestra contra.

3.1. OPORTUNIDADES Y FORTALEZAS

El sistema educativo español ha sido cambiante desde que se restauró la Democracia. Los primeros gobiernos democráticos heredaron la Ley General de Educación de 1970, que ya había significado un cierto aperturismo a las corrientes pedagógicas de vanguardia (Gozzer, 1982). Durante los siguientes cincuenta años se han sucedido una serie de intentos por modernizar y adaptar el sistema a los requerimientos sociales, así como a recomendaciones en consonancia con las teorías sobre la enseñanza.

Por suponer grandes cambios estructurales, sobresalen con respecto a las demás las legislaciones promulgadas en 1990 y 2006, a saber: la Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo [LOGSE] y la Ley Orgánica de Educación [LOE]. La LOGSE pretendió ser una gran reforma que buscaba mejorar la calidad de la Educación y, de hecho, según las declaraciones del director general de Enseñanzas Medias del momento, que recoge Merchán Iglesias (2021), se quiso "incentivar nuevas metodologías, dinámicas y estructuras de aula" en lo que vino a llamarse la reforma pedagógica, es decir, una profunda reforma de los currículos. Sin embargo, gran parte de aquellas propuestas innovadoras no tuvieron calado y apenas se pusieron en práctica.

Ya a principios del siglo XXI, la entrada en vigor de la LOE provocó la asunción de las ideas educativas supranacionales provenientes de la UE y la UNESCO, destacando entre esos preceptos el de una enseñanza enfocada hacia

el modelo competencial. De hecho, en su última modificación a través de la LOMLOE, se reconocen explícitamente en el preámbulo las influencias de la Agenda 2030 y los ODS, mencionados anteriormente. Más aún, la LOMLOE por primera vez incorpora explícitamente la interdisciplinariedad como posibilidad dentro de la oferta de optatividad de la etapa Secundaria, lo cual podemos considerar una oportunidad para desarrollar dicho enfoque en los centros.

Pero sea cual sea la legislación que se promulgue, son los docentes quienes la ejecutan. Como se infiere de estudios como los de Pérez-Díaz y Rodríguez (2013) o Gómez (2020) el Cuerpo de funcionarios Docentes siempre suscita debate social sobre su prestigio e idoneidad, aunque lo cierto es que estos estudios arrojan que una de las fortalezas del Sistema Educativo radica precisamente en el compromiso para con el alumnado y sus familias. También se valora positivamente la formación del profesorado tanto en su materia como en conocimientos generales, así como el progreso realizado en los últimos años en la utilización de recursos tecnológicos en aula (Valdés et al., 2021). Son variopintas las experiencias multidisciplinares e interdisciplinares que se realizan cada curso académico en numerosos centros, quedando muchas de ellas en el anonimato, pero siendo otras publicadas e incluso premiadas en diferentes tipos de convocatorias. Hacemos nuestra la reflexión final de López y Gustems (2007) en la que se defiende que "las instituciones que cuentan con equipos de profesores e investigadores de distinta formación deberían aprovechar al máximo este potencial de futuro".

Examinando las vías que la legislación deja abiertas para implementar experiencias de interdisciplinariedad, observamos en primera instancia que existe la posibilidad de que los centros se acojan a una organización por ámbitos, aunque por el momento la norma mayoritaria sigue siendo la de una distribución tradicional de asignaturas compartimentadas. Además de esta opción legislada, la interdisciplinariedad también se abre paso fomentada mediante programas institucionales como *eTwinning* del Ministerio de Educación, Simbiontes de la

Universidad Politécnica de Madrid, o los acuerdos alcanzados en 2013 para desarrollar en ciertos centros los planes de estudio de la Organización del Bachillerato Internacional y que, de hecho, el Consejo Escolar del Estado recomienda ahora fomentar a través de programas de becas en el Informe sobre el estado de la Educación en España de 2022.

Recordando que para una verdadera interdisciplinariedad se necesita establecer interrelaciones entre los contenidos, los métodos y otros componentes didácticos de diferentes asignaturas, los centros deben hacer uso efectivo de la autonomía que les atribuye la legislación y estipular una línea de trabajo en la que se deconstruya la organización tradicional. Para el cumplimiento de este requisito crucial, Llano Arana et al., (2016) identifican la necesidad de trazar acciones concretas y escalonadas en cada uno de los años y desde todas las asignaturas del plan de estudios, por lo que constituyen una forma de atravesar el currículo de forma vertical y horizontal.

En este sentido, también el papel del Servicio de Inspección Educativa es relevante y seguramente diferenciador de cara a conseguir instaurar con éxito una rutina interdisciplinar. La innovación educativa es uno de los principios que debe guiar la labor docente, y uno de los puntos fundamentales para lograrlo es tender a que el alumnado pueda establecer una visión interdisciplinar de los contenidos que puedan ser proclives a ello, lo cual puede fomentarse no sólo desde el enfoque en la exposición de los contenidos por parte del profesor sino "planteando actividades que permitan el tratamiento de contenidos cuyos referentes sean diversas áreas de forma interdisciplinar y con aplicación de las competencias clave" (Vázquez Cano, 2018).

En su papel de asesores, los inspectores e inspectoras pueden contribuir con sus ideas a facilitar el abordaje de todos estos vértices y, llegado el caso, permitir un adecuado encaje legal del proyecto perseguido (Estefanía Lera, 2017). Sería deseable que se aplicara cierta flexibilidad que facilite llevar a cabo la

compleja tarea de elaborar un proyecto de centro enfocado desde la interdisciplinariedad, que en definitiva tiene como fin último el aprendizaje de los alumnos, lo cual no va sino en la dirección de la mejora de la calidad de la Educación (Sáenz, 2022). Casi siempre se necesita de muchas horas de trabajo coordinado por parte de, principalmente, los docentes: para idear situaciones de aprendizaje y material de trabajo, imbricación de los temarios de diferentes asignaturas, cambios metodológicos, formación en otras disciplinas diferentes a la que uno mismo domina, docencia o incluso codocencia en materias afines, etc. y todo este trabajo no termina culminando sin la voluntad del Servicio de Inspección que, en última instancia, debe dar su visto bueno a lo programado.

Finalmente, en lo tocante a las Matemáticas en particular, debe ser referencia el exhaustivo informe del capítulo dedicado a la enseñanza de la disciplina durante las etapas obligatorias y el Bachillerato en el *Libro blanco de las Matemáticas* (López Beltrán et al., 2020). Podemos considerar una fortaleza el hecho de que figuren en el currículo una serie de valores y actitudes en relación con las Matemáticas, introducidos por la ya derogada Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa [LOMCE] como bloque de contenido transversal y reformuladas en la LOMLOE como parte de sus competencias específicas.

En el mencionado capítulo del *Libro blanco*, se señala también como fortaleza el esfuerzo realizado desde la Administración y hasta los Centros y sus Departamentos para sustituir gradualmente el modelo tradicional segmentado en disciplinas por otro en el que impere la integración curricular, singularmente con los llamados proyectos STEM o STEAM (siglas en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas). En este sentido, también la cantidad de recursos digitales de que disponemos hoy día son una oportunidad innegable para articular la interdisciplinariedad haciendo uso de ellos.

Como ya señalábamos en la primera parte del artículo, para tener

interdisciplinariedad es necesario que existan primero las disciplinas por sí solas. Por tanto, como se menciona también en el *Libro blanco*, estas experiencias de integración curricular deben concebirse como oportunidad en doble sentido, "tanto para comprender qué y cómo ciertos fenómenos inciden en las diferentes disciplinas matemáticas y dotan al currículum de un carácter multidisciplinar, así como para reconocer los problemas que históricamente han permitido evolucionar a las diferentes disciplinas". Y precisamente así procederemos en la siguiente sección, una vez hayamos explorado los aspectos que pueden suponer una rémora para las aspiraciones interdisciplinares.

3.2. DEBILIDADES Y AMENAZAS

Cuando surge el debate de la interdisciplinariedad, inmediatamente se recurren a ejemplos arquetípicos de interacción entre disciplinas y, casi siempre, los ejemplos se ciñen a los de tipo científico. Sin embargo, olvidamos con frecuencia que la división entre disciplinas lo es más que nada por una cuestión de afinidad, pero que no las hace mutuamente excluyentes. Lamentablemente sigue presente y muy arraigado el *debate de las dos culturas*, la mal llamada división entre Letras (o Humanidades) y Ciencias.

No dudamos en considerar inculta a la persona que no conoce a Shakespeare o Cervantes, mientras que el desconocimiento sobre Euclides o Arquímedes queda muchas veces excusado, a pesar de que la misma relevancia tienen los unos para la Literatura como los otros para las Matemáticas. Es sencillo atestiguar que siguen perviviendo clichés para denostar a unos y justificar la incultura de otros. Este debate es estéril, y la proliferación de las Ciencias Sociales así lo atestigua, siendo urgente desarticular esta amenaza mostrando la relación fructífera entre disciplinas de muy diversa índole.

Por otro lado, si en el epígrafe anterior abordábamos los puntos favorables de la Legislación vigente, ahora precisamente cabe señalar que la ingente y cambiante cantidad de normativa que se ha promulgado en apenas medio siglo

hace difícil que cualquier propuesta pedagógica arraigue lo suficiente (Novella y Cloquell, 2022). Más aún, el clima de provisionalidad generado entre el profesorado, unido a la cambiante composición del propio Claustro, puede llegar a hacerles pensar que su esfuerzo será inútil (Campos y Zúñiga, 2020). Se vuelve a poner de manifiesto la necesidad de un acuerdo amplio entre las fuerzas políticas, partiendo del consenso y compromiso previo entre la comunidad educativa, que garantice la estabilidad de una norma de tal modo que el profesorado se implique sin temor en su aplicación.

Mientras lo anterior llega, debemos conformarnos con experiencias a título particular tanto de docentes como de centros. Y nos limitaremos a volver a señalar al Servicio de Inspección Educativa como aliado de estas acciones, pues malo sería sentirlo como amenaza si es que se inclina más por la escrupulosa aplicación de la norma que por la labor de asesoramiento que hemos señalado algunos párrafos más arriba.

Otra debilidad detectada en relación tanto a la Legislación no es solo la excesiva división del currículo en disciplinas sino también dentro de las propias materias. En el correspondiente informe incluido en el *Libro blanco* de las Matemáticas se señala la desconexión interna del currículo de Matemáticas, no existiendo ligaduras entre la aritmética, el álgebra o la estadística, por poner algunos ejemplos. En varios de los niveles, el currículo ha reducido la visión de las Matemáticas a un simple conglomerado de algoritmos inconexos y descontextualizados, despojando a la materia de sus características más importantes: el pensamiento lógico, el rigor y su universalidad.

También en el *Libro blanco* se identificaron como debilidades, entre otras, la repetición de contenidos, la excesiva tendencia a la memorización de procesos y rutinas, así como un uso excesivo de terminología inadecuada para cada edad en cuestión. Se señala allí la necesidad de introducir un cambio de visión en la enseñanza del preálgebra o la geometría, con el fin de que se cree un poso de

forma gradual de cara a la maduración de estos procesos, algo que parece que por el momento no se ha contemplado legislativamente. En cuanto a la terminología, es conocida la crítica de Kline (1973/1976) a aquellos que querían hacer emular a sus alumnos el pulcro rigor del matemático profesional. Por supuesto se debe preservar este rigor como una señal de identidad de las Matemáticas, siendo el docente responsable de conjugar éste con un registro accesible a sus pupilos.

Posiblemente, la gran amenaza para la formación del alumnado en Matemáticas sea, por irónico que parezca, la propia formación en Matemáticas del profesorado, algo ya detectado por Guzmán (2007) especialmente en lo tocante a la integración de conocimientos sobre las repercusiones culturales que el propio saber tiene. Según los informes en los que se fundamenta el Libro blanco, hay una carencia de formación entre el profesorado de Educación Primaria mientras que la opción docente como Profesor de Educación Secundaria cada vez es elegida en menor proporción por los egresados universitarios especializados en Matemáticas.

Esta coyuntura hace que sea complicado articular una programación flexible en torno a las Matemáticas pues, como hemos visto, uno de los requisitos para ello es la amplia y profunda formación docente tanto en la especialidad como en otras áreas colindantes y de cultura general. Además, el sistema de acceso a la carrera docente exige la especialización en la formación inicial del profesorado, pero en ningún momento se requiere otra formación afín más allá de la que el propio docente quiera realizar voluntariamente.

Según las conclusiones del experimento llevado a cabo por Pozuelos Miranda et al. (2012) "una experiencia interdisciplinar y su desarrollo práctico necesita ser expuesto y presentado con claridad y precisión a un alumnado que no siempre tiene la misma perspectiva ni el mismo nivel de conocimiento que el equipo docente que lo promueve". Añadimos aquí que para que esto ocurra debe

primero el equipo docente gozar de una excelsa formación en diversos ámbitos. A este respecto, resulta una debilidad que la normativa requiera que un único docente imparta todo un ámbito que aglutina varias disciplinas y no facilite la codocencia por dos profesionales que se complementen en el aula.

Para estar en disposición de desarrollar una experiencia interdisciplinar, se revela como un punto clave tanto la formación inicial del profesorado como su actualización a lo largo de la trayectoria profesional. Estas y otras cuestiones han sido señaladas en diversos estudios. Podemos citar de nuevo a Fiallo (2001) que incide en que “los currículos de las materias son eminentemente disciplinares [...] la formación de los docentes debe romper un paradigma formativo e interactuar con otros saberes en los cuales no son especialistas”. Y precisamente como consecuencia de esa formación disciplinar, cada cual considera su disciplina la más importante dentro del plan de estudio, pero, más bien al contrario, deberíamos realizar un ejercicio de modestia y poner nuestras materias tanto al servicio de las demás como del propio aprendizaje.

Una última debilidad que señalar, aunque esta subsanable con voluntad y tiempo, es la propia inexperiencia en el trabajo interdisciplinar. Ya hemos señalado la formación de los docentes y el tan necesario tiempo para cuajar las propuestas, que deben empezar desde lo más modesto y puntual para ir creciendo a base de aciertos y errores hasta culminar en programaciones longitudinales que podrían llegar a abarcar cursos y enteros y varias o incluso todas las materias del currículo.

4. LAS MATEMÁTICAS, VERTEBRADORAS DEL CONOCIMIENTO HUMANO

Pese a que en el acervo popular las Matemáticas son concebidas como una Ciencia eminentemente teórica y abstracta en exceso, esta disciplina nunca se ha olvidado de cultivar su vertiente aplicada. Desde los primeros filósofos y matemáticos de la Antigua Grecia, las Matemáticas han servido para estudiar fenómenos cotidianos y su desarrollo en los últimos siglos han convertido las

Matemáticas en la base de la ciencia moderna, así como del desarrollo del mundo industrial, tecnológico y computacional (Quirós y Vázquez, 2006).

Lo cierto es que la matemática en general se ha revelado extremadamente eficiente a la hora de ser utilizada como herramienta para describir fenómenos de muy diversa índole. No en vano, Galileo dijo que eran "el lenguaje en el que está escrita la Naturaleza" y, llegando más lejos aún, Wigner (1960) utilizó la expresión de "la irrazonable efectividad de las Matemáticas" para referirse a los innumerables ejemplos que a lo largo de la Historia nos muestran que esta disciplina es capaz de aportar rigor, predecir fenómenos y servir de justificación teórica a otras disciplinas experimentales.

Presentamos en los siguientes párrafos una selección de ejemplos que, en diferentes momentos de la Historia, ilustran el éxito que los planteamientos interdisciplinares suponen para la individualidad de cada una de las disciplinas que se imbrican. Pueden consultarse versiones más detalladas en casi cualquier libro de Historia de las Matemáticas, aquí nos hemos nutrido principalmente de Boyer (1968/1986). La elección de estos ejemplos no es del todo casual pues tienen claras conexiones con el currículo de Matemáticas y por tanto, con las correspondientes salvedades, pueden utilizarse para realizar propuestas de aula alrededor de ellos.

4.1. TEORÍA DE PROPORCIONES Y MÚSICA

En la música occidental de hoy día, predomina el uso de la escala de temperamento justo que introdujo el germánico J. S. Bach (1685–1750) en su obra *El clave bien temperado*, crucial en el desarrollo de la teoría musical del Barroco. Pero el origen de los primeros fundamentos de la escala musical puede rastrearse hasta situarlo en la civilización griega del siglo VI a. C. Se dice que el mismo Pitágoras se había dado cuenta de que al pulsar una cuerda tensa de doble tamaño que otra, ambas emitían un sonido similar que se acoplaba adecuadamente y le era agradable al oído humano.

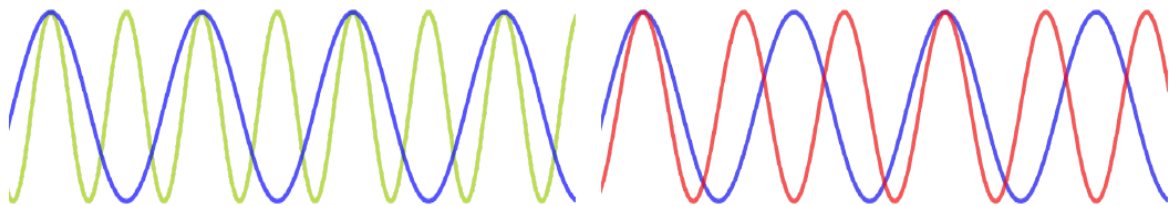
Los pitagóricos, bajo su creencia de que tras cualquier fenómeno del mundo sensible subyacía la idea de número, desarrollaron una Teoría de Proporciones que, con algunos ajustes posteriores por parte de Eudoxo de Cnido en el siglo IV a. C., es prácticamente la que seguimos utilizando hoy día. Los discípulos de Pitágoras se sirvieron de esta teoría para justificar el hecho de que se obtenían sonidos agradables al pulsar una cuerda tensa en dos puntos tales que la división se hacía en partes en proporciones concretas, lo que hoy se conoce como acordes. El patrón entre las diferentes notas musicales quedó establecido mediante una construcción que aplicaba sucesivamente la proporción 3:2, dando lugar a la división en las notas do, re, mi, fa, sol, la, si, en escala pitagórica.

La división propuesta por los pitagóricos no satisfacía del todo a los teóricos musicales del Renacimiento, pues en distintas escalas se producían pequeñas disonancias en los supuestos acordes. Además, existían saltos diferentes entre varias notas (tonos y semitonos), lo que llevó a los músicos a completar la escala hasta las 12 notas, haciendo uso de bemoles y sostenidos. La idea de Bach no fue otra que utilizar una progresión geométrica de razón constante para realizar la división del intervalo, obteniendo el compositor alemán como solución la raíz doceava de dos como constante de proporcionalidad. El sistema temperado de Bach es prácticamente idéntico al de los pitagóricos dado que la nota Sol de ambas escalas es casi indistinguible por el oído humano, ya que la séptima potencia de la constante de proporcionalidad prácticamente coincide con 3:2.

Una vez fijada la frecuencia de afinación de una nota, el resto se obtienen multiplicando por la constante de proporcionalidad. Existen también relaciones entre las diferentes frecuencias y sus medias aritmética, geométrica y armónica, interpretándose en la escala como los intervalos de quinta, octava y cuarta, respectivamente. Una buena exposición del tema, y más amplia, se puede consultar en Arenzana y Arenzana (1998).

Hoy día sabemos además el fundamento físico que rige el fenómeno de acordes: el llamado intervalo de octava, notas en proporción 2:1, o los acordes en proporción 3:2, la quinta, producen sonidos agradables gracias a que las señales auditivas que se generan vienen representadas por dos ondas cuya longitud (equivalentemente, frecuencias) hacen que sus crestas coincidan regular y sistemáticamente, como se ejemplifica en la Figura 2.

Figura 2. Representación de dos ondas simples, a la izquierda en proporción 2:1 y a la derecha en proporción 3:2.



Cabe destacar que esta relación entre Matemáticas y Música es más profusa aún y dio pie a que figuras como Arquitas de Tarento o el mismo Platón se interesaran por el estudio musical como parte de la formación del hombre culto. Posteriormente, las incipientes escuelas medievales organizarían sus planes de estudio con la división de disciplinas en el Trivium y el Quadrivium. En el primer grupo se encontraban Gramática, Retórica y Dialéctica, mientras que en el segundo se englobaban Aritmética, Geometría, Música y Astronomía. Desde la visión del siglo XXI sorprende ver la Música como una disciplina científica, pero lo cierto es que esta clasificación atendía a una dualidad platónica entre el mundo de las ideas y la percepción sensible al ser entendidas en su estado estático o dinámico. En dicha clasificación, la música es concebida como la aritmética en movimiento, lo que nos hace recordar la frase atribuida a Leibniz de que “la música es el placer de la mente cuando cuenta sin darse cuenta de qué está

contando".

Figura 3. *Las cuatro disciplinas del Quadrivium latino.*

	En reposo	En movimiento
Número	Aritmética	Música
Magnitud	Geometría	Astronomía

4.2. GEOMETRÍA Y ARTE

Al igual que con la música, el desarrollo del arte, y singularmente de la pintura, tuvo su eclosión con los avances matemáticos que configuraron a la postre una muy productiva rama de esta disciplina teórica.

Desde los comienzos de la civilización humana, el Hombre se ha esforzado por realizar representaciones de la realidad. Así, tenemos los rudimentarios ejemplos de dibujos rupestres, muy esquematizados, las figuras egipcias caracterizadas por su postura hierática en posiciones inverosímiles, y en general una infinidad de representaciones de escenas cotidianas o religiosas durante la Edad Media que no guardan proporciones entre objetos o personajes en diferentes planos de una escena. Sin embargo, ya los pintores del Renacimiento aprendieron a dar profundidad a sus cuadros y se observa coherencia entre la disposición de los elementos de la pintura.

Los trabajos y estudios teóricos de artistas de la época renacentista, como Alberto Durer, Leonardo Da Vinci o Rafael Sanzio, dieron la posibilidad de representar el mundo tridimensional sobre un lienzo plano. Los progresos se fundamentaban en una combinación de conocimientos tecnológicos, matemáticos y pictóricos. A partir de artefactos como cámaras oscuras, los pintores eran capaces de encuadrar una escena y realizar representaciones

fidedignas de la realidad en las que se pueden identificar planos y líneas de fuga imaginarias que encierran la escena y dan la sensación de profundidad. En particular, el paralelismo entre rectas de la realidad quedaba transformado en rectas cuya intersección en el cuadro se producía sobre las líneas de horizonte. Estos resultados fueron recuperados durante el siglo XVII, formulándose Teoremas como los de Desargues o Pascal, los primeros resultados clave de la rama que pasaría a conocerse desde entonces como Geometría Proyectiva.

Bien es cierto que, hasta el surgimiento de la Geometría Proyectiva, los matemáticos en particular y los científicos y artistas en general habían estado negativamente influidos y limitados por los axiomas de la Geometría Euclídea. En la obra matemática griega por excelencia, Los Elementos, el matemático Euclides había organizado su compendio a partir de cinco axiomas. El quinto de ellos, conocido como el postulado de las paralelas, fue objeto de controversia desde el propio Euclides y hasta el siglo XIX.

Podemos enunciar este postulado no en la forma rebuscada que lo hizo Euclides en el siglo III a. C. sino mediante otra afirmación equivalente: dada una recta y un punto exterior a ella, existe una única recta paralela a la recta dada y que pasa por el punto dado. Pues bien, los fundamentos de la Geometría Proyectiva revelaban que el mundo matemático estaba ante un modelo de Geometría, surgida a partir de los estudios de una disciplina artística, que era perfectamente consistente, pero contradecía el Quinto Postulado de Euclides.

Esta nueva geometría abrió la puerta a todo un exótico mundo posterior, el de las Geometrías no Euclídeas, cuya existencia parecía estar descartada de plano incluso por las figuras más eminentes de la disciplina. Lobachevski y Bolyai probaron la independencia del Quinto Postulado y figuras como Gauss, Klein, Poincaré o Riemann se encargaron de construir diferentes modelos no euclídeos, como la esfera con sus círculos máximos o el plano hiperbólico. La forma de medir distancias en estos contextos es diferente a la usual a través de

líneas rectas, pero guarda ciertas analogías. Y serían los trabajos de Nöether o Minkowski, a comienzos del s. XX, en relación con métricas no euclídeas, la base matemática que permitió a Einstein formular la Teoría de la Relatividad.

4.3. CÁLCULO INFINITESIMAL Y FÍSICA

Quizá la más típica y fructífera relación entre dos disciplinas a lo largo de la Historia haya sido la protagonizada por las Matemáticas y la Física. Desde los más básicos estudios de fenómenos físicos como la caída de los cuerpos o los desplazamientos rectilíneos y circulares, hasta cuestiones más complejas como la determinación de trayectorias planetarias o la forma de difusión del calor, entre otros, son multitud los problemas que han estimulado el desarrollo de herramientas matemáticas muy potentes que, además de suponer un avance teórico, han devuelto también respuesta a las preguntas formuladas por la Física. Más aún, las ramas de las Matemáticas han avanzado posteriormente con independencia de la Física, hasta que años más tarde ésta les ha encontrado una interpretación a conceptos puramente teóricos que ya estaban desarrollados.

Es evidente que las situaciones físicas fueron el motor de pensamiento para ir puliendo la idea de proceso infinitesimal. Ya Euclides recurrió a una división infinitesimal del círculo para tratar de justificar su fórmula de área. También Demócrito de Abdera y Eudoxo de Cnido se plantearon el cálculo del volumen mediante un razonamiento por infinitésimos que, de hecho, posiblemente fuera muy similar al descrito por el físico italiano Cavalieri en el siglo XVII, y que da nombre a su conocido principio para el cálculo de volúmenes de dos cuerpos por comparación. En este mismo siglo aparecen razonamientos de Kepler que replica resultados de Arquímedes, y Galileo comienza a valorar lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño.

Los orígenes del cálculo infinitesimal pueden percibirse también en la Edad Media. La revisión de la teoría aristotélica del ímpetu llevó a Nicolás de Oresme, uno de los principales exponentes de la tradición escolástica en el siglo

XIV, le llevó a concluir que, para cualquier movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, existe otro movimiento de velocidad constante, tal que la distancia recorrida en un intervalo es la misma para ambos movimientos. Hemos utilizado terminología típica de la Física, pero en el sentido matemático no es más que un principio de valor medio para funciones lineales.

De vuelta al siglo XVII, se puede ya intuir en los trabajos de Fermat y Barrow que la noción de derivada e integral tal como la conocemos está a punto de florecer. Finalmente, en el siglo XVIII serían Newton y Leibniz los que pasarían a los anales de la Historia compartiendo, y disputándose, el honor de ser los padres del cálculo infinitesimal. El cálculo diferencial se interpretaba como un método de trazado de tangentes a curvas, y por tanto tenía que ver con desplazamientos, velocidades y aceleraciones, mientras que el cálculo integral se consagró para resolver las cuadraturas, es decir, cálculos de áreas bajo curvas. Resultó asombroso que estos dos problemas fueran, de hecho, uno el inverso del otro como así demostró Cauchy en el siglo XIX.

Desde el descubrimiento de esta poderosa herramienta en el siglo XVII y hasta la plena rigorización del cálculo infinitesimal a finales del siglo XIX, transcurrieron dos siglos de producción científica vertiginosa en la que los matemáticos avanzaron en resultados teóricos mientras que los físicos encontraron un corsé ideal para describir problemas que hasta entonces se habían resistido: se publican resultados conocidos como la regla de L'Hôpital o los teoremas de Rolle y Bolzano, D'Alembert formaliza la idea de límite y da una solución al problema de la cuerda vibrante al igual que Euler y D. Bernoulli, Fourier dio una solución del problema de difusión del calor en forma de serie trigonométrica, Dedekind, Weierstrass y Riemann ponen ejemplos de funciones contraintuitivas... y en definitiva quedan resueltos en poco más de cien años algunos problemas que tanto la Física como la Matemática llevaban siglos estudiando.

4.4. AZAR Y ECONOMÍA

Terminamos este breve muestrario hablando de los experimentos azarosos, estudiados en Matemáticas por la rama de Probabilidad y Estadística, y su interacción con algunos aspectos de la Economía.

Puede que los juegos de azar sean tan antiguos como las primeras civilizaciones. Seguramente surgieron como puro divertimento, pero encontraron un acicate en los sistemas de apuestas con el surgimiento del dinero. Con este marco, el de un juego de azar con apuestas monetarias de por medio, en el s. XVII el caballero de la Mere plantea a Pascal, mediante correspondencia a través del padre Mersenne, cuál debe ser el reparto de un monto apostado si la partida debe interrumpirse. La resolución dada por Pascal y Fermat a este problema es considerada como el arranque de la Teoría de Probabilidad.

En los *Pensamientos* de Pascal puede entreverse una querencia hacia el modo de razonamiento probabilístico. Pascal da una argumentación de la existencia de Dios en función de presuponer tal existencia o no y de que elijamos creer o no, apreciándose en su discurso las recientes ideas de la probabilidad. Dejando de un lado los razonamientos metafísicos, el planteamiento guarda cierta analogía con el dilema del prisionero, que ejemplifica la prevalencia del bien común por encima del bien individual, principio enunciado por John Nash, premio Nobel de Economía en 1994.

La rama de las Matemáticas que se encarga de estudiar los comportamientos de un grupo de individuos en función de recompensas o penalizaciones se llama Teoría de Juegos y actualmente tiene gran influencia en otras Ciencias como la Psicología o la Sociología. Inicialmente su aplicación estuvo ceñida al ámbito económico y, por ejemplo, proporciona una forma de explicar el, en cierto modo impredecible, funcionamiento de la bolsa.

El azar también sirve de herramienta a los Estados para obtener

recaudación a través de los sistemas de lotería. Este tipo de juegos se presuponen cuidadosamente diseñados para mantener por un lado el interés de los apostantes, recibiendo esporádicas pequeñas recompensas en forma de premios menores, y por otro mostrar que siempre existe la posibilidad de un gran premio, pero haciendo que todo ello vaya incrementando progresivamente las arcas del organizador.

De cuando en cuando surge alguna noticia sobre ciudadanos que han ganado en varias ocasiones un gran premio. Quizá una de las anécdotas más conocidas en esta área sea la de Voltaire que, en el siglo XVIII, aprovechó un flagrante error de diseño en el sistema de lotería del estado francés para amasar una gran fortuna. En realidad, Voltaire lo único que hizo fue seguir los consejos de De la Condomine, que detectó un desequilibrio en el diseño del juego que provocaba un aumento enorme de las probabilidades de ganar el premio cuando se compraban muchas participaciones de bajo coste. Por supuesto, cuando los abogados y economistas del Estado detectaron la trama, el juego quedó cancelado. Con la fortuna amasada, De la Condomine financió una expedición a América para medir la longitud del arco de meridiano terrestre.

Por evidentes razones de espacio, dejamos fuera de esta exigua relación de ejemplos otros muchos en relación con la Química, la Biología, las Ciencias Sociales, etc. El lector interesado puede recurrir a Vázquez (2001) para más ejemplos en Ciencias y Tecnología, o a Peña (2006) para más ejemplos en Ciencias Sociales. En cualquier caso, tenemos de sobra ilustrado que la casi constante interacción de las Matemáticas con otros campos del conocimiento Humano ha hecho germinar ideas o planteado preguntas cuya respuesta significó el avance de muchas y diversas disciplinas.

5. LA INTERDISCIPLINARIEDAD DOCENTE DESDE LAS MATEMÁTICAS

Como hemos mencionado ya, tanto los ejemplos de la sección anterior como cualesquiera otros elegidos adecuadamente, son perfectamente válidos

para utilizarlos en el desarrollo del currículo de Matemáticas. Además, contamos con una legislación que puede suponer un cambio de paradigma metodológico en el sentido de la interdisciplinariedad y los docentes, junto al resto de agentes educativos, deben promover acciones efectivas para ejecutar dicho cambio.

Es innegable que en las aulas de hoy día contamos con un alumnado muy heterogéneo, tanto en sus intereses y motivaciones como en sus capacidades, niveles de formación y entorno familiar (Valdés et al., 2021), pero se debe tratar de inculcar en todos ellos algo del modo de hacer y de pensar de las Matemáticas, lo que ha venido denominándose competencia matemática en sus diferentes y más amplias acepciones.

La competencia matemática puede definirse como la habilidad para comprender, juzgar, hacer y usar las matemáticas en una variedad de contextos y situaciones en las que las Matemáticas juegan o pueden desempeñar un papel (Niss, 2002) y precisamente el hecho de que las Matemáticas estén presentes en multitud de situaciones de la vida real, les hace especialmente recomendables como germen de desarrollos interdisciplinares del currículo. De hecho, así parece haberse diseñado el nuevo currículo de LOMLOE y las denominadas como situaciones de aprendizaje son una oportunidad para ello (Gil Blanco et al., 2022). Más aún, añadimos, un posible buen punto de partida es la búsqueda y diseño de situaciones de aprendizaje y actividades interdisciplinares (Búa, 2020) a partir de los descriptores de todas las demás otras materias, que pueden y deben influir en la adquisición de la Competencia Matemática y STEM.

También Alsina y Mulá (2022) señalan las aportaciones del National Council Teachers of Mathematics para aglutinar el currículo de Matemáticas a partir de una decena de estándares, así como la conceptualización de la Competencia Matemática, según la OCDE, como la capacidad de un individuo para identificar y entender el papel que las matemáticas tienen en el mundo, hacer juicios bien fundados y usar e implicarse con las matemáticas cuando se presenten

necesidades para su vida individual como ciudadano constructivo, comprometido y reflexivo. De hecho, ya propuso Alsina (2017) un modelo de Alfabetización Matemática en la Infancia que, con los debidos ajustes, puede ser válido en la adolescencia. Las seis fases de las que se compone el modelo son: matematización del contexto, conocimientos previos, trabajo contextualizado, coconstrucción y reconstrucción, formalización de los aprendizajes y, por último, reflexión sistemática.

A este modelo podemos añadirle el ya clásico decálogo promulgado por el profesor Puig-Adam (1960), que más bien pareciera hecho apenas hace unos pocos años y con el actual paradigma educativo en mente:

- 1.- No adoptar una didáctica rígida, sino amoldarla en cada caso al alumno, observándole constantemente.
- 2.- No olvidar el origen concreto de la matemática ni los procesos históricos de su evolución.
- 3.- Presentar la matemática como una unidad en relación con la vida natural y social.
- 4.- Guardar cuidadosamente los planos de abstracción.
- 5.- Enseñar guiando la actividad creadora y descubridora del alumno.
- 6.- Estimular dicha actividad despertando interés directo y funcional hacia el objeto de conocimiento.
- 7.- Promover, en todo lo posible, la autocorrección.
- 8.- Conseguir cierta maestría en las soluciones antes de automatizarlas.
- 9.- Cuidar que la expresión del alumno sea traducción fiel de su pensamiento.
- 10.- Procurar a todo alumno éxitos que eviten su desaliento.

En las dos últimas décadas han aparecido diversas descripciones de propuestas didácticas de interacción de las Matemáticas con otras Ciencias (Íñiguez Porras, 2015), la Música (López y Gustems, 2007; Casals et al., 2014) o incluso la Educación Física (Nieto-Isidro y Moro Domínguez, 2020). Destacamos

el manual del pionero Grup Vilatzara (2006), que tiene una colección variopinta de actividades contextualizadas que pueden fácilmente atraer a otras disciplinas para evolucionar en propuestas interdisciplinares con las adaptaciones correspondientes.

A partir de los ejemplos que hemos descrito, podemos organizar propuestas interdisciplinares que repliquen los hechos históricos o bien pueden servir de motivación al planteamiento de cuestiones que, al irse resolviendo, conduzcan a las controversias. Así, desde el Departamento de Matemáticas y con un posible encaje en diversos cursos, se pueden proponer diseños que involucren a Música para trabajar la proporcionalidad, a Plástica y Dibujo para trabajar la perspectiva, a Física y Química para el tratamiento de los desplazamientos de móviles o graves, a Biología y Geología o incluso a Geografía e Historia para tratar cuestiones del planeta Tierra, a Economía para cuestiones probabilísticas y estadísticas y, por supuesto, Historia y Filosofía siempre puede jugar un papel que aporte sentido de fondo al momento en el que surgieron las relaciones, los problemas y sus soluciones.

Por supuesto que cada una de las propuestas del párrafo anterior es merecedora por sí sola de un estudio detallado para su desarrollo y aplicación en el aula. Pero no siendo ese el objetivo central de este artículo, sino más bien el de la presentación de un bosquejo de posibilidades en la línea de actuación interdisciplinar, animamos a los docentes a implementar y compartir sus propuestas para con su alumnado en este sentido.

6. CONCLUSIONES

En el siglo XXI, nos situamos en un contexto de globalización en el que prima la competencia del individuo por encima de la aglomeración de simples conocimientos, rodeándonos una realidad compleja en la que cada fenómeno puede ser observado desde diversos puntos de vista. Cada disciplina puede aportar su propio conocimiento, pero la integración de éstos es indispensable

para entender el fenómeno completo y generar un conocimiento más elevado que sería imposible de otro modo.

Por otro lado, pese a las carencias detectadas, el sistema educativo en España parece estar ya en predisposición de introducir en las aulas la interdisciplinariedad como enfoque facilitador del proceso de enseñanza-aprendizaje para la adquisición de las competencias identificadas por organismos supranacionales y reflejadas en la legislación.

Vistas sobradas muestras de la interacción de las Matemáticas con otras muchas áreas del conocimiento, y el hecho de que se haya señalado la competencia matemática como una de las que debe desarrollar el individuo en su formación, las Matemáticas se erigen como un vértice fundamental alrededor del cual articular propuestas interdisciplinares.

Con el trabajo concienzudo de los docentes, en colaboración con la Administración y demás agentes educativos, se podrán desarrollar propuestas que muestren a las Matemáticas tan útiles en las aulas como lo son en la realidad que nos rodea. Confiamos en conseguir así inculcar en el alumnado los valores y destrezas propias de la disciplina, tan útiles y necesarias para formar ciudadanos competentes y con pensamiento crítico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsina, Á. (2017). Caracterización de un modelo para fomentar la alfabetización matemática en la infancia: vinculando la investigación con buenas prácticas. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, 12, 59–78.
- Alsina, Á & Mulà, I (2022). Sumando competencias matemáticas y de sostenibilidad. Implementar y evaluar actividades interdisciplinares. *UNO: Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 95, 23–30.
- Arenzana, V. & Arenzana, J. (1998). Aproximación matemática a la música. *Revista Números, de didáctica de las matemáticas*, 35, 17–31.
- Boyer, C. B. (1986). *Historia de la Matemática* (Trad, M. Martínez). Alianza (original en inglés publicado en 1968).
- Búa, J. B. (2020). Implementación de actividades de modelización, STEM y Maker en Enseñanza Secundaria. *Números: revista de didáctica de las matemáticas*, 104, 82–102.
- Campos, I., & Zúñiga, J. Á. (2020). Composición de los claustros: ¿cómo afecta al desempeño académico de los centros de Educación Secundaria? *Revista de educación*, 387, 265-289. DOI.10.4438/1988-592X-RE-2020-387-435.
- Casals, A., Carrillo, C. & González-Martín, C. (2014). La música también cuenta: combinando matemáticas y música en el aula. *Revista LEEME Lista Electrónica Europea Música en la Educación*, 34, 1–17.
- Consejo Escolar del Estado (2022). *Informe sobre el estado del*

Sistema Educativo. Curso 2020–2021. Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Formación Profesional.

- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI*. UNESCO.
- Estefanía Lera, J.L. (2017). La Inspección ante la innovación educativa. *Avances en Supervisión Educativa*, 27. <https://doi.org/10.23824/ase.v0i27.591>
- Fiallo, J. (2001). La interdisciplinariedad en la escuela: Un reto para la calidad de la educación. *Pueblo y Educación*.
- Follari R. (2007). La interdisciplina en la docencia. *Polis*, 16. <https://journals.openedition.org/polis/4586>
- García Pérez, F. F. & de Alba Fernández, N. (2008). ¿Puede la escuela del siglo XXI educar a los ciudadanos y ciudadanas del siglo XXI? *Scripta Nova: Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 12 (270).
- Gil Blanco, M. A., Martín Escanilla. R. & Muñoz Casado. J. L.. (2023). Competencias específicas de matemáticas en la LOMLOE. Un cambio en el enfoque de la enseñanza y el aprendizaje en matemáticas. *Supervisión21*, 67. <https://doi.org/10.52149/Sp21/67.9>
- Gómez, I. (2020). Visión social del profesorado de Educación Secundaria Obligatoria. *Quaderns digitals: Revista de Nuevas Tecnologías y Sociedad*, 91.
- Gozzer, G. (1982). Un concepto aún mal definido: la

interdisciplinariedad. *Revista trimestral de Educación*, UNESCO, XII (3), 301–314.

- Grup Vilatzara (2006) *¿Es posible viajar con las Matemáticas?* Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas, Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- Guzmán, M. de. (2007). Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. *Revista Iberoamericana de Educación*, 43, 19–58.
- Íñiguez Porras, F. J. (2015). El desarrollo de la competencia matemática en el aula de ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana De Educación*, 67 (2), 117–130. <https://doi.org/10.35362/rie672256>
- Kline, M. (1976). El fracaso de la matemática moderna (Trad. S. Garma). Siglo XXI (original en inglés publicado en 1973).
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación [LOMLOE] <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Llano Arana, L., Gutiérrez Escobar, M., Stable Rodríguez, A., Núñez Martínez, M., Masó Rivero, R. & Rojas Rivero, B. (2016). La interdisciplinariedad: una necesidad contemporánea para favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje. *MediSur*, 14 (3), 320–327.
- López, P. & Gustems, J. (2007). Reflexiones y dificultades interdisciplinares: una experiencia conjunta de matemáticas y música. *UNO: Revista de didáctica de las matemáticas*, 44, 110–116.
- López, L., (2012). La importancia de la interdisciplinariedad en la

construcción del conocimiento desde la filosofía de la educación. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (13), 367–377.

- López Beltrán, M., Albarracín Gordo, LL., Ferrando Palomares, I., Montejo Gámez, J., Ramos Alonso, P., Serradó Bayés, A., Thibaut Tadeo, E. & Mallavibarrena, R. (2020). La educación matemática en las enseñanzas obligatorias y el bachillerato. En Martín de Diego, D.(coord.) (2020). *Libro blanco de las Matemáticas* (pp. 1–94). Fundación Ramón Areces, Real Sociedad Matemática Española.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2021). Marco de Aprendizaje 2030 – Brújula 2030. <https://bit.ly/31NUtmy>
- Merchán Iglesias, F. J. (2021). La política educativa de la democracia en España (1978- 2019): Escolarización, conflicto Iglesia–Estado y calidad de la educación. *Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 29 (61). <https://doi.org/10.14507/epaa.29.5736>
- Nieto–Isidro, S. & Moro Domínguez, M. A. (2020). Refuerzo interdisciplinar de las combinaciones numéricas básicas en Educación Primaria. *Educación Matemática*, 32 (3), 153–177. <https://doi.org/10.24844/em3203.06>
- Niss, M. (2002). *Mathematical competencies and the learning of mathematics: the Danish Kom Project*. Roskilde University.
- Novella, C., & Cloquell, A. (2022). Falta de consenso e inestabilidad educativa en España. *Revista complutense de educación*, 33 (3), 521-529. <https://doi.org/10.5209/rced.74525>.
- Peña, D. (2006). Las Matemáticas en las Ciencias Sociales. *Encuentros*

multidisciplinares, 8 (23), 67–79.

- Pérez–Díaz, V. & Rodríguez, J. C. (2013). *Educación y prestigio docente en España: la visión de la Sociedad*. En *El prestigio de la profesión docente en España: visión y realidad* (pp. 33–108). Fundación Europea Sociedad y Educación, Fundación Botín.
- Piaget, J. (1978): *Introducción a la epistemología genética*. Paidós.
- Puig–Adam, P. (1960). *La Matemática y su enseñanza actual*. Centro de publicaciones del Ministerio de Educación Nacional.
- Pozuelos Estrada, F., Rodríguez Miranda, F. & Travé González, G. (2012). El enfoque interdisciplinar en la Enseñanza universitaria y el aprendizaje basado en la investigación. Un estudio de caso en el marco de la formación. *Revista de Educación*, 357, 561–585.
- Quirós, A. & Vázquez, J. L. (2006). *Las matemáticas como fuerza interdisciplinar*. *Encuentros multidisciplinares*, 8 (23), 3–4.
- Sáenz Martínez A. (2022). El asesoramiento técnico–educativo de la inspección como factor de mejora de la calidad de la Educación. *Supervisión21*, 63. <https://doi.org/10.52149/Sp21>
- Sahle–Work Zewde, S. E. (coord.) (2021) *Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación*. Informe de la Comisión Internacional sobre los futuros de la Educación. UNESCO.
- Torres J. (1994) *Globalización e Interdisciplinariedad: el curriculum integrado*. Morata.
- Valdés Durán, Y. (2017). Integración curricular: un concepto que tensiona a las disciplinas escolares. *Comunicaciones en*

Humanidades, 3, 146–154.

- Valdés, M., Sancho, M. A. & de Esteban, M. (2021). *Indicadores comentados sobre el estado del Sistema Educativo Español*. Fundación Ramón Areces, Fundación Europea Sociedad y Educación.
- Vázquez, J. L. (2001). *The importance of Mathematics in the development of Science and Technology*. Boletín de la Sociedad Española de Matemática Aplicada, 19, 69–112.
- Vázquez Cano, E. (2018). La participación de la Inspección Educativa para el asesoramiento y la supervisión de la innovación escolar. *International Studies on Law and Education* 29/30. 179–194.
- Welch, J. (2011). El nacimiento de la interdisciplinariedad a partir del pensamiento epistemológico. *Issues in integrative studies*, 29, 1–39.
- Wigner, E. (1960). The unreasonable effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences. *Communications in Pure and Applied Mathematics*, 13 (1), 1–14.