



Vitruvian Cogitationes - RVC

¿ÁMBITO CIENTÍFICO O ASIGNATURAS?

ÁREA CIENTÍFICA OU DISCIPLINAS?

INTEGRATED STEM TEACHING OR SCIENTIFIC DISCIPLINES TEACHING?

Joaquín Martínez Torregrosa

Universidad de Alicante. España. joaquin.martinez@ua.es

Jaime Carrascosa

Universidad de Valencia. España. jaime.carrascosa@uv.es

Resumo: A polémica que se gerou em algumas comunidades em Espanha pelo desenvolvimento de um sistema de ensino científico na primeira fase do Ensino Secundário Obrigatório (ESO), baseado na ideia de "Campo Científico" em vez de disciplinas e na possibilidade de que, longe de sendo uma medida excepcional de natureza específica provocada pela COVID19, poderá continuar ou ser ampliada ao abrigo da nova Lei da Educação (LOMLOE), é um assunto sobre o qual, como professores, investigadores e cidadãos, nos sentimos obrigados a comentar. É uma questão de grande importância, que afeta ou pode afetar também outros países e que tem basicamente duas vertentes: sociopolítica e científico-educacional. Neste artigo, ambos são brevemente discutidos.

Palavras-chave: Ensino integrado; campo científico; ensino por disciplinas.

Resumen: La polémica generada en algunas comunidades de España por la implantación de un sistema para la enseñanza de las ciencias en la primera etapa de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), basado en la idea de "Ámbito Científico" en lugar de asignaturas y la posibilidad de que, lejos de ser una medida excepcional de carácter puntual a causa de la COVID19, continúe o se amplíe bajo la nueva Ley de Educación (LOMLOE), es un tema en el que nosotros, como docentes, investigadores y ciudadanos, nos sentimos obligados a opinar. Se trata, de una cuestión de gran trascendencia, que afecta o puede afectar también a otros países y que fundamentalmente tiene dos vertientes: la sociopolítica y la científico-educativa. En este artículo, ambas se comentan brevemente.

Palabras clave: Enseñanza integrada; Ámbito científico; Enseñanza por asignaturas.

Abstract: The controversy generated in some communities in Spain by the implementation of a system for the teaching of science in the first stage of Compulsory Secondary Education (ESO), based on the idea of "Scientific Field" instead of subjects and the possibility that, far from being *an exceptional measure of a one-off nature because the COVID19*, it will continue or be extended under the new Education Law (LOMLOE), is an issue in which we, as

teachers, researchers, and citizens, feel obliged to participate. It is a matter of great importance, which affects or may also affect other countries, which fundamentally has two sides: the socio-political and the scientific-educational. In this paper, both are briefly commented.

Keywords: Integrated teaching; Scientific field; Teaching by subjects.

Nota previa: El texto siguiente es un artículo de opinión, basado fundamentalmente en los trabajos de investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, llevados a cabo por los autores, así como en su propia experiencia docente.

INTRODUCCIÓN

Recientemente, en España, algunas autoridades políticas han tomado la decisión de organizar la enseñanza en ámbitos o grandes áreas de conocimiento que diluyen las asignaturas (por ejemplo: un ámbito científico que incluiría Matemáticas-Biología-Química-Física-Tecnología) en los primeros cursos de la ESO (Educación Secundaria Obligatoria, de los 12 a los 16 años). Proponen, además, que debería extenderse a toda la ESO. Los autores de este artículo de opinión, junto con buena parte del profesorado de las asignaturas de ciencias de los centros escolares de ESO y Bachillerato, pensamos que dicha decisión no supondría avance alguno hacia la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Exponemos aquí nuestras razones en dos partes. La primera intenta salir al paso de los argumentos socio-políticos esgrimidos para tomar tal decisión. En la segunda parte, se detallan diversos argumentos científico-didácticos teóricamente fundamentados, en contra de la misma.

1 LA ARGUMENTACIÓN SOCIO-POLÍTICA

Desde el punto de vista político, quienes promueven esta organización curricular por ámbitos, suelen apoyar su defensa en argumentos tales como:

-Ha sido una opción que ha tenido éxito, pues ha permitido que alumnos que parecían destinados al fracaso y al abandono escolar, obtuvieran la titulación de la ESO, pudiendo así continuar su formación.

-Prepara mejor a los ciudadanos, porque una organización por ámbitos favorece plantear temas “reales”, prepara “para la vida”, permite organizar la enseñanza en torno a “proyectos” que parten de los “intereses” de los alumnos, etc.

Según sus promotores, solo lo anterior justificaría ya su ampliación al Bachillerato (16 a 18 años). Algunos van incluso más lejos y afirman que si dicha ampliación se limitase a extender esta organización desde su situación actual (reservada solo para alumnos con dificultades) a otros cursos superiores, pero continuase siendo una línea alternativa diferente a la disciplinar y reservada para una minoría, ello supondría, de hecho, una “segregación” que habría que evitar a toda costa. Este razonamiento les lleva a concluir que la organización por ámbitos, debería generalizarse a todo el alumnado de Enseñanza Secundaria, sustituyendo así al enfoque disciplinar.

1.1 EL ÉXITO DEL ÁMBITO CIENTÍFICO

Hay que salir al paso de los enunciados anteriores, sacando a la luz las posibles ocultaciones que puede haber detrás de esas palabras. En primer lugar, afirmar que dicha organización ha tenido “éxito” oculta el hecho de que las expectativas de los profesores sobre lo que se podía lograr con los alumnos de dichos grupos eran, mayoritariamente, diferentes de las que tenían sobre los alumnos de los grupos con organización disciplinar. Desde nuestra experiencia docente, pensamos que no resulta exagerado afirmar que el “éxito” escolar (el

“aprobado”) se conseguía en dichos grupos (organización por ámbitos), con unos requisitos bastante diferentes a lo habitual en las asignaturas. Ciertamente, consiguen la titulación de la ESO (a los 16 años), lo que está muy bien, pero no consiguen un aprendizaje sobre las materias que les permita seguir normalmente el Bachillerato (alumnado de 16 a 18 años) de Ciencias, que es en el que tenemos una larga experiencia personal. No es cierto, pues, que la organización por ámbitos genere la misma “igualdad de oportunidades” para seguir la trayectoria académica. Ha permitido (lo cual es muy loable) que algunos alumnos puedan continuar su formación más allá de la etapa obligatoria (mayoritariamente hacia la formación profesional). Y, también, que algunos -posteriormente- puedan retomar estudios en el punto deseado.

No obstante, la decisión de extender esta organización y, sobre todo, la de generalizarla a todo el alumnado de Educación Secundaria, equivaldría a rebajar las expectativas de los profesores sobre lo que pueden obtener de ellos. Si ha funcionado bien la agrupación por ámbitos para determinado tipo de alumnado con el que se han cambiado las expectativas hasta un nivel alcanzable para ellos en un momento dado... ¿por qué no se deja así?, ¿por qué disminuir las expectativas de lo que se puede conseguir con la gran mayoría del resto del alumnado? Dicha decisión, en su caso, generaría que muchos padres, que tienen mayores expectativas para sus hijos, dudaran de la capacidad de la enseñanza -especialmente, de la pública- para actuar como vehículo de ascenso e igualdad social. En otras palabras: Se trata de “estirar sin romper”, no de dejar la cuerda tan suelta que no dirija en ninguna dirección, porque, en ese caso, el origen socio-económico y el contexto familiar, sí que serían, muy probablemente, los factores más influyentes.

Respecto a la cuestión de la “segregación”, pensamos que esta se genera ya desde el nacimiento. En efecto, es bien sabido que tanto el tipo de nutrición, como el ambiente cultural, social y familiar en el que un niño crece, son factores que afectan notablemente a su desarrollo intelectual, de forma que las deficiencias o carencias en los mismos, producen una segregación respecto del resto de sus compañeros de clase, más afortunados. Por eso, es necesario que la intervención compensatoria adecuada para evitar dicha segregación, se produzca cuanto antes y se centre especialmente en las primeras etapas de la vida escolar del niño, para que sus posibilidades de desarrollo no se vean mermadas irreversiblemente por todas esas circunstancias desfavorables. Implantar posteriormente y para todos, en aras de la “no segregación”, una organización curricular que reduce lo que el sistema educativo puede (y debe) obtener de la mayor parte del alumnado de 12 a 16 años no es defendible.

1.2 LA PREPARACIÓN CIENTÍFICA DE LA CIUDADANÍA

La creencia de que la organización por ámbitos prepara mejor “para la vida” o recoge mejor “los intereses del alumnado”, se puede rebatir desde la vertiente científico-didáctica (sabemos que no produce un mejor aprendizaje de las ciencias), pero también desde la vertiente social y política. La idea de que la escuela debe preparar “para la vida” parece muy progresista, pero en realidad hay que matizarla. La inmensa mayoría de las personas es precisamente en la escuela donde aprenden cosas que no podrán aprender en otros sitios. Si la enseñanza secundaria de 12 a 16 años, se organizara a partir de los problemas que se van a encontrar como “ciudadanos”, tales como “el cambio climático” “el desarrollo sostenible” o “la toma de decisiones sobre asuntos sociales” (lo que, dicen, se vería favorecido por los ámbitos), la enseñanza se convertiría en mero aleccionamiento, pues al carecer de los conocimientos mínimos para basar sus decisiones de un modo racional, los estudiantes se ven abocados a aceptar lo que se les dice. Por eso, la mejor forma de prepararles como “ciudadanos” es preparar para que desarrollen los conocimientos nucleares de las ciencias, los cuales les ayudarán a entender los debates y plantarse ante ellos con una distancia intelectual

mínima que permita un juicio crítico y argumentado. Ello no significa, como veremos más adelante, que los aspectos citados no se traten de manera funcional en las asignaturas de Biología, Física o Química -algo con lo que estamos totalmente a favor- sino, simplemente, que estos no deberían ser los asuntos *estructurantes* en la enseñanza de tales materias en la Educación Secundaria.

En cuanto a tener en cuenta los intereses del alumnado, es algo con lo que estamos de acuerdo. Es necesario despertar el interés sobre los temas esenciales de las ciencias y tener en cuenta las ideas de los alumnos para lograr su implicación afectiva y efectiva. Sin embargo, eso se favorece planificando y llevando a cabo nuestra enseñanza de modo que haya oportunidades para que se apropien de los problemas a tratar y tiempo suficiente para que puedan expresar, debatir y reflexionar sobre sus ideas en un ambiente de inmersión en la cultura científica, haciéndoles sentir el entusiasmo que muchos profesores y profesoras tenemos por la ciencia en general y, en particular, por aquellos conocimientos desarrollados a lo largo de centurias en contra de dogmas intocables y adoctrinamientos (pensemos, por ejemplo, en las dificultades de todo tipo que hubieron de superarse para el establecimiento del sistema Heliocéntrico, o de la teoría de la Evolución). Esto debería hacerse, tanto desde el enfoque integrado como desde el disciplinar, lo que ponemos en duda es que se pueda hacer mejor desde el primero que desde el segundo.

2 LA ARGUMENTACIÓN CIENTÍFICO-DIDÁCTICA

Desde el punto de vista didáctico, suelen aparecer argumentos que evidencian la amnesia crónica que parece ser característica en nuestro campo. En efecto: Los argumentos de este tipo ya han sido debatidos por la comunidad de profesores e investigadores en la enseñanza de las ciencias en numerosas ocasiones, y, en gran medida, nos recuerda el viejo debate en torno a la ciencia integrada frente a las disciplinas clásicas al que asistimos en las décadas de los 80 y 90 del siglo pasado. Aunque se utilicen nuevos términos o siglas como “Ámbitos” o “STEM” (AKERSON et al, 2018), pensamos que, en el fondo, se trata del mismo debate, y por eso, los argumentos que se dieron entonces cuestionando la idea de ciencia integrada en la Enseñanza Secundaria (GIL et al, 1991), continúan siendo, en nuestra opinión, igualmente válidos ahora. En este escrito, se recuerdan brevemente esos argumentos y se acompañan de otros nuevos, tratando de mostrar algunos de los inconvenientes que tendría, para el aprendizaje de las ciencias, la extensión y la posible ampliación a otros cursos, de forma permanente, de la agrupación de asignaturas en ámbitos (aunque estos fuesen impartidos por varios profesores en lugar de por uno solo).

2.1 EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA

Aunque el concepto de “Competencia Científica” (en adelante CC), no es unívoco (YUS et al, 2013), lo cierto es que existe un elevado consenso en que dicha competencia se puede entender como *saber* (los contenidos conceptuales), *saber hacer* (relacionado con aspectos procedimentales y metodológicos) y, además, *saber ser y estar* (relacionado con aspectos axiológicos como, por ejemplo, una actitud positiva, mayor interés hacia la ciencia y su aprendizaje, perseverancia ante la dificultad, trabajar en equipo, etc.).

Impulsar y desarrollar la CC es un objetivo fundamental que se contempla, de forma explícita, en la mayoría de los currículos de ciencias actuales de muchos países y que goza de un amplio consenso entre los investigadores en Didáctica de las Ciencias y en una gran parte del profesorado de aula. La unión de contenidos con énfasis en distintos aspectos (conceptuales, metodológicos y actitudinales), se considera imprescindible para mejorar el aprendizaje de las ciencias y es la base del desarrollo de las actuales estrategias de enseñanza. Se trata de conseguir un aprendizaje funcional, útil para pensar y actuar sobre el mundo. Esta mejora es

también, una demanda social puesta de manifiesto por diversos grupos de expertos, que han estudiado el grave problema de la alarmante pérdida de interés por gran parte del alumnado hacia los estudios científicos y la disminución en el número de estudiantes que los cursan (FENSHAM, 2004; MATTHEWS, 1988; SOLBES; MONTSERRAT; FURIÓ, 2007; VÁZQUEZ; MANASSERO, 2008). En el llamado “Informe Rocard”, por ejemplo, se insiste de forma reiterada en la vinculación existente entre toda esta problemática con la forma en que la ciencia es habitualmente enseñada, por lo que se recomienda explícitamente un mayor apoyo institucional a la formación didáctica del profesorado de ciencias (ROCARD, et al., 2007). Así pues, tiene pleno sentido plantearse la siguiente cuestión: ¿Cómo orientar la enseñanza de las asignaturas de ciencias para impulsar y desarrollar de una forma más eficaz la CC entre el alumnado?

Se trata de una cuestión muy importante, en la que intervienen varios factores, que van desde una buena formación científica del profesorado en la materia o materias a impartir y en su didáctica (tanto para la enseñanza primaria como para la secundaria), hasta la existencia de leyes educativas más estables en las que los contenidos, los criterios y las orientaciones para desarrollarlos no cambien tan a menudo como lo han venido haciendo (8 leyes educativas en España, por ejemplo, durante los últimos cuarenta años); leyes, por otra parte, en las que el currículo no tenga ese carácter cada vez más enciclopédico que lo convierte en inabordable en el tiempo disponible (lo que hace pensar que quienes lo diseñan nunca han impartido clases en el nivel educativo para el que lo proponen, ni tampoco han reflexionado mucho al respecto).

Todo esto exige la realización de estudios amplios y rigurosos. No obstante, en lo que nos vamos a centrar aquí, no es en lo que convendría hacer sino en algo que muchos pensamos que no hay que hacer. Concretamente, en por qué no sería una buena idea implementar con carácter permanente, el sistema de *Ámbito Científico* y, mucho menos, extenderlo o generalizarlo más allá del primer ciclo de la educación secundaria obligatoria (alumnos entre 12 y 14 años). A este respecto, trataremos de justificar a continuación, que dicho sistema, aunque se desarrolle con la mejor voluntad y preparación, no permite avanzar de forma eficaz en el desarrollo de la CC entre el alumnado ni, consecuentemente, en la mejora del aprendizaje de las ciencias.

2.2 ARGUMENTOS CIENTÍFICO-DIDÁCTICOS QUE SUELEN ESGRIMIRSE A FAVOR DEL ÁMBITO CIENTÍFICO

Los argumentos de los defensores de la organización por áreas o ámbitos (científico, artístico, humanístico, etc.) en lugar de una organización por disciplinas, no han variado demasiado respecto a aquellos que ya se utilizaban hace muchos años en la defensa de la “Ciencia Integrada” y de un área común (GIL, 1994) en la Educación Secundaria. Entre otros, podemos referirnos a los siguientes:

-La enseñanza de las ciencias por asignaturas es una enseñanza libresca, academicista y aburrida. Los alumnos no se motivan, no les interesa la asignatura en sí, cuyos contenidos encuentran muy alejados de sus intereses.

-La realidad es solo una y las distintas materias vienen a romper artificialmente dicha unidad. El niño de 12 a 16 años, debe tener una visión global, cotidiana, relacionada con el entorno próximo que le rodea, el cual nunca es puramente de Física, de Biología, etc.

-Lo importante son los procesos y no los contenidos “propios” de cada disciplina. Esos contenidos, dada su enorme cantidad, son inabordables. En cambio, los procesos (observar, clasificar, emitir hipótesis, experimentar, analizar, argumentar...), son generalizables, transferibles de un dominio a otro, y pueden ser enseñados independientemente de los contenidos que se utilicen.

-Los conceptos fundamentales de las asignaturas de ciencias, son medios y no objetivos en sí mismos. Lo verdaderamente importante es que el tema global o el “Proyecto” elegido (la salud, la contaminación, la charca, el paisaje, el ascensor, la presa, la ballena, la naranja, la atmósfera, el bosque mediterráneo...) sea interesante y permita introducir algunos de esos conceptos (siempre de un modo subsidiario).

-En la ESO lo que se pretende es formar ciudadanos/as y no científicos/as. Quienes vayan a proseguir estudios superiores, ya tendrán ocasión de profundizar en las distintas disciplinas pertinentes, según los estudios que escojan.

¿En qué medida las consideraciones anteriores resultan hoy aceptables? O, en otras palabras: ¿Hasta qué punto la sustitución de las asignaturas clásicas (Física, Biología, Química...), por unas ciencias integradas en un “Ámbito Científico” puede contribuir a impulsar y desarrollar mejor la CC entre el alumnado?

Es preciso reconocer que los defensores de una orientación integrada para la enseñanza de las ciencias han sabido detectar y criticar el carácter libresco, operativista y enciclopédico que con frecuencia afecta a la enseñanza habitual de materias científicas como la Biología, la Química o la Física, donde ni siquiera se plantea la conveniencia de mostrar los cuerpos globales y coherentes de conocimientos de las disciplinas clásicas, como ocurre en muchos libros de texto en los que, con frecuencia, no existe ningún hilo conductor y los diferentes temas o unidades didácticas, son tratados de forma independiente. Sin embargo, esto no debe poner en cuestión la enseñanza a través de un enfoque disciplinar sino más bien impulsar todos los cambios necesarios para mejorar dicho enfoque. Es decir, debe quedar claro que “la culpa” no es de las asignaturas, el enfoque disciplinar no es equivalente a enseñanza tradicional, basada en la simple transmisión verbal, por parte del profesor, de conocimientos ya acabados ante un alumnado pasivo, con la que tampoco estamos de acuerdo.

2.3 UNIDAD DE LA REALIDAD MATERIAL

El argumento de la unidad de la materia como apoyo a la integración de las distintas asignaturas de ciencias en un único Ámbito, ha de ser también cuidadosamente matizado ya que aunque, sin duda, el establecimiento de dicha unidad es una de las mayores conquistas del desarrollo científico, no hay que olvidar que se trata de una conquista reciente y nada fácil. Así, por ejemplo, podemos referirnos a los principios de conservación y transformación de la energía, o a la fusión de la óptica con la electricidad y el magnetismo en la teoría electromagnética, etc. Podemos recordar, también, la fuerte oposición que se produjo a concepciones unitarias en Astronomía (existencia de dos mundos distintos, geocentrismo) en Biología (teoría de la evolución) o en Química (síntesis orgánica). Todo ello confirma que la unidad de la materia aparece siempre como un resultado tras un largo proceso, es decir como un punto de llegada y no como un punto de partida.

Además, la unidad de la materia, no ha de ser interpretada de manera reduccionista, es cierto que, por ejemplo, todas las sustancias están compuestas por átomos y que las leyes de la Física están omnipresentes, pero es evidente que no basta con ello para comprender el mundo de los seres vivos, el cual supone un nivel de organización de la materia distinto y más complejo, con sus propias leyes. Escamotear este hecho, colocando dentro del mismo saco un aborde físico, biológico, químico, geológico, matemático y tecnológico, de la realidad, mediante la pretensión de un tratamiento simultáneo y conjunto, conduce a una visión confusa, empobrecida y equívoca de esa realidad que se pretende conocer. Todo ello abocaría la Enseñanza Secundaria hacia un apoyo de la metodología de la superficialidad e impediría un desarrollo efectivo de la CC en esta importante etapa educativa. Desde este punto de vista, el sistema de enseñanza de las ciencias en el nivel de ESO basado en asignaturas, no puede considerarse como una ruptura artificial de una realidad única, sino como la expresión de esa

realidad en distintos niveles de organización, relacionados entre sí, pero también con una especificidad conceptual y metodológica que los diferencia. Precisamente, las disciplinas científicas, como campos específicos de conocimiento, permiten la construcción de conceptos sobre aspectos concretos de la realidad, lo que las hace funcionales y globalizadoras (se puede “pensar con” dichos conceptos y emplearlos para formular hipótesis y modelos, someterlos a pruebas en distintas situaciones, etc.).

Por otra parte, conviene tener en cuenta que una característica fundamental del trabajo científico, es la de simplificar la realidad para poder avanzar en su estudio. Científicos y científicas, cuando deciden abordar un problema, comienzan por analizarlo y toman toda una serie de decisiones, fijando algunas de las variables influyentes, acotando, suponiendo situaciones límite... Todo ello, es evidente, les aleja de la realidad y de la globalidad y, más todavía, cuando los resultados les llevan a elaborar “modelos” imaginarios. Un modelo científico, como sabemos, no se puede considerar como “la realidad” ni como algo definitivo (basta recordar, por ejemplo, la historia de cómo fueron evolucionando los distintos modelos atómicos), pero la construcción de modelos constituye, seguramente, la forma más eficaz de aproximarse, cada vez más, a esa realidad que nunca llegaremos a conocer “del todo”. Así, cuando Galileo comenzó a estudiar la caída de los cuerpos ignorando la fricción con el aire, comenzó a hacer posible la comprensión de la naturaleza de esa caída, aunque sus resultados tuviesen un campo de validez limitado. En definitiva: la historia de la ciencia y la ciencia que se hace en la actualidad, están llenas de ejemplos que muestran que el avance científico exige abordar problemas mediante tratamientos analíticos, simplificadores, que llevan primero a fragmentar la realidad en campos definidos, bien delimitados, pero que también existe una búsqueda constante de leyes y principios generales de amplia validez, aplicables en diversos contextos, así como de coherencia y globalidad, llegando a establecer puentes y lazos unificadores entre campos de conocimiento que podían aparecer inicialmente como desligados y muy distintos.

Ciertamente, en la actualidad, es frecuente que se realicen investigaciones que comportan la colaboración de especialistas en dos o más disciplinas. Podemos pensar, por ejemplo, en una investigación matemática sobre la estructura espacial de proteínas para contribuir a la creación de nuevos fármacos, en algunos problemas de Biotecnología, etc. No obstante, este tipo de problemas en la frontera del conocimiento, a los que conviene asomarse también en Secundaria, no son los que condujeron al desarrollo y establecimiento de los conocimientos científicos que fundamentalmente se enseñan en esta etapa (mecánica, electromagnetismo, teoría atómico-molecular de la materia, etc.). Además, conviene puntualizar que el éxito de estos trabajos interdisciplinarios se basa, precisamente, en la profundidad del conocimiento específico en su materia de los distintos expertos que integran el equipo, lo que les permite utilizar ideas de forma flexible y realizar aportaciones valiosas, desde su formación científica de origen. Naturalmente, esto no quiere decir que no haya que reconocer el interés que tiene la colaboración entre profesores de distintas materias, para hacer posible, no solo la mejora en la enseñanza de ciertos contenidos de la materia de cada cual, sino también el estudio de determinados problemas y situaciones que adquieren más sentido desde perspectivas globales, como podrían ser, por ejemplo, el Cambio Climático o la contaminación, pero, insistimos, esto no cuestiona en absoluto el enfoque disciplinar.

2.4 ESTABLECIMIENTO DE PUENTES Y RELACIONES ENTRE DISTINTOS CAMPOS DE CONOCIMIENTO

En palabras del profesor Daniel Gil: “Las ciencias han integrado el saber tanto o más de lo que lo han fragmentado” (GIL, 1994, p.8).

Como ya se ha indicado, dentro de un mismo campo científico como, por ejemplo, la Física, se produce la construcción de cuerpos globales y coherentes de conocimientos mediante el establecimiento de relaciones estrechas entre dominios considerados inicialmente autónomos, este fue el caso como ya se ha citado, de la Síntesis Electromagnética, o del desarrollo de la Termodinámica. También tienen una gran importancia la elaboración de leyes y principios generales que sean aplicables en distintas situaciones y contextos (como, por ejemplo, las leyes de conservación de masa y energía). Por tanto, no se parte de la unidad ni de la globalidad, sino que *se busca* constantemente (Martínez-Torregrosa, 1994), siendo esto una característica esencial de la práctica científica que no puede ser ignorada.

Análogamente ocurre con la necesidad de establecer “puentes” y relaciones entre contenidos de distintos campos científicos siempre que sea posible, como puede ocurrir, por ejemplo, en Química al estudiar algunos gases como el dióxido de carbono u óxidos de azufre y relacionarlos con el aumento del efecto invernadero o con el fenómeno de la lluvia ácida. Lo cual, puede (y debe) hacerse perfectamente dentro de un enfoque disciplinar. En definitiva, una organización disciplinar con un desarrollo didáctico adecuado no supone que no se contemplen de manera funcional, las relaciones entre distintas materias o las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), sino todo lo contrario.

¿Y qué decir de quienes apoyan la implantación del Ámbito Científico en la ESO aduciendo que, de esa forma, los estudiantes estarán en mejores condiciones de comprender conceptos matemáticos (como, por ejemplo, el de derivada) al utilizar en las explicaciones conceptos de otras materias (como, por ejemplo, el de velocidad)? Compartimos, sin ninguna reticencia, el que se utilicen conocimientos de otras materias, para comprender mejor muchos conceptos y procesos matemáticos (y viceversa), pero eso es algo que tampoco precisa, para llevarse a cabo, de la difuminación de las disciplinas, sino que se puede (y se debe) hacer también dentro de un enfoque disciplinar, que *integre como propios* los conceptos e instrumentos que sean *requisitos* para un avance coherente, disponiendo a su vez de una adecuada planificación (temporal, secuencial, etc.) del currículo aunada a una buena coordinación entre los distintos departamentos. El que se “repitan” los mismos conceptos con un nivel de complejidad creciente, no es algo negativo, sino todo lo contrario: gracias a eso podemos aprender mejor los mismos. Esto es lo que se enfatiza, por ejemplo, en el detallado informe del profesor Reiser (2013), en el que se señala explícitamente:

The commitment... is to articulating how ideas should build on earlier ideas. Within discipline, this means articulating the disciplinary core ideas as progressions, in which more sophisticated versions of the central science ideas are built iteratively across time. Indeed, each disciplinary core idea is represented in increasing sophistication across multiple grade bands (REISER, 2013, p.8).

Como ya hemos indicado reiteradamente desde hace muchos años (Gil et al, 1991, p. 127): Estamos (y seguimos estando) muy a favor de la integración, si por tal se entiende avanzar progresivamente hacia una construcción unitaria de la materia, profundizar en las relaciones interdisciplinarias, tender puentes, y estudiar la ciencia en su contexto (relaciones CTSA); pero estamos en contra de organizar la enseñanza secundaria por ámbitos o proyectos interdisciplinarios, donde las cuestiones elegidas para ser tratadas se convierten entonces en el eje vertebrador de la enseñanza, y el desarrollo de la comprensión en profundidad de los conceptos nucleares de las distintas materias pasa a ser un objetivo subsidiario, al servicio del proyecto, lo cual obstaculiza enormemente el aprendizaje que conduce a la apropiación y uso funcional de los conceptos y modelos fundamentales de las distintas materias. Es un efecto

similar al que se produce cuando se proponen currículos extensos y tiempo escaso para su desarrollo con tranquilidad. Si por uno u otro (o, peor todavía, por ambos) motivos, se priva al alumnado que comienza la secundaria del aprendizaje adecuado de toda una serie de conceptos científicos básicos, cuando acaben sus estudios en esta etapa, alumnos y alumnas, habrán *oído hablar* de fuerzas, de intensidad de corriente, de moles... pero van a saber muy poco de mecánica, de electricidad, de reacciones químicas...

2.5 SOBRE LA IMPORTANCIA DE LA DIMENSIÓN METODOLÓGICA DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA

Impulsar y desarrollar la CC en el alumnado implica, entre otras cosas, enseñar a plantearse problemas de interés y saber precisarlos, elaborar hipótesis fundadas y posibles diseños experimentales para su puesta a prueba, realizar análisis críticos, argumentar, modelizar, buscar la coherencia, etc., rompiendo con hábitos de pensamiento muy enraizados, fruto de la forma común de abordar e interpretar las situaciones de la vida cotidiana. Todo esto supone un verdadero cambio metodológico; sin embargo, hay que ser conscientes de que dicho cambio no es fácil y que conlleva unos determinados requerimientos:

En primer lugar, hay que dejar claro que no es posible avanzar en esa dimensión metodológica de la CC dejando de lado, o poniendo en segundo lugar, la adquisición de unos contenidos conceptuales concretos (mecánica, energía, teoría atómico-molecular, reacciones químicas...). Desde hace mucho tiempo, parece claro que la idea de un aprendizaje científico centrado en procesos, independientemente de los contenidos conceptuales, no tiene sentido alguno (MILLAR; DRIVER, 1987). Como se afirma en el influyente libro *How people learn* de Bransford et al (2000):

Los intentos de enseñar destrezas de pensamiento sin una fuerte base de conocimientos factuales no promueven la capacidad de resolver problemas ni apoyan la transferencia a nuevas situaciones... el conocimiento de un gran conjunto de hechos inconexos no es suficiente. Para desarrollar competencia en un área de investigación, los estudiantes deben tener oportunidades para aprender con comprensión. La comprensión profunda de una materia transforma la información factual en conocimiento utilizable (BRANSFORD et al., 2000, p 23).

El problema es que dichos contenidos difícilmente pueden ser desarrollados de forma adecuada en una macroestructura como la de *Ámbito Científico*. Una comprensión adecuada, un aprendizaje realmente significativo de, por ejemplo, los enlaces químicos o de las formas de expresar la concentración de una disolución, en el contexto de un proyecto multidisciplinar, como podría ser el estudio de una laguna, difícilmente puede tener lugar dentro de un relato general, ya que ello supondría dedicarles mucho más tiempo del que realmente se dispone, de modo que en un enfoque multidisciplinar los conceptos fundamentales de las distintas asignaturas, pierden relevancia y no pueden ser planteados de forma que los alumnos puedan construir y participar activamente en su aprendizaje, so pena de que el objeto de estudio (invernadero, reducción del impacto medioambiental, presa, ascensor, etc.) y su globalidad, quede completamente desdibujado por cada concepto fundamental que se maneje (intensidad de corriente, trabajo, energía, principios de conservación, mol, fuerzas de rozamiento, etc.). De modo que, cuando la enseñanza se organiza en torno a preguntas que no son las fundamentales de una disciplina, no hay más remedio que introducir los conceptos de dicha disciplina de forma

superficial y rápida, es decir, con una orientación que difícilmente puede traducirse en un aprendizaje realmente significativo, dentro de lo que es la CC.

Hay que resaltar, además, que muchos conceptos científicos básicos, están relacionados con enraizadas ideas espontáneas que alumnos y alumnas elaboran como fruto de sus experiencias cotidianas (como, por ejemplo, el concepto de fuerza como causa del movimiento o la respiración inversa de las plantas durante la noche respecto a la del día), ideas que dificultan un aprendizaje significativo y que difícilmente pueden evolucionar hacia las ideas científicas en una estructura de *Ámbito*, necesariamente, más global y superficial en el tratamiento de estos conceptos.

En segundo lugar, pero no menos importante, está el hecho de que el desarrollo efectivo de la dimensión metodológica de la CC requiere que esto se contemple no solo en un aspecto clave (como podría ser el de los trabajos prácticos), sino también y conjuntamente en el resto de aspectos igualmente claves para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, como la introducción de conceptos y la propia resolución de problemas de lápiz y papel (CARRASCOSA; MARTÍNEZ; ALONSO, 2020), en una enseñanza problematizada que conduzca a la elaboración de cuerpos globales y coherentes de conocimientos científicos. Ello no es fácil y requiere un profesorado bien formado (científica y didácticamente) que disponga de materiales didácticos de partida adecuados, así como de tiempo suficiente. ¿Cómo se puede contemplar todo esto adecuadamente en un enfoque multidisciplinar?

Por otro lado, resulta bastante inútil intentar evaluar la dimensión metodológica de la CC (destrezas en la resolución de problemas, toma de decisiones, argumentación, análisis, comprender y expresar mensajes científicos...) si el alumnado carece de una comprensión adecuada de los contenidos conceptuales. En otras palabras: En el desarrollo de la CC, no se puede separar la dimensión metodológica de la conceptual.

Es necesario admitir, pues, que una mejora realmente efectiva de la CC en el alumnado de Secundaria (como se pretende, acertadamente, en los currículos oficiales de muchos países) precisa, entre otras cosas, de un trabajo de investigación guiada centrado en problemas abordables que eviten tratamientos anecdóticos y superficiales y que solo las diferentes disciplinas escolares permiten y facilitan la metodología hipotético-deductiva que se precisa para ello, ya que poseen una lógica interna, una estructura, que define las necesarias relaciones entre los diferentes conceptos y su utilización en la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos. En otras palabras: la fusión de las asignaturas de ciencias (Física, Química, Biología, Geología, Matemáticas y Tecnología) en un único *Ámbito Científico* para estudiantes de entre 12 y 16 años, y su impartición por un profesor que sepa “un poco de todo” o por varios que sepan “todo de un poco”, resulta incompatible con ese objetivo básico de impulsar y desarrollar la CC entre el alumnado y con el hecho, bien establecido, de que lo más importante (aunque no suficiente en sí mismo) para que un profesor pueda enseñar bien, es un conocimiento en profundidad de la materia que enseña (CARRASCOSA et al 2014, p. 4).

3 EL ENFOQUE STEM

El término STEM corresponde a las siglas: Science, Technology, Engineering and Mathematics. Se trata de un movimiento procedente de Estados Unidos, el cual se está extendiendo también por Europa y otros países. Según Doménech-Casal (2019), entre sus principales objetivos, se encuentran:

-Promover las vocaciones científico-tecnológicas entre el alumnado e incrementar su capacidad para afrontar nuevos retos.

Corregir el sesgo de género y socioeconómico en el acceso a las vocaciones científico-tecnológicas.

-Formar a una ciudadanía competente para participar en la definición de la agenda de innovación e investigación.

Otros autores, como Bybee (2013) o Akerson (2018), que han estudiado el fenómeno, coinciden en afirmar que STEM no es un nuevo marco teórico desde el que plantear la enseñanza de las ciencias. Su origen es político y responde, fundamentalmente, a la necesidad de fomentar las vocaciones y actitudes positivas hacia la ciencia-tecnología, para poder afrontar con éxito el desarrollo de este campo de conocimientos y sus aplicaciones, de gran importancia en la economía de Estados Unidos y en cualquier otro país.

Actualmente se han etiquetado como STEM diversos enfoques metodológicos, herramientas tecnológicas y perspectivas educativas, bien sean precedentes o de nuevo cuño, con tal de que se puedan sumar a la consecución de los objetivos fundamentales contemplados en dicho movimiento (DOMÉNECH-CASAL, 2019).

El problema es que STEM se ha convertido en un término de moda, posiblemente porque favorece la obtención de subvenciones por parte de las instituciones educativas a los proyectos y trabajos amparados por estas siglas, tanto en España como en otros países (ACEVEDO, 2020).

Respecto a si STEM implica necesariamente un enfoque integrado de las materias que conforman sus siglas, similar al de *Ámbito Científico*, es una cuestión que no está del todo clara. Pero, en nuestra opinión, lo que realmente interesa tener en cuenta, independientemente de si todo lo que se caracterice como STEM ha de ser enseñado mediante un enfoque integrado o disciplinar, es subrayar la independencia que existe entre la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) y los movimientos educativos como STEM que responden a necesidades políticas, económicas, sociales, etc. Los contenidos de la DCE y en especial los que conforman el núcleo duro de este cuerpo teórico de conocimientos, no están, afortunadamente, al albur de modas pasajeras, ni tampoco de las leyes educativas cambiantes que se puedan decretar en ningún país, aunque, obviamente, se puedan utilizar para avanzar en la consecución de algunos de los objetivos que se persigan en dichas leyes (como los anteriormente enunciados de STEM). Lamentablemente, en ocasiones, da la falsa sensación de que ocurre justo al contrario y que desde la DCE se está cambiando continuamente el foco de atención pasando, por ejemplo, de objetivos a capacidades, de capacidades a competencias, de asignaturas a ámbitos, etc., relegando a un segundo plano los contenidos específicos de las materias científicas. Conviene, pues, dejar claro, que es en la DCE donde se tienen que inspirar las leyes educativas y no al contrario.

CONSIDERACIONES FINALES

Aunque la finalidad de la enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria, no sea la preparación de futuros científicos, sino proporcionar una formación científica básica para toda la ciudadanía, ello supone que, al menos al final de dicha educación, todos los estudiantes han de tener una cierta cultura científica que vaya algo más allá de lo que se puede obtener a través de la prensa, internet, programas de televisión, etc., y que, por supuesto, facilite a quienes lo deseen una incorporación eficaz, sin saltos en el vacío, a estudios posteriores. El problema fundamental es cuándo y de qué forma producir ese paso de las actividades de simple conocimiento superficial del medio al de la construcción de algunos conocimientos científicos y a una primera visión de lo que significa la investigación científica de la realidad, en una sociedad, no lo olvidemos, en donde la importancia de la ciencia-tecnología es cada vez mayor. La edad adecuada, en todos los sistemas educativos, debería ser cuando se pasa de la Educación Primaria a la Secundaria, y la forma depende del profesorado, pero también de la existencia de una legislación apropiada, que favorezca la enseñanza y el aprendizaje con sentido.

En resumen: Los caminos para la solución del fracaso escolar, la desmotivación del alumnado de Educación Secundaria hacia las ciencias, la falta de interés, etc., no pasan, ni mucho menos, por la ruptura de la estructura educativa basada en asignaturas específicas – fruto de extensos y apasionantes procesos de investigación en torno a problemas relevantes– para sustituirla por un “Ámbito Científico”. Las soluciones pasan por despertar en el alumnado el interés que la construcción de las ciencias estudiadas posee, dando ocasión a un desarrollo realmente efectivo de la CC. Ahí, los profesores tenemos mucho que hacer: *la forma de enseñar importa mucho*. Nuestra influencia en lo que se puede obtener de las personas en edad escolar (tanto en Educación Primaria como en Secundaria), es muy grande. Debemos exigirnos enseñar con entusiasmo y planificar la enseñanza mediante actividades para que los alumnos se impliquen en la (re)construcción de los conocimientos en un ambiente de inmersión en la práctica científica.

Si realmente se quiere contar con el profesorado de ciencias, es hora de que de verdad se escuchen sus fundamentadas reivindicaciones en estos temas –básicamente coincidentes con los resultados convergentes de numerosas investigaciones– y no ir en contra de una gran mayoría (la peor receta para enfrentarse al fracaso escolar). El profesorado de Física y Química, en general, es partidario de un enfoque disciplinar de la Física y de la Química en toda la Educación Secundaria, mejorándolo en todo lo necesario (mejor distribución del tiempo, mejor formación docente inicial y permanente, mayor coordinación entre profesores de distintas materias, etc.). Hablar de desarrollar la CC en cursos de Física y Química (dos materias en una sola asignatura) como el actual 3º de ESO español, con solo dos sesiones de clase semanales (de menos de 60 minutos en la mayoría de casos) y con un currículo absolutamente inabordable (incluso mediante una metodología tradicional basada únicamente en la exposición verbal de contenidos por parte del profesor), resulta absurdo e incompatible con los requerimientos sociales de una mayor y mejor alfabetización científica de toda la ciudadanía.

REFERENCIAS

ACEVEDO, J.A. Todo lo que siempre quiso saber sobre STEM/STEAM y nunca se atrevió a preguntar. 2020. Accesible en: <http://formacionib.org/noticias/?Todo-lo-que-siempre-quiso-saber-sobre-STEM-STEAM-y-nunca-se-atrevio-a-preguntar>

AKERSON, V.L.; BURGESS, A.; GERBER, A.; GUO, M.; AHMED KHAN, T. & NEWMAN, S. Disentangling the Meaning of STEM: Implications for Science Education and Science Teacher Education. **Journal of Science Teacher Education**, v. 29, n.1, p. 1-8, 2018.

BRANSFORD, J.; BROWN, A & COCKING, R. (eds). **How People Learn: Brain, Experience and School** (expanded edition). National Academy Press. 2000.

CARRASCOSA, J.; DOMENECH, J.; MARTÍNEZ, J.; OSUNA, L.; VERDÚ, R. **Curso básico de Didáctica de las Ciencias. Enseñanza secundaria. Profesorado de ciencias en formación y en activo**. 2014. Accesible en pdf en: didacticafisicaquimica.es

CARRASCOSA-ALÍS, J.; MARTÍNEZ, S.; ALONSO, M. Competencia Científica y Resolución de Problemas de Física. **Revista Científica**, v. 38, n.2. 2020. <https://doi.org/10.14483/23448350.16211>

DOMÈNECH-CASAL, J. STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Revista de Ciències de l'Educació*, v.1 n.2, p. 154-168, 2019.

FENSHAM, P.J. **Beyond Knowledge: Other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education.** En R.M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (Eds.), *Science and Technology Education for a Diverse World—dilemmas, needs and partnerships.* International Organization for Science and Technology Education (IOSTE). XI Symposium Proceedings (p. 23-25). Lublin, Poland: Maria Curie-Skłodowska University Press. 2004.

GIL PÉREZ, D. El currículo de ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria: ¿Área o disciplinas? *Infancia y aprendizaje*, n. 65, p. 19-30. 1994. Accesible en ResearchGate

GIL PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. **La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria.** ICE/ Universidad de Barcelona. Barcelona: Horsori. 1991. Accesible en ResearchGate y en didacticafisicaquimica.es

MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. ¿Aprender y enseñar ciencias o “cosas de ciencias”? *Infancia y Aprendizaje*, v.17, n.1, p. 39-43
https://www.researchgate.net/publication/247714032_Aprender_y_ensenar_Ciencias_o_cosas_de_las_Ciencias_Learning_and_Teaching_Science_or_Science_Things

MILLAR, R.; DRIVER, R. Beyond processes. *Studies in Science Education*, n. 14, p. 33-62, 1987.

REISER, B, J. What Professional Development Strategies Are Needed for Successful Implementation of the Next Generation Science Standards? **K-12 Center. Invitational Research Symposium on Science Assessment.** 2013.

ROCARD, M; CSERMELY, P; JORDE, D; LENZEN, D; WALWERG-HENRIKSSON, H; HEMMO, V. **Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe.** European Commission. Community Research. 2007. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

SOLBES, J.; MONTSERRAT, R.; FURIÓ, C. El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, n.21, p. 91-117. 2007.

VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M^a. A. El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: Un indicador inquietante para la educación científica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias**, v. 5, n.3, p. 274-292, 2008.

YUS, R.; FERNÁNDEZ, M.; GALLARDO, M.; BARQUÍN, J.; SEPÚLVEDA, P.; SERVÁN, MJ. La competencia científica y su evaluación. Análisis de las pruebas estandarizadas de PISA. **Revista de Educación.** Ministerio de Educación y Formación Profesional español. 2013. DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2011-360-127