



FACULTAD DE EDUCACIÓN

**MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA**

**FÍSICA Y QUÍMICA EN EL AULA. EL APRENDIZAJE A TRAVÉS
DE LA PRÁCTICA**

**PHYSICS AND CHEMISTRY IN THE CLASSROOM. LEARNING
THROUGH PRACTICE**

Rubén Cueto Cipitria

Física y Química

Carmen García Alonso

2016/2017

02/10/2017

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	5
PLANTEAMIENTO	7
TECNIFICACIÓN DE LA SOCIEDAD Y ESTUDIOS CTIM	7
ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	14
INFORMES ROCARD Y ENCIENDE: BUSCANDO SOLUCIONES	14
LOMCE: NUEVO MARCO EDUCATIVO	21
OBJETIVOS	24
PROPUESTA DE INNOVACIÓN.....	25
TEORÍAS DEL APRENDIZAJE.....	25
TIPOS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	29
PROYECTO KIKS.....	33
NUESTRA PROPUESTA.....	34
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA	51

RESUMEN

En este trabajo se realiza una investigación bibliográfica sobre la situación actual de las asignaturas CTIM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ante la necesidad urgente de tener más profesionales de esas ramas dado que vivimos en una sociedad cada vez más tecnificada, y la preocupante tendencia que se observa en los estudios relativos a esas asignaturas, donde paradójicamente, cada vez hay menos interés y menos personas deciden estudiar las ramas CTIM.

Tras establecer el estado de la cuestión, se analizan las causas y se aporta una propuesta que puede contribuir a revertir esa tendencia, proponiendo una metodología basada en la investigación en el aula, principalmente en el laboratorio de Física y Química, de forma que se consiga que la motivación del alumnado aumente y por consiguiente su interés, dando lugar finalmente, no solo a que la tendencia actual cambie, sino también a un aprendizaje más profundo y efectivo.

Palabras clave: Asignaturas CTIM, Prácticas de laboratorio, Metodología basada en investigación, Aprendizaje

ABSTRACT

This paper presents a literature review on the current status of the STEM subjects (Science, Technology, Engineering and Mathematics) in view of the urgent need to have more professionals in these fields since we live in an increasingly technified society, a tendency that is observed in the studies related to these subjects, where, paradoxically, there is less and less interest and fewer people decide to study the CTIM branches.

After establishing the state of the issue, the causes are analyzed and a proposal is submitted that can contribute to reverse that tendency, proposing an inquiry-based methodology in the classroom, mainly in the laboratory of Physics and Chemistry, so that it is obtained that the motivation of the students increases and

consequently their interest, finally giving rise, not only to the current trend, but also to a deeper and more effective learning.

Key words: STEM subjects, Lab practises, Inquiry-based methodology, Learning

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La enseñanza de las asignaturas CTIM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) se está transformando en todo un reto para los docentes con el paso de los años, situación que puede estar motivada por diversos factores, entre los que se encuentran el descenso de interés de los alumnos, la desgana que sienten algunos con el simple hecho de escuchar el nombre de esas asignaturas por considerarlas difíciles o por tratar en muchas ocasiones de asuntos bastante abstractos y poco intuitivos. Esta tendencia podría cambiar si los profesores hicieran ver a los alumnos que mucho de lo que nos rodea en el mundo está relacionado con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, y lo que en un principio puede resultar poco intuitivo o abstracto está sujeto a leyes y principios muy relacionados entre sí.

El problema es que esta situación es un fenómeno global y tiene lugar desde hace años, causando una paradoja: en un mundo cada vez más tecnificado, en constante evolución y en el que la ciencia es una de las bases de nuestra economía, cada vez menos gente joven está interesada en la ciencia, tecnología, ingeniería o matemáticas, lo que puede generar grandes problemas en el futuro.

Por ese motivo las últimas leyes de educación, principalmente la LOMCE, abogan por unas metodologías que se centran más en el trabajo por competencias, optando por un tipo de educación integral y en la que el papel preponderante corresponde al alumno, tratando de otorgarle una mayor libertad y capacidad de decisión, orientándolo hacia la cooperación con sus compañeros y el profesor, exigiendo que sea analítico y crítico con lo que se encuentra, provocando debates o discusiones y por último, dando lugar a un aprendizaje efectivo e integral.

Basado en el problema actual y en las directrices que la LOMCE propone, se realiza el presente trabajo, haciendo una revisión de la metodología que se sigue en el aula. Posteriormente al análisis se va a proponer otro tipo de metodología, basada en la investigación en el aula y el laboratorio de Física y Química, de manera que se cumpla con las exigencias de la LOMCE a la vez que se hace la asignatura más atractiva para el alumno. De esta forma se consiguen dos

objetivos, que los alumnos encuentren motivadoras las asignaturas CTIM y decidan continuar con sus estudios en el futuro, y a su vez, que consigan una aprendizaje efectivo e integral, y por consiguiente, de mayor calidad.

PLANTEAMIENTO

TECNIFICACIÓN DE LA SOCIEDAD Y ESTUDIOS CTIM

Para poder hablar de la educación CTIM, lo más correcto sería empezar por hacerlo de su historia, de cuándo, cómo y quién la creó o desarrolló y con qué motivaciones.

Como comenta Sanders (2009), la educación CTIM fue creada en la década de 1990 por la NSF (Fundación Nacional de la Ciencia americana), aglutinando los campos de estudio de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, buscando una educación interdisciplinar, ya que muchas veces las líneas que separan estas cuatro disciplinas son cuanto menos difusas.

Pero mucho antes de que la NSF le diera un nombre, en los Estados Unidos se empezó a desarrollar la idea de que estos campos eran tremendamente importantes para la sociedad, sobre todo por un hecho que marcó profundamente a ese país, el lanzamiento y llegada al espacio del satélite soviético Sputnik. Tras la decepción que les supuso ver hasta dónde habían avanzado los soviéticos, el presidente Eisenhower promovió la creación de la NASA, por lo que sería necesario incentivar y potenciar desde edades tempranas esas disciplinas para, entre otras cosas, vencer en la carrera espacial.

Con el paso de las décadas la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas han ido estando más presentes en nuestra sociedad, pero a su vez el interés mostrado por ellas ha ido decayendo, principalmente en los estudios superiores, hasta encontrarse actualmente en unos niveles que han alertado a multitud de expertos, sabedores de que son el motor del progreso.

El descenso en la cantidad de jóvenes que escogen carreras CTIM en la actualidad supone un gran reto para la educación, pero cuando hablamos de ello debemos atenernos a unos datos, que pese a ser “fríos” no dejan de ser bastante esclarecedores de la realidad, datos a los cuales más adelante trataremos de dar un sentido, intentando comprender qué hay detrás de ellos.

En la Tabla 1 y Tabla 2 se puede ver la cantidad de alumnos matriculados en carreras de Ciencias por un lado y de Ingeniería y Arquitectura por otro, comparando los casos de todo el territorio español con Cantabria y viendo cuál está siendo su evolución en los últimos 5 años.

	Ingeniería y Arquitectura		Ciencias	
	<i>Alumnos</i>	<i>Progresión</i>	<i>Alumnos</i>	<i>Progresión</i>
2012-2013	316670	-	83545	-
2013-2014	302826	-4,37%	81786	-2,11%
2014-2015	281818	-6,94%	80148	-2,00%
2015-2016	256570	-8,96%	80247	+0,12%
2016-2017	242088	-5,64%	81912	+2,07%

Tabla 1. Número de alumnos y progresión porcentual anual entre los cursos 2012-2013 y 2016-2017 para toda España (MECD)

	Ingeniería y Arquitectura		Ciencias	
	<i>Alumnos</i>	<i>Progresión</i>	<i>Alumnos</i>	<i>Progresión</i>
2012-2013	4063	-	240	-
2013-2014	3719	-8,47%	248	+3,33%
2014-2015	3124	-16,00%	292	+17,74%
2015-2016	2849	-8,80%	333	+14,04%
2016-2017	2608	-8,46%	373	+12,01%

Tabla 2. Número de alumnos y progresión porcentual anual entre los cursos 2012-2013 y 2016-2017 para Cantabria (MECD)

A la luz de estos datos podemos extraer las siguientes conclusiones:

- En carreras de Ingeniería y Arquitectura ha habido un descenso continuado en el total de matriculados, tanto en España como en Cantabria.
- En los últimos 5 años la disminución de matrículas en carreras de Ingeniería y Arquitectura es bastante alarmante, siendo de 75000 alumnos en España (un 24% del total de 2012-2013) y de 1400 alumnos en Cantabria (un 36% del total de 2012-2013)

- En carreras de Ciencias la cantidad de matriculados se mantiene estable en España mientras que en Cantabria aumenta de manera constante
- En los últimos 5 años la disminución de matrículas en carreras de Ciencias en España ha sido de 1600 alumnos (un 2% del total de 2012-2013) y por contra en Cantabria ha habido un aumento de matrículas de 130 alumnos (un 55% del total de 2012-2013)*

*Pese a que la muestra en Cantabria es reducida y cualquier variación la afecta de manera más importante, se ha considerado que es de especial interés observar ese caso por ser la Comunidad Autónoma a la que pertenecemos.

Ateniéndonos a los datos y la información que nos muestran, nos puede surgir una incógnita sobre qué motivaciones tienen los jóvenes para elegir carreras CTIM y por qué cada vez es menor esa cantidad.

Según los estudios de Vázquez (2013), y Vázquez y Manassero (2015 y 2016), cuando los alumnos toman la decisión de los estudios que van a realizar lo hacen en función de 4 factores. Además estos factores no son únicamente importantes a la hora de la elección, también son claves para que los alumnos no abandonen esos estudios:

- Experiencias escolares previas.
El trabajo refleja que resulta de especial importancia que se suscite el interés de los alumnos por el tema que se está aprendiendo, que en las clases se vean aplicaciones prácticas de lo aprendido o que se hagan suficientes prácticas en el laboratorio y que sean atractivas. Parece claro que el crear interés debe ser potenciado por hacer que el aula sea un lugar interactivo, práctico y con proyección hacia el mundo que nos rodea.
- Personas relevantes.
En el estudio se muestra que la persona del entorno de los alumnos que más influencia ejerce a la hora de elegir los estudios es el profesor, ya que su forma de impartir clase o los consejos que dan son muy importantes, dado que lo hacen desde la experiencia. Los padres y madres también tienen un peso en la decisión aunque es menor.

- Actividades extraescolares.

Los encuestados consideran que es especialmente positivo poder tener a su alcance medios de comunicación que hablen sobre temas científicos y su divulgación, ya sea mediante libros y revistas o programas de televisión, hecho que demuestra que existe un interés por conocer la realidad que los rodea.

- Prioridades para el futuro.

Por último se les preguntó a los alumnos sobre sus expectativas futuras, considerando lo más importante para ellos poder hacer cosas interesantes, tener la opción de usar las habilidades aprendidas, desarrollarse a nivel personal o ayudar a las personas. Curiosamente los ítems menos valorados fueron los referidos a cuestiones económicas, como ganar dinero lo más pronto posible o tener la opción de tener un salario alto, por lo que se puede observar que los jóvenes que están interesados en estudios CTIM lo hacen por vocación.

Conociendo estos factores y sabiendo qué es lo que los jóvenes consideran más o menos importante, se podría realizar un plan de acción, de forma que la mayor cantidad de alumnos se acaben decantando por los estudios CTIM. Pero si observamos las facultades de Ciencias o Ingeniería y Arquitectura, o incluso en las clases de Bachillerato Científico-Tecnológico, nos daremos cuenta de la existencia de un problema equiparable al descenso de matrículas y que es también muy alarmante, el desequilibrio de género, cómo cada vez la cantidad y proporción de mujeres respecto a hombres en los estudios CTIM es menor.

Según los datos extraídos del Ministerio de Educación, Ciencia y Deporte que se recogen en la Tabla 3 y Tabla 4, se puede observar la proporción entre alumnos y alumnas en carreras de Ciencias y en Ingeniería y Arquitectura tanto en España como en Cantabria.

	Ingeniería y Arquitectura			Ciencias		
	<i>Total</i>	<i>Mujeres</i>	<i>%</i>	<i>Total</i>	<i>Mujeres</i>	<i>%</i>
2012-2013	316670	82335	26,00	83545	44078	52,76
2013-2014	302826	78233	25,83	81786	42354	51,79
2014-2015	281818	72254	25,64	80148	41103	51,28
2015-2016	256570	65053	25,35	80247	41048	51,15
2016-2017	242088	60816	25,12	81912	41644	50,84

Tabla 3. Relación entre hombres y mujeres matriculados entre los cursos 2012-2013 y 2016-2017 para toda España (MECD)

	Ingeniería y Arquitectura			Ciencias		
	<i>Total</i>	<i>Mujeres</i>	<i>%</i>	<i>Total</i>	<i>Mujeres</i>	<i>%</i>
2012-2013	4063	1144	28,16	240	103	42,92
2013-2014	3719	1051	28,26	248	101	40,73
2014-2015	3124	851	27,24	292	107	36,64
2015-2016	2849	742	26,04	333	112	33,63
2016-2017	2608	640	24,54	373	124	33,24

Tabla 4. Relación entre hombres y mujeres matriculados entre los cursos 2012-2013 y 2016-2017 para Cantabria (MECD)

A la luz de estos datos podemos extraer las siguientes conclusiones:

- En carreras de Ingeniería y Arquitectura el porcentaje de alumnas es del 25% aproximadamente, tanto en España como en Cantabria. Además está sufriendo un ligero descenso en nuestra Comunidad Autónoma.
- En los últimos 5 años la disminución de matrículas en carreras de Ingeniería y Arquitectura es bastante alarmante, siendo de 22000 alumnas en España (un 27% del total de 2012-2013) y de 500 alumnas en Cantabria (un 44% del total de 2012-2013)
- En carreras de Ciencias la cantidad de mujeres matriculadas es superior al 50% en España mientras que en Cantabria se ha pasado de superar el 40% a un 33%.

- En los últimos 5 años la disminución de matrículas en carreras de Ciencias en España ha sido de 2500 alumnas (un 6% del total de 2012-2013) y por contra en Cantabria ha habido un aumento de matrículas de 21 alumnas (un 20% del total de 2012-2013)*

*Pese a que la muestra en Cantabria es reducida y cualquier variación la afecta de manera más importante, se ha considerado que es de especial interés observar ese caso por ser la Comunidad Autónoma a la que pertenecemos.

El hecho de que en Cantabria haya un menor porcentaje de mujeres realizando estudios de Ciencias que en España se puede deber entre otros factores al tipo de oferta existente, ya que en carreras como Biología o Química la cantidad de alumnas es superior a la de alumnos.

En cuanto a que el número de alumnas sea bajo por norma general, el trabajo de Rossi (2015) concluye en que la existencia de estereotipos y la sensación de autoeficiencia son los principales obstáculos que se encuentran las mujeres.

Pese a que la sociedad esté avanzando en términos de igualdad, es igual de cierto que hay multitud de estereotipos que sigue latentes, entre los que se encuentra que los estudios de ciencia o ingeniería son “cosas de hombres”. Superar estos estereotipos es difícil ya que forman parte de un aprendizaje sociocultural y se van adquiriendo con el tiempo a través de los modelos con los que interactuamos, como pueden ser la familia o los profesores de la escuela. Es verdaderamente importante que desde la escuela se empiece a reeducar, ya que muchas veces son los propios docentes los que con su actitud perpetúan esa desigualdad, presentando prejuicios respecto a las capacidades de sus alumnos en función de su género. Tampoco ayudan muchos libros de texto o materiales educativos, ya que en ellos suele haber una tendencia a utilizar fotografías que refuerzan esos estereotipos. Una forma de fomentar la igualdad y que ya se hace en centros es llevar a antiguos alumnos de ambos sexos que estén cursando o hayan terminado estudios CTIM para que hablen de su experiencia, convirtiendo en modelos positivos y demostrando que son personas de éxito en sus campos independientemente de si son hombres o mujeres.

Un problema asociado al de los estereotipos es la sensación de autoeficiencia, la cual es la creencia en las capacidades propias para hacer frente a las situaciones que se nos presentan. Dicho esto, queda claro que desempeña un papel clave en cuanto a las aspiraciones que tendrá alguien, las elecciones académicas que haga y las metas que se fije. Si la sociedad ha encasillado a las mujeres fuera de los trabajos científico-tecnológicos, es más complicado que éstas se sientan competentes en ellos, pues se las ha hecho creer que no son capaces de desenvolverse de manera competente en esos ámbitos.

Muy unido a la autoeficiencia podrían encontrarse otros conceptos como la autoconfianza o la autovaloración, y al igual que en el caso de los estereotipos, mostrar tanto a los estudiantes ejemplos de personas que han triunfado en los campos científico-tecnológicos les resulta positivo.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

INFORMES ROCARD Y ENCIENDE: BUSCANDO SOLUCIONES

La Comisión Europea encargó a Michel Rocard dirigir a un grupo de expertos para evaluar la situación de los estudios CTIM en Europa, analizar las medidas que se estaban llevando a cabo y proponer las acciones que sería recomendable realizar en el futuro para revertir la situación. Ese trabajo de evaluación, análisis y asesoramiento se plasmó en un documento que se presentó en 2006 con el nombre de *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, o más comúnmente Informe Rocard.

El grupo de expertos comprobó que los métodos basados en la investigación son realmente los más efectivos, ya que dan lugar a una mayor motivación e interés tanto en los alumnos como en los profesores y además se puede implementar desde la educación primaria. El problema es que aun sabiendo que el método es efectivo, la realidad en las aulas es totalmente diferente y se prefiere seguir el método tradicional que nos ha llevado hasta la situación actual. Habiendo estudiado los casos de nuevas iniciativas que ya están funcionando en Europa, el grupo pudo corroborar que presupuestariamente no implican más esfuerzos que utilizar una metodología convencional, por lo que se puede suponer que si no se usan otras metodologías es porque exigen una mayor dedicación de los profesores, que muchas veces prefieren hacer “lo de siempre” pues se sienten inseguros ante los cambios.

Dentro del documento se hizo primeramente una revisión del estado de la cuestión, de la cual se extrajeron 4 observaciones de gran importancia:

- Europa se encuentra al borde del abismo en este tema, la enseñanza de estudios CTIM no resulta atractiva para los alumnos y cada vez la tendencia es peor.

Como se pudo ver en las Tablas 1, 2, 3 y 4, hay un acuciante descenso en la cantidad de matrículas en carreras CTIM, siendo especialmente alarmante los casos de las mujeres, que en Europa representan al 31% de los titulados en estos estudios según la OCDE.

- La educación científica es sumamente importante para la sociedad europea. En una comunidad como la nuestra, que depende enormemente del conocimiento científico y su gestión, resulta fundamental que tengamos una alfabetización científica, de manera que podamos tener un pensamiento crítico y unas habilidades para poder razonar correctamente de forma que las decisiones que tomemos sean adecuadas. Sbarbati (2015) está de acuerdo con esta afirmación, agregando que esos conocimientos básicos deben ser independientes de los estudios que después se realicen. Además es necesario que toda la gente que se forma en Europa pueda prosperar en su entorno. De nada sirve dedicar esfuerzo y recursos para educar en la ciencia si en el futuro se va a producir una fuga de cerebros hacia otros lugares que presenta mejores condiciones, como Estados Unidos o Asia.
- Una de las causas de la situación actual es la metodología de la enseñanza de las asignaturas CTIM. Las razones por las que el interés en los campos científico-tecnológico han decaído son muy complejas y dependientes de múltiples factores, pero se sabe que uno de ellos es cómo se enseña. Unas materias que por naturaleza son atractivas y despiertan la curiosidad de muchos jóvenes, se ven empañadas por utilizar metodologías llamadas de “tiza y charla”, en las que el profesor va a clase, cuenta la lección, escribe fórmulas en la pizarra y se va a la siguiente sesión. Si se saliera de la zona de confort y se optara por la investigación, las clases serían más entretenidas y los alumnos podrían comprender los conceptos de manera más integrada. Esto no quiere decir que se deba de dar un giro de 180°, sino que se deben tratar de implementar y complementar metodologías clásicas con la investigación. El problema es que muchos profesores son reacios a salir del aula, según Sbarbati (2015), por miedo a no obtener los resultados esperados en el laboratorio, siendo esto muchas veces muy interesante, ya que abre la posibilidad de analizar qué o cómo se realizaron las experiencias para buscar el error o la diferencia.

- Se debe tratar de conseguir que las iniciativas que ya se están realizando lleguen al mayor número de personas posibles. Es cierto que ya hay gran cantidad de iniciativas gracias al trabajo y la buena voluntad de profesores, padres, madres, empresas o autoridades locales, pero el alcance que tienen estos es limitado, ya sea a nivel presupuestario o de influencias. Sería especialmente útil y necesario que autoridades de mayor calibre se volcaran con esta causa, tratando de crear interconexiones entre grupos que ya hacen iniciativas, ejerciendo como nexo de unión o desarrollando ellos las iniciativas sobre las que otros luego crezcan.

El siguiente punto sobre el que se puso el foco en el informe fue el análisis de lo que se observó en el trabajo de campo, realizándose diversos descubrimientos:

- Se podría aumentar el interés en la ciencia si se reorientara la pedagogía de su enseñanza, utilizando métodos de investigación. Esto contaría con diversos beneficios entre los que podemos encontrar, por ejemplo, más facilidad para conseguir que progresen alumnos con los que los métodos tradicionales no son eficaces, aumento del interés y participación femenina o continuar con un trabajo enfocado a la excelencia educativa.
- Los métodos de investigación son un buen nexo de unión entre contextos formales y no formales. El hecho de investigar, indagar, buscar la forma de crear el propio conocimiento da lugar a que haya mayores opciones de interrelación entre empresas, padres, madres, profesores, instituciones o asociaciones.
- La renovación metodológica parte de los profesores, con la creación de una red de información, existiría la posibilidad de que intercambiaran ideas y experiencias entre ellos de manera más fácil. Uno de los problemas que los profesores ven cuando optan por llevar a cabo iniciativas de esta índole es el aislamiento, cosa que no existiría si hubiera una red en la que pudieran intervenir libremente exponiendo sus trabajos, dudas o actividades, además de fomentar la motivación a otros compañeros.

- Ya hay dos iniciativas que están funcionando en Europa con resultados esperanzadores, *Pollen* y *Sinus-Transfer*, las cuales si son adaptadas a cada contexto nacional producirían un impacto inmediato y muy positivo. Sin entrar en demasiados detalles del funcionamiento de cada iniciativa, sí que resulta interesante ver qué puntos en común tienen, ambas presentan un enfoque innovador, no exigen cambios en el currículo y promueven una metodología basada en la investigación.

Tras ese incesante trabajo que realizó el grupo dirigido por Rocard, el último punto en el que centraron su atención fue dar unas recomendaciones para que Europa pueda saber qué camino debe seguir y así poder adquirir una educación científica adecuada que acabe dando sus frutos:

- Es necesario que los encargados de tomar decisiones exijan una mejora urgente en la enseñanza de la ciencia y tecnología a todos los niveles, europeo, nacional, regional y local.
- Se debe fomentar la formación del profesorado en nuevas metodologías respecto a la educación científica, promoviendo y apoyando que se introduzca la investigación en el aula. La nueva Ley de Educación en España siguió esta recomendación y se plasmó en la orden ECD 65/2015 en la que se regula la relación entre contenidos, competencias y criterios de evaluación.
- Es imprescindible que se tomen medidas, pero especialmente aquellas que afecten a las mujeres, para así fomentar su participación y aumentar su autoconfianza respecto a sus capacidades en temas científicos.
- Sería de gran ayuda que las buenas acciones no se limiten al ámbito educativo, hay que tratar de involucrar las ciudades, empresas y comunidades, ya que sus conocimientos pueden acelerar el ritmo de cambio que tanta falta hace.
- Los ejemplos de iniciativas como *Pollen* o *Sinus-Transfer* deberían ser seguidos en todos los países. Para que esto ocurra debe haber una mejor comunicación entre la Comisión Europea y cada nación.

Al igual que se realizó el Informe Rocard a nivel europeo, la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) redactó el Informe ENCIENDE (Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España), utilizando en este trabajo la parte dedicada a la enseñanza de las ciencias en España, dado que pese a formar parte de la Unión Europea, cada país tiene su idiosincrasia y por lo tanto este informe puede acercarnos más aún a la realidad que nos rodea.

Cabe destacar que este informe fue realizado en el año 2011, por lo que la LOMCE todavía no estaba redactada ni aprobada, sin embargo resulta igualmente útil debido a que las ideas, tendencias, conclusiones o estadísticas no cambian en plazos de tiempo cortos.

Como bien recoge la COSCE (2011), estamos empezando a cimentar las bases del cambio, ya que las políticas europeas están diseñando los currículos en torno a las competencias clave o básicas, entre las que se encuentra una específica de ciencias y tecnología.

Pese a que en teoría se les otorga un papel relevante, es una de las ocho competencias, si entramos a valorar más detenidamente su caso veremos que no es del todo cierto. Durante la educación primaria esta competencia se trata en la asignatura de *Conocimiento del medio natural, social y cultural* de forma que a la vez se tratan contenidos del área social.

Otros autores como Toma y Greca (2016) defienden que sería más positivo que esta competencia se trabajara con las matemáticas, debido a las características especiales de la educación primaria. En esta etapa la cantidad de profesores es más reducida y por tanto las horas que cada uno imparte a cada grupo son mayores, pudiendo dedicar más tiempo a realizar proyectos que integren las asignaturas CTIM. La metodología que proponen sería muy parecida a la resolución de un problema ingenieril. El profesor plantea el problema y llevan a cabo una investigación guiada, durante la cual los alumnos tendrán que utilizar aparatos y herramientas (parte tecnológica), para diseñar y realizar sus propios experimentos (parte científica), de manera que obtengan unos datos que deben registrar y analizar (parte matemática). Como se observa y pese a ser alumnos

de primaria, se trataría de ejercicios muy completos en los que existiría la posibilidad de hacer grupos, asignar roles, realizar las tareas y por último exponer y discutir los resultados tanto en un grupo como entre todos.

Sin desviarnos del tema de cómo y cuánto se trabaja la competencia en ciencia y tecnología, en primaria *Conocimiento del medio natural, social y cultural* tiene una carga horaria del 15% del total, por lo que se puede pensar que las ciencias se trabajan la mitad de ese tiempo, un 8% aproximadamente, y en secundaria *Física y Química* y *Biología y Geología* representan entre el 14% y el 18% de las horas (al ser optativas en 4º de ESO). Esto contrasta con el hecho de que las ciencias, las matemáticas y las lenguas tengan el mismo peso en las pruebas externas, como por ejemplo PISA, ya que la carga lectiva de matemáticas en primaria es del 17% y de la lengua puede ser de más de 35% si existe una lengua cooficial. En cuanto a la manera de trabajar la competencia, el currículo en España presenta un abanico de actividades a realizar, entre las que se pueden encontrar visitas, actividades de laboratorio o de exterior, pero al igual que señala el Informe Rocard, en la mayoría de casos no se llevan a cabo, y el profesor dedica el tiempo a dar explicaciones y realizar ejercicios.

Dentro del informe otro de los aspectos que se tuvo en cuenta fue el de resultados, tanto en función de la edad como en función del género, usando como método de valoración los resultados de las pruebas PISA.

Pese a la percepción que podemos tener del nivel, debido a que los medios de información son dados a exagerar los resultados tanto positivos como negativos, España se encuentra ligeramente por debajo de la media de la OCDE, y entrando más en detalle, la mayor diferencia está en el porcentaje de alumnos que se encuentran en un nivel competencial elevado (4% en España frente a 8% en OCDE), siendo los niveles medios y bajos muy parejos (78% nivel medio España, 74% nivel medio OCDE y 18% nivel bajo ambos).

Respecto al nivel competencial en ciencias en función del género no se observaron diferencias significativas ni en primaria ni en secundaria.

Otro de los aspectos estudiados en el informe fue la percepción que tienen los jóvenes sobre la ciencia en la escuela. Al igual que otros estudios, y en consecuencia con lo expuesto hasta ahora, existe un desinterés cada vez mayor hacia las ciencias. A pesar de que la valoran positivamente, tan solo la mitad cree que a nivel personal pueda ser algo relevante, dando lugar a una falta de vocación para querer trabajar como científicos o ingenieros.

En cuanto al profesorado que imparte las ciencias, en toda la Unión Europea existe la misma preocupación y no es otra que la calidad, ya que se ha comprobado que existen lagunas entre la formación y las necesidades reales. En muchos sitios no se corresponden los estudios que una persona ha cursado con aquello que imparte a lo largo del curso, debido en gran parte a la falta de efectivos. En España por el contrario no ocurre eso, la profesión docente resulta tremendamente atractiva, ya que es una profesión de por vida al ser un funcionario. Sin embargo se encuentra con otros problemas como puede ser la falta de incentivos, las limitaciones para realizar una formación continuada o la escasez de flexibilidad durante la carrera docente.

Resulta además interesante conocer cuáles son los perfiles de los profesores que imparten ciencia para saber los puntos fuertes y débiles que presenta cada uno. Por una parte está el profesor de primaria, una persona que ha cursado unos estudios de magisterio y que gracias a ello posee un gran dominio tanto en contenido pedagógico como didáctico, ya que gran parte de su formación la ha dedicado a trabajar contenidos comunes y prácticas en centros educativos. Por el contrario carece de formación específica de ciencias, por lo que tiene carencias en su contenido. En el lugar opuesto se encuentra el profesor de secundaria, una persona que ha cursado una carrera de índole científico-tecnológica a la que ha sumado más tarde un Máster en Formación del profesorado, por lo que posee muchos conocimientos científicos y está altamente especializado. Por desgracia, y pese a formarse en el Máster, tiene carencias en la parte pedagógica y didáctica.

Como se puede observar los perfiles de profesor de primaria y secundaria son totalmente diferentes y las fortalezas de uno son las debilidades del otro.

Tras la revisión de los informes Rocard y ENCIENDE se observa que poseen puntos en común y están en concordancia que lo que ya se ha expuesto en este trabajo:

- La motivación en los jóvenes hacia los estudios CTIM es baja
- La metodología que se utiliza debería ser revisada y mejorada
- Es necesario ayudar o amparar a los profesores, pues tienen grandes ideas e iniciativas
- Se debe empezar la enseñanza de las asignaturas CTIM en primaria, los niños tienen gran interés por esos temas y muchas veces al llegar a secundaria es demasiado tarde
- Hay que intentar que las mujeres quieran realizar estudios CTIM

LOMCE: NUEVO MARCO EDUCATIVO

Como consecuencia de esos estudios y ante las peticiones o exigencias de la Unión Europea, en el año 2013 salió a la luz la *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa*, o como la conocemos coloquialmente, la LOMCE. Esta ley viene a modificar la LOE (2006) y siempre estuvo rodeada de una gran polémica debido a que diversas Comunidades Autónomas consideraban que se mermaban sus competencias, además de los recortes presupuestarios de los que venía acompañada, lo que dio lugar a que hubiera dos huelgas generales de la educación, la primera en el año 2012 al ser presentado el borrador, y la segunda en 2013, una semana después de que fuese aprobada.

Cabe reseñar que hay claras referencias en la LOMCE (2013) a las recomendaciones que desde Europa se hicieron llegar a los países, concretamente en lo concerniente a las competencias básicas, como se puede observar en el noveno y decimocuarto punto del preámbulo, y que dicen lo siguiente:

“La simplificación del desarrollo curricular es un elemento esencial para la transformación del sistema educativo, simplificación que, de acuerdo con las

directrices de la Unión Europea, debe proporcionar un conocimiento sólido de los contenidos que garantice la efectividad en la adquisición de las competencias básicas” (p. 97864).

“La Ley Orgánica considera esencial la preparación para la ciudadanía activa y la adquisición de las competencias sociales y cívicas, recogidas en la Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave del aprendizaje permanente” (p. 97866).

Sin embargo, no fue hasta que se publicó la Orden ECD/65/2015 cuando se habló más detenidamente de esas competencias clave, de su importancia y de cómo deberían adquirirse durante la etapa educativa, haciendo mención a términos como *interdisciplinar* o *transversal*, *aprendizaje* o *trabajo colaborativo* e *investigación* o *indagación*, quedando claro que se apuesta por seguir las recomendaciones que desde Europa se realizaron.

La Orden ECD/65/2015 (2015) hace mención a la transversalidad de las competencias, a su dinamismo y su carácter integral, y que para poder dominarlas es necesario que las actividades de enseñanza-aprendizaje sean revisadas para poder abordarse más de una competencia cada vez. Este hecho concuerda con lo propuesto por Sanders (2009) para la educación CTIM, abordando situaciones en las que sea necesario utilizar conocimientos de más de una asignatura y por lo tanto más de una competencia deba ser dominada.

El trabajo o aprendizaje colaborativo aparece referido en la Orden ECD/65/2015 (2015) cuando se refiere a competencias como aprender a aprender, en las cuales el alumno tiene que ser consciente de qué estrategias le han servido anteriormente para su aprendizaje y de esa manera tratar de repetirlas. A veces esto no ocurre pues los alumnos se encuentran en situaciones totalmente desconocidas para ellos, es aquí donde tiene lugar el trabajo colaborativo, ya que un alumno puede recurrir a otro compañero para ver qué estrategia sigue, y a través de la imitación o la discusión ser capaz de adquirir ese aprendizaje. De este mismo caso habla Cortés (2014) cuando explica que las nuevas competencias están pensadas para que el alumno organice su cabeza y de rienda suelta a su imaginación, buscando dar más importancia a comunicar,

exponer, analizar, observar o valorar (todas ellas poseen un componente claro de interacción con otros) antes que recordar, memorizar o conocer.

Por último la Orden ECD/65/2015 (2015) hace especial hincapié en la investigación o indagación cuando se habla de la competencia matemática, científica y tecnológica, considerando que es una parte esencial para que los alumnos puedan alcanzar un buen dominio de la competencia y que eso les sirva para tener un aprendizaje más eficaz. En concordancia con esto podemos encontrarnos con lo expuesto por Rossi y Cordero (2015), que vieron cómo realizar una investigación en bachillerato resultó muy motivante para los alumnos, o Toma y Greca (2016), los cuales mediante una metodología de indagación consiguieron que la motivación y aprendizaje de varios grupos de alumnos fuera superior a la mostrada normalmente.

OBJETIVOS

Los principales objetivos del presente trabajo son:

- Desarrollar una propuesta de innovación formada por tres prácticas de Física y Química en el laboratorio con un enfoque investigativo.
- Comparar las propuestas con las prácticas que se hacen actualmente y valorar sus ventajas e inconvenientes.

Como objetivos secundarios nos planteamos:

- Encontrar las razones por las que la cantidad de alumnos que están interesados en asignaturas CTIM ha descendido.
- Ver la realidad de las mujeres en estos campos.
- Revisar los textos y los estudios del estado de la cuestión en materia de educación y las leyes.
- Analizar alguna de las propuestas ya existentes, principalmente KIKS.

PROPUESTA DE INNOVACIÓN

TEORÍAS DEL APRENDIZAJE

Antes de comenzar a hablar sobre la propuesta de innovación, sería apropiado hablar de aquellos autores que hemos tratado en clase y de los que hemos leído textos, autores entre los que se encuentran Jean Piaget, Lev Vygotsky, Jerome Bruner o David Ausubel, y cómo sus ideas se puede asemejar a lo que se plantea en este trabajo y en la propuesta de innovación.

A pesar de las diferencias que presenta cada uno de ellos, todos pueden ser incluidos dentro de lo que se llama cognitivismo o teorías cognitivas, que son aquellas que focalizan su atención en conocer los fenómenos o procesos internos que ocurren en las personas cuando aprenden.

Comenzando por Jean Piaget, según Vielma y Salas (2000), consideraba que cada acto de aprendizaje constaba de dos conceptos, la asimilación y la acomodación. En la asimilación, la persona interioriza todo aquello que le rodea, ya sean situaciones, hechos u objetos en las formas de pensamiento que ya posee, dando la sensación de que “empaqueta” todo aquello que va incorporando junto a las cosas que se le parecen que ya conoce. En la acomodación, la persona hace lo contrario, cambia o crea nuevos “paquetes” o “cajas” donde guardar lo que va aprendiendo, de manera que puede crear estructuras mentales más adecuadas con el paso del tiempo. Parece ser que la asimilación es un proceso más sencillo en el que todo lo que se encuentra se va clasificando y cuando esa clasificación es inadecuada o incompleta es cuando tiene lugar la acomodación, creando nuevas clasificaciones mediante las cuales todo el conocimiento del mundo que le rodea y que posee se ajusta mejor.

Como bien dicen Medina (2000) y Delval (2002), esos procesos de asimilación y acomodación que tienen lugar entre el objeto (mundo) y el sujeto desde su nacimiento (persona), suceden continuamente, ya que el hecho de descubrir y conocer algo hará que nuestro conocimiento varíe, dando lugar a sucesivas interacciones entre ambos, es un proceso continuo. Es por ello que el mundo

que conocemos cuando somos unos niños puede distar enormemente del que conocemos como adultos, confirmando que ese proceso permanente tiene lugar.

La asimilación y acomodación de conocimientos puede tener además, relación con la idea se tiene en este trabajo, la de utilizar la investigación en el laboratorio como método de aprendizaje. Al alumno se le presentará un problema o situación que deberá tratar de resolver, para lo cual deberá intentar de interiorizar y comparar con aquello que ya sepa y de esa manera buscarle una solución. Esto puede concordar con lo que Delval (2002) comenta de Piaget, pues propone que el sujeto aprende solo y que no necesita de la ayuda de otro para desarrollar sus conocimientos.

Otro autor como Lev Vygotsky, como nos cuentan Vielma y Salas (2000), consideraba que el aprendizaje de los niños era un proceso con una fuerte componente social y cultural, por el contrario de Piaget que le atribuía al componente genético mayor importancia. Esta idea de Vygotsky resulta paradójica, ya que en la actualidad nuestra sociedad está altamente tecnificada, cosa que chocaría con que el aprendizaje depende del factor social. La única manera de que esto pueda ser cierto es que la ciencia y sobre todo la tecnología, al avanzar tan rápidamente, no se han interiorizan socialmente y por lo tanto todavía no lo consideramos como algo propio. Aun así esta idea es muy interesante, ya que queda claro que en cada grupo social hay una serie de costumbres características, e incluso dentro de un propio grupo se pueden crear subgrupos con notables diferencias (como ejemplo se puede ver cómo en regiones distintas de un mismo país hay actos o costumbres diametralmente opuestos), como bien apunta Delval (2002)

Uno de los elementos que más importancia tenían para Vygotsky era el lenguaje, como es de esperar, en una sociedad con unas costumbres y unos conocimientos, la forma de transmitirlos de una persona o generación a otra es el lenguaje. Como bien dice Aguiar (2011), cuando un alumno va a un laboratorio muchas veces carece de la experiencia necesaria para realizar una práctica, es ahí donde el lenguaje se presenta fundamental, siendo el mediador entre lo que el profesor enseña y lo que el alumno aprende.

Un concepto también introducido por Vygotsky y que parece contradecir a Piaget es el de *Zona de Desarrollo Próximo* el cual es un proceso necesariamente asistido por otras personas y que, palabras de Vielma y Salas (2000), expresa la diferencia entre lo que puede aprender solo un individuo de forma independiente y lo que puede aprender de forma asistida. Parece que este concepto es usado muchas veces en las aulas o laboratorio de ciencias, y puede ser la base para hacer más adelante trabajos de investigación en el laboratorio. El problema que presenta la ejecución de esta idea es el poder ajustar el nivel de esa Zona, ya que si somos muy ambiciosos podemos hacer que los alumnos se frustren por no poder llegar al siguiente estadio o si somos poco ambiciosos los alumnos pueden encontrar poco motivante lo que les pedimos.

En lo respectivo a Jerome Bruner, Esteban (2009) comenta que tuvo dos etapas en su dilatada carrera, la que él denomina la etapa de revolución cognitiva y la de revolución cultural, ambas bastante diferenciadas, y que se acercan a las ideas de Piaget y Vygotsky respectivamente.

A modo de resumen podemos decir que la etapa de revolución cognitiva se caracteriza por tres ideas:

- El aprendizaje se hace por descubrimiento, el profesor tan solo debe hacer que el contenido sea motivante y el alumno debe interiorizarlo. Es evidente la influencia de Piaget en esta idea.
- Los contenidos o información deben presentarse de manera adecuada al alumno.
- El currículo debe tener forma de espiral, trabajando los conceptos y contenidos cada vez con mayor profundidad. Aquí también se puede ver la influencia de Piaget en esa continua interacción sujeto-objeto.

En cuanto a la etapa de revolución cultural, también se puede adecuar bien a tres implicaciones, introduciendo además la idea de andamiaje, como bien dicen Esteban (2009) y Vielma y Salas (2000):

- El profesor debe guiar en el proceso de enseñanza, adecuando su ayuda al nivel de competencia de cada uno. Esta idea parece basada en la Zona de Desarrollo Próximo de Vygotsky.
- El lenguaje es el medio que utilizamos para compartir y construir significados, para conocer, de esta forma entendemos el mundo que nos rodea.
- Es importante que los procesos de enseñanza-aprendizaje tengan lugar mediante prácticas cooperativas y trabajos en grupo.

Para el presente trabajo, las ideas de Bruner resultan muy adecuadas, ya que el concepto de andamiaje o la importancia del trabajo cooperativo resultan básicos para poder hacer investigación en el laboratorio.

Por último nos encontramos con David Ausubel, autor de la teoría de aprendizaje significativo. Esta teoría, como comenta Urbina (1999), dice que los conocimientos que los sujetos van incorporando lo que aprenden a sus conocimientos previos, relacionándose con los que poseía anteriormente.

También Ausubel destaca que este tipo de aprendizaje se hace por recepción, por lo que el papel del profesor es muy relevante, ya que es él quien estructura la materia y contenido que el alumno recibe, siendo esta teoría totalmente opuesta al aprendizaje por descubrimiento que otros autores proponen.

Autores como Nieto, Carrillo, González, Montagut y Sansón (2005), defienden que el aprendizaje significativo tiene lugar en el laboratorio o cuando se hacen actividades experimentales, ya que si estas están bien estructuradas, pueden hacer que los nuevos conocimientos sean añadidos a los ya existentes, mediante un proceso en el que inicialmente adquieren la información, que después reestructuran con un nuevo significado. Este concepto parece que muestra similitudes con la acomodación de Piaget, con la salvedad de que obliga a que existan unos conocimientos previos de aquello que se presenta.

TIPOS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Este trabajo tiene como principal objetivo el hacer que las prácticas en el laboratorio de Física y Química estén basados en la indagación o investigación, pero no sin antes hablar de los distintos tipos que existen, valorando sus ventajas y desventajas.

Como bien dice Durango (2015), la elección del tipo de práctica a realizar y el tipo de instrucción o estilo depende del objetivo que el profesor pretenda alcanzar en ese trabajo y también depende del aprendizaje que espera que los alumnos obtengan.

Dentro de las múltiples clasificaciones que aparecen en diversos textos, se ha considerado que la utilizada por Domin (1999) es la más adecuada, y lo enfoca desde tres perspectivas: el resultado, el enfoque y el procedimiento. Esto da lugar a cuatro estilos de trabajo en el laboratorio: expositivo, resolución de problemas, por descubrimiento o investigativo, como se muestra en la Tabla 5.

Estilo	Resultado	Enfoque	Procedimiento
<i>Expositivo</i>	Predeterminado	Deductivo	Proporcionado
<i>Res. de problemas</i>	Predeterminado	Deductivo	Generado por alumno
<i>Descubrimiento</i>	Predeterminado	Inductivo	Proporcionado
<i>Investigativo</i>	Indeterminado	Inductivo	Generado por alumno

Tabla 5. Estilos de enseñanza en el laboratorio según Domin (1999)

Como se puede observar, en función del resultado nos encontramos que estos pueden ser predeterminados o indeterminados. En el caso de los experimentos con resultado predeterminado, se conoce de antemano cual será el resultado cuando la práctica llegue a su fin, incluso en la resolución de problemas el profesor los conoce y dirá si los resultados son o no correctos. Por el contrario, si el resultado es indeterminado desconoceremos que puede ocurrir, por lo que

es necesario que el proceso se haya realizado correctamente para evitar interferencias.

En cuanto al enfoque también nos encontramos con una dicotomía, por un lado habrá un enfoque deductivo en el que los alumnos van a tener que aplicar un principio específico de los aprendidos en clase que explicaría el fenómeno que ocurre en la práctica. En cambio si el enfoque es inductivo ocurre el caso opuesto, los alumnos verán un fenómeno que derivará en descubrir qué principio es el que lo rige.

Por último está el tipo de procedimiento que se va a utilizar, diferenciándose en proporcionado o generado. El proporcionado es el que más conocemos, en el que el profesor da un guion que los alumnos siguen punto por punto, en contraposición está generar el procedimiento, los alumnos deben diseñar los pasos que han de seguir para poder hacer un experimento útil.

Se puede observar claramente, cómo los resultados indeterminados son los que ocurren realmente cuando se investiga en el laboratorio, ya que realiza un experimento y rara vez sabe qué resultado va a obtener. Lo mismo ocurre con el enfoque, en las investigaciones que tienen lugar en empresas o centros, el cual es inductivo. Al igual que con el procedimiento, cuando se investiga el procedimiento se va generando, ya que es imposible hacer una investigación pura si seguimos todos los pasos que otros nos han marcado.

Tras introducir el tipo de variables y de prácticas que pueden realizarse, hablaremos sobre ellas, sus ventajas y desventajas:

- Instrucción expositiva

Es el método más utilizado y a la vez más criticado de los cuatro. No existe ningún tipo de libertad ni creatividad, ya que se suele llevar a cabo tras una explicación teórica sobre un tema en concreto y para afianzar esos conocimientos se va al laboratorio. Allí el profesor realiza el experimento siguiendo un guion, que también seguirán los alumnos de manera simultánea. Si es el método más usado cuando a priori no parece muy positivo para los alumnos es porque reporta beneficios debido a que

permite minimizar coste de material, de espacio, de tiempo, de personal y de equipamiento a la vez que se maximiza la cantidad de alumnos que lo pueden hacer al mismo tiempo.

- Instrucción de resolución de problema

Este método se está convirtiendo en una alternativa muy utilizada últimamente en detrimento de la exposición. Se les realiza una serie de preguntas a los alumnos que deben ir contestando, proporcionando el profesor todo el material necesario para que lo hagan pero sin facilitarles el camino a seguir para encontrar la solución. Así los alumnos deberán realizar un informe en el que describan el procedimiento que han seguido, los resultados obtenidos y las conclusiones que extraen. El problema de este tipo de instrucción es la demanda de recursos que son necesarios, y que muchas veces los alumnos le dan mayor importancia a los resultados que al proceso de su obtención.

- Instrucción mediante descubrimiento guiado

En este método los alumnos acceden al laboratorio sin ningún tipo de explicación previa sobre un tema y se encuentran con un procedimiento a seguir. El profesor es quien guía a los alumnos, contando qué deben hacer o qué datos deben recoger de la experiencia que realizan. Al realizar la experiencia, observar el fenómeno y obtener los datos, son ellos los que después deben extraer la información para poder plantear una hipótesis sobre un principio o ley. El papel del profesor también es importante en cuanto a que él conoce cuál debe ser el resultado de la experiencia y debe ir guiando a sus alumnos para que al final este sea el correcto. En cuanto a los problemas que este método presenta nos podemos encontrar con la cantidad de recursos, principalmente tiempo, que son necesarios para que se lleve a cabo o que un grupo de alumnos sea incapaz de descubrir lo que se desea. Respecto a esto, hay autores que critican que si hay varios grupos trabajando simultáneamente, tan solo uno realmente descubrirá el principio que se quiere enseñar, ya que cuando estos lo hagan, los demás lo verán y serán privados de ello.

- Instrucción por investigación

Este método es el que ocurre en la vida real, cuando alguien trabaja en el laboratorio casi siempre tiene que idear el procedimiento a seguir, desconoce qué resultados va a obtener y el aprendizaje tendrá lugar mediante un proceso inductivo. Cuando se trabaja así en el aula, el profesor proporcionará una frase o idea lo suficientemente ambigua o abstracta para que los estudiantes sean los que decidan el sistema de investigar, diseñen sus propios experimentos y recopilen y analicen los datos que consideren, o lo que es lo mismo, la responsabilidad recae en los alumnos. Como se puede observar, este tipo de trabajo no sólo pone a prueba las capacidades de los alumnos en el laboratorio, también exige que sean capaces de tener un pensamiento formal, ya que deben imaginar escenarios que nunca han ocurrido.

Este tipo de actividades requieren que el estudiante formule el propio problema, relacione lo que va a investigar con sus conocimientos previos, establezca el propósito de la investigación, prediga un posible resultado, cree el procedimiento y finalmente lleve a cabo la investigación. Como se observa, se siguen los pasos del método científico, no siendo el resultado final lo más importante, sino el proceso de la investigación, ya que implica haber realizado diversas operaciones, por lo que en vez de “hacer ciencia” se habrá “aprendido ciencia”.

Los detractores de este método argumentan que los estudiantes deben simultáneamente atender a nuevos conceptos, a utilizar material de laboratorio que no les es familiar y a resolver problemas con una metodología novedosa, lo que requiere mucho tiempo y esfuerzo por su parte y por la del profesor también.

PROYECTO KIKS

Siguiendo este tipo de instrucción por investigación, nació en abril de 2016 el Proyecto KIKS (Kids inspire Kids for STEAM), con el apoyo de la Unión Europea, proyecto cuya duración es de dos años y en el cual participan centros de España, Finlandia, Inglaterra y Hungría.

Como cuentan Diego-Mantecón y cols. (2017a), el proyecto trata de fomentar el interés de los alumnos de secundaria de entre 14 y 16 años por las asignaturas CTIM. Para crear ese interés la idea es hacer grupos de alrededor de cinco alumnos que serán liderados por uno o más profesores de áreas CTIM, cuya misión será la de realizar un proyecto que implique varias áreas científicas, matemáticas, ingenieriles, tecnológicas o artísticas, dando lugar a un trabajo multidisciplinar.

Lo atractivo de KIKS es que los proyectos que se lleven a cabo serán investigaciones propuestas por los propios alumnos, por los profesores o por un coordinador de KIKS, y a su vez el desarrollo de la actividad será responsabilidad de los alumnos, siendo el profesor únicamente un tutor o guía, pero nunca tomando el protagonismo de su realización.

Diego-Mantecón y cols. (2017b) comentan que al tratarse de proyectos de investigación propuestos por los alumnos, casi siempre son problemas abiertos, por lo que los proyectos carecen de una estructura fija, será el grupo el que tenga que idear y diseñar todo el procedimiento a seguir para la resolución, obteniendo en la mayoría de los casos un producto. Es cierto que al tratarse de proyectos de investigación el requerimiento de horas y sesiones puede incrementarse, y la organización es clave, pero debido a lo motivantes y novedosas que son, eso no suele acarrear ningún problema.

Otro aspecto positivo de KIKS es que el trabajo no concluye al realizar la actividad, todo lo contrario, es ahí cuando comienza la acción. Al tratarse de un proyecto internacional, los alumnos deben presentarla a sus homólogos de los demás países mediante dos formatos (ambos en inglés):

- PowerPoint o texto en el que hagan una presentación de quién ha participado, describiendo a su vez la actividad, cómo la han desarrollado y los resultados obtenidos.
- Vídeo en el que se sigan los mismos pasos que en el PowerPoint, salvo que en esta ocasión existe la posibilidad de centrarse más detenidamente en algún detalle o aspecto que sea de especial interés.

Al realizar estas dos producciones la presentación también se puede hacer de dos formas, mediante Skype por videoconferencia o en los encuentros nacionales e internacionales que tienen lugar, permitiendo de esta forma un intercambio de información y experiencias, además de ser un elemento más para fomentar la motivación.

Como se puede observar, este proyecto está ideado para subsanar las deficiencias que Rocard y sus colaboradores (2006) detectaron cuando realizaron su informe, ya que, se utiliza una metodología distinta a la actual y se apuesta por la investigación, se crea una red de conocimiento entre los centros participantes donde compartir experiencias y actividades, se podría crear una conexión de educación formal-no formal buscando ayuda de la comunidad y se aumentaría la motivación del alumnado.

NUESTRA PROPUESTA

La propuesta que se realiza en este trabajo está enfocada a la investigación, utilizando prácticas que se realizan en el aula de manera cotidiana con modificaciones para que sean los alumnos quienes generen su propio conocimiento, de manera que aumente la motivación por hacer las tareas y el interés por la asignatura. Además ambas prácticas están pensadas para 3º de ESO, siendo aún Física y Química una asignatura obligatoria, por lo que podremos llegar a todos los alumnos y la influencia de lo que hagamos será mayor.

La idea que se plantea es realizar tres prácticas enfocadas como investigaciones, las cuales son modificaciones de prácticas clásicas o

expositivas, haciendo después una comparación entre ambas y resaltando qué aspectos positivos se destacarían de esas variaciones. La mecánica en las investigaciones seguirá un proceso de dos pasos: el primer día se entregará una ficha en la que se les hará una pregunta a los alumnos sobre la que tendrán que buscar información e idear un plan y el segundo día se irá al laboratorio para llevar a cabo ese plan que ellos mismos han ideado, no sin antes haber sido validado por el profesor.

Los grupos de trabajo lo formarán tres alumnos: un coordinador cuyo papel será el de verificar las cosas y ser el nexo de unión entre el grupo y el profesor, un buscador cuyo papel será el de buscar la información, y un realizador que será quien realice el experimento. El plan lo diseñan entre los tres miembros.

Como se puede observar, proponer las prácticas como investigaciones hace que se sigan los pasos del método científico:

- Observación de un fenómeno o problema
- Formulación de una hipótesis
- Experimentación en el laboratorio
- Comparación de los resultados
- Realización de una teoría

El primer ejemplo de práctica será la destilación de un vino de mesa para demostrar que es una mezcla homogénea, y que sus componentes se pueden separar mediante ese método físico, reconociendo qué se ha destilado y qué se ha quedado como rechazo.

El segundo ejemplo de práctica será la disolución y cristalización de sulfato de cobre pentahidratado, proponiendo a los alumnos que intenten conseguir los cristales de mayor tamaño posible, para lo cual deberán identificar las posibles variables que afecten al proceso y actuarán sobre ellas.

El tercer ejemplo de práctica será una combustión, proponiendo a los alumnos que sean ellos los que busquen un material que confirme que en las combustiones puede haber ganancia de masa. Un ejemplo muy clarificador y sencillo es utilizando lana de acero.

PRÁCTICA 1: DESTILACIÓN DEL ETANOL DEL VINO (enfoque expositivo)

1. MATERIAL

Matraz redondo, termómetro, embudo de líquidos, refrigerante, erlenmeyer, plato poroso¹, mechero Bunsen, pies (soportes), aro, rejilla, tapones perforados, pinzas, nueces, gomas, agua y vino.

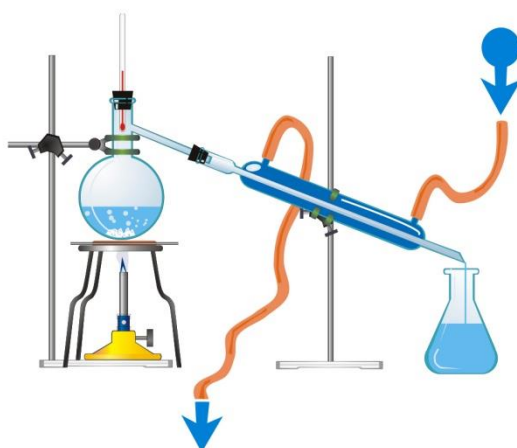
2. FUNDAMENTO

DESTILACIÓN. Método de separación utilizado para separar dos líquidos miscibles (que se mezclan) y que tienen diferentes puntos de ebullición. La mezcla se introduce en un recipiente y se calienta. Cuando se alcanza la temperatura de ebullición del primer líquido, éste se convierte en vapor que se hace pasar por un tubo refrigerado (refrigerante) en el que se enfría y condensa. La fracción destilada, se recoge en estado líquido como sustancia pura.

La separación del etanol del vino se puede llevar a cabo mediante una destilación simple ya que, además de otros componentes, en el vino tenemos dos líquidos miscibles (etanol y agua) con puntos de ebullición diferentes.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- 1) Realizar el montaje de la destilación que aparece dibujado.



- 2) Comprobar que las gomas están correctamente conectadas. Las flechas del dibujo indican la entrada del agua (la primera goma va enganchada al grifo) y la salida (esta segunda goma se mete en el desagüe²).
- 3) Quitando el termómetro, añadir con un embudo de líquidos el vino³.
- 4) Volver a poner el termómetro y comprobar que el montaje está bien sellado⁴.
- 5) Encender el agua que pasará por el refrigerante.
- 6) Encender el mechero (mechero Bunsen o bombona de butano, etc.). Al principio calentar más rápidamente pero luego ajustar un fuego medio.
- 7) Recoger el destilado en el erlenmeyer y apuntar la temperatura a la que destiló.
- 8) Apagar el fuego cuando no haya más destilado y la temperatura comience a subir.
- 9) Cuando todo el material se haya enfriado limpiar y recoger.

4. RESULTADOS

Recogemos la fracción de destilado que condensa a través del refrigerante cuando el termómetro indica una temperatura de 78 °C.

5. PREGUNTAS

¿Qué líquido sale por el final del refrigerante?

Cuando se destila el vino, ¿se produce un cambio físico o químico? ¿Por qué?

Suponiendo la misma temperatura y tiempo, ¿crees que todos los vinos destilan igual de rápido y se obtiene la misma cantidad de alcohol de ellos?

¿Cómo conseguir que la destilación sea más rápida?

¹ El plato poroso es un trozo de material cerámico que disminuye la formación de grandes burbujas cuando la mezcla del matraz comienza a tomar una temperatura elevada.

² Recuerda que en la goma que va al desagüe podemos poner una nuez para que, al conectar el agua, éste no se salga y nos manche toda la mesa de trabajo.

³ Nunca llenar más de la mitad del matraz. Si queremos destilar más cantidad, pondremos un matraz de mayor capacidad.

⁴ Y así evitar que los vapores de etanol se escapen.

PRÁCTICA 1: DESTILACIÓN DEL ETANOL DEL VINO (enfoque investigativo)

GRUPO DE TRABAJO:

Coordinador:

Buscador de información:

Realizador del plan:

INVESTIGA: ¿El vino es una sustancia pura o una mezcla?

PLAN DE TRABAJO: Elabora una hipótesis y el plan de trabajo que vas a seguir para hacer la investigación (Si tienes problemas pregunta a tu profesor para que te de pistas)

REVISA: Pide a tu profesor que revise tu plan y los aparatos que vas a utilizar, cuando le dé el visto bueno, puedes comenzar con el experimento.

EXPLICA: Explica brevemente el problema que has resuelto

MATERIALES: Haz una lista con el material que has necesitado

EJECUCIÓN: Operaciones y manipulaciones que se han realizado

CÁLCULOS: Cálculos y resultados del experimento

CONCLUSIONES:

UTILIDAD: Busca una utilidad del experimento en situaciones de la vida real

PRÁCTICA 2: FORMACIÓN DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE (enfoque expositivo)

1. MATERIALES Y REACTIVOS

Balanza electrónica, mechero Bunsen, pies (soportes), rejilla, termómetro, vaso de precipitados, matraz Erlenmeyer, embudo, papel de filtro, cristizador, sulfato de cobre pentahidratado y agua destilada.

2. FUNDAMENTO

CRISTALIZACIÓN. Método de separación de sustancias utilizado para obtener un sólido en forma de cristal. Mediante este procedimiento se pueden aislar o purificar sustancias. La cristalización se puede realizar de dos formas, ya sea forzando la evaporación de la disolución mediante calentamiento o dejando que la evaporación ocurra de manera natural.

La cristalización del sulfato de cobre se realizará utilizando un método mixto, ya que primero calentaremos la disolución, pero después dejaremos que la evaporación sea natural, poniendo la disolución en un cristizador.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- 1) Pesar 20 gramos de sulfato de cobre en la balanza electrónica.
- 2) Colocar el soporte, apoyando sobre él la rejilla y encendiendo debajo el mechero (mechero Bunsen o bombona de butano, etc.).
- 3) En un vaso de precipitados, verter 50 mL de agua destilada y colocar sobre la rejilla.
- 4) Cuando el termómetro marque 50°C, agregar los 20 gramos de sulfato de cobre y agitar.
- 5) Una vez que el sulfato esté totalmente disuelto, colocar el embudo con papel filtrante sobre el matraz Erlenmeyer y filtrar la disolución.
- 6) Colocar el matraz Erlenmeyer sobre la rejilla y calentar la disolución hasta ebullición.
- 7) Cuando el volumen de la disolución se haya reducido hasta aproximadamente la mitad, apagar el mechero y dejar que se enfríe a temperatura ambiente.

- 8) Verter la disolución en un cristizador y dejar que se vaya evaporando hasta que se formen los cristales y no quede líquido (el proceso dura varios días)
- 9) Cuando todo el material se haya enfriado limpiar y recoger.

4. RESULTADOS

Se obtendrán cristales de sulfato de cobre pentahidratado de distintos tamaños, pero todos ellos con la misma forma, prismas oblicuos rectangulares.

5. PREGUNTAS

¿Por qué se calienta el agua antes de agregar el sulfato?

¿Para qué se filtra la disolución antes de calentarla?

Cuando se disuelve el sulfato, ¿se produce un cambio físico o químico? ¿Por qué?

PRÁCTICA 2: FORMACIÓN DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE (enfoque investigativo)

GRUPO DE TRABAJO:

Coordinador:

Buscador de información:

Realizador del plan:

INVESTIGA: ¿Cómo conseguir cristales de sulfato de cobre lo más grandes posibles?

PLAN DE TRABAJO: Elabora una hipótesis y el plan de trabajo que vas a seguir para hacer la investigación (Si tienes problemas pregunta a tu profesor para que te de pistas)

REVISA: Pide a tu profesor que revise tu plan y los aparatos que vas a utilizar, cuando le dé el visto bueno, puedes comenzar con el experimento.

EXPLICA: Explica brevemente el problema que has resuelto

MATERIALES: Haz una lista con el material que has necesitado

EJECUCIÓN: Operaciones y manipulaciones que se han realizado

CÁLCULOS: Cálculos y resultados del experimento

CONCLUSIONES:

REFLEXIÓN: Tras haber realizado la experiencia, ¿tendrías en cuenta alguna variable que no contemplaste al realizar el experimento?

PRÁCTICA 3: COMBUSTIÓN DE LANA DE ACERO (enfoque expositivo)

1. MATERIALES Y REACTIVOS

Balanza electrónica, crisol de porcelana, mechero largo, lana de acero

2. FUNDAMENTO

COMBUSTIÓN. Reacción producida entre un combustible y un comburente en la que se desprende una gran cantidad de calor. Dicho de otra forma, reacción entre un material oxidable y oxígeno en la que se desprende mucho calor. Para que la combustión tenga lugar normalmente es necesario aplicar una cantidad de calor inicial, que hará que la reacción comience.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- 1) Encender la balanza electrónica.
- 2) Colocar encima el crisol de porcelana y tarar, de forma que la balanza marque 0,0 gramos.
- 3) Coger un trozo de lana de acero, ahuecar con los dedos y poner sobre el crisol.
- 4) Apuntar el peso de la lana de acero que aparece en la balanza.
- 5) Con un mechero largo prender fuego a la lana de acero. Tener mucho cuidado al hacerlo ya que la combustión de la lana desprende mucho calor.
- 6) Comprobar que se ha quemado toda la lana. Para saberlo hay que mirar el color, si es gris claro no se habrá quemado, si es gris oscuro ya lo habrá hecho. En caso de no haberse quemado completamente, prender por donde no esté.
- 7) Cuando toda la lana esté quemada volver a apuntar el peso que marca la balanza.
- 8) Cuando todo el material se haya enfriado limpiar y recoger.

4. RESULTADOS

Tras la combustión de la lana, habrá habido un aumento de masa, debido a que la lana de acero es una aleación de hierro con un poco de carbono, que al quemarse se habrá transformado en óxido de hierro.

5. PREGUNTAS

¿Cuánto ha aumentado la masa tras la combustión? Indicar masa antes, después y diferencia

¿La combustión es un proceso físico o químico?

¿Qué tipo de óxido crees que se ha formado en la combustión, óxido de hierro (II) u óxido de hierro (III)? Razona en base a los datos que posees

PRÁCTICA 3: COMBUSTIÓN DE LANA DE ACERO (enfoque investigativo)

GRUPO DE TRABAJO:

Coordinador:

Buscador de información:

Realizador del plan:

INVESTIGA: ¿En una combustión se gana o pierde masa?

PLAN DE TRABAJO: Elabora una hipótesis y el plan de trabajo que vas a seguir para hacer la investigación (Si tienes problemas pregunta a tu profesor para que te de pistas)

REVISA: Pide a tu profesor que revise tu plan y los aparatos que vas a utilizar, cuando le dé el visto bueno, puedes comenzar con el experimento.

EXPLICA: Explica brevemente el problema que has resuelto

MATERIALES: Haz una lista con el material que has necesitado

EJECUCIÓN: Operaciones y manipulaciones que se han realizado

CÁLCULOS: Cálculos y resultados del experimento

CONCLUSIONES:

UTILIDAD: Busca una utilidad del experimento en la industria

A la vista de las prácticas y sus versiones, se podrían enumerar las ventajas y desventajas de realizarlas a modo de investigación.

Ventajas:

- Se siguen los pasos del método científico para la consecución de la práctica. Se aprende a observar un fenómeno o identificar problema, realizar un análisis e hipótesis del mismo, idear una manera de solucionarlo, experimentar y extraer los datos, analizar los resultados y comparar los mismos con la hipótesis inicial.
- Se trabajan de manera más eficiente competencias claves como la competencia digital (deben buscar información antes de ir al laboratorio) o aprender a aprender (crear una estrategia para planificar la tarea o evaluar los resultados obtenidos).
- Se fomenta el trabajo en equipo, el reparto de funciones y responsabilidades. Los alumnos deben conocer sus puntos fuertes y débiles, de esa manera adoptarán unos roles que maximicen la efectividad del trabajo. También se mejora su autoestima, ya que al responsabilizarse cada uno de una función, se hacen indispensables todos para la consecución exitosa del experimento.
- Se produce un aprendizaje significativo. Los alumnos, que ya poseen unos conocimientos previos teóricos, van a ser capaces de relacionar la práctica con la teoría. De esta forma se obtienen dos beneficios, por una parte van a profundizar más en esos conocimientos y por otra van a ser capaces de relacionar esa teoría con la vida real, descubriendo qué utilidades tiene el método usado en las actividades cotidianas.

Desventajas:

- Requiere un esfuerzo por parte de los docentes. El profesor debe modificar las prácticas para orientarlas hacia la investigación, lo que supone que emplee tiempo y que tenga mayor conocimiento del tema.
- Los recursos utilizados son mayores. Al trabajar en grupos de pocos alumnos es necesario que haya más materiales y más atención por parte del profesor ante posibles dudas (es recomendable contar con ayuda de

otros docentes, para poder tener apoyo en el laboratorio o hacer un desdoble si el centro cuenta con más de uno).

- Si los alumnos no se implican puede fracasar la experiencia. Cuando las prácticas se hacen siguiendo un guion los alumnos solo deben seguirlo a modo de receta para conseguir llegar al final, sin necesidad de que les guste o sientan interés. Cuando se plantea una investigación, la implicación debe ser mayor, ya que si uno de los componentes del grupo no atiende a sus responsabilidades es probable que el experimento no se pueda realizar por faltar partes que son claves para su consecución.

CONCLUSIONES

- La cantidad de jóvenes que escogen realizar estudios CTIM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) es cada vez menor, los datos del Ministerio de Educación así lo demuestran.
- Los alumnos consideran las asignaturas CTIM complicadas y poco motivantes, lo que ha dado lugar a una falta de interés en ellos.
- Identificar las causas del descenso de interés es complicado, pero se sabe que una de ellas es la metodología que se utiliza en las clases.
- Este es un fenómeno global y que se lleva extendiendo en el tiempo desde hace más de una década.
- La Unión Europea se ha marcado el objetivo de revertir esta situación, conocedores de la importancia a nivel económico y social de tener trabajadores cualificados en el ámbito científico-tecnológico.
- Desde la legislación comunitaria y nacional (LOMCE) se aboga por un cambio metodológico que apuesta por el trabajo investigativo, interdisciplinar y cooperativo.
- Este cambio se debe realizar desde Educación Primaria, atacando el problema de raíz y fomentando que los alumnos se interesen por la ciencia y se familiaricen con ella.
- Ya se han creado proyectos para subsanar el problema, entre los que están Pollen, Sinus-Transfer o KIKS, en los que se hace un trabajo basado en la investigación.
- Ha quedado demostrado con esos proyectos que las metodologías basadas en la investigación son efectivas, aumentando la motivación, mejorando los resultados académicos de los alumnos con dificultades y facilitando el aprendizaje.
- Cambiar la metodología es un proceso que conlleva un tiempo, por lo que parece adecuado realizar prácticas basadas en la investigación pero sin dejar de hacer otras de tipo expositivo o de resolución de problemas, a las que los alumnos están más acostumbrados.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, E. A. (2011). El aprendizaje práctico de la química y el uso de los signos de Tolman y Vygotsky. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (3), 282-290.
- Confederación de Sociedades Científicas en España (2011). *Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España*. Barcelona: Rubes Editorial.
- Cortés, A. (2014). El nuevo currículo LOMCE y el trabajo por competencias. *Fórum Aragón: revista digital de FEAE-Aragón sobre organización y gestión educativa*, 12, 30-33.
- Delval, J (2002). Vygotski y Piaget sobre la formación del conocimiento. *Investigación en la escuela*, 48, 13-38.
- Diego-Mantecón, J. M.; Blanco, T. F.; González, M. J.; Istúriz, M. P.; Gorgal, A.; González-Ruiz, I.; Búa, J. B. y Recio .T. (2017a). Proyecto KIKS (Kids Inspire Kids for STEAM). *En VIII Congreso Iberoamericano de educación matemática*. Recuperado de: <https://www.kiks.unican.es/wp-content/uploads/2017/05/PROYECTO-KIKS-Kids-inspire-Kids-for-STEAM.pdf>
- Diego-Mantecón, J. M.; Blanco, T. F.; González, M. J.; Istúriz, M. P.; Gorgal, A.; González-Ruiz, I.; Búa, J. B. y Recio .T. (2017b). Desarrollo de cinco actividades STEAM con formato KIKS. *En VIII Congreso Iberoamericano de educación matemática*. Recuperado de: https://www.kiks.unican.es/wp-content/uploads/2017/05/Taller_kiks_definitivo.pdf
- Domin, D. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76 (4), 543-547.
- Durango, P. A. (2015). *Las prácticas de laboratorio como una estrategia didáctica alternativa para desarrollar las competencias básicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química* (Trabajo fin de Máster). Recuperado de www.bdigital.unal.edu.co/49497/1/43905291.2015.pdf

- Esteban, M. (2009). Las ideas de Bruner: “De la revolución cognitiva” a la “revolución cultural”. *Educere, Ideas y personajes*, Año 13, 44, 235-241.
- MECD (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado*. Madrid, 10 de diciembre de 2013, núm. 295, pp. 97858-97921.
- MECD (2015). Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos, y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*. Madrid, 29 de enero de 2015, núm. 25, pp. 6986-7003.
- MECD (2017). *Series históricas de estudiantes universitarios*. Cursos escolares 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017. Recuperado de: <https://www.educacion.gob.es/educabase/menu.do?type=pcaxis&path=/Universitaria/Series/Estudiantes/Matriculados/&file=pcaxis&l=s0>
- Medina, A. J. (2000). El legado de Piaget. *Educere, Artículos*, Año 3, 9, 11-15.
- Nieto, E.; Carrillo, M.; González, R. M.; Montagut, P. y Sansón, C. (2005). Nuevos contenidos, nuevos enfoques. Trabajos prácticos en microescala. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra*, 1-5.
- Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walwerg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2006). *Enseñanza de las ciencias ahora: Una nueva pedagogía para el futuro de Europa (Informe Rocard)*. Luxemburgo: Oficina para las publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas.
- Rossi, A. y Barajas, M. (2015). Elección de estudios CTIM y desequilibrios de género. *Enseñanza de las ciencias*, 33 (3), 59-76. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1481>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68 (4) 2009, 20-26.

- Sbarbati, N. (2015). Educación en ciencias basada en la indagación. *Revista CTS*, 28 (10), 11-21.
- Toma, R. B. y Greca, I. M. (2016). Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria. En *III Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias SIEC 2016*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/303919928_Modelo_interdisciplinar_de_educacion_STEM_para_la_etapa_de_Educacion Primaria
- Urbina, S. (1999). Informática y teorías del aprendizaje. *Revista Pixel Bit*, 12, 87-100.
- Vázquez-Alonso, A. y Montesano, M. (2013). Factores que influyen sobre la elección de estudios superiores de ciencias y tecnología. En *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Recuperado de: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2013nExtra/edlc_a2013nExtrap3642.pdf
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero-Mas, M. A. (2015). La elección de estudios superiores científico-técnicos: análisis de algunos factores determinantes en seis países. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12 (2), 264-277.
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero-Mas, M. A. (2016). La voz de los estudiantes de primer año en seis países: evaluación de sus expectativas en estudios superiores científico-técnicos. *Ciência y Educação (Baurú)*, 22 (2), 391-411. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320160020008>
- Vielma, E. y Salas, M. L. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner. Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo. *Educere, Artículos, Año 3*, 9, 30-37.