

## Editorial

### Didáctica de las ciencias, ¿de dónde venimos y hacia dónde vamos?

Juan Francisco Álvarez Herrero , Cristina Valls Bautista  (Editores Temáticos)

#### 1.- Introducción

La didáctica de las ciencias se considera una materia interdisciplinar ya que presenta competencias tanto en el área de las ciencias y de la historia de las ciencias como en el de la pedagogía y la psicología. Esta interdisciplinariedad hace que para los docentes de la didáctica de las ciencias no sea suficiente con tener una buena formación científica. Además de una buena formación en ciencias, en contenidos científicos y con otros provenientes de la filosofía y de la historia de las ciencias, es necesario que estén familiarizados con aquellos recursos, estrategias y habilidades que permitan la eficacia de los procesos de enseñanza-aprendizaje del alumnado, formación que proviene de la psicología y la pedagogía. Algunos autores creen que para desarrollar la didáctica de las ciencias es necesario que los docentes integren el conocimiento sobre el contenido con el conocimiento pedagógico (Duit, 2007).

A pesar de ello, en nuestro país, desde antiguo y también en la actualidad, se viene tratando la didáctica de las ciencias como una transferencia de los contenidos científicos de cada una de las áreas que conforman las ciencias (física, química, biología, matemáticas...), de forma separada y de manera totalmente descontextualizada con los problemas de la sociedad actual.

A pesar de todo este tiempo, la didáctica de las ciencias en España sigue atascada en estos problemas y otros temas recurrentes (Perales, 2018), que lejos de permitirle avanzar y evolucionar a mejor, han hecho que tenga un retroceso respecto a otras áreas y didácticas.

#### 2.- El eterno problema

Las ciencias se siguen viendo como materias aburridas, difíciles, sin sentido y no aptas para todos. Se siguen presentando y enseñando de manera muy teórica con el uso de metodologías pasivas, poco contextualizada y con pocas prácticas de laboratorio (Furió, 2005). En consecuencia, a lo largo de la enseñanza obligatoria, más que ir ganando adeptos, estos se van perdiendo a medida que la complejidad del temario aumenta. Diversos estudios (Gibson & Chase, 2002; Tai et al., 2006; Martin et al., 2007) corroboran el declive de la satisfacción y la usabilidad hacia las ciencias en la etapa de secundaria. Ya no se fomenta la curiosidad ni el interés por las mismas, lo que se transforma en una disminución de los estudiantes que escogen carreras científicas. Los estudiantes describen el aprendizaje de las ciencias como un aprendizaje sin sentido, repetitivo, en que los contenidos no se les presentan conectados con los problemas del mundo real y por lo tanto lo perciben como un aprendizaje banal (Monks, 2010).

Algunas de las investigaciones de estos últimos años, (Guisasola, Barragués & Garmendia, 2013; Harlen, 2007; Jiménez, 2003), insisten en describir y analizar el problema, aunque son muy pocas las que plantean soluciones y propuestas que permitan afrontar el problema con garantías.

Se sigue viendo a la persona científica como hombre, de mediana o avanzada edad, con gafas, pelo revuelto o desaliñado, y cara de "malo". Esa imagen estereotipada, muchas veces está provocada por la influencia de los medios, de los dibujos animados, las series y películas. Lejos de abandonarla, parece

que sigue muy arraigada entre el alumnado de todas las edades (Álvarez, 2019). Si bien poco a poco se están consiguiendo algunos cambios en la actitud y en la imagen que se tiene de y hacia la ciencia y de los/las científicos/as, queda mucho camino por recorrer, y los investigadores en pocas ocasiones saben o proponen cómo afrontarlo (Caamaño & Martins, 2005; Harlen, 2007). Este estereotipo influye en el hecho de que las chicas eviten escoger las carreras conocidas como STEM (de las siglas del inglés Science-Technology-Engineering-Mathematics), en particular los grados relacionados con ingeniería y tecnología y que escojan mayoritariamente en su lugar grados no relacionados con el ámbito STEM (Mateos-Sillero & Gómez-Hernández, 2019; Sáinz et al., 2017).

Se sigue hablando, y mucho, de:

- las malas concepciones que tiene el alumnado en todas las etapas educativas sobre las ciencias o incluso del mismo profesorado bien en formación o en activo (Abril, Romero, Quesada & García, 2013; Ezquerro, Hamed & del Pozo, 2017; García-Carmona, Alonso & Mas, 2011; Lorenzo, Farré & Rossi, 2018; Martínez, López-Gay & Jiménez, 2014; Pedrajas & López, 2016; Rivero, Solís, Porlán, Azcárate & Martín, 2017)
- de la falta de preparación del profesorado de todas las etapas educativas ya que, como se ha comentado anteriormente, los docentes de la didáctica de las ciencias deben poseer, por un lado, conocimiento sobre el contenido (temario) y, por el otro, conocimiento pedagógico (metodologías enseñanza-aprendizaje) (Cantó, de Pro & Solbes, 2016; Greca, Meneses & Diez, 2017; Guisasola & Morentin, 2007; Vilanova, García, Chaparro & Natal, 2016)
- de los recursos utilizados en las aulas de ciencias, libros de texto (que potencian metodologías centradas en el docente y de tipo memorístico) e infraestructuras deficitarias (falta de espacios para la realización de experimentos, falta de dispositivos electrónicos, huertos...) para su enseñanza-aprendizaje (Martínez, López-Gay, Jiménez & Acher, 2014; Martins & Brigas, 2005; Quevedo-Blasco, Ariza & Buela-Casal, 2015).

Y el problema, como ya hemos comentado, sigue estando ahí. Posiblemente la solución no sea rápida ni sencilla y precise de la cooperación de administraciones, centros educativos de todos los niveles, profesionales educativos en activo y evidentemente de la sociedad. Y cualquier paso, por pequeño que sea, en esta dirección, será bienvenido.

Otra cuestión que no ayuda en todo esto han sido los constantes cambios de leyes educativas, que lejos de beneficiar, han perjudicado enormemente cualquier iniciativa de cambio o movimiento a favor de un mejor aprendizaje y valoración de las ciencias por parte del alumnado.

Si analizamos en los últimos años donde se han focalizado los esfuerzos de las investigaciones y estudios realizados dentro del ámbito de la didáctica de las ciencias, podemos clasificar todo ello en estos cinco ámbitos:

## **2.1.- Niveles educativos**

La mayoría de los estudios recientes en didáctica de las ciencias están centrados en la Educación Infantil y más concretamente en la formación de los/las futuros/as docentes de dicha etapa educativa. Son investigaciones acerca de cómo los docentes, que serán los responsables de generar los cimientos de las nuevas generaciones, se interesan o valoran las Ciencias, así como de las estrategias que llevarán a cabo para desarrollar el currículo de ciencias en las aulas (Cantó, de Pro & Solbes, 2016; Cantó, de Pro & Solbes, 2017; Eugenio, 2017; Fernández & Bravo, 2015; Gómez-Motilla & Ruiz-Gallardo, 2016).

Metodologías y estrategias de enseñanza-aprendizaje como el trabajo por rincones, las secuencias problematizadas para trabajar todo tipo de contenidos, el aprendizaje basado en proyectos, etc., son las

más recurrentes en la investigación en Educación Infantil. Y entre las temáticas más aplicadas en el aula, destacan: el huerto escolar, los temas relacionados con la salud y con la educación.

Ello no implica que no se estén dando pasos en otros niveles educativos, pues no podemos olvidar que, aunque se trabaje desde muy pronto el aprendizaje de las ciencias usando metodologías activas que promuevan el interés de los estudiantes hacia la ciencia, si en las siguientes etapas educativas no se mantiene este interés, puede desaparecer. Así, también hay que prestar atención en promover y gestionar buenos y eficaces aprendizajes de las ciencias en Primaria (González, Cuetos & Serna, 2015; Rivero, Martín del Pozo, Solís & Porlán, 2017; Vílchez, 2014), en Secundaria (Moreno & Calvo, 2017; Pérez, Eff-Darwich & Correa, 2017) y por supuesto también en la Universidad (Jiménez-Tenorio & Oliva, 2016; Rodríguez & Martínez, 2016).

En Educación Infantil es relativamente fácil mantener a los estudiantes interesados por todo aquello relacionado con las ciencias. En estas edades los niños son curiosos y los temas sobre ciencias en general y los relacionados con la naturaleza en particular, les suelen interesar mucho. Es por tanto una buena oportunidad para que los docentes puedan aprovechar dicho interés en estas temáticas y así desarrollar estrategias de enseñanza-aprendizaje que potencien el acercamiento de las áreas STEM a los niños/as. Si el objetivo es que el interés por las ciencias o por las áreas STEM no decaiga, será necesario mantener y promover estrategias de enseñanza-aprendizaje que potencien el acercamiento de las áreas STEM a lo largo de toda la Educación Primaria (González, Cuetos & Serna, 2015; Rivero, Martín del Pozo, Solís & Porlán, 2017; Vílchez, 2014) y sobre todo durante la Educación Secundaria (Moreno & Calvo, 2017; Pérez, Eff-Darwich & Correa, 2017) que es cuando los estudiantes definen sus intereses hacia las carreras STEM o no-STEM. También en la Universidad encontramos estudios que aplican metodologías que se desmarcan de la sesión magistral llevada a cabo por el docente (Jiménez-Tenorio & Oliva, 2016; Rodríguez & Martínez, 2016).

## **2.2.- Diferentes enfoques en la didáctica de las Ciencias**

### **STEM**

En 1990, la National Science Foundation (NSF) empezó a usar la terminología STEM (de las siglas del inglés Science-Technology-Engineering-Mathematics) (Sanders, 2008). ¿Pero qué se entiende por STEM? ¿Qué significa la educación STEM? La concepción actual de educación STEM se refiere a la decidida integración de varias disciplinas para la resolución de problemas reales (Breiner, 2012). La perspectiva de la educación STEM pretende integrar como una entidad cohesionada las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas para la resolución de problemas reales. De manera que la educación STEM permite que los estudiantes de todos los niveles educativos desarrollen las competencias necesarias para adaptarse al rápido avance tecnológico de la sociedad (Breiner, 2012). Para, ello será necesario formar a los futuros docentes en la educación STEM ya que tradicionalmente las ciencias se han compartimentado y cada una ha generado su propia parcela. Posiblemente en niveles educativos de Secundaria sea necesaria la implicación de más de un docente para poder abordar la educación STEM de manera efectiva y real en las aulas. Por tanto, en este sentido queda todavía mucho trabajo por hacer.

### **Actividades prácticas en el laboratorio**

El uso de los laboratorios en la docencia de las ciencias ha ido disminuyendo en los últimos años. Por motivos muy diversos: por masificación de los grupos clase, por falta de recursos (económicos o bien materiales), por falta de tiempo por parte del docente en la preparación de dichas actividades, etc... Sin embargo, el uso de actividades prácticas en la enseñanza de las ciencias es una herramienta muy potente desde el punto de vista educativo. Las prácticas de laboratorio permiten el aprendizaje significativo siempre cuando los estudiantes tengan la oportunidad de manipular materiales y equipos en un ambiente adecuado para construir el conocimiento científico relacionado con el fenómeno objetivo de

estudio. Las actividades prácticas son una parte fundamental de la didáctica de las ciencias ya que por un lado acercan el trabajo de los científicos a los estudiantes y les ayudan a entender la ciencia, a apreciarla, a tomar consciencia sobre que la ciencia se basa en evidencias y a adquirir habilidades manuales sobre cómo trabajar en el laboratorio y cómo manejar los aparatos y los materiales de laboratorio (Abrahams & Millar 2008).

## **Género**

Se hace patente que cada vez más surge una preocupación necesaria sobre la poca repercusión que la ciencia, los estudios en ciencias y las profesiones y oficios relacionados con la ciencia, tienen entre las mujeres. También es preocupante la poca visibilidad que se da a las mujeres dedicadas a la ciencia y que los ejemplos de éxito profesional en el ámbito científico-tecnológico suelen ser masculinos. Y por todo ello son objeto de preocupación y generan un cúmulo de investigaciones y estudios al respecto (Esteve, 2017; Pérez & de Pro, 2018; Reinoso, 2017).

Numerosos estudios en Europa y España afirman que las chicas eluden escoger carreras STEM, y concretamente los estudios relacionados con la ingeniería y la informática, de manera que escogen estudios no-STEM con mayor frecuencia que los chicos o bien estudios STEM menos tecnológicos como las carreras sanitarias (Medicina, Enfermería, Biología, Farmacia...) (Mateos-Sillero, & Gómez-Hernández, 2019; Sáinz et al., 2017). Esto se traduce en un considerable desequilibrio entre el número de chicas y chicos estudiantes de carreras STEM y de profesionales, en particular en los estudios de ingeniería y tecnología a pesar de que son ellas las que suelen obtener mejores calificaciones en dichas áreas (Stoet, & Geary, 2018; European Schoolnet, 2018).

Se ha observado que, si en edades tempranas en las escuelas se llevan a cabo experiencias científicas motivadoras, estas tienen un impacto positivo sobre los estudiantes potenciando que escojan asignaturas de ciencias y matemáticas en cursos de Educación Secundaria y Educación Superior. Las diferencias de género con respecto a la autopercepción se hacen prominentes en una etapa temprana de la educación primaria; alrededor de los 6-7 años, los estereotipos obstaculizan la autopercepción de las niñas sobre sus habilidades, aunque las niñas tienen un rendimiento similar o superior al de los niños (Bian et al., 2017). En la educación secundaria, la mayoría de los estudios apuntan a las habilidades electrónicas como un aspecto clave para que las chicas elijan entre asignaturas STEM y no STEM (Indicadores de la OCDE, 2017). Finalmente, en la educación superior, la brecha digital de género se amplía, y el factor de género es más importante que otros aspectos como los socioeconómicos o étnicos. En toda Europa, los países están aplicando estrategias e iniciativas para aumentar la popularidad de los estudios y carreras STEM (European Schoolnet, 2018).

## **La robótica educativa**

La robótica, actualmente, ésta presente en el día a día de muchos niños y niñas. Ofrece un formato atractivo para ellos y muchos muestran una destreza inimaginable hace unos años, sobre todo los más pequeños. Esta herramienta ha demostrado tener muchas ventajas en el proceso de aprendizaje i, per tanto, sería interesante introducirla en el currículo de los de todos los niveles educativos.

La robótica aplicada en el proceso de aprendizaje de educación Primària y Secundaria se ha observado que potencia el desarrollo de habilidades como la resolución de problemas, las capacidades lógicas y espaciales, así como la mejora de la atención y de la concentración. La robótica educativa aplicada a la educación infantil es una herramienta que facilita la adquisición de conocimiento por parte de los niños de manera lúdica y basándose en los principios de interactividad, interrelaciones sociales, el juego colaborativo, a través de un enfoque didáctico centrado en el alumno y que fomenta la creatividad, la imaginación, el lenguaje, la comunicación y las matemáticas (da Silva Filgueira, & González González, 2017). En los primeros niveles de la educación infantil no es posible trabajar la programación en sí misma, pero los robots pueden ser utilizados como herramientas para el desarrollo de las habilidades

necesarias para la sociedad actual como son: a) el pensamiento computacional, que ayuda a la resolución de problemas y según Espino, Soledad y Gonzalez (2015) esta competencia es muy importante empezarla a trabajar desde la primera infancia ya que resulta esencial para la sociedad actual, b) el pensamiento espacial que permite que los niños adquieran conceptos de espacio y tiempo, c) el pensamiento creativo a partir del planteamiento de retos y problemas se fomenta la creatividad y la imaginación. En el currículum de Primaria del Departament d'Ensenyament (2015) se recoge esta transformación, que incluye la robótica como un contenido más en el área de tecnología y sitúa la programación y la robótica educativa como contextos en los que trabajar, por ejemplo, la resolución de problemas de la competencia matemática (Simarro et al., 2016). Por tanto, la robótica aplicada al proceso educativo permite desarrollar habilidades y crear un entorno atractivo en el aula, que favorecerá el aprendizaje significativo de conceptos teóricos, a la vez que los niños realicen actividades dinámicas y divertidas (INTEF, 2018).

### **Otros enfoques**

Otros temas que también preocupan y centran el interés de los/las investigadores/as en didáctica de las ciencias son muchas veces temas de rabiosa actualidad como la biodiversidad (Salvador, Pastrana & Prieto, 2019), el cambio climático (Boronat-Gil, Gómez-Tena & López-Pérez, 2018; Sanchís, Solaz & Sanjosé, 2018), o incluso la búsqueda de una educación más contextualizada (Parga-Lozano & Piñeros-Carranza, 2018; Ruiz, 2018), una educación que dé respuesta a los intereses del alumnado y a los temas relacionados su entorno más inmediato.

Concienciar tanto al alumnado como al profesorado de ciencias (el profesorado en formación y el profesorado en ejercicio) en cuestiones tan preocupantes en nuestros días como la pérdida de la biodiversidad, el cambio climático o el que la educación cada día más necesita ser y estar contextualizada en contextos y realidades cercanas a nuestro alumnado, favorece una mejora en el interés y la motivación por aprender ciencias, así como amarlas y valorarlas. En este sentido, se trata de temas que lejos de ser secundarios, se plantean como necesarios en nuestros días, y precisamente de una buena didáctica de las ciencias depende en gran medida que sean tomados en serio.

Como docentes de ciencias también tenemos la responsabilidad no solo de educar y formar a las nuevas generaciones sino de formar personas responsables y sensibilizadas con los problemas medioambientales que nos afectan actualmente y más concretamente con aquellos que nos quedan más cerca. Debemos tratar temas tan presentes como el cambio climático y sus consecuencias, o la pérdida de biodiversidad y como desde pequeñas acciones diarias podemos contribuir a minimizar todo ello y procurar un mundo mejor para las nuevas generaciones...

En general los nuevos enfoques comparten la idea de estar menos centrados en los contenidos y más en las metodologías y en el alumnado como protagonista activo del aprendizaje, así como de trabajar de manera contextualizada y mucho más transversal. Las nuevas tendencias en educación también promueven el aprendizaje cooperativo y competitivo con la finalidad de conseguir un aprendizaje significativo, motivar a los alumnos y promover valores como el respeto o las capacidades de liderazgo. Se ha comprobado que con la aplicación de este tipo de metodologías se consigue mejorar el grado de satisfacción y el rendimiento académico (De Miguel, Tomé, Crepo, Siota & Villa, 2009).

### **2.3.- Metodologías**

Las metodologías aplicadas en la didáctica de las ciencias promueven un aprendizaje menos centrado en los contenidos y más en su contextualización y con en el alumnado, como protagonista activo del aprendizaje. El objetivo de las nuevas metodologías es focalizar el aprendizaje en el alumno y que sea él quien construya los nuevos conocimientos que está adquiriendo sobre los que ya posee. Se dan diferentes corrientes en este sentido:

## **Aprendizaje basado en la indagación**

La indagación es un término usado en educación, pero también en nuestra vida diaria y se refiere a la búsqueda de explicaciones a través de la formulación de preguntas. La indagación científica es aquella que conduce a conocer y entender como es y cómo funciona el mundo mediante la recogida de datos y evidencias para respaldar las explicaciones de fenómenos y hechos (Harlen, 2013). En otras palabras, la indagación científica es la manera como trabajan los científicos para entender el funcionamiento del mundo natural. La indagación científica es considerada el eje principal para investigar fenómenos, adquirir nuevos conocimientos o para corregir e integrar los conocimientos previos (Abrahams & Millar 2008).

El "National Science Educations Standards" (National Research Council 1996, 2012) incide en que el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias debería estar centrado en desarrollar la competencia científica y no solo al aprendizaje de hechos y conceptos. El aprendizaje basado en la indagación es una estrategia pedagógica basada en el proceso de indagación científico como metodología de enseñanza-aprendizaje (Bybee, 2004).

En este sentido la indagación es una pedagogía centrada en el alumno que potencia el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior, mejora tanto el conocimiento científico de los estudiantes como la actitud hacia la ciencia y desarrolla el entendimiento de la naturaleza de las ciencias (Lunetta et al., 2007; Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016).

En los modelos de indagación guiada el docente conduce a los estudiantes a través de experimentos y actúa como líder (DiBisase & McDonald, 2015). Una vez los alumnos se han familiarizado con dicho modelo el docente puede ir retirando paulatinamente el soporte hasta que los estudiantes lleguen a ser autónomos en su desarrollo. Las actividades o experimentos desarrollados a través de la indagación desarrollan y potencian habilidades y competencias tales como: proponer cuestiones científicas, formular hipótesis, diseñar y llevar a cabo investigaciones científicas, desarrollar y argumentar explicaciones científicas (Pedaste et al., 2015). En nuestro país se están dando algunas experiencias en esta forma de enseñar y aprender las ciencias (Aguilera, Martin, Valdivia, Ruiz, Williams, Vílchez & Perales, 2018).

### **Secuencias didácticas: problematizadas y rediseñadas.**

El uso de secuencias didácticas en las que se plantea al alumnado una serie de cuestiones o problemas que deben ir resolviendo y planteándose, permite diseñar una nueva forma de aprender ciencias donde es el alumnado quien, guiado por el profesorado, va construyendo su propio aprendizaje. Unas veces, la solución de una pregunta o problema lleva asociada que se formule o se incite a plantearse nuevas preguntas, de manera que se va estableciendo una secuencia de preguntas donde una lleva a la otra (Leach, Ametller & Scott, 2010).

Estas secuencias problematizadas se están llevando a la práctica en todas las etapas o niveles educativos, desde primaria hasta la universidad (Tomatis & Ortiz, 2014) y plantea diferentes variantes. Una de las variantes más en boga en la actualidad, es aquella que plantea un rediseño de la secuencia tras su realización por parte del alumnado, donde es el profesorado quien realiza este rediseño y de esta forma bien sometiendo al mismo alumnado del primer diseño como a alumnado nuevo, se consigue una mejora en el aprendizaje de los contenidos trabajados de esta manera (Guisasola, 2005; Gutiérrez, Zuza, Zavala & Guisasola, 2018).

### **Aprendizaje Basado en Proyectos**

En el aprendizaje basado en proyectos se pide a los estudiantes la creación de un producto final. Para conseguir dicho objetivo deben identificar su mercado, investigar la temática, crear un plan para la

gestión del proyecto y diseñar y elaborar el producto final deseado. Deberán iniciar el proyecto solucionando diferentes problemas, para crear su producto final.

Para llevar a cabo dicha metodología los docentes necesitarán crear espacios para el aprendizaje, dar acceso a la información, dar soporte a la enseñanza a través de la instrucción, guiar a los estudiantes, animarlos a utilizar procesos de aprendizaje metacognitivos, respetar los esfuerzos grupales e individuales, verificar el progreso, diagnosticar posibles problemas durante el desarrollo del proyecto, dar retroalimentación y evaluar los resultados generales. Además, los docentes deberán crear un ambiente conductivo, con el objetivo de fomentar la indagación y para asegurarse que el trabajo se realiza de manera eficiente, pero a su vez deberán dejar que los estudiantes adquieran autonomía y responsabilidad en su proceso de aprendizaje.

El aprendizaje basado en proyectos permite que los alumnos obtengan soluciones a problemas no triviales. Potencia que los alumnos generen y optimicen preguntas, debatan ideas, realicen predicciones, diseñen planes y experimentos, recolecten y analicen datos, elaboren conclusiones, comuniquen resultados, e incluso reformulen nuevas preguntas para poder mejorar sus productos (Rodríguez-Sandoval, Vargas-Solano, & Luna-Cortés, 2010).

El aprendizaje basado en proyectos es una metodología transversal desde el punto de vista que es aplicable a cualquier asignatura incluso es una buena metodología para utilizar en la aplicación del STEM, o bien la introducción de las TIC en el aula. Pero además es una metodología que puede ser aplicada desde educación infantil pasando por educación primaria (Hermosín-Mojeda, Gómez-Hurtado & Prieto-Medel, 2017) y secundaria (Doménech, 2019) hasta asignaturas de grados universitarios con resultados más que satisfactorios (Martí, Heydrich, Rojas & Hernández, 2010; Toledo Morales & Sánchez García, 2018).

Son incipientes las investigaciones que están basadas en principios más prácticos y menos teóricos, más activos. Y aunque de momento son pocas, todo hace presagiar que cada vez más, vamos a encontrar la didáctica de las ciencias asociada a metodologías como la gamificación (de Soto, 2018; Quintanal, 2016), al flipped classroom (Manresa, 2018; Salgado, 2017), el visual thinking (Solaz-Portolés, Rodríguez, Gómez & Sanjosé, 2010), etc.

## **2.4.- Evaluación**

En 1993 ya apuntaba Gil en Gil y de Guzmán (1993) la necesidad de innovaciones en la forma de evaluar las ciencias. Una necesidad a la que se está obligado si se realizan cambios en la metodología o en la forma de enseñar y aprender las ciencias. Se propone una evaluación que sirva para aprender, con una función reguladora y con nuevos instrumentos de evaluación más objetivos (Vílchez & Perales, 2018) y que sean medios para alcanzar los objetivos propuestos, y no protagonistas de un proceso formativo y continuo como es la evaluación (Sanmartí, 2007). En definitiva, se trata de conseguir que el alumnado esté más pendiente y preocupado por aprender que por las calificaciones que pueda obtener en las áreas de ciencias (Sanmartí, 2019). Una evaluación que, para cada momento, para cada propósito u objetivo que nos marquemos, requerirá de unos instrumentos variados, como ya hemos comentado, y que antepondrá el aprendizaje del alumnado por delante de castigar aquello que no se sabe o no se memoriza. Se debe presentar la evaluación como herramienta formativa que los estudiantes la vean como un instrumento que les permita saber en qué punto están y cuanto les falta para poder conseguir los objetivos planteados por el docente. Es necesario eliminar la visión penalizadora que ha tenido hasta este momento la evaluación y debe convertirse en una herramienta que empodere al estudiante para que se sepa autorregularse y poder lograr las metas u objetivos que se le planteen en cada área y en cada nivel educativo (Cornejo, Vidal & Ruay, 2015).

Actualmente, está tomando mucha importancia la técnica de evaluación 360°, también llamada "feedback 360°", "evaluación de evaluadores múltiples" o "retroacción de múltiples fuentes". La

evaluación 360° consiste en hacer tres correcciones independientes de una misma prueba y triangular las calificaciones para garantizar la fiabilidad del resultado. El profesor hace la corrección tradicional (heteroevaluación), los alumnos corrigen su propia prueba (autoevaluación) y la de otro compañero anónimo (coevaluación). Todas las correcciones se realizan con la ayuda de indicadores objetivos (como por ejemplo rúbricas) para asegurar la calidad de la revisión (Beehr, Ivanitskaya, Hansen, Erofeev & Gudanowski, 2001; Esteve & Mogas, 2019; Galán, Ramírez & Jaime, 2010; Wilkerson, Manatt, Rogers & Maughan, 2000). El modelo de evaluación propuesto enfatiza la importancia de que la evaluación sea realizada por todos los agentes involucrados con el objetivo de triangular la información, mejorar y orientar la autopercepción del desempeño, así como propiciar la mejora continua del proceso de aprendizaje (Galán, Ramírez & Jaime, 2010).

Es momento de hacer de la evaluación algo positivo y no algo punitivo como ha venido siendo hasta ahora, donde destaque lo que el alumnado sabe por encima de lo que no sabe.

## **2.5.- Nuevos retos**

Sigue habiendo mucha carencia de estudios e investigaciones en las que las Ciencias y las TIC confluyan para la mejora del aprendizaje. En boca de todos está que las TIC ayudan a un mejor aprendizaje del alumnado, pero son pocas las experiencias que se llevan a cabo o que se describen en estudios e investigaciones y todo ello es debido a que los/las docentes siguen recurriendo a la solución fácil, a dar la clase como toda la vida, tradicional, sin tampoco hacer concesiones a realizar pequeñas experiencias o prácticas de laboratorio. Argumentan, en ambos casos, con las TIC y con el uso del laboratorio: una falta de recursos, un elevado número de alumnado por clase (difícil de manejar en ambas situaciones), una falta de formación, etc. (Arteaga, Armada & Del Sol, 2016; Oliva, 2010).

Se debería conseguir el optimizar las clases, para que lejos de incidir persistentemente en los contenidos, se insista en la comprensión de estos, una comprensión que venga construida desde la práctica, desde la acción. Cuando una persona se pasa por las manos aquello que está aprendiendo, queda mucho más y mejor, dado que no es algo adquirido, sino aprendido. No se trata de bajar el nivel, ni tampoco de vender las ciencias con chistes o grandes explosiones o espectáculos. Se trata de fomentar la curiosidad, la indagación, de contextualizar lo que se trata, de llevarlo al terreno del alumnado que es quien realmente lo está viviendo y a la vez, aprendiendo.

Y por último, estaría muy bien abrir nuevos caminos que den cabida a las metodologías activas, nuevas o emergentes, y sin menospreciar aquellas que ya utilizamos y que nos dan resultados positivos. Pero en todas aquellas en las que podemos mejorar, hay que investigar, probar otras alternativas, sin miedo al fracaso (pues del error es cuando más se aprende).

## **3.- Conclusiones**

Algunos autores como Homer Lane (1875-1925), Dewey (1870-1952) and Montessori (1870-1952), basados en las ideas de otros como Rousseau (1712-1778), Pestalozzi (1746-1827), y Froebel (1782-1852) estaban convencidos que en la educación en general era importante respetar la curiosidad, la imaginación de los niños y la necesidad de preguntar. Creemos que son tres aspectos fundamentales en los procesos de enseñanza y aprendizaje por lo tanto ningún docente deberíamos olvidarlos, independientemente del área de enseñanza y del nivel educativo.

Además, es interesante tener en cuenta la puntualización que hace la OECD: "Los estudiantes en la escuela no deben aprender todo aquello que necesitaran en su vida adulta. Ellos deberán adquirir los prerrequisitos para un aprendizaje exitoso a lo largo de la vida. Estos prerrequisitos son de naturaleza cognitiva y emocional. Los estudiantes deberán ser capaces de organizarse y regular su propio

aprendizaje, aprender de manera independiente y en grupo y superar las dificultades que se encontrarán en los procesos de aprendizaje. Todo esto requiere que sea conscientes de sus propios procesos de pensamiento y de sus métodos y estrategias de aprendizaje" (OECD, 2000, p. 90).

Para lograr los objetivos que marca la OECD será sin duda necesario implementar en la totalidad de los niveles educativos metodologías o estrategias de aprendizaje-enseñanza centradas en el alumno que le permitan desarrollar la autonomía necesaria en los procesos de aprendizaje para que puede seguir aprendiendo y resolviendo problemas una vez se encuentre fuera del sistema educativo.

Para generar vocaciones científicas y para que las ciencias no sean esa asignatura aburrida y sin sentido, es necesario que los docentes de ciencias de cualquier nivel educativo apliquen en el aula nuevas estrategias y metodologías de enseñanza-aprendizaje centradas en el alumno para generar motivación, curiosidad e interés por las ciencias. Además, es importante que procuren mostrar la relación directa que existe entre la teoría que se enseña y la realidad en la cual es aplicable y a la vez dicha teoría debe ser contextualizada para que el alumnado le pueda dar sentido a aquello que está aprendiendo, interiorizándolo y asimilándolo en su estructura cognitiva dando lugar a un aprendizaje significativo y por tanto duradero. De esta manera estaremos enseñando contenido, pero también estaremos enseñando a aprender a aprender, que es lo que hará a nuestros alumnos competentes en un momento de cambios y transformaciones constates como el que vivimos.

De modo que, trabajando desde diferentes enfoques las ciencias, en todas las etapas educativas y con la mirada puesta en hacerlo con metodologías que resulten lo más propicias para la mejora del aprendizaje de nuestro alumnado, así como para conseguir una mayor estima y valoración hacia las ciencias; sin olvidar que a la hora de evaluar hay que hacerlo de una forma constructiva y auténtica. Con todo ello conseguiremos dar pasos hacia una didáctica de las ciencias que realmente se preocupe por formar ciudadanos autónomos, críticos y competentes científicamente para el día de mañana.

## Referencias bibliográficas

Abrahams, I. & Millar, R. (2008). "Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science". *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.

Abril Gallego, A. M., Romero Ariza, M., Quesada Armenteros, A. & García, F. J. (2013). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 11(1), pp-22.

Aguilera, D., Martín, T., Valdivia, V., Ruiz, Á., Williams, L., Vílchez, J. M. & Perales, F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, 381, 259-284.

Álvarez Herrero, J.F. (2019). Dibujando un científico: estereotipos y género de la ciencia en alumnado universitario y de educación secundaria. En Membiela, P., Cebreniros, M.I. & Vidal, M. (Eds.), *Nuevos retos en la enseñanza de las ciencias*, 103, 623-628. Barbadás (Orense): Educación Editora.

Arteaga Valdés, E., Armada Arteaga, L. & Del Sol Martínez, J. L. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 169-176.

Bian et al., (2017). Gender stereotypes about intellectual ability emerge early and influence children's interests. *Science*, 355, 389-391.

- Beehr, T. A., Ivanitskaya, L., Hansen, C. P., Erofeev, D. & Gudanowski, D. M. (2001). Evaluation of 360-degree feedback ratings: Relationships with each other and with performance and selection predictors. *Journal of Organizational Behavior: The International Journal of Industrial, Occupational and Organizational Psychology and Behavior*, 22(7), 775-788.
- Boronat-Gil, R., Gómez-Tena, M. & López-Pérez, J. P. (2018). Diseño experimental de un sumidero de CO2 y sus implicaciones en el cambio climático. Una experiencia de trabajo con alumnos en el laboratorio de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 120201-120210.
- Bybee, R.W. (2004). Scientific inquiry and science teaching. En Flick, L.B. & Lederman, N.G. (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp.1-14). Netherlands: Kluwer academic publishers.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C. & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Caamaño, A. & Martins, I. (2005). Repensar los modelos de innovación curricular, investigación didáctica y formación del profesorado para mejorar la enseñanza de las ciencias en las aulas desde una perspectiva CTS. *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo*, 21(7), 49-56.
- Cantó Doménech, J., de Pro Bueno, A. & Solbes, J. (2016). ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 34(3), 25-50.
- Cantó-Doménech, J., de Pro-Bueno, A. & Solbes, J. (2017). ¿Qué resultados de aprendizaje alcanzan los futuros maestros de Infantil cuando planifican unidades didácticas de ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 666-688.
- Child, D. (2007). *Psychology and the teacher* (8th ed.). London: The Cromwell Press.
- Cornejo, C., Vidal, R, & Ruay, R. (2015). Tensiones entre una evaluación centrada en los resultados a una evaluación autentica de los aprendizajes. *Convergencia Educativa*, 5, 19-30.
- da Silva Filgueira, M. G., & González González, C. S. (2017). *Pequebot: Propuesta de un sistema ludificado de robótica educativa para la educación infantil*.
- De Miguel T., Tomé S., Crespo P., Siota, L. & Villa T.G. (2009). Aplicación de la Técnica de Aprendizaje Cooperativo Puzzle de Aronson a las Prácticas de Microbiología. *Revista Edusfarm: Educación superior en Farmacia* 5, 1-10. Recuperado de [www.publicacions.ub.es/revistes/edusfarm5/documentos/630.pdf](http://www.publicacions.ub.es/revistes/edusfarm5/documentos/630.pdf) doi:10.1111/j.1751-228X.2009.01076.x
- de Soto García, I. S. (2018). Herramientas de gamificación para el aprendizaje de ciencias de la tierra. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, 65, 29-39 (393). doi: 10.21556/edutec.2018.65.1143
- DiBiase, W. & McDonald, J. R. (2015). Science teacher attitudes toward inquiry-based teaching and learning. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 88(2), 29-38.
- Domènech, J. (2019). *Aprenentatge Basat en Projectes, Treballs pràctics I Controvèrsies. 28 propostes I reflexions per ensenyar Ciències*. Barcelona: Associació de Mestres Rosa Sensat.

Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1).

European Schoolnet (2018). Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Policies in Europe. Scientix Observatory Report.

Espino, E. E. E., Soledad, C. & González, C. S. G. (2015). Estudio sobre diferencias de género en las competencias y las estrategias educativas para el desarrollo del pensamiento computacional. *Revista de Educación a Distancia*, 46(12). doi: 10.6018/red/46/12

Esteve, A. R. (2017). ¿Qué estudios universitarios de ciencia y tecnología prefieren las mujeres? *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 5585-5591.

Esteve, V. & Mogas, J. (2019). El sistema de evaluación 360° para aprender a evaluar: estudio de caso en educación superior. En Roig-Vila, Rosabel (ed.). *Investigación e innovación en la Enseñanza Superior. Nuevos contextos, nuevas ideas*. Barcelona: Octaedro.

Eugenio, M. (2017). Alfabetización científica y diseño de secuencias didácticas de investigación escolar para infantil en la formación inicial de maestros/as. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 2109-2114.

Ezquerro, Á., Hamed, S. & del Pozo, R. M. (2017). El cambio de las concepciones en futuros maestros sobre los contenidos escolares de Ciencias. *Revista Complutense de Educación*, 28(3), 773-790.

Fernández, R. & Bravo, M. (2015). Las ciencias de la naturaleza en la Educación Infantil. Madrid: Pirámide.

Furió Más C. J. (2005). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida. *Educación Química* 17, 222-227. doi:10.22201/fq.18708404e.2006.4e.66011

Galán, Y. I. J., Ramírez, M. A. G. & Jaime, J. H. (2010). Modelo 360 para la evaluación por competencias (enseñanza-aprendizaje). *Innovación Educativa*, 10(53), 43-53.

García-Carmona, A., Alonso, Á. V. & Mas, M. A. M. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(3), 403-412.

Gibson, H.L. & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' satisfaction and usability toward science. *Science Education*, 86, 693-705.

Gil, D. & de Guzmán, M. (1993). *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática*. Madrid: Editorial Popular.

Gómez-Motilla, C. & Ruiz-Gallardo, J. R. (2016). El rincón de la ciencia y la actitud hacia las ciencias en educación infantil. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 13(3), 643-666.

González Jara, D., Cuetos Revuelta, M. J. & Serna Romera, A. I. (2015). *Didáctica de las ciencias naturales en educación primaria*. Logroño: Universidad Internacional de La Rioja.

Greca, I. M., Meneses Villagrà, J. A. & Diez Ojeda, M. (2017). La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2).

Guisasola, J. (2005). La investigación en concepciones alternativas y el diseño de secuencias de enseñanza: algunos ejemplos de Física en el nivel universitario. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra).

Guisasola, J., Barragués, J. I. & Garmendia, M. (2013). El Máster de Formación Inicial del Profesorado de Secundaria y el conocimiento práctico profesional del futuro profesorado de Ciencias Experimentales, Matemáticas y Tecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 568-581.

Guisasola, J. & Morentin, M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246-262.

Gutiérrez Berraondo, J., Zuza Elozegi, K., Zavala, G. & Guisasola Aranzabal, G. (2018). Ideas de los estudiantes universitarios sobre las relaciones trabajo y energía en Mecánica en cursos introductorios de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(1), 1-7. doi: 10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0131

Harlen, W. (2007). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia y Ediciones Morata.

Hermosín-Mojeda, M. J., Gómez-Hurtado, I. & Prieto-Medel, C. (2017). Trabajar por proyectos en educación primaria: una experiencia desde ciencias. En Neves, S. & Pinto (Eds.), *Book of Proceedings, parallel session III*, 396-416. Faro, Portugal: CIEO Research Centre for Spatial and Organizational Dynamics.

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. INTEF (2018). *Programación, robótica y Pensamiento Computacional en el aula. Situación en España, enero 2018*. Madrid: Ministerio de Educación y Formación Profesional.

Jiménez, M.P. (2007). El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas. En Jiménez, M.P. (Coord.), *Enseñar ciencias*, pp. 13-32. Barcelona: Graó.

Jiménez-Tenorio, N. & Oliva, J. M. (2016). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 121-136.

Leach, J., Ametller, J. & Scott, P. (2010). Establishing and communicating knowledge about teaching and learning scientific content: The role of design briefs. En K. Kortland & K. Klaassen (Eds.). *Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education. Proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as Professor of Physics Didactics at Utrecht University* (pp. 7-35). Utrecht: FIsme.

Lorenzo, M. G., Farré, A. S. & Rossi, A. M. (2018). La formación del profesorado universitario de ciencias. El conocimiento didáctico y la investigación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 360301-360316.

Lunetta, V. N., Hofstein, A. & Clough, M. P. (2007). "Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice". *Handbook of research on science education*, 2.

Manresa, S. T. (2018). Flipped Classroom: Un modelo pedagógico eficaz en el aprendizaje de Science. *Revista Iberoamericana de Educación*, 76(1), 9-22.

Martí, J. A., Heydrich, M., Rojas, M. & Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158).

Martin M.O., Mullis I.V.S., Foy P., in collaboration with Olson J.F., Erberber E., Preuschoff C. & Galia J. (2007). *TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics*

and Science Study at the Fourth and Eighth Grades TIMSS & PIRLS International Study Center. Boston: Lynch School of Education.

Martínez Chico, M., López-Gay, R., Jiménez Liso, M. R. & Acher, A. (2013). Demandas de maestros en activo y materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Investigación en la Escuela*, 80, 35-48.

Martínez Chico, M., López-Gay Lucio-Villegas, R. & Jiménez Liso, M. (2014). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), pp. 149-166.

Martins, I. P. & Brigas, M. A. (2005). Libros de texto de Química y aprendizaje de los alumnos: pensamiento y prácticas del profesorado. *Tarbiya, revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 149-166.

Mateos-Sillero, S. & Gómez-Hernández, C. (2019). *Libro blanco de las mujeres en el ámbito tecnológico*. Madrid: Ministerio de economía y empresa

Ministerio de Educación y Cultura. (2017). Indicadores de la OCDE (2017). Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.

Monks, A. (2010). Adapted PBL practical exercises: benefits for apprentices. *Journal of Vocational Education & Training*, 62(4), 455-466. doi: 10.1080/13636820.2010.533789

Moreno, L. & Calvo, M. A. (2017). La historia de la química en el currículo de ESO y de bachillerato (LOE). Una revisión interdisciplinar para la investigación didáctica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 35(2), 147-160.

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

OECD (2000). *Measuring Student Knowledge and Skills: A new Framework for Assessment*. Paris: OECD.

Oliva Martínez, J. M. (2010). Dificultades para la implicación del profesorado de Educación Secundaria en la lectura, innovación e investigación en didáctica de las ciencias (I): el problema de la inmersión. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), 41-53.

Parga-Lozano, D. L. & Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-64.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C.C., Zacharia, Z.C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14, 47-61. doi: 10.1016/j.edurev.2015.02.003

Pedrajas, A. P. & López, F. J. P. (2016). Análisis de las concepciones del profesorado de secundaria sobre la enseñanza de las ciencias durante el proceso de formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 705-724.

Perales, F. J. (2018). El área de Didáctica de las Ciencias Experimentales en España: entre la tribulación y la esperanza. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 21(2), 1-14.

Pérez Manzano, A. & de Pro Bueno, A. (2018). Algunos datos sobre la visión de los niños y de las niñas sobre las ciencias y del trabajo científico. *iQual. Revista de Género e Igualdad*, 1, 18-31.

Pérez Pinto, L. V., Eff-Darwich Peña, A. & Correa Piñero, A. D. (2017). Diseño, desarrollo y evaluación de un programa basado en itinerarios didácticos para la enseñanza de la física y la química en la Educación Secundaria: la cotidianidad como recurso de aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 1221-1228.

Quevedo-Blasco, R., Ariza, T. & Buela-Casal, G. (2015). Evaluación de la satisfacción del profesorado de Ciencias con la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior. *Educación XXI*, 18(1), 45-70.

Quintanal, F. (2016). Aplicación de herramientas de gamificación en física y química de secundaria. *Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 12, 327-348.

Reinoso, R. (2017). Influencia del género y la formación académica pre-universitaria en la adquisición de la competencia científica por parte del profesorado en formación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 4137-4144.

Rivero, A., Martín del Pozo, R., Solís, E. & Porlán, R. (2017). Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria. *Investigación en la Escuela*, 93, 76-80.

Rivero García, A., Solís Ramírez, E., Porlán Ariza, R., Azcárate Goded, M. D. P. & Martín del Pozo, R. (2017). Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(1), 29-52.

Rodríguez Arteche, I. & Martínez Aznar, M. M. (2016). Indagación y modelos didácticos: la reflexión de cuatro profesores de física y química en formación inicial. Inquiry and Teaching Models: Reflection of Four Preservice Physics and Chemistry Teachers. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 35(1), 145-160.

Rodríguez-Sandoval, E., Vargas-Solano, É. M. & Luna-Cortés, J. (2010). Evaluación de la estrategia "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y educadores*, 13(1), 13-25.

Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161-197.

Ruiz Castillo, S. E. (2018). Didáctica de las ciencias desde la diversidad cultural y ambiental: aportes para un currículo contextualizado. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc*, 13(2), 291-305.

Sáinz M., Castaño, C., Meneses, J., Fàbregues, S., Müller, J., Rodó, M., Martínez, J.L., Romano, M.J., Arroyo, L. & Garrido, N. (2017). *¿Por qué no hay más mujeres STEM? Se buscan ingenieras, físicas y tecnólogas*. Madrid: Ariel.

Salgado, M. E. R. (2017). Los recursos tecnológicos como soporte para la enseñanza de las ciencias naturales-Technological resources as support in natural sciences teaching. *HAMUT'AY*, 4(1), 85-95.

Sanchís, R., Solaz-Portolés, J. J. & Sanjosé, V. (2018). Creencias sobre tiempo meteorológico, clima y cambio climático en estudiantes de secundaria. *Opción*, 34(86), 987-1010.

Sanders, M. E. (2008). Stem, stem education, stemmania. *The Technology Teacher, December/January 2009*, 20-26.

Sanmartí, N. (2007). *10 ideas clave. Evaluar para aprender*. Barcelona: Graó.

Sanmartí, N. (2019). *Avaluar i aprendre: un únic procés*. Barcelona: Octaedro.

Simarro, C., López, V., Cornellà, P., XX, M. P., Niell, M. & Estebanell, M. (2016). Més enllà de la programació i la robòtica educativa: el pensament computacional en l'ensenyament STEAM a infantil i primària. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 32, 38-46.

Stoet, G. & Geary, D. C. (2018). The Gender-Equality Paradox in Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education. *Psychological Science*, 29(4), 581–593.

Solaz-Portolés, J. J., Rodríguez, C., Gómez, Á. & Sanjosé, V. (2010). Conocimiento metacognitivo de las estrategias y habilidades mentales utilizadas para resolver problemas: un estudio con profesores de ciencias en formación. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 24, 139-152.

Tai R., Lui C.Q., Maltese, A.V. & Fan, X. (2006). Career choice: planning early for careers in science. *Science* 312, 1143–1144.

Toledo Morales, P. & Sánchez García, J. M. (2018). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia universitaria.

Tomatis, C. A. & Ortiz, F. (2014). Reflexión docente y diseño de secuencias didácticas en un contexto de formación de futuros profesores de Ciencias Naturales. *Perspectiva Educativa, Formación de Profesores*, 53(1), 130-144.

Vilanova, S. L., García, M. B., Chaparro, M. & Natal, M. (2016). La formación de profesores de ciencias: Description and analysis of possible relationships between the learning conceptions of professors and university students. *Perspectiva Educativa*, 56(1), 4-24.

Vílchez González, J.M. (Coord.) (2014). *Didáctica de las Ciencias para Educación Primaria. I Ciencias del espacio y de la Tierra*. Madrid: Pirámide

Vílchez González, J. M. & Perales Palacios, F. J. (2018). El diseño de unidades didácticas en la formación inicial de profesores de ciencias: validación de una rúbrica. *Perspectiva Educativa*, 57(1), 70-98.

Wilkerson, D. J., Manatt, R. P., Rogers, M. A. & Maughan, R. (2000). Validation of student, principal, and self-ratings in 360 feedback for teacher evaluation. *Journal of personnel evaluation in education*, 14(2), 179-192.

Juan Francisco Álvarez Herrero

Cristina Valls Bautista