



El pensamiento creativo en estudiantes para profesores de ciencias: efectos del aprendizaje basado en problemas y en la historia de la ciencia

- Creative Thinking in Prospective Science Teachers: Effects of Problem and History of Science Based Learning
- Pensamento criativo em professores de ciência na formação inicial: efeitos da aprendizagem baseada em problemas e na história da ciência

Resumen

El pensamiento creativo es una habilidad de los seres humanos que se puede desarrollar a través de la educación con material de aprendizaje y enseñanza apropiados. El pensamiento creativo es clave para adaptarse a unas condiciones de vida que cambian rápidamente y para producir soluciones creativas a todo tipo de los problemas de toda clase, y especialmente en el campo de la ciencia y la tecnología. El objetivo de este estudio es mejorar el pensamiento creativo de los estudiantes maestros turcos de ciencias en formación turcos para ser docentes de ciencias a través del aprendizaje basado en problemas (ABP) y el enfoque de la historia de la ciencia (HDC). El diseño cuasi-experimental tiene dos grupos experimentales, uno en la condición de aprendizaje ABP y el otro grupo en el aprendizaje HDC, ambos de manera explícita y reflexiva con intervenciones que duraron dos semestres con un total de 72 maestros en formación estudiantes de tercer año para ser maestros (8 hombres y 64 mujeres), que completaron el cuestionario de pensamiento creativo de Torrance como instrumento de recolección de datos y después se evaluaron las actuaciones de los dos grupos. Los resultados indican que el enfoque ABP fue más efectivo que el enfoque HDC para aumentar el pensamiento creativo y el interés de los estudiantes para maestros en la creatividad. Finalmente, se discuten las implicaciones de estos resultados para mejorar la creatividad de los maestros en formación inicial.

Palabras clave

Creatividad; Torrance Test (TTCT); profesores de ciencias en formación inicial; aprendizaje basado en problemas; historia de la ciencia

Nihal Dogan*
 María Antonia Manassero-Mas**
 Ángel Vázquez-Alonso***

* Departamento de Matemáticas y Ciencias, Facultad de Educación, Universidad de Bolu Abant İzzet Baysal, Turquía.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2225-0812>.
 Correo electrónico: nihaldogan17@gmail.com

** Departamento de Psicología, Facultad de Psicología, Universidad de las Islas Baleares, España.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7804-7779>.
 Correo electrónico: ma.manassero@uib.es

*** Centro de Estudios de Posgrado, Universidad de las Islas Baleares, España.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5830-7062>.
 Correo electrónico: angel.vazquez@uib.es



Abstract

Creative thinking is a human ability that can be developed through education with appropriate materials for learning and teaching. Creative thinking is key to adapting to rapidly changing living conditions and to producing creative solutions to any kind of problems, and especially in the field of science and technology. The objective of this study is to improve the creative thinking of Turkish students in initial training as science teachers through Problem Based Learning (ABP) and the History of Science (HDC) approaches. The quasi-experimental design has two experimental groups, one in the ABP learning condition and the other group in the HDC learning, both explicitly and reflectively. The interventions lasted two semesters and participated 72 third-year students to be teachers (8 men and 64 women) in the two condition groups, who completed the Torrance creative thinking questionnaire as a data collection instrument and whose performances were evaluated. The results indicate that the ABP approach was more effective than the HDC approach in increasing creative thinking and student interest for teachers in creativity. Finally, the implications of these results to improve the creativity of teachers in initial training are discussed.

Key words

Creativity; Torrance Test (TTCT); science teachers in initial training; problem-based learning; history of science

Resumo

O pensamento criativo é uma habilidade humana que pode ser desenvolvida através da educação com materiais apropriados para a aprendizagem e o ensino. O pensamento criativo é a chave para se adaptar às mudanças rápidas das condições de vida e produzir soluções criativas para problemas de todos os tipos, especialmente no campo da ciência e da tecnologia. O objetivo deste estudo é melhorar o pensamento criativo de estudantes turcos no treinamento inicial como professores de ciências, por meio da ABP (Problem Based Learning) e da História da Ciência (HDC). O desenho quase-experimental possui dois grupos experimentais, um na condição de aprendizagem ABP e outro na aprendizagem HDC, explícita e reflexivamente, com intervenções que duraram dois semestres, com um total de 72 alunos do terceiro ano a serem professores (8 homens e 64 mulheres), que preencheram o questionário de pensamento criativo de Torrance como instrumento de coleta de dados e avaliaram o desempenho dos dois grupos. Os resultados indicam que a abordagem ABP foi mais eficaz do que a abordagem HDC no aumento do pensamento criativo e do interesse dos alunos pelos professores em criatividade. Finalmente, são discutidas as implicações desses resultados para melhorar a criatividade dos professores na formação inicial.

Palavras-chave

Criatividade; Torrance Test (TTCT); professores de ciências em treinamento inicial; aprendizagem baseada em problemas; história da ciência

Introducción

Las sociedades del conocimiento del siglo XXI se caracterizan por el significativo y continuado impacto de múltiples desarrollos científicos e innovaciones tecnológicas y la creciente probabilidad que en el futuro siga aumentando la aceleración digital e informativa, en un marco de globalización y emergencia ecológica. Para afrontar estos nuevos desafíos, deben educarse las habilidades del siglo XXI, formadas por destrezas tales como información, tecnología, pensamiento crítico, comunicación, colaboración, creatividad, emprendimiento, resolución de problemas y productividad, que formen a la ciudadanía para participar y contribuir a la sociedad, tomar decisiones críticas y garantizar la empleabilidad competitiva en una era de globalización e innovación (Stewart, 2010).

En la escena educativa, diversos informes y documentos de especialistas en educación y organismos educativos internacionales convergen en recomendar una educación que forme personas para convivir en sociedades del conocimiento que cambian aceleradamente, donde aprender a pensar de manera crítica y científica es una piedra angular y funcional del desarrollo personal, social, laboral o de la eficacia de los programas educativos (National Research Council, 2012; Ministry of National Education, 2018). En esta línea la European Union (2014) propuso siete competencias clave y algunas habilidades transversales relevantes para lograr las competencias clave, que incluyen pensamiento crítico, creatividad, iniciativa, resolución de problemas, evaluación de riesgos, toma de decisiones, comunicación y manejo constructivo de las emociones. Por otro lado, las habilidades y competencias para el siglo XXI propuestas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OECD (citados por Ananiadou y Claro, 2009) incluyen la capacidad de pensar de forma independiente y se desarrollan en tres dimensiones, donde se mencionan habilidades de investigación, resolución de problemas, creatividad, toma de decisiones, pensamiento crítico y responsabilidad. Basado en el con-

cepto de aprendizaje profundo, el National Research Council (2012) ha desarrollado el concepto de conocimientos y destrezas transferibles para la vida y el trabajo en tres dominios de competencias (cognitivas, intrapersonales e interpersonales), que contienen un gran número de destrezas, entre las cuales se destacan las que tienen relación con el pensamiento crítico (argumentación, resolución de problemas, toma de decisiones, análisis, interpretación, creatividad, innovación, cooperación, comunicación, confianza, integridad, perseverancia, autoevaluación, meta-cognición, auto-regulación, iniciativa, escrupulosidad y curiosidad intelectual). Además, muchas claves de aprendizaje propuestas por prestigiosos expertos en educación también sugieren el pensamiento crítico como una propuesta común; por ejemplo, las competencias 6 Cs de Fullan para el aprendizaje profundo incluyen pensamiento crítico, creatividad, comunicación, colaboración, ciudadanía y carácter (Fullan y Scott, 2014). En resumen, los retos planteados por las actuales sociedades del conocimiento demandan una educación abierta y centrada en desarrollar las denominadas destrezas del siglo XXI donde el pensamiento crítico y la creatividad, entre otras, gozan de un consenso sistemático y mayoritario de los especialistas.

Marco teórico

La vasta investigación sobre aprendizaje sugiere también que la formación en destrezas de pensamiento es un factor clave para vencer las dificultades de los estudiantes en los aprendizajes escolares no rutinarios y profundos. Estos aprendizajes necesitan destrezas correspondientes a las categorías superiores de la taxonomía de Bloom (analizar, juzgar y crear), de modo que los alumnos que no las alcanzan tienen dificultades serias para lograr el éxito educativo (Krathwohl, 2002).

El pensamiento crítico y la creatividad

Los aprendizajes en las áreas de ciencias, matemáticas y tecnologías (STEM) a lo largo de todos los niveles del sistema educativo son especialmente sensibles al pensamiento. En particular, una literatura creciente sugiere que el pensamiento crítico es fundamental tanto para la educación científica como la educación tecnológica. El estudio de Bok (2006) señala que más del noventa por ciento de los profesores en los Estados Unidos creen que el objetivo más importante en la educación universitaria es el pensamiento crítico. Una tesis básica de la psicología evolutiva sostiene que el desarrollo cognitivo de las personas es gradual y un factor determinante del aprendizaje. Piaget y su escuela aportaron evidencias empíricas en favor de la existencia de etapas en el desarrollo cognitivo (Piaget y Inhelder, 1997). A pesar de las críticas, diversos investigadores han continuado la línea de investigación piagetiana basada en procesos cognitivos en el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas con los denominados programas de aceleración y otros programas (Shayer y Adey, 2002). El meta-análisis del aprendizaje visible de Hattie (2009, 2012) informa que el tamaño del efecto de los programas piagetianos es altamente significativo ($d=1,28$), que resulta el segundo más alto impacto empírico sobre el aprendizaje; además, otras variables cognitivas (estrategias meta-cognitivas, creatividad, resolución de problemas, etc.) alcanzan también impactos muy relevantes ($d >.40$). Estos resultados demuestran que las variables cognitivas, aunque arrinconadas por el predominio de diversas propuestas didácticas, siguen siendo un factor altamente relevante para el aprendizaje escolar.

La literatura mencionada anteriormente hace un uso frecuente de los constructos pensamiento crítico y creatividad, citándolos como si fueran elementos diferentes o sin relación. A partir de un análisis semi-empírico de la literatura sobre pensamiento crítico, Manassero y Vázquez (2019b) proponen una taxonomía donde este constructo se podría considerar el concepto de nivel superior y estructurante de las diversas habilidades y destrezas que se citan usualmente en la literatura sobre pensamiento crítico, y muy especialmente, las que se operacionalizan cómo destrezas constituyentes en los instrumentos de evaluación del pensamiento crítico. Esta taxonomía sirve para poner de manifiesto las relaciones entre el pensamiento crítico como concepto estructurante y la creatividad una dimensión del pensamiento crítico.

La taxonomía del pensamiento crítico está formada por cuatro dimensiones. La dimensión de creatividad, que engloba las acciones y operaciones cognitivas dirigidas a generar preguntas, ideas y conclusiones, modelos, análisis y síntesis. La dimensión del razonamiento y argumentación, que engloba las operaciones mentales y cognitivas dirigidas a justificar la validez de una conclusión. La dimensión de procesos complejos (resolución de problemas y toma de decisiones), que engloba tareas complejas que implican el uso de otras destrezas para encontrar solución a un problema o tomar la decisión más adecuada. La dimensión de evaluación y juicio engloba aquellas operaciones dirigidas a valorar la calidad (justificar la justicia, validez y fiabilidad) de los procesos pensamiento, propios y ajenos, y en todos sus elementos (información, supuestos, conclusiones y consecuencias). Esta taxonomía del pensamiento crítico se resume el siguiente esquema (Manassero y Vázquez, 2019b):

- CREATIVIDAD (generar ideas, conclusiones)
 - Plantear buenas preguntas
 - Observación (comparar, clasificar)
 - Análisis y síntesis (partes-todo, analogías, modelos)
- RAZONAMIENTO Y ARGUMENTACIÓN (justificar predicción, implicación, conclusión)
 - Lógico (deductivo)
 - Empírico (explicar con datos, informaciones, pruebas)
 - » Inductivo (generalizaciones)
 - » Argumentación (abductivo)
 - » Estadístico (probabilístico)
 - Falacias y errores
- PROCESOS COMPLEJOS
 - Toma de decisiones
 - Resolución de problemas
- EVALUACIÓN Y JUICIO (valoración de la calidad del pensamiento)
 - Estándares intelectuales (claridad, precisión, relevancia, ...)
 - Razonamientos
 - Acciones (soluciones, decisiones, consecuencias, ...)
 - Credibilidad de fuentes
 - Identificar supuestos
 - Comunicación (clarificación de significados)
 - Meta-cognición
 - » Autorregulación y autorreflexión
 - » Actitudes y afectos (disposiciones)

La taxonomía desarrolla cada una de estas dimensiones, a su vez, en subdimensiones y categorías, las cuales a su vez pueden contener múltiples destrezas específicas. Por ejemplo, el desarrollo de la dimensión de

creatividad contempla las categorías de plantear buenas preguntas (que conllevaría la contraparte de proponer buenas respuestas), observar, analizar y sintetizar. Se ejemplifican también algunas destrezas concretas como comparar, clasificar, analizar, sintetizar, relacionar las partes y el todo y crear modelos y analogías. En resumen, la taxonomía sugiere que la creatividad es una de las dimensiones básicas constituyentes del pensamiento crítico, que sería el concepto o estructurante de las destrezas de pensamiento de alto nivel.

El punto de unión entre creatividad (pensamiento) y su impacto en los retos del siglo XXI surge de una idea ampliamente extendida hoy. La creatividad, la innovación, la tecnología y la globalización impregnan la vida diaria y ponen en perspectiva los complejos problemas políticos, sociales, económicos y de relaciones humanas que definen el siglo XXI. La creatividad aparece asociada intensamente con los indicadores que definen las principales características de las sociedades del conocimiento en el siglo XXI y debería estar presente en la escuela todos los días (Ambrose y Sternberg, 2016).

Las definiciones de creatividad coinciden en conceptualarla como aquella capacidad humana que permite producir objetos o ideas nuevos (original, inesperado), valiosos (útil, de calidad) y apropiados (satisface estándares). El pensamiento depende de múltiples factores, y por eso el estudio de la creatividad se ha realizado desde diversos enfoques, aunque el cognitivo es uno de los más importantes. No obstante, la creatividad ocurre en la interacción entre una persona y el entorno, de modo que, estrictamente, la creatividad no se considera un rasgo de personalidad, sino que es dependiente del contexto temporal y ambiental donde se desarrolla (Sternberg, Lubart, Kaufman y Pretz, 2005). Además, la cognición que hace surgir el pensamiento creativo no consiste en una operación o proceso singular, sino que más bien es un conjunto de procesos y estructuras cognitivas diferentes (imaginación, memoria, cogniciones implícitas, combinación e ideación) que pueden colaborar entre sí de formas diferentes para elaborar diferentes tipos de productos creativos (Smith y Ward, 2012).

El psicólogo social Wallas (1926) propuso cuatro etapas para la creatividad: preparación, incubación, iluminación y verificación. Desde entonces, los investigadores han sugerido nuevos modelos de creatividad, aunque las cuatro etapas anteriores todavía se aceptan como centrales para la creatividad (Alveson y Sandberg, 2011; Penaloza y Calvillo, 2012; Runco, 2014).

La estructura del intelecto de Guilford (1967) despertó el interés por la creatividad a partir del factor de pensamiento divergente (formula varias respuestas alternativas), en contraposición al pensamiento convergente, que propone solo una solución determinada. El pensamiento divergente de Guilford se identifica con la creatividad, proponiendo una estructura de cuatro elementos: fluidez (facilidad para generar un número elevado de ideas), flexibilidad (transformación del proceso para alcanzar la solución del problema), originalidad (unicidad y novedad) y elaboración (nivel de detalle, desarrollo o complejidad).

Torrance (1974) definió la creatividad como una habilidad global de descubrir problemas o lagunas de información, formar ideas o hipótesis, probarlas, modificarlas y comunicar los resultados. El test de Torrance de pensamiento creativo está diseñado para identificar y evaluar el potencial creativo mediante dos partes: una prueba verbal y una prueba de figuras. La prueba verbal contiene siete subescalas: preguntar, adivinar causas, adivinar consecuencias, mejora del producto, usos inusuales, preguntas inusuales y solo suponer. La prueba de figuras tiene tres subescalas: construcción de imagen (a partir de una señal marcada), finalización de imagen (nuevamente con señales) y líneas paralelas. Se puntúan sobre la base de fluidez, flexibilidad originalidad y elaboración.

Creatividad e imaginación en la ciencia

En el marco de la visión positivista de la ciencia, la creatividad y la imaginación no podían considerarse cualidades inherentes a la actividad científica, porque esta visión solo admite los factores epistémicos (racionalidad lógica y la objetividad de los datos) como determinantes del conocimiento científico. Esta filosofía de la ciencia excluye cualesquiera otras fuentes de conocimiento por ser contrarios a la objetividad y, por tanto, es radicalmente incompatible con la presencia de la creatividad e imaginación en la ciencia (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001; Dogan, 2011).

Sin embargo, el giro naturalista en el estudio de la práctica científica ha conceptualizado la naturaleza de la ciencia de manera más amplia y ajustada a la realidad, abriéndola a nuevos factores epistémicos, de tipo social, psicológico y tecnológico, que superan el reduccionista estereotipo positivista. Esta nueva visión considera la ciencia una empresa humana, realizada por personas profesionalizadas (científicas), quienes están sujetas a la influencia de múltiples factores sociales, psicológicos, históricos, económicos etc. y, entre otros, creatividad e imaginación. En ciencia, la creatividad y la racionalidad siempre trabajan juntas, de modo que las teorías científicas se crean de muchas maneras diferentes y los procesos son muy creativos, a veces, muy lógicos y, a veces, racionales o accidentales (Manassero y Vázquez, 2019a).

La práctica científica es entendida por muchos especialistas como la coordinación entre datos y explicaciones que debería basarse en la precisa argumentación lógica sobre los datos (Kuhn, 2002). Esta visión sugiere ya que la ciencia es

creativa, pues los científicos tienen que usar su imaginación para idear las explicaciones que mejor coordinan los datos; estas explicaciones no son conjeturas, sino conclusiones bien informadas, coherentes con el conocimiento anterior y con los datos, pero que, en última instancia, no pueden ocultar que son productos de la imaginación de los científicos creadores. La búsqueda de respuestas y soluciones en forma de interpretaciones, teorías e ideas sobre las cuestiones planteadas requieren grandes dosis de creatividad e imaginación en las mentes de los científicos, factores decisivos y valiosos también para el progreso de la empresa científica. Las leyes de Newton se desarrollaron solo a través de su imaginación y la teoría general y especial de la relatividad existe gracias a la creatividad de Einstein. La historia de la ciencia aporta hoy infinidad de casos donde la presencia de la creatividad y la imaginación es patente, y, además, los estudios sociales de la ciencia indican que las ideas más creativas e imaginativas han determinado el éxito de las más importantes teorías científicas.

La historia también demuestra que la imaginación y creatividad de los científicos están centralmente presentes en la resolución de las grandes controversias científicas entre teorías competitivas. La justificación del heliocentrismo se basa en la contra-intuitiva imaginación copernicana de visionar el sol en el centro y la tierra girando a su alrededor (1543); la refutación de la teoría de la generación espontánea de la vida requirió imaginar experimentos que demostraran su imposibilidad en una larga confrontación que duró dos siglos (1668-1861); la estructura correcta de las moléculas de ADN se creó por una decisión creativa entre muchísimas otras posibles y compatibles con los datos disponibles en el momento (1953). Estos y muchos otros ejemplos de la ciencia demuestran el rol principal de la creatividad en la práctica científica, pero por encima de la notoriedad de los casos cruciales, también es importante destacar que los procedimientos ordinarios de la práctica científica están incuestionablemente impregnados de actos continuados de creatividad, gracias al trabajo

cooperativo de los científicos, tales como la creación de hipótesis, la interpretación de resultados o el diseño de experimentos para verificar las hipótesis (por ejemplo, el experimento de Michelson y Morley refutador del éter, 1887). Dunbar y Klahr (2012) sistematizan las cogniciones más genuinamente representativas del genio científico en las siguientes: resolución de problemas, verificación de hipótesis, búsqueda de causas, razonamientos inductivos, deductivos y abductivos, modelos y analogías y cambio conceptual.

Kind y Kind (2007, p. 14) han sistematizado el rol de la creatividad y la imaginación en la práctica científica en las siguientes declaraciones:

- Muchos científicos trabajan colaborativamente los mismos problemas y nuevas ideas (teorías, leyes) en una empresa colectiva.
- Algunos científicos son muy creativos y hacen contribuciones relevantes, pero siempre se basan en ideas de otros.
- Las teorías científicas son productos creativos (ideas) elaborados por los científicos.
- La mayoría de las teorías de la ciencia se desarrollan durante largos períodos en pequeños pasos.
- En ciencia, la creatividad y la racionalidad siempre trabajan juntas.
- La creatividad científica nunca funciona sin racionalidad y estrictas pruebas empíricas.
- Todos los científicos usan su imaginación al contribuir al desarrollo de la ciencia.
- Las teorías científicas se crean a través de procesos muy diferentes: unas veces altamente creativos y / o racionales y otras veces accidentales.

En suma, la creatividad aparece asociada a la historia de la ciencia y la resolución de problemas.

El enfoque de aprendizaje basado en (ABP) problemas y en historia de la ciencia (HDC)

Los maestros necesitan desarrollar sus habilidades de pensamiento, investigación, creatividad y resolución de problemas para que sus estudiantes puedan tener éxito en los ámbitos personal y civil y convertirse en tomadores de decisiones cuando se enfrentan a problemas de la vida real en el mundo de rápido cambio del siglo XXI. En los últimos 50 años, muchos estudios han concluido que la conceptualización de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia, la investigación científica y la ciencia en general es ingenua y desinformada (Dogan y Abd-El-Khalick, 2008; Ozer, Dogan, Yalaki, Irez, y Cakmakci, 2019; Solomon, Scott y Duveen, 1996; Vázquez-Alonso, A. y Manassero-Mas, 2014). Para mejorar estos aprendizajes, los maestros de ciencias deben combinar el conocimiento de la ciencia y la enseñanza para implementar estrategias efectivas basadas en el Conocimiento del contenido didáctico para enseñar temas específicos de manera clara y efectiva. El aprendizaje basado en problemas y la historia de la ciencia son los enfoques más importantes en esta enseñanza.

El aprendizaje basado en problemas se desarrolló originalmente en adultos, para educar a los médicos sobre cómo abordar y resolver problemas médicos. El aprendizaje basado en problemas considera que, en el mundo real fuera de la escuela, los adultos desarrollan sus conocimientos y habilidades no a través de ejercicios abstractos, sino cuando resuelven un problema real o responden una pregunta importante.

El ABP se basa en las propuestas de diferentes investigadores: la zona de desarrollo próximo de Vygotsky (1978) y el apoyo y la orientación a los estudiantes de Ausubel, Bruner, Dewey, Piaget y Rogers (Driver et al., 1994). En contextos de grupos cooperativos, el ABP es consistente con la teoría del constructivismo social, con la idea de que los estudiantes recopilen datos, tomen decisiones, organicen principios, resuelvan problemas incompletos, analicen y evalúen la cognición distribuida (Hodson y Hodson, 1998).

El ABP ha sido defendido como un enfoque alternativo e innovador porque ofrece oportunidades para ejercitar la creatividad y su desarrollo (Barak, 2006; Tan, 2000). Algunos estudios vinculan específicamente la metodología ABP y la mejora de las habilidades de creatividad con diversos tipos de estudiantes. Tan (2000) examinó el impacto de un programa de intervención de ABP en la creatividad, y lo mismo hicieron otros autores con estudiantes de medicina (Lycke, Grøttum y Strømsø, 2006), informática (Dunlap, 2005), fisioterapia (Yeung et al., 2003) y estudiantes de secundaria (Sungur y Tekkaya, 2006). Además, algunos investigadores consideran que una de las partes más importantes de la creatividad son las habilidades para resolver problemas (Lee y Cho, 2007).

El enfoque del aprendizaje basado en historia de la ciencia (HDC) ayuda a los estudiantes a comprender cómo cambian las ideas científicas con el tiempo, cómo se produce el conocimiento científico al observar y proporcionar explicaciones teóricas, y cómo desarrollar teorías y leyes científicas en un contexto interdisciplinario más amplio. Además, la enseñanza del conocimiento científico a través de HDC puede ayudar a los estudiantes a identificar factores que afectan a la innovación (Burke, 1978) y pueden convertirlos en tomadores de decisiones en

áreas personales y sociales cuando se enfrentan a problemas de la vida diaria (Bragaw y Hartoonian, 1988).

Aunque HDC y ABP juegan un papel importante en la mejora de las concepciones científicas de los docentes (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Dogan, 2017), poca investigación empírica sobre educación científica ha intentado evaluar la influencia de los cursos universitarios en la creatividad de los profesores de ciencias en formación. El objetivo de este estudio es contrastar la eficacia diferencial de dos intervenciones “Aprendizaje basado en problemas (ABP)” e “Historia de la ciencia (HDC)” para el desarrollo de las habilidades creativas en un grupo de maestros en formación inicial.

Metodología

El diseño cuasiexperimental usa una muestra de conveniencia con dos grupos experimentales. Un grupo se incluyó en la modalidad de instrucción de aprendizaje ABP y el otro grupo en el aprendizaje HDC, ambos de manera explícita y reflexiva. Las intervenciones duraron dos semestres. Los participantes completaron el cuestionario de pensamiento creativo Torrance (TTCT) como instrumento de recolección de datos.

Participantes

Un total de 72 estudiantes para profesores de ciencias de tercer año (8 mujeres y 64 hombres) participaron en este estudio en una universidad pública de región Occidental del Mar Negro, Turquía. Se colocaron al azar 35 maestros en el grupo HDC y los otros 37 se colocaron en el grupo ABP. La prueba visual del TTCT, Forma A, fue administrada a los dos grupos como instrumento de recolección de datos, en una prueba previa y otra posterior a la intervención.

Instrumentos

Torrance desarrolló en los Estados Unidos dos pruebas separadas para medir la creatividad verbal y visual (Torrance, 1966); la agencia que desarrolló la prueba ha cursado el per-

miso para el uso y análisis por la institución de Turquía. Se proporcionó capacitación de un día para el análisis de la prueba Torrance de la institución autorizada sobre equivalencia lingüística en Turquía de TTCT, fiabilidad, validez y normas de trabajo y se determinó que la prueba es confiable para todos los grupos de edad y para la cultura turca. En el análisis de consistencia interna, la puntuación más baja del grupo tuvo el valor alfa de Cronbach 0.50, mientras el coeficiente de consistencia interna más alto se determinó como 0.71 (Aslan, 2001).

La parte visual de TTCT tiene cinco sub-escalas: fluidez (*evalúa el número de ideas emitidas*), originalidad (*capacidad para producir respuestas novedosas o inusuales*), elaboración (*capacidad para producir una nueva respuesta agregando ajustes a las ideas existentes*), abstracción de títulos (*capacidad para ir más allá de una descripción física concreta*) y resistencia al cierre prematuro (*capacidad para mantener la mente abierta y abstenerse de llegar a una conclusión prematura*). Estas dimensiones de la creatividad evalúan diferentes detalles de la calidad para crear ideas.

Procedimiento

La creatividad visual (figurativo) se utilizó en esta investigación como prueba previa por la forma A y prueba posterior por la forma B. La forma A de figuras de las pruebas de Torrance del pensamiento creativo (TTCT, por sus siglas en inglés) consta de tres actividades de construcción de imágenes, terminación de imágenes y líneas, que se utilizaron en este estudio. Las respuestas a la TTCT fueron dibujos. El tiempo de aplicación de la prueba es de 30 minutos (Torrance, 1974; Torrance, 1988; Torrance, 1998).

Las pruebas de Torrance de pensamiento creativo

Originalmente la prueba tenía cuatro tipos de puntuaciones (fluidez, flexibilidad, originalidad y enriquecimiento), que hoy son cinco (originalidad, fluidez, abstracción de títulos, enriquecimiento, resistencia al cierre prematuro). Las

puntuaciones se basan en criterios como expresión emocional, expresión de la historia, expresión de títulos de movimiento o actividad, síntesis de formas incompletas, síntesis de líneas o círculos, visualización inusual, visualización interna, extensión o cruce de límites, humor, riqueza de imaginación, imaginación, color y fantasía.

La puntuación se realiza en dos etapas: la primera asigna los puntajes estándar por separado, al evaluar las respuestas de acuerdo con la fluidez, originalidad, detalles, abstracción de títulos y resistencia al cierre prematuro. En la segunda etapa se obtuvo el puntaje promedio, tomando el promedio de los puntajes estándar.

A veces, las respuestas compuestas contienen dos o más ideas, que se consideran respuestas múltiples. Su originalidad se puntúa de 0 o 1 cuando la respuesta se da con fluidez; cuando está en el listado de respuestas disponibles, no se puntúa. El investigador tiene la potestad de agregar respuestas a la lista, siempre y cuando sean originales (la lista de respuestas no originales es completa y no es preciso ampliarla). Finalmente, la puntuación de flexibilidad utiliza la guía de categorías de flexibilidad de Torrance de 1990; cada respuesta se clasifica en una única categoría y la puntuación final depende del número de categorías utilizadas. Cuando el enfoque cambia en cada respuesta obtiene puntuaciones de flexibilidad, al igual que las actividades, siempre y cuando no sea la repetición de una idea en la misma categoría o enfoque (Torrance, 1990). La puntuación se obtiene como promedio de las puntuaciones obtenidas en las dimensiones de estas cinco categorías, originalidad, fluidez, abstracción de títulos, enriquecimiento, resistencia al cierre prematuro.

Los tratamientos de aprendizaje

Los cursos de métodos de enseñanza de ciencias I y II son cursos obligatorios para los profesores de ciencias en formación inicial durante su tercer año en la universidad. El primer autor enseñó el curso, tres horas cada semana durante dos semestres. Cada sesión de enseñanza generalmente consistía en secciones de teoría que abordaban conceptos básicos de ciencias y una sección basada en la indagación que permitía a los participantes aplicar y desarrollar su conocimiento conceptual en evolución. Mientras que un grupo se incluyó en la instrucción de aprendizaje de ABP y preparó la secuencia de enseñanza y aprendizaje con enfoque ABP, el otro grupo recibió enseñanza de aprendizaje HDC de manera explícita y reflexiva y también preparó la secuencia de enseñanza y aprendizaje con enfoque HDC (Lederman, 2007). Los maestros de ciencias en formación inicial son responsables de preparar un plan de lecciones para las unidades de ciencias de la escuela media y su aplicación en el aula.

El estadístico tamaño del efecto cuantifica la magnitud de las diferencias en variables experimentales entre dos momentos diferentes o entre dos grupos distintos de tratamiento en puntuaciones estandarizadas (unidades de desviación estándar), de modo que valores positivos y superiores a 0.40 se consideran tamaños del efecto relevantes y valores inferiores a 0.20 se consideran insignificantes y el resto se consideran valores medios. El estadístico tamaño del efecto es el parámetro adecuado para valorar la magnitud del impacto de un tratamiento sobre las variables estudiadas, y como se mide en puntuaciones normalizadas, permite comparaciones entre diversos momentos y entre diversos grupos utilizando la misma escala cuantitativa.

Plan de estudios

Aunque no hay mucha literatura sobre el pensamiento creativo como un proceso específico, existe un acuerdo general sobre los procesos que mejoran las habilidades de pensamiento creativo de los estudiantes. Nihal Dogan y sus colaboradores crearon una secuencia de enseñanza y aprendizaje de tres etapas basado en la teoría de Torrance (1962) y otros enfoques (Keller-Mathers y Murdock, 2002; Plsek, 1997). Primero, *motivar*, cuyo objetivo es entusiasmar a los estudiantes a emocionarse con la actividad, acceder a sus conocimientos previos y comprender qué esperan del aprendizaje. Esta etapa se basa en lo que los estudiantes ya saben, para que puedan generar ideas previas, en lugar de buscar el conocimiento sobre el cual basar ideas; la sección de actividades de motivación vincula una variedad de ejemplos de diferentes materias que fomentan el aprendizaje y la curiosidad de los estudiantes.

El segundo, *profundizar las expectativas*, los estudiantes se vuelven más conscientes del desafío al que se enfrentan. Esta etapa tiene dos partes diferentes para el grupo 1 y 2 de este estudio. En la sección de ABP, los estudiantes reciben una experiencia práctica de un escenario problemático mal estructurado de la vida diaria (por un grupo). En el segundo

grupo, la alfabetización en HDC está destinada a inspirar una conciencia y comprensión de la ciencia, los científicos y la cultura a través de la HDC.

En el tercero, *extender y evaluar* el aprendizaje, donde los estudiantes van a conectar y experimentar la información con sus vidas, y a discrepar y debatir ideas. La evaluación formativa de la sección ABP o HDC incluye diferentes actividades para promover el pensamiento crítico, reflexivo y creativo y la resolución de problemas, preguntas abiertas, historias, escenarios, juegos, rompecabezas, etc., para desarrollar las habilidades de pensamiento de orden superior de los estudiantes.

Resultados

La evaluación del desempeño de los dos grupos pretende determinar la magnitud del tratamiento como resultado de los dos diferentes enfoques de enseñanza para mejorar el pensamiento creativo de los maestros de ciencias. Las respuestas se analizaron utilizando SPSS 20. Los docentes en formación participantes en los dos grupos tienen diferentes puntajes en los dominios creativos, cuyos resultados se proporcionan a continuación con un análisis descriptivo en la tabla 1.

Tabla 1. Estadística descriptiva total en de los puntajes de las formas figuras de Torrance (TTCT) por grupos HDC y ABP.

	Grupos	Previa			Posterior		
		N	Media	Desviación estándar	N	Media	Desviación estándar
Fluidez	HDC	35	86.54	14.718	35	99.69	17.197
	ABP	37	96.22	25.625	37	127.99	22.986
Originalidad	HDC	35	80.94	12.581	35	81.77	16.132
	ABP	37	90.95	23.472	37	121.27	20.654
Elaboración	HDC	35	67.23	9.638	35	70.97	8.679
	ABP	37	86.03	30.237	37	108.32	25.547
Abstracción de títulos	HDC	35	57.91	22.612	35	42.34	34.928
	ABP	37	64.46	36.123	37	81.14	26.409
Resistencia al cierre prematuro	HDC	35	79.46	13.281	35	77.66	20.264
	ABP	37	83.86	23.218	37	102.11	21.060
Media Total	HDC	35	76.92	9.690	35	76.54	14.755
	ABP	37	85.9351	23.15791	37	113.54	16.183

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la prueba Mann Whitney-U, se encontró que había una diferencia significativa entre los puntajes TTCT de los maestros en formación inicial a favor del grupo ABP. La prueba del Mann Whitney-U revela que las habilidades de pensamiento creativo (fluidez, originalidad, elaboración, abstracción de títulos y resistencia al cierre prematuro) de los maestros en formación inicial que prepararon y planificaron las lecciones relacionadas con ABP mostraron un cambio significativo (tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la prueba estadística de Mann Whitney-U para las diferencias posteriores entre los grupos de tratamientos en los tests de pensamiento creativo Torrance Figurativo Formas de partes verbales (fluidez, originalidad, elaboración, abstracción de títulos y resistencia al cierre posteriores).

Dimensión de creatividad Torrance	Grupos	N	U	Z	Sig. (2-tailed)
Fluidez	HDC	35	223.000	-4.789	.000
	ABP	37			
Originalidad	HDC	35	80.500	-6.391	.000
	ABP	37			
Elaboración	HDC	35	135.000	-5.915	.000
	ABP	37			
Abstracción de títulos	HDC	35	267.500	-4.318	.000
	ABP	37			
Resistencia al cierre prematuro	HDC	35	244.000	-4.552	.000
	ABP	37			
Índice Media Total	HDC	35	42.000	-6.823	.000
	ABP	37			

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se ofrecen después de las intervenciones de los enfoques ABP y HDC, observando que las puntuaciones medias de creatividad total aumentaron en ambos grupos de tratamiento. Sin embargo, después de las intervenciones, se produjeron aumentos sustanciales, especialmente más favorables en el grupo de ABP.

Tabla 3. Resultados de la prueba de Wilcoxon Sign Rank para grupo HDC.

	Fluidez	Originalidad	Elaboración	Abstracción de títulos	Resistencia al cierre prematuro	Media Total
Z	-3.198 ^b	-1.37 ^b	-1.619 ^b	-2.282 ^c	-.701 ^c	-.352 ^c
P	.001	.891	.106	.023	.483	.725

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 3 y 4 presentan los resultados de la prueba de Wilcoxon para determinar la significación de las diferencias entre las puntuaciones medias pre-via-posterior de la prueba de pensamiento creativo Torrance de los grupos ABP y

HDC. En el grupo HDC se encontraron diferencias significativas en Fluidez y Abstracción de títulos (esta última corresponde a una disminución de puntuaciones). En el grupo ABP hubo una diferencia significativa en todos los componentes de fluidez, originalidad, elaboración, abstracción de títulos y resistencia al cierre que corresponde a una mejora importante en este

grupo e tratamiento. Este resultado muestra que los maestros en formación inicial en el grupo ABP han logrado un progreso significativo en los puntajes de creatividad entre las pruebas previas y posteriores, mientras los maestros en el grupo HDC solo mejoran significativamente Fluidez (Tablas 3 y 4).

Tabla 4. Resultados de la prueba de Wilcoxon Sign Rank para grupo ABP.

	Fluidez	Originalidad	Elaboración	Abstracción de títulos	Resistencia al cierre prematuro	Media Total
Z	-4.180 ^b	-4.400 ^b	-3.801 ^b	-3.054 ^b	-3.933	-5.303 ^b
P	.000	.000	.000	.002	.000	.000

Fuente: Elaboración propia

El tamaño del efecto

Los resultados del tamaño del efecto resumidos en la Tabla 5 permiten comprobar que el impacto diferencial de los dos tratamientos comparados en este estudio (ABP y HDC) muestran patrones de los tamaños de los efectos muy diferentes para los grupos estudiados. El grupo de aprendizaje basado en problemas obtiene tamaños del efecto de las diferencias entre sus puntuaciones finales y sus puntuaciones iniciales (columna 4) muy positivos y muy relevantes, pues el tamaño del efecto de las diferencias de la puntuación media total para este grupo es superior a media desviación estándar en todas las variables (1.40 en la

puntuación total) y destacando las variables fluidez y originalidad que muestran tamaños del efecto superiores a una desviación estándar, que son valores de los tamaños del efecto de gran magnitud. Por el contrario, el grupo de aprendizaje basado en historia de la ciencia obtiene un tamaño del efecto de la diferencia entre sus puntuaciones medias totales inicial y final prácticamente nulo, pues los tamaños del efecto de las variables estudiadas sólo muestran una de ellas (fluidez) con un tamaño del efecto positivo y relevante, mientras el resto de las variables exhiben tamaños del efecto insignificantes o negativos (abstracción de títulos).

Tabla 5. Valores del estadístico tamaño del efecto de las diferencias entre la evaluación final y la inicial y entre los grupos de tratamiento (ABP y HDC) al inicio y al final del proceso.

	Tratamiento	N	Tamaño efecto Final_Inicial	Tamaño efecto Inicial ABP-HDC	Tamaño efecto Final ABP-HDC	Diferencia
Fluidez	ABP	37	1.31	0.48	0.79	0.31
Originalidad	ABP	37	1.37	0.56	1.10	0.54
Elaboración	ABP	37	0.80	0.30	1.04	0.74
Abstracción de títulos	ABP	37	0.53	0.22	1.08	0.85
Resistencia al cierre prematuro	ABP	37	0.82	0.24	0.68	0.44
Media Total	ABP	37	1.40	0.15	1.03	0.88

	Tratamiento	N	Tamaño efecto Final_Inicial	Tamaño efecto Inicial ABP-HDC	Tamaño efecto Final ABP-HDC	Diferencia
Fluidez	HDC	35	0.82			
Originalidad	HDC	35	0.06			
Elaboración	HDC	35	0.04			
Abstracción de títulos	HDC	35	-0.54			
Resistencia al cierre prematuro	HDC	35	-0.11			
Media Total	HDC	35	-0.01			

Fuente: Elaboración propia

Las columnas 5 y 6 de la Tabla 5 muestra el tamaño del efecto inicial y final entre los dos grupos. El grupo de aprendizaje basado en problemas tiene una tendencia a obtener puntuaciones superiores al otro grupo, aunque el tamaño del efecto solo es relevante en dos de las variables para el tamaño del efecto en las puntuaciones iniciales. La columna sobre el tamaño del efecto final entre los dos grupos muestra diferencias finales entre los dos grupos que son relevantes en las cinco variables de creatividad estudiadas y que la diferencia, descontando las diferencias iniciales, todavía sigue siendo también relevante (última columna de la Tabla 5).

Los resultados del tamaño del efecto también permiten diagnosticar las variables de la creatividad que resultan más o menos influenciados por los tratamientos. En el grupo ABP las variables fluidez y originalidad son las que tiene una mejora más grande, superior a una desviación estándar; las variables elaboración y resistencia al cierre prematuro tienen una mejora muy buena pero intermedia, y la variable abstracción de títulos es la que logra la mejora relevante más baja del grupo. En el grupo HDC sólo la variable fluidez muestra una mejora relevante. Estos resultados confirman que el grupo de tratamiento bajo la metodología de aprendizaje basado en problemas mejora significativa y relevantemente sus puntuaciones de creatividad mucho más que el grupo de aprendizaje basado en historia de la ciencia.

Discusión

Aunque la creatividad está de moda en la educación y en la escuela primaria en particular, la realidad es que enseñar pensamiento creativo a futuros maestros no es fácil. Este estudio ha abordado esta cuestión planteando como cuestión de investigación el contraste entre dos metodologías posibles para enseñar creatividad los maestros de ciencias: aprendizaje basado en problemas y aprendizaje basado en la historia de la ciencia. En este contexto, para desarrollar las habilidades de creatividad de los estudiantes para maestros de ciencias, en primer lugar, es necesario enseñarles diferentes métodos de enseñanza que desarrollen sus habilidades de creatividad. Por lo tanto, en este estudio, los futuros maestros tuvieron la oportunidad de preparar e implementar una secuencia de enseñanza aprendizaje desde dos enfoques diferentes: el aprendizaje basado en problemas y la historia de la ciencia. Paralelamente, se evaluó el desarrollo de las habilidades de creatividad de los estudiantes para ser maestros—fluidez, originalidad,

elaboración, abstracción de títulos y resistencia al cierre—mediante el test de Torrance según una metodología de investigación cuasi experimental con pre-test y post-test.

A la luz de los datos obtenidos, se concluye que el aprendizaje basado en problemas y la historia de la ciencia mejoraron las habilidades creativas de los futuros maestros. Sin embargo, este estudio demuestra que el aprendizaje basado en problemas mejora más las habilidades de creatividad futuros maestros que el enfoque de historia de la ciencia. Aunque se observaron algunos efectos positivos y significativos del enfoque historia de la ciencia en los maestros de ciencias sobre los temas de fluidez y abstracción de títulos (efecto negativo), el aprendizaje basado en problemas produce ganancias más significativas y relevantes en las cinco habilidades evaluadas medidas por el tamaño del efecto, que es bastante más alto en las cinco variables al final. Estos resultados son consistentes con algunos trabajos que vinculan directamente la metodología ABP y la mejora de las habilidades de creatividad (Dogan, 2017; Dunlap, 2005; Lycke et al., 2006; Sungur y Tekkaya, 2006; Tan, 2000; Yeung et al., 2003)

El hallazgo más significativo de este estudio se relaciona con la relación discernible y consistente entre el enfoque ABP y la ganancia en habilidades de pensamiento creativo de los maestros, mientras el enfoque de historia de la ciencia no mejora tanto el pensamiento creativo. El enfoque ABP es un enfoque del aprendizaje más efectivo que el enfoque HDC para aumentar las habilidades creativas de los maestros. Quizá, el enfoque de ABP funciona mejor para la creatividad porque los procesos que pone en juego ofrecen más oportunidades creativas, como en los procesos de identificar el problema y encontrar una nueva solución.

A pesar de las referencias citadas antes realmente no hay muchos estudios sobre el efecto de ABP en la creatividad. Se necesitan más estudios para mejorar la base de conocimiento existente y llenar los vacíos en esta área con nuevos estudios de investigación.

Más específicamente, se necesitan investigaciones del impacto de ABP en el pensamiento creativo más controladas y en diferentes culturas. Las investigaciones adicionales deben confirmar el impacto de ABP sobre los diversos componentes de la creatividad, así como arrojar luz sobre los posibles factores mediadores entre ABP P y creatividad.

Agradecimientos

Estudio apoyado por el Consejo de Investigación Científica y Tecnológica de Turquía (TUBITAK).

Proyecto EDU2015-64642-R (AEI/FEDER, UE) financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias

- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). The Influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200012\)37:10<1057::AID-TEA3>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200012)37:10<1057::AID-TEA3>3.0.CO;2-C)
- Alvesson, M. y Sandberg, J. (2011). Generating research questions through problematization. *Academy of Management Review*, 36(2), 247-271.
- Ambrose, D. y Sternberg, R. J. (Eds.) (2016). *Creative Intelligence in the 21st Century*. Sense Publishers.
- Ananiadou, K. y Claro, M. (2009). 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. *OECD Education Working Papers*, 41. <https://doi.org/10.1787/19939019>
- Aslan, A.E. (2001). Versión turca del test de creatividad de Torrance. [Torrance yaratıcı düşünce testi'nin Türkçe versiyonu]. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 14, 19-40.

- Barak, M. (2006). Teaching methods for systematic inventive problem-solving: Evaluation of a course for teachers. *Research in Science and Technological Education*, 24(2), 237–254.
- Bok, D. (2006). *Our Underachieving Colleges: A candid look at how much students learn and why they should be learning more*. Princeton University Press.
- Bragaw, D. H. y Hartoonian, H. M. (1988). *Social studies: The study of people in society. Content of the curriculum: 1988 Yearbook of the association of supervision and curriculum development (ASCD)*. ASCD.
- Burke, P. (1978). *Popular culture in early modern Europe*. New York University Press.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. y Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23, 5-12. <https://doi.org/10.3102/0013189X023007005>
- Dogan, N. y Abd-ElKhalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 1083–1112. <https://doi.org/10.1002/tea.20243>
- Dogan, N. (2011). What went wrong? Literature students are more informed about the nature of science than science students. *Education & Science*, 36(159), 220-235.
- Dogan, N. (2017) Blending problem-based learning and history of science approaches to enhance views about scientific inquiry: new wine in an old bottle. *Journal of Education and Training Studies*, 5, (10), 99-112.
- Dunbar, K. N. y Klahr, D. (2012). Scientific thinking and reasoning. En K. J. Holyoak y R. G. Morrison (Eds.), *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 456-474). Oxford University Press.
- Dunlap, J. C. (2005). Changes in students' use of lifelong learning skills during a problem-based learning project. *Performance Improvement Quarterly*, 18(1), 5–33.
- European Union (2014). *Key Competence Development in School Education in Europe. KeyCoNet's review of the literature: A summary*. 2014. <http://keyconet.eun.org>
- Fullan, M. y Scott, G. (2014). *Education PLUS*. Collaborative Impact SPC.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of intelligence*. McGraw-Hill.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning*. Routledge.
- Hodson, D. y Hodson, J. (1998). From constructivism to social constructivism: A Vygotskian perspective. *School Science Review*, 79, 33–46.
- Kartal, E., Cobern, W.W., Dogan, N., Serhat, I., Gultekin, C. y Yalcin, Y. (2018). Improving science teachers' nature of science views through an innovative continuing professional development program. *The International Journal of STEM Education*, 5 (30), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0125-4>

- Keller-Mathers, S. y Murdock, M. (2002). Teaching the content of creativity using the Torrance Incubation Model: Eyes wide open to the possibilities of learning. *National Association of Gifted Children Celebrate Creativity Newsletter*, 13(2), 7-9.
- Kind, P. y Kind, V. (2007). Creativity in science education: Perspectives and challenges for developing school science. *Studies in Science Education*, 43, 1-37.
- Krathwohl, D. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy. *Theory into Practice*, 41(4), 212-218.
- Lee, H. J. y Cho, Y. S. (2007). Factors affecting problem finding depending on degree of structure of problem situation. *Journal of Educational Research*, 101(2), 113-124.
- Lycke, K. H., Grøttum, P. y Strømsø, H. I. (2006). Student learning strategies, mental models and learning outcomes in problem-based and traditional curricula in medicine. *Medical Teacher*, 28(8), 717-722.
- Manassero-Mas, M.A. y Vázquez-Alonso, A. (2019a). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3104.
- Manassero-Mas, M. A. y Vázquez-Alonso, A. (2019b). Taxonomía de las destrezas de pensamiento: una herramienta clave para la alfabetización científica. En M. D. Maciel y E. Albrecht (org.), *Ciência, Tecnologia y Sociedade: Ensino, Pesquisa e Formação* (pp. 17-38). UNICSUL.
- Ministry of National Education (MONE) (2018). *Science course curriculum (Primary and secondary school 3, 4, 5, 6, 7, and 8th grades)*. Ministry of National Education Press.
- National Research Council (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. The National Academies Press.
- Ozer, F., Doğan, N., Yalaki, Y., İrez, S. y Çakmakçı, G. (2020). The ultimate beneficiaries of continuing professional development programs: The middle school students' nature of science views. *Research in Science Education*, <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9824-1>.
- Penaloza, A. A. y Calvillo, D. P. (2012). Incubation provides relief from artificial fixation in problem solving. *Creativity Research Journal*, 24(4), 338-344.
- Piaget, J. y Inhelder, B. (1997). *Psicología del niño*. Morata.
- Pisek, P. (1997). *Creativity, Innovation, and Quality*. ASQ Quality Press.
- Runco, M. A. (2014). *Creativity: Theories and themes: Research, development, and practice*. Elsevier.
- Shayer, M. y Adey, P.S. (eds.) (2002). *Learning Intelligence: Cognitive Acceleration across the curriculum from 5 to 15 years*. Milton Keynes: Open University Press.
- Smith, S. M. y Ward, T. B. (2012). Cognition and the Creation of Ideas. En K. J. Holyoak y R. G. Morrison (Eds.), *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 456-474). Oxford University Press.
- Solomon, J., Scott, L. y Duveen, J. (1996). Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, 80, 493-508. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<493::AID-SCE1>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<493::AID-SCE1>3.0.CO;2-6)
- Sternberg, R. J., Lubart, T. I., Kaufman, J. C. y Pretz, J. E. (2005). Creativity. En K. J. Holyoak y R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 352-369). Cambridge University Press.
- Sungur, S. y Tekkaya, C. (2006). Effects of problem-based learning and traditional instruction on self-regulated learning. *Journal of Educational Research*, 99(5), 307-317.

- Tan, O. S. (2000). Thinking skills, creativity and problem-based learning. In O. S. Tan, P. Little, S. Y. Hee y J. Conway (Eds.), *Problem-based learning: Educational innovation across disciplines*. Temasek Centre for Problem-based Learning.
- Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent*. Prentice Hall.
- Torrance, E. P. (1966). *The Torrance tests of creative thinking-Norms-Technical Manual Research Edition-Verbal Tests, Forms A and B-Figural Tests, Forms A and B*. Personnel Press.
- Torrance, E. P. (1974). *The Torrance test of creative thinking: Norms-technical manual*. Scholastic Testing Service.
- Torrance, E. P. (1988). The nature of creativity as manifest in its testing. En R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity* (pp. 43–73). Cambridge University Press.
- Torrance, E.P. (1990). *Torrance tests of creative thinking. Manual for Scoring and Interpreting Results. Verbal, Forms A and B*. Scholastic Testing Service.
- Torrance, E. P. (1998). *The Torrance tests of creative thinking norms—technical manual figural (streamlined) forms A y B*. Scholastic Testing Service, Inc.
- Vázquez, A., Acevedo, J.A., Manassero, M.A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176.
- Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. A. (2014). *Science teachers' beliefs about nature of science and science-technology-society issues*. En R. Evans, J. Luft, C. Czerniak, C. Pea (eds), *The role of science teachers' beliefs in international classrooms*. Sense Publishers.
- Vygotsky, L. (1978). *Interaction between. Learning and development. From: Mind and. Society* (pp. 79–91). Harvard University Press.
- Wallas, G. (1926). *The Art of Thought*. Harcourt, Brace and Company.
- Yeung, E., Au-Yeung, S., Chiu, T., Mok, N., y Lai, P. (2003). Problem design in problem-based learning: Evaluating students' learning and self-directed learning practice. *Innovations in Education and Teaching International*, 4(3), 237–244.

Para citar este artículo

- Dogan, N., Manassero-Mas, M. A. y Vázquez-Alonso, Á. (2020). El pensamiento creativo en estudiantes para profesores de ciencias: Efectos del aprendizaje basado en problemas y en la historia de la ciencia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (48), 163-180. <https://doi.org/10.17227/ted.num48-10926>