

Influencia del Aprendizaje Basado en Problemas en el rendimiento académico de Ciencias en un centro de Educación Secundaria Obligatoria

Influence of Problem-Based Learning on Academic Performance in Science for Compulsory Secondary Education

Amaya Satrústegui Moreno¹, Alberto Quílez-Robres², Ester Mateo González³, Alejandra Cortés-Pascual⁴

¹ Universidad de Zaragoza asatrustegui@unizar.es

² Universidad de Zaragoza aquilez@unizar.es

³ Universidad de Zaragoza emateog@unizar.es

⁴ Universidad de Zaragoza alcortes@unizar.es

Recibido: 18/10/2024

Aceptado: 18/12/2025

Copyright ©

Facultad de CC. de la Educación y Deporte.
Universidad de Vigo



Dirección de contacto:

Amaya Satrústegui Moreno

Facultad de Ciencias Humanas y de la
Educación
Valentín Carderera, 4
22003 Huesca

Resumen

El objetivo de este estudio longitudinal es analizar la influencia de una secuencia didáctica basada en el Aprendizaje Basado en Problemas sobre el rendimiento académico en el área de Ciencias de 17 alumnos de 4º de Educación Secundaria Obligatoria. La intervención se implementó en la asignatura de Cultura Científica a lo largo de un curso académico. Para el análisis, se consideró la evolución de las calificaciones finales de las tres evaluaciones del curso en las asignaturas de Biología y Geología, Matemáticas, Física y Química y Cultura Científica. El estudio muestra una mejora del rendimiento escolar solo en la asignatura en la que se realizó la intervención. Además, al aplicar un método de regresión lineal utilizando como variables el momento de evaluación, la coevaluación y la autoevaluación del alumnado, se pueden predecir un 60,5% de sus calificaciones. Se concluye que, para que esta mejora de rendimiento se traduzca en un aumento generalizado de calificaciones, es necesario transformar la forma en que se evalúan las asignaturas de Ciencias. Además, se plantea la necesidad de abordar esta metodología en todas las materias y de forma continuada en el tiempo.

Palabras clave

Rendimiento Académico, Aprendizaje Basado en Problemas, Ciencias, Evaluación

Abstract

The objective of this longitudinal study was to analyze the influence of a teaching sequence based on Problem-Based Learning on the academic performance in science among 17 students in the 4th year of Compulsory Secondary Education. The intervention was implemented in the subject of Cultura Científica over the course of one academic year. For the analysis, the evolution of the final grades from the three course assessments in the subjects of Biology and Geology, Mathematics, Physics and Chemistry, and Cultura Científica was considered. The study shows an improvement

in academic performance only in the subject where the intervention was carried out. Furthermore, by applying a linear regression method using the timing of the assessment, co-assessment, and student self-assessment as variables, 60.5% of their grades can be predicted. It is concluded that, in order for this performance improvement to translate into a generalized increase in grades, it is necessary to transform the way science subjects are assessed. In addition, the need to approach this methodology across all subjects and continuously over time is proposed.

Key Words

Academic Performance, Problem-Based Learning, Science, Evaluation

1. INTRODUCCIÓN

Aunque los humanos tengan grandes dificultades a la hora de almacenar copias exactas de lo que ven, oyen o leen, en muchos casos, los alumnos y las alumnas se limitan a memorizar los contenidos científicos sin entender su significado y su aplicación en la vida real. Esto puede ser debido a dos motivos fundamentales (Pozo y Gómez-Crespo, 2010):

- La propia naturaleza del aprendizaje de las ciencias que debe cumplir unas leyes, normas y teorías concretas.
- En nuestro país existe una importante tradición educativa orientada a que los estudiantes reproduzcan lo que aprenden sin ponerlo en duda.

Todo esto hace que muchos escolares, desde edades tempranas, tengan la creencia de que la ciencia se basa en ecuaciones y definiciones que tienen que memorizar sin necesidad de comprender. Además, poseen pocas estrategias meta-cognitivas y al intentar resolver problemas científicos, su metodología y su razonamiento son pobres (Campanario y Moya, 1999; Torres-Salas, 2010). Este razonamiento se encuentra en oposición al aprendizaje por competencias y saberes básicos, pilar fundamental del sistema educativo actual. Éste se basa en la educación del alumnado centrada no solo en conceptos, sino en sus capacidades y actitudes, con herramientas que permitan adaptarse a un mundo en constante cambio (Ley Orgánica 3/2020). De esta manera, en el marco de referencia europeo, se define la competencia básica en ciencia como “la capacidad y voluntad de utilizar el conjunto de conocimientos y la metodología empleados para explicar la naturaleza, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas” (Recomendación 2006/962/CE, L 394/15). Asimismo, el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos (National Research Council, 2012) recomienda una enseñanza de las ciencias en torno a las siguientes dimensiones: ideas clave, prácticas científicas y conceptos transversales. Con la finalidad de avanzar hacia este nuevo escenario, los docentes en ciencias buscan incesantemente la manera en que su alumnado adquiera conocimientos que posteriormente puedan aplicar de una manera eficiente. Con este propósito, aparecen un sinfín de innovaciones e investigaciones que pretenden mejorar el éxito académico del estudiantado contextualizando el aprendizaje, aumentando su motivación y su comprensión (Osman, 2021, Piila et al., 2021, Toli y Kallery, 2021) además de fomentar su alfabetización científica (Balastegui et al., 2020). De esta manera, la formación de la ciudadanía en las sociedades actuales, no solo se debe centrar en aprender ciencia sino en aprender sobre ciencia, a hacer ciencia y a tratar cuestiones sociocientíficas (Hodson, 2014).

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una metodología centrada en la resolución de problemas estructurados que sirven como punto de partida para el aprendizaje. Este enfoque de instrucción sitúa a los estudiantes como protagonistas, enfrentándolos a situaciones complejas que simulan desafíos reales, no solo vinculados a la disciplina específica, sino que también requieren integrar y aplicar conocimientos de diversas áreas para resolverlos. Fomenta el aprendizaje activo y centrado en el estudiante, presentándoles problemas auténticos. De este modo, los estudiantes adquieren nuevos conocimientos, mientras los docentes adoptan el rol de guías en el proceso de aprendizaje (Martín-García et al., 2024). Esta estrategia educativa, partiendo de cuatro fases fundamentales: (1) identificar y entender el problema, (2) buscar información relevante, (3) acordar una posible solución, y (4) revisar la solución propuesta, permite a los estudiantes investigar y experimentar sobre situaciones de la vida cotidiana, lo que les ayuda a reconocer la ciencia en su entorno. De esta manera, el alumnado aprende a observar, generar preguntas, revisar información y analizar datos para llegar a conclusiones razonadas (Aránega y Ruiz, 2005).

Muchas de las investigaciones relacionadas con dicho método (ABP) se fundamentan en la mejora del rendimiento académico y de la motivación (Campanario y Moya, 1999; Li et al., 2022; Rodríguez-Lizana et al., 2021; Trullas et al., 2022). De esta manera, López-Bertomeo y González-Olivares (2018) ya indicaron que la influencia en el rendimiento académico al utilizar metodologías activas va mejorando a lo largo de los cursos de la Educación Obligatoria. Estas metodologías son las que ayudan al estudiantado a ser autónomos a la hora de reordenar, reelaborar y procesar la información y la aplicación de estas estrategias tienen gran importancia a la hora de obtener un mayor éxito académico (López-Bertomeo y González-Olivares, 2018). Por otro lado, es importante indicar que estas metodologías se muestran como herramientas capaces de mejorar la adquisición de conocimientos, pero muestran mayor eficacia en el caso de implementarse de manera integral en el programa de enseñanza (Cebreiro et al., 2008). Si se centra el interés en la metodología del ABP, también se pueden encontrar estudios que hablan del efecto positivo de este tipo de aprendizajes en el éxito académico del alumnado (Zamir et al., 2022). De esta manera, Hincapié et al. (2016), al analizar tanto cualitativamente como cuantitativamente los datos de dos grupos de estudiantes de medicina que siguieron diferentes metodologías, solo observaron un aumento del rendimiento académico en el grupo de estudiantes en el que se había implementado el ABP. Por otro lado, Díaz (2020), también obtuvo una relación positiva y significativa entre el uso del ABP y el rendimiento académico de quinto curso de estudiantes de enfermería en la Universidad Nacional de Lima. Además, existen meta-análisis que vinculan altas calificaciones por el uso de esta metodología, con respecto a otras, en la capacidad para resolver problemas (Xu et al., 2021) y en este mismo sentido la aplicación del ABP y su evaluación ha resultado más efectiva que otra de carácter tradicional (Rodríguez-Mora y Fernández-Batanero, 2017). Por el contrario, existen otras investigaciones en las que no se encuentran diferencias significativas en el rendimiento académico del estudiantado universitario, e incluso, puede haber algo de perjuicio si se compara con otras metodologías (Acay y Benek, 2024; Olivares-Olivares y Heredia-Escorza, 2012).

Estudios recientes indican que aplicar ABP favorece un aprendizaje basado en la adquisición de competencias en lugar de un aprendizaje memorístico ya que parte de situaciones contextualizadas que impiden que el alumnado se limite a resolver los

problemas de manera mecánica o a reproducir la teoría trabajada (Jiménez-Liso et al., 2021). Estas situaciones exigen que el alumno transfiera sus conocimientos para poder entender las situaciones y llegar a conclusiones. Por lo tanto, es necesario un cambio en los procesos de evaluación (Ceberio et al., 2008; Sanmartí, 2007; Rodríguez-Mora y Blanco-López, 2016), ya que este método condiciona las técnicas evaluativas empleadas (Ríos, 2007). La evaluación de este tipo de metodologías presenta dificultades obvias ya que no solo pretende observar los conocimientos sino también las habilidades y las actitudes del alumnado donde debe contemplarse un enfoque mixto de carácter cuantitativo y cualitativo en la recogida de datos (Delgado y Justo, 2018). Además, al formar parte de un aprendizaje autodirigido, los estudiantes deben conocer de antemano cuáles van a ser las pautas de evaluación (Branda, 2009).

Por otro lado, para realizar la evaluación, se pueden utilizar diferentes medios, técnicas e instrumentos. Según la clasificación realizada por Hamodi et al. (2015), los medios de evaluación se definen como los productos que recoge, ve y/o escucha el docente y que son útiles para que los discentes muestren lo que han aprendido. Éstos pueden ser escritos, orales y prácticos. Las técnicas de evaluación se concretan como las técnicas utilizadas por el profesorado para recoger la información necesaria y, se diferencian en función de la participación de los discentes en este proceso. De esta manera, se pueden encontrar dos tipos de técnicas: unas en la que el alumnado no interviene (heteroevaluación), y otras en las que el alumnado participa, dividiéndose éstas a su vez en evaluación colaborativa, coevaluación o autoevaluación. Como instrumentos de evaluación se agrupan a las herramientas que se utilizan para expresar de manera organizada la información recogida a través de las técnicas de evaluación. Con esta finalidad, en los últimos años, se ha extendido el uso de tablas con diferentes indicadores que se deben tener en cuenta y los niveles de calidad que éstos pueden alcanzar, también llamadas rúbricas (Cebrián y Monedero, 2014; Goodrich, 2000).

Son escasas las investigaciones referidas a Educación Secundaria sobre la relación entre el uso del ABP y el rendimiento académico, aunque sean numerosas las relacionadas con la etapa de enseñanza superior (Díaz, 2020; Hincapié et al., 2016; Li et al., 2022; Olivares-Olivares y Heredia-Escora, 2012; Trullas et al., 2022, entre otras) y, por ello, este estudio tiene como objetivos:

1. Analizar si existe una mejoría en el rendimiento académico en las asignaturas de ciencias del alumnado de 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) al implantar una intervención educativa basada en el ABP durante un curso académico.
2. Estudiar el poder de predicción de variables independientes como las herramientas de evaluación del docente, el momento de evaluación y, el tipo de evaluación (autoevaluación y coevaluación) en referencia al rendimiento de la resolución de problemas y exposiciones.

La primera hipótesis de trabajo es la de explorar la posible relación significativa y positiva entre el rendimiento académico en la asignatura de Cultura Científica y la implantación del Aprendizaje Basado en Problemas. La segunda, espera encontrar un alto valor de predicción al introducir como variables los elementos que conforman la evaluación del docente para estimar la progresión del alumnado.

2. MÉTODO

2.1. Muestra

La muestra estuvo formada por 17 alumnos (65% mujeres, 35% hombres) que cursaban 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) durante el curso 2021-2022 en un centro educativo de Zaragoza (España) en el que la metodología de enseñanza más utilizada durante su vida escolar es la clase magistral interactiva, basada en la exposición del docente que interactúa de manera constante con el alumnado de forma que éstos también responden preguntas y realizan ejercicios (Berbén et al., 2007; Sánchez, 2011).

2.2. Instrumentos

En el presente estudio se evaluó el rendimiento académico del estudiantado. Para ello se tuvieron en cuenta las calificaciones finales de las tres evaluaciones del curso objeto del estudio. El cálculo de estas calificaciones se realizó siguiendo los porcentajes mostrados en la Tabla 1:

Técnicas de evaluación		Heteroevaluación			Autoevaluación	Coevaluación
Medios de evaluación	Examen	Portfolio y presentación oral	Cuaderno	Trabajo aula	Cuestionario	Trabajo aula
Biología y Geología	90%		10%			
Matemáticas	85%		10%	5%		
Física y Química	90%		10%			
Cultura Científica		50%		25%	10%	15%

Tabla 1. Técnicas y medios de evaluación de las diferentes asignaturas de ciencias

Como se puede observar, existe una diferencia significativa en los medios de evaluación utilizados en las diferentes asignaturas de ciencias. Al igual que en las experiencias expuestas por Hernández (2010), en la mayor parte las asignaturas se realiza una evaluación heterogénea en la que el examen es la herramienta que tiene más valor a la hora de evaluar el rendimiento académico. Su principal finalidad es reunir la información necesaria para valorar el aprendizaje de conceptos, la resolución de problemas cerrados y la aplicación de algoritmos (Mejía, 2012). En la asignatura de Cultura Científica, se utilizaron los tres pilares básicos en la evaluación según Sanmartí (2002), la coevaluación, la autoevaluación y la evaluación del profesorado de la siguiente manera:

- Portafolios realizados en clase por el alumnado que fue asesorado de manera continua por el profesor-tutor. En ellos se incluye toda la información de las actividades realizadas para resolver situaciones problema contextualizadas. Para evaluarlos se utilizaron rúbricas previamente conocidas por el alumnado con la finalidad de observar la evolución en su capacidad de evaluar, analizar, sintetizar, formar argumentos y comunicar los resultados de manera escrita.
- Exposiciones orales realizadas al resolver cada situación problema, evaluadas también utilizando rúbricas conocidas por el alumnado.
- Autoevaluaciones: nota numérica aportada por el alumnado después de haber reflexionado sobre cuestiones realizadas, ad-hoc, basándose en el Cuestionario de Estrategias de Aprendizaje desarrollado por Beltrán et al. (2006).

- Coevaluaciones comparando formas de hacer y de pensar con el resto de los compañeros para detectar las dificultades del propio alumno (Sanmartí, 2007).

Otra de las variables utilizadas en este estudio es el momento de evaluación para tener en cuenta la evolución que experimentan las calificaciones a lo largo del curso y poder comparar las calificaciones al finalizar la 1^a, 2^a o 3^a evaluación, obteniendo una variable ordinal de valores 1, 2 y 3.

2.3. Procedimiento

En primer lugar, se pidió la autorización del centro educativo para poder recoger datos de las calificaciones de los alumnos y alumnas del estudio. Posteriormente se informó a las familias del alumnado del proyecto de investigación garantizando la confidencialidad de los datos de los menores. Se les envió el consentimiento informado tanto a las familias como a los alumnos. Se contó con la colaboración del centro educativo a lo largo de todo el proyecto y, con la aprobación del Comité de Ética de Aragón (CEICA) con número y código C.P. - C.I. PI21/351 en su reunión del día 22 de septiembre de 2021, Acta N° 17/2021.

El alumnado resolvió cuatro problemas contextualizados diferentes a lo largo del curso. Éstos fueron secuenciados e implementados cuidadosamente, aumentando progresivamente su nivel de autonomía (Tabla 2), utilizando la clasificación del aprendizaje por indagación según los apoyos ofrecidos por el profesor realizado por Vorholzer y von Aufschnaiter (2019) o por Windschitl (2002), modificada para el caso que nos ocupa.

Problema	Nivel de andamiaje de ABP	¿Quién formula la pregunta de la investigación?	¿Quién diseña el procedimiento de investigación?	¿Quién proporciona la solución a los resultados?
¿Qué material utilizarías para hacer una botella de una bebida carbonada?	Estructurada	Docente	Docente	Alumnado
¿Cómo podríamos realizar el mejor paracaídas de la clase?	Guiada	Docente	Alumnado	Alumnado
¿Cómo podemos mejorar el colegio para que sea sostenible medioambientalmente?	Guiada	Docente	Alumnado	Alumnado
Salud	Abierta	Alumnado	Alumnado	Alumnado

Tabla 2. Clasificación de los problemas planteados en la asignatura por el tipo de indagación (Vorholzer y von Aufschnaiter, 2019; Windschitl, 2002)

2.4. Análisis estadísticos

Para el análisis estadístico se hizo uso del programa SPSS, versión 25 (IBM Corp., 2017). En primer lugar, se procedió a realizar un análisis descriptivo sobre las calificaciones finales de las tres primeras evaluaciones de las asignaturas motivo de estudio mostrando puntuaciones medias y desviación estándar, así como puntuaciones mínimas y máximas para cada una de ellas. Posteriormente y como comprobación de hipótesis, se procedió a un análisis correlacional con el fin de establecer un principio de relación entre la heteroevaluación, autoevaluación, coevaluación y el momento de evaluación de la asignatura de Cultura Científica. Por último, se realizó un análisis de

regresión lineal para conocer la posible explicación de la evolución de la resolución de problemas y exposiciones a través de las herramientas y el momento de evaluación.

3. RESULTADOS

En un primer análisis, como se puede observar (Tabla 3), se realizó un estudio descriptivo y correlacional del rendimiento académico en las diferentes asignaturas objeto de estudio y de estas con el momento de evaluación en el que se encuentran. De este primer análisis destaca que la única asignatura que tiene una correlación positiva y significativa con el momento de evaluación y, por tanto, que mejora a lo largo del curso, es Cultura Científica.

	M	SD	Min	Max	1	2	3	4	5
1. Momento de evaluación	2,00	,82	1	3					
2. Biología y Geología	8,07	1,21	3	10	,1				
3. Matemáticas	7,33	1,68	3	10	,231	,614**			
4. Física y Química	8,19	1,34	4	10	-,241	,568**	,532**		
5. Cultura Científica	8,78	,83	7	10	,321*	,274	,510**	-,185	

Nota: M = media; SD = desviación estándar, Min = mínimo; Max = máximo; * La correlación es significativa en el nivel ,05 (bilateral); ** La correlación es significativa en el nivel ,01 (bilateral)

Tabla 3. Estadísticos descriptivos y correlaciones entre las calificaciones en las diferentes asignaturas de ciencias y las evaluaciones

En segundo lugar, se realizó un estudio correlacional de las calificaciones aportadas por el profesor a la hora de calificar la resolución de los problemas y las exposiciones orales, las aportadas por los alumnos en las autoevaluaciones y las coevaluaciones y el momento de evaluación. Así, se muestra una correlación positiva y significativa entre este último, la resolución de problemas y exposiciones y la autoevaluación mostrando que tanto el profesor como el alumnado observan una clara mejoría en la calidad del trabajo. Además, como se puede observar en la Tabla 4, también existe una correlación positiva y significativa entre la resolución de problemas y exposiciones, el momento de evaluación, la autoevaluación y la coevaluación.

	M	SD	Min	Max	1	2	3	4	5
1. Momento de evaluación	2,00	,82	1	3					
2. Resolución de problemas y exposiciones (heteroevaluación)	8,52	,96	5,76	9,6	,376**				
3. Autoevaluación	9,17	,90	7,00	10	,288*	,726**			
4. Coevaluación	9,68	,67	7,50	10	,117	,650**	,625**		
5. Total	9,04	,76	7,19	9,75	,303*	,947**	,789**	,672**	

Nota: M = media; SD = desviación estándar, Min = mínimo; Max = máximo; * La correlación es significativa en el nivel ,05 (bilateral); ** La correlación es significativa en el nivel ,01 (bilateral)

Tabla 4. Estadísticos descriptivos y correlaciones entre las calificaciones de resolución de problemas, autoevaluación, coevaluación y el momento de evaluación

A continuación, se aplicó un modelo de regresión lineal que incluyó las variables estudiadas en el análisis correlacional. De esta forma, este modelo fue capaz de explicar el 60,5% de la varianza de la calificación de la resolución de los problemas y las exposiciones orales a través de variables como la autoevaluación y la coevaluación del alumnado, así como el momento de evaluación (Tabla 5).

	R²	R² ajustado	Error Estándar	F	p
Modelo 1	,629	,605	,60451	26,530	<,001***
	B	D.T.	F	t	p
Momento de evaluación	,240	,109	,206	2,211	<,05**
Autoevaluación	,482	,126	,452	3,818	<,001***
Coevaluación	,496	,165	,343	3,005	<,05**

Nota: ** p<,05; *** p<,001

Tabla 5. Modelo de regresión lineal sobre la calificación de la resolución de problemas y exposiciones, la evaluación y la autoevaluación

4. DISCUSIÓN

Como se ha visto en apartados anteriores, el ABP es un pilar fundamental en el aprendizaje basado en competencias ya que utiliza situaciones problema contextualizadas que hacen reflexionar al alumnado sobre sus conocimientos previos para poder resolverlas. Esto provoca que los alumnos no se puedan limitar a memorizar los contenidos expuestos en clase sin entenderlos, pero ¿esta metodología se traduce en un aumento de rendimiento académico en el alumnado en todas las asignaturas? Y, ¿es suficiente una intervención anual en una asignatura para mejorar las calificaciones en las asignaturas de ciencias o se debe cambiar también el método de evaluación? ¿Son conscientes los alumnos de la posible mejora en la calidad de su aprendizaje? Estos son algunos de los interrogantes que aparecían ante la elaboración de este estudio. Los objetivos que plantean las hipótesis pretenden indagar sobre la influencia de una metodología concreta en el rendimiento escolar del alumnado, en asignaturas del área de ciencias, y específicamente en la de Cultura Científica. También interesaba la capacidad predictora de la evaluación en el ámbito de la resolución de problemas y exposiciones.

En cuanto al primer objetivo, determinar la influencia del ABP como estrategia de enseñanza, se ha realizado un control de hipótesis que apunta a una posible relación significativa y positiva entre el rendimiento en la asignatura de Cultura Científica y el uso de esta metodología activa en el aula. Los resultados se han obtenido tras realizar una intervención educativa basada en el ABP durante un curso escolar. Aunque esta posible relación debería ser ampliada metodológicamente en futuros estudios con el fin de confirmar o desmentir esta atribución, las correlaciones entre las calificaciones de las diferentes asignaturas de ciencias y el momento de evaluación muestran que mejora el rendimiento académico en la asignatura de Cultura Científica a lo largo del curso, materia en la que se lleva a cabo la intervención. Este resultado es consistente con los obtenidos por diferentes autores que apoyan la importancia de las metodologías activas en el rendimiento académico del alumnado en niveles universitarios (Díaz, 2020; Hincapié et al., 2016; Rodríguez-Lizana, et al., 2021; Trullás et al., 2022; Xu et al., 2021), pero

extiende y contextualiza estos hallazgos a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, un área con escasa evidencia empírica. Además, la fidelidad en la aplicación de la metodología, garantizada por la figura docente-investigador, y la naturaleza progresiva de los problemas propuestos (que aumentaron la autonomía del alumnado a lo largo del tiempo) refuerzan la validez interna de la mejora observada. A pesar de que el ámbito del ABP en ESO es limitado, es relevante contrastar nuestros hallazgos con la literatura disponible. Por ejemplo, Zamir et al. (2022) señalan que a pesar de la actitud negativa que el alumnado muestra ante las Matemáticas los efectos del uso del ABP son positivos en los logros escolares, por lo tanto, sugieren que los maestros adopten este tipo de método de enseñanza como medio para explorar las habilidades de aprendizaje del estudiantado. También existe un estudio realizado en la Comunidad de Madrid, para la etapa de Educación Secundaria, que compara los resultados entre el uso de metodologías activas en diferentes áreas y la utilización de otras metodologías. Dicha investigación, en la que se emplearon estadísticos como T Student o Anova observó diferencias significativas a favor de las metodologías activas y en la asignatura de Matemáticas. Esto viene a señalar que la implementación de estas metodologías es más efectiva en unas áreas que en otras (López-Bertomeo y González-Olivares, 2018) lo que apoya los resultados de este estudio en referencia a la asignatura de Cultura Científica.

En otro orden de cosas, cabe destacar que, en este estudio, la implementación de la nueva metodología se ha realizado en una asignatura al finalizar su Educación Secundaria Obligatoria, lo que plantea la necesidad hacerlo de manera integral, es decir, de forma progresiva y en las diferentes asignaturas científicas, para ser más efectiva y tener resultados favorables generalizados (López-Bertomeo y González-Olivares, 2018). En este sentido, Quintanal Pérez (2023) destacó la importancia de implementar el ABP a más asignaturas y a una mayor continuidad para poder observar los beneficios del desarrollo de competencias.

La literatura científica previa, si bien referida a otras áreas y etapas educativas y sobre todo centrada en el ámbito de los estudios relacionados con la medicina, incide en la efectividad del método no solo en la mejora del rendimiento académico (Rodríguez-Lizana, et al., 2021), sino también en la resolución de problemas, en el autoaprendizaje y habilidades sociales (Bárcena y Martínez-Aznar, 2022; Li et al., 2022; Trullás et al., 2022) cuando es utilizado de manera reiterada durante largos períodos de tiempo (Cebreiro, 2008). Por otro lado, la implantación del ABP en el aula obtiene una mejora en las calificaciones respecto a lo alcanzado por otras metodologías, sobre todo en la capacidad para la resolución de problemas (Xu et al., 2021). De manera consistente la investigación de Hincapié et al. (2016), realiza una comparación de medias del logro en rendimiento académico de un grupo control y un grupo de trabajo en el que se aplicó ABP en estudiantes de medicina, y observaron que, aunque se produjo una mejora en ambos grupos entre el inicio y el final de la intervención, solo era significativa para el grupo experimental. Esto demuestra que el desempeño académico del grupo de alumnos que hizo uso del ABP aumentó, quedándose invariable el desempeño del grupo de alumnos que siguieron una metodología tradicional. De la misma manera, en una investigación realizada en la Universidad Nacional de Lima con estudiantes de enfermería, se encontró una correlación alta entre el rendimiento académico y el uso del ABP como método de enseñanza (Díaz, 2020). Por lo tanto, las distintas investigaciones avalan este estudio en el sentido de que el uso de metodologías activas, como puede ser el ABP, mejora el

rendimiento de asignaturas relacionadas con la ciencia, pero esta influencia no es homogénea y señalan diferencias entre distintas materias.

En el segundo objetivo, centrado en las herramientas y tipos de evaluación que el docente introduce para realizarla, se obtiene una fuerte predicción del modelo que incluye el momento de la evaluación, la autoevaluación y la coevaluación referido a la resolución de problemas y exposiciones. De los datos obtenidos se extrae que los docentes disponen de distintas opciones para llevar a cabo la evaluación y, en este caso, en la asignatura de Cultura Científica se ha optado por desviar la atención desde la calificación cuantitativa del examen a valorar la contribución del trabajo en el aula, la coevaluación y la autoevaluación en la resolución de problemas y de exposiciones. Esto ha proporcionado un resultado en el que el modelo formado por el momento de la evaluación, la autoevaluación y la coevaluación predice el 60,5% de la varianza del rendimiento en la resolución de problemas y exposiciones. De la influencia que los métodos de evaluación poseen en los resultados da cuenta el trabajo de Delgado y Justo (2018). Estos autores vinculan los criterios de evaluación utilizados a una docencia por competencias por su adecuación y eficacia de los objetivos y por su coherencia y control de los distintos componentes, pero también se habla de una integración de la evaluación basada en competencias y un enfoque de aprendizaje basado en casos o en resolución de problemas (Sistermans, 2020). Por otro lado, hay que señalar que existe una parte significativa del trabajo del estudiante que posee un carácter autónomo y este tipo de evaluación permite diferenciar la adquisición significativa de conocimientos (Rodríguez y Fernández Batanero, 2017). Además, la evaluación de destrezas para llevar a la práctica los conocimientos adquiridos pone en valor la comprensión de conceptos y su rendimiento. En este sentido el método ABP tiene un efecto positivo y significativo cuando el objeto de la evaluación se basa en el entendimiento de los principios que unen los conceptos (Dochy et al., 2003; Gijbels et al., 2005). También hay quien incide en que la utilización de instrumentos de verificación de destrezas en la evaluación no correlaciona con las puntuaciones de los exámenes (Salinitri et al., 2019). Esta puede ser una de las razones por la que Olivares-Olivares y Heredia-Escorza (2012) encontraron una escasa influencia, e incluso un perjuicio en el éxito académico del alumnado al ser evaluados a través de exámenes. Estos resultados apoyan los datos obtenidos en el presente estudio, ya que la influencia en el rendimiento, de la implantación del ABP ha sido mayor en la asignatura donde se ha aplicado este método, pero también donde el objetivo principal de la evaluación han sido las competencias y no tanto los contenidos. De tal manera que estos resultados quedan reforzados por la literatura científica que destaca la importancia de cambiar la forma de evaluar en una enseñanza basada en el desarrollo de las competencias (Rodríguez Mora y Blanco López, 2016; Sanmartí, 2007).

Otra cuestión es la de analizar y valorar la contribución de los distintos elementos que conforman el tipo y momento de la evaluación realizada en el caso que nos ocupa. Del estudio correlacional resulta una significatividad positiva entre la resolución de problemas y exposiciones, el momento de la evaluación, la coevaluación y la autoevaluación. Esto refuerza el trabajo de Li et al. (2022) quienes vinculan el ABP con la composición grupal. Por otro lado, la influencia de la autoevaluación viene a explicar cómo a lo largo del curso escolar el alumnado va tomando conciencia de una mejoría en su rendimiento. No obstante, hay discrepancias como la de Alducín-Ochoa y Vázquez-Martínez (2016) quienes concluyen que en su estudio no corresponde lo que el discente considera que sabe con sus calificaciones, ya que no existe correlación entre éstas y sus

autoevaluaciones, pero hay que destacar que sí la hay para la asignatura de Matemáticas cuando la investigación se realiza en estudiantes de ingeniería. Estas discrepancias pueden ser debidas a que, como observó Zamora Menéndez (2016), al analizar las autoevaluaciones de estudiantes de Secundaria, éstas carecen de exactitud si el instrumento que se proporciona al estudiantado no corresponde a una orientación veraz y clara de los criterios de evaluación. En la presente investigación se facilitó, con suficiente antelación, la rúbrica que se iba a utilizar para evaluar los trabajos y actividades propuestos que les permitiera reflexionar, con anterioridad, sobre su autoevaluación mediante preguntas relacionadas con sus estrategias de aprendizaje y objetivos.

5. CONCLUSIONES, PROSPECTIVA Y LIMITACIONES

Los resultados obtenidos en este contexto demuestran que, al aplicar ABP en un aula de Educación Secundaria, se aumenta el rendimiento académico del alumnado si se tienen en cuenta a la hora de evaluar, no solo los conocimientos del estudiantado sino también sus destrezas y actitudes. Además, se evidencia que cuando los discentes disponen de las herramientas adecuadas para una evaluación precisa, son capaces de reconocer tanto su propio progreso como el de sus compañeros. Por todo ello, es fundamental que se fomente la autonomía de los alumnos en su propio aprendizaje haciéndoles resolver problemas contextualizados, desarrollar sus destrezas científicas (Rosa y Martínez-Aznar, 2019; Couso, 2014) y evaluar su progreso (Sanmartí, 2002). Por otro lado, la introducción de elementos de evaluación no cuantitativos apoya el valor el modelo predictivo. Bien es cierto que la importancia que reviste este trabajo viene dada, no solo por la escasa investigación de este tema en la etapa de Educación Secundaria, sino también por la profundidad y el alcance temporal de su diseño. A diferencia de la literatura dominante, referida a universitarios, nuestro estudio ofrece un análisis de los efectos a largo plazo del ABP, resultando de una secuencia didáctica cuidadosamente diseñada y ejecutada por la propia profesora a lo largo de un curso completo. A este vacío de conocimiento se suma el hecho que la investigación dedicada a la etapa que nos interesa solo ha puesto su interés en la asignatura de Matemáticas y falta un estudio más amplio que abarque el total del área científica. Si tanto en Educación Secundaria como en Bachillerato, una de sus finalidades, es preparar para la Educación Superior los discentes deben acceder a ella con los conocimientos y destrezas necesarios. Para optimizar su desarrollo las metodologías empleadas deben contemplar el aprendizaje autónomo que promueva una formación integral y la metodología ABP posee la capacidad de hacer entender al alumnado la realidad que le rodea, contribuyendo a formar sus propios juicios de manera argumentativa. Esto es así porque centra el aprendizaje con la introducción de problemas similares a los que se deben afrontar en la vida real, es decir promueve el saber hacer (Rodríguez-Lizana et al., 2021; Villalobos et al., 2016). Los docentes son la pieza esencial para realizar cualquier innovación en el aula y en ese sentido hay que dar un paso hacia una educación activa, competencial y comprensiva que mejore el rendimiento del alumnado, pero sobre todo que lo prepare para un mundo cada vez más cambiante (Ley-Leyva, 2022).

Como prospectiva se sugiere tomar en consideración algunos elementos que aparecen en este estudio y que han quedado sin debatir. Por un lado, analizar la diferencia de los elementos evaluativos empleados por las diferentes asignaturas, todas ellas pertenecientes

a una misma área, así como su efectividad en una enseñanza competencial. Por otro, estudiar en profundidad el porqué de la existencia de una correlación significativa elevada entre las distintas asignaturas científicas, pero no así con la de Cultura Científica que solo lo hace con las Matemáticas y con carácter moderado. Con esto último se vuelve otra vez a la importancia que tiene la evaluación y la implantación integral y progresiva de ABP para poder hallar una explicación (López-Bonet et al., 2022).

Una clara limitación del estudio es la muestra de conveniencia y su tamaño por lo que estos resultados no se pueden generalizar, pero poseen un carácter exploratorio que hay que trabajar como mejora de futuro. Se deducen implicaciones de carácter tanto práctico como teórico y surge la necesidad de implementar, de manera más amplia, las metodologías activas en la docencia de materias científicas en Educación Secundaria. El modelo predictivo explica muy bien la varianza, pero hay un tanto por ciento que corresponde a otras variables que hay que explorar. En definitiva, se propone un estudio posterior con carácter longitudinal, con mayor tamaño de la muestra y con el análisis de otras variables que se pueden introducir en la evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

- Arribas Estebaranz, J.M. (2012). El rendimiento académico en función del sistema de evaluación empleado. RELIEVE. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 18(1), 1-15. <https://roderic.uv.es/handle/10550/29801>
- Akcay, B. y Benek, I. (2024). Problem-Based Learning in Türkiye: A Systematic Literature Review of Research in Science Education. *Educ. Sci.*, 14(3), 330. <https://doi.org/10.3390/educsci14030330>
- Akuma, F.V. y Callahan, R. (2019). A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work. *Journal of Research in Science Teaching*, 56, 619-648. <https://doi.org/10.1002/tea.21516>
- Alducin-Ochoa, J. y Vázquez-Martínez, A.I. (2016). Autoevaluación de Conocimientos Previos y Rendimiento según Estilos de Aprendizaje en un Grado Universitario de Edificación. *Formación Universitaria*, 9(2), 29-40. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000200004>
- Aránega, R. y Ruiz, M. (2005). Indagar en el entorno cotidiano: clave para la formación científica de los educadores. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra VII Congreso), 1-4.
- Balastegui, M., Palomar, R. y Solbes, J. (2020). ¿En qué aspectos es más deficiente la alfabetización científica del alumnado de Bachillerato? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3.302. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3302
- Bárcena, A.I. y Martínez-Aznar, M.M. (2022). Indagar sobre las reacciones químicas y desarrollo de la competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(2), 5-23. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3409>
- Beltrán, J.A., Pérez, J.A. y Ortega, M.I. (2006). *Cuestionario de Estrategias de Aprendizaje (CEA)*. TEA Ediciones.
- Berbén, A.B. G., Pichardo, M.C. y De la Fuente, J. (2007). Relationships between teaching preferences and undergraduates' learning approaches. *Journal for the Study of Education and Development*, 30(4), 537-550. <https://doi.org/10.1174/021037007782334319>
- Branda, L.A. (2009). Problem based learning. From artificial heresy to res popularis. *Educación Médica*, 12(1), 11-23. <https://doi.org/10.4321/S1575-18132009000100004>
- Campanario, J.M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas, *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4085>
- Ceberio, M., Guisasola, J. y Almudí, J.M. (2008). ¿Cuáles son las innovaciones didácticas que propone la investigación en resolución de problemas de Física y qué resultados alcanzan? *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 419-430. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3752>

- Cebrián, M. y Monedero, J.J. (2014). Evolución en el diseño y funcionalidad de las rúbricas: desde las rúbricas “cuadradas” a las rúbricas federadas. *Revista de Docencia Universitaria*, 12(1), 81-98. <https://doi.org/10.4995/redu.2014.6408>
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. En M.A. Héras, A. Lorca, B. Vázquez, A. Wamba y R. Jiménez. *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante* (pp. 1-28). Servicio de Publicaciones Universidad de Huelva.
- Delgado, A. y Justo, E.D. (2018). Evaluación del diseño, proceso y resultados de una asignatura técnica con aprendizaje basado en problemas. *Educación XXI*, 21(2), 179-203. <https://doi.org/10.5944/educXXI.19415>
- Díaz, R.L. (2020). *Aprendizaje basado en problemas y rendimiento académico en alumnas de quinto año de enfermería en una universidad nacional* [Tesis de Maestría en Docencia. Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49676>
- Dochy, F., Segers, M., Bossche, P.V. y Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13, 533-568. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00025-7)
- Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P. y Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27-61. <https://doi.org/10.3102/00346543075001027>
- Goodrich, H. (2000). Using rubrics to promote thinking and learning. *Journal of Educational Leadership*, 57(5), 13-18.
- Hamodi, C., López, V.M. y López, A.T. (2015). Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior. *Perfiles Educativos*, 37(147), 146-461. <https://doi.org/10.1016/j.pe.2015.10.004>
- Hernández, L. (2010). Evaluar para aprender: Hacia una dimensión comunicativa, formativa y motivadora de la evaluación, *Enseñanza de las ciencias*, 28(2), 285-293. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v28n2.54>
- Hincapié, D., Ramos, A. y Chirino, V. (2016). Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia de Aprendizaje Activo y su incidencia en el rendimiento académico y Pensamiento Crítico de estudiantes de Medicina. *Revista Complutense de Educación*, 29(3), 665-681. <http://dx.doi.org/10.5209/RCED.53581>
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2.534-2.553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- Jiménez-Liso, M.R., Delgado, L. y Castillo-Hernández, F.J. (2021). Contexto, indagación y modelización para movilizar explicaciones del alumnado de secundaria. *Enseñanza de las ciencias*. 39(1), 5-25. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3032>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado n.º 340, de 30 de diciembre de 2020, pp. 122.868 a 122.953. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Ley-Leyva, N.V. (2022). El papel del docente de educación básica en el contexto actual. *Portal de la Ciencia*, 3(1), 27-37. <https://doi.org/10.51247/pdcl.v3i1.308>
- Li, A., Bilgic, E., Keuhl, A. y Sibbald, M. (2022). Does your group matter? How group function impacts educational outcomes in problem-based learning: a scoping review. *BMC Medical Education*, 22(1), 900. <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03966-8>
- López-Banet, L., Martínez-Carmona, M., Soto, C.M. y Reis, P. (2023). Investigaciones secuenciadas por grado de autonomía para el desarrollo de prácticas científicas en 2º y 3º de ESO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(1), 110.300-110.318. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1501
- López-Bertomeo, E. y González-Olivares, Á.L. (2018). La metodología didáctica y el rendimiento académico en la enseñanza obligatoria (primaria y secundaria) de la comunidad de Madrid. *Campo Abierto*, 36(2), 145-156. <https://doi.org/10.17398/0213-9529.37.2.145>
- Martín-García, J., Dies Álvarez, M.E. y Afonso, A.S. (2024). Understanding Science Teachers' Integration of Active Methodologies in Club Settings: An Exploratory Study. *Educ. Sci.*, 14(1), 106. <https://doi.org/10.3390/educsci14010106>

- Martínez-Chico, M., Jiménez, M.R., López-Gay, R. y Lucio-Villegas, R. (2015). 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), 149-166.
https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.10
- Mejía, O. (2012). From Traditional Assessment to the New Competency-Based Assessment. *Revista Electrónica Educare*, 16(1), 27-46. <https://doi.org/10.15359/ree.16-1.3>
- Mezzalira, M.A. y Boruchovitch, E. (2014). Motivación para leer y comprensión lectora en estudiantes brasileños. *Educatio siglo XXI*, 32(2), 119-138.
- National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, cross cutting concepts and core ideas*. National Academy Press.
- Olivares-Olivares, S.L. y Heredia-Escorza, Y. (2012). Desarrollo del pensamiento crítico en ambientes de aprendizaje basado en problemas en estudiantes de educación superior. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(54), 759-778.
- Olszewski-Kubilius, P. y Corwith, S. (2018). Poverty, academic achievement, and giftedness: A literature review. *Gifted Child Quarterly*, 62(1), 37-55.
<https://doi.org/10.1177/0016986217738015>
- Osman, F. (2021). The effect of concept cartoons and argumentation based concept cartoons on students' academic achievements. *Journal of Baltic Science Education*, 2(6), 956-968.
<https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.956>
- Peng, P. y Kievit, R.A. (2020). The development of academic achievement and cognitive abilities: A bidirectional perspective. *Child Development Perspectives*, 14(1), 15-20.
<https://doi.org/10.1111/cdep.12352>
- Piila, E., Salmi, H. y Thuneberg, H. (2021). STEAM-Learning to Mars: students' ideas of space Research. *Education Sciences*, 11(3), 122. <https://doi.org/10.3390/educsci11030122>
- Pozo, J.I. y Gómez-Crespo, M.A. (2010). Por qué los alumnos no comprenden la ciencia que aprenden: qué podemos hacer nosotros para evitarlo. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 66, 73-79. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/668531>
- Quintanal Pérez, F. (2023). Aprendizaje basado en problemas para Física y Química de Bachillerato. Estudio de caso. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 20(2), 2.201.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2201
- Recomendación 2006/962/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. Diario Oficial de la Unión Europea n.º 394, de 30 de diciembre de 2006.
<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:es:PDF>
- Ríos, D.E. (2007). Sentido, criterios y utilidades de la evaluación del aprendizaje basado en problemas. *Educación Médica Superior*, 21(3), 1-9.
<http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v21n3/ems04307.pdf>
- Rodríguez, S., Fita Lladó, S. y Torrado Fonseca, M. (2004). El rendimiento académico en la transición secundaria-universidad. *Revista de Educación*, 334, 391-414.
<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/67356>
- Rodríguez-Mora, C.A. y Fernández-Batanero, J.M. (2017). Evaluación del aprendizaje basado en problemas en estudiantes universitarios de construcciones agrarias. *Formación Universitaria*, 10(1), 61-70. <https://www.scielo.cl/pdf/formuniv/v10n1/art07.pdf>
- Rodríguez-Lizana, M., Ochoa-Yupanqui, W.W., Ayala-Esquível, D. y Ochoa-Rodríguez, M.L. (2021). Influencia del Aprendizaje Basado en Problemas en el rendimiento académico de estudiantes universitarios. En E. Serna (Ed.). *Revolución en la formación y la capacitación para el siglo XXI* (Vol. I), pp. 79-85. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- Rodríguez-Mora, F. y Blanco-López, A. (2016). Diseño y análisis de tareas de evaluación de competencias científicas en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada para educación secundaria obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 279-300. <http://hdl.handle.net/10498/18289>
- Rosa Novalbos, D. y Martínez Aznar, M.M. (2019). Resolución de problemas abiertos en ecología para la ESO. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 37(2), 25-42. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2541>

- Salinitri, F.D., Lobkovich, A.M., Crabtree, B.L. y Wilhelm, S.M. (2019). Reliability and Validity of a Checklist to Evaluate Student Performance in a Problem-Based Learning Group. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 83(8), 6.963. <https://doi.org/10.5688/ajpe6963>
- Sánchez, M.R. (2011). Metodologías docentes en el EEES: de la clase magistral al portafolio. *Tendencias Pedagógicas*, 17, 83-103.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3653734>
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de la Ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Síntesis Educación.
- Sanmartí, N. (2007). *10 ideas clave. Evaluar para aprender*. Graó.
- Sistermans I.J. (2020). Integrating competency-based education with a case-based or problem-based learning approach in online health sciences. *Asia Pacific Education Review*, 21(4), 683-696. <https://doi.org/10.1007/s12564-020-09658-6>
- Taylor, T.L. y Hamm, J.P. (2016). Selection for encoding: No evidence of greater attentional capture following forget then remember instructions. *Attention, Perception and Psychophysics*, 78(1), 168-186.
- Toli, G. y Kallery, M. (2021). Enhancing student interest to promote learning in science: the Cese of the concept of energy. *Education Sciences*, 11(5), 220.
<https://doi.org/10.3390/educsci11050220>
- Torres-Salas, M.I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 131-142. <https://doi.org/10.15359/ree.14-1.11>
- Trullàs, J.C., Blay, C., Sarri, E., y Pujol, R. (2022). Effectiveness of problem-based learning methodology in undergraduate medical education: a scoping review. *BMC Medical Education*, 22(1), 104. <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03154-8>
- Turull, M., y Roca, B. (2012). *Per què no van a classe els estudiants? Un estudi de camp sobre les causes de l'absentisme acadèmic dels estudiants de primer curs de Dret de la UB*. Universidad de Barcelona, Facultad de Derecho. <http://hdl.handle.net/2445/27250>
- Villalobos, V., Ávila, J. y Olivares, S. (2016). Aprendizaje basado en problemas en Química y el pensamiento crítico ensecundaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa. RMIE*, 21(69), 557-581.
- Vorholzer, A. y von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction—an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1.562-1.577. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124>
- Windschitl, M. (2002). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science & Education*, 87(1), 112-143. <https://doi.org/10.1002/sce.10044>
- Xu, W., Ye, T. y Wang, X. (2021). The effectiveness of the problem-based learning in medical cell biology education: A systematic meta-analysis. *Medicine*, 100(39), e27402.
<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000027402>
- Zamora Menéndez, A. (2015). *Detección de errores y autorregulación retroactiva como determinantes del rendimiento en estudiantes de Secundaria y su relación con las variables cognitivo-motivacionales* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Educación a Distancia. http://62.204.194.45/fez/eserv/tesisuned:EducacionAzamora/ZAMORA_MENENDEZ_Angela_Tesis.pdf
- Zamir, S., Yang, Z., Wenwu, H. y Sarwar, U. (2022). Assessing the attitude and problem-based learning in mathematics through PLS-SEM modeling. *Plos one*, 17(5), e0266363.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280909>