

## Aprendizaje basado en problema como metodología STEM para la enseñanza de la Física

**Ana Paula Corrales Casaravilla**

Centro Regional de Profesores del Norte (Ce.R.P del Norte)

Ruta 5 km 495, Rivera, Uruguay, anapaulacorrales@hotmail.com

### Resumen

Este artículo propone la incorporación del aprendizaje basado en problema (ABP) como metodología activa STEM, a ser implementada en la Formación Docente para la enseñanza de la Física, en cuarto año de la especialidad Matemática (plan 2008). La finalidad de este proyecto es promover una comprensión global e integradora de los contenidos físicos y matemáticos pertenecientes al programa oficial del curso, mediante la resolución de problemas, con el soporte de las nuevas tecnologías como herramientas didáctico-pedagógicas. Para esto, se propone que los estudiantes de la carrera elaboren y resuelvan problemas, además de realizar un plan de aula con la posibilidad de aplicarlos en sus grupos de práctica docente. De esta forma, se pretende fomentar una discusión crítica sobre algunos aspectos de la Física: cómo "pensarla", cuáles son sus aplicaciones y cómo el aprendizaje por medio de la resolución de problemas y las herramientas digitales pueden permitir una mejor "aprehensión" del entorno, modelizando científicamente la realidad que los rodea. Este enfoque metodológico centrado en la comprensión, la investigación y la interdisciplinariedad, fortalece el pensamiento complejo y promueve el desarrollo de distintas competencias por parte del alumnado. Según los datos recabados, el ABP en el marco de STEM favorece la autonomía, el trabajo colaborativo, la creatividad, y la comprensión de las temáticas. Por lo cual, los futuros formadores podrán adquirir una perspectiva global de la mecánica newtoniana, lo que les permitirá trabajar de forma multidisciplinaria con docentes de otras asignaturas cuando se encuentren en el campo profesional.

**Palabras clave:** Aprendizaje basado en problema, STEM, Educación, Física, Matemáticas.

### Introducción

La educación STEM promueve la integración y desarrollo de las disciplinas relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en un enfoque interdisciplinario (Santillán et al., 2020). Su objetivo principal es garantizar que estas áreas del conocimiento sean parte fundamental de los procesos de enseñanza y aprendizaje, contribuyendo al desarrollo integral de los individuos (Buitrago et al., 2022).

Los proyectos STEM promueven el uso de las denominadas metodologías activas, las cuales fomentan una mayor participación del estudiante. Existen diferentes estrategias de enseñanza para crear un entorno de aprendizaje activo e involucrar a los estudiantes en él. Las más

comunes son el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje colaborativo, la clase invertida, entre otras. Estas metodologías posibilitan el desarrollo del conocimiento práctico y el pensamiento crítico mediante el análisis formal y el pensamiento creativo a través del análisis empírico (Montés et al., 2022).

Se ha observado que algunos libros de textos de Física abordan los contenidos temáticos desde una perspectiva lineal y con actividades que refieren solamente a esta disciplina. En estos casos, primero se presentan los conceptos y luego se los aplica, mediante ejercicios o problemas. Sin embargo, en este trabajo, se propuso que los estudiantes de profesorado planificaran una clase pensando de forma inversa: primero, plantearían un problema contextualizado, y a partir de esto, generarían en sus estudiantes un conflicto cognitivo para que recurran a las informaciones necesarias con el fin de resolverlo. Para esto se introdujo el método de enseñanza y aprendizaje denominado ABP (aprendizaje basado en problema); una metodología que promueve el desarrollo de habilidades dirigidas hacia un pensamiento racional, crítico y creativo, desde un enfoque integrador de los contenidos.

En cuanto a las etapas o fases del ABP pueden encontrarse diferencia entre los distintos autores, pero básicamente se diferencian siete momentos (Granado, 2018):

1. Presentación del problema: Se presenta a los estudiantes un problema real o simulado que despierte su interés y desafíe su comprensión. Este problema debería ser relevante para el tema de estudio y motivador para los estudiantes.
2. Definición del problema: Los estudiantes trabajan en grupos para analizar y comprender completamente el problema presentado. Esto implica identificar qué se sabe y qué se necesita saber para resolver el problema, así como delimitar los objetivos de aprendizaje.
3. Generación de hipótesis y lluvia de ideas: Los estudiantes proponen posibles soluciones al problema y discuten diversas estrategias para abordarlo. Se fomenta la creatividad y la exploración de múltiples enfoques.
4. Organización del conocimiento: Los estudiantes revisan su conocimiento previo y recopilan información relevante sobre el problema a través de la investigación independiente. Esto puede incluir la consulta de libros, artículos, recursos en línea y la realización de entrevistas o encuestas.
5. Aplicación del conocimiento: Los estudiantes aplican el conocimiento adquirido para desarrollar una solución al problema. Esto implica el análisis crítico, la síntesis de información y la evaluación de diferentes opciones.
6. Presentación de la solución: Los estudiantes presentan sus soluciones de manera formal ante el grupo o clase. Esto puede incluir informes escritos, presentaciones orales, demostraciones prácticas o cualquier otro medio adecuado.
7. Evaluación y retroalimentación: Se evalúan tanto los productos finales como el proceso de resolución del problema. Los estudiantes reciben retroalimentación constructiva de sus compañeros y del facilitador del aprendizaje, lo que les ayuda a reflexionar sobre su desempeño y a identificar áreas de mejora (Granado, 2018; Guamán y Espinoza, 2022).

Entre sus principales características se encuentran las siguientes:

- El estudiante es el centro del aprendizaje.
- El aprendizaje es autónomo. Durante el proceso investigativo, se busca la información necesaria para la resolución del problema.
- El trabajo es colaborativo. El grupo de estudiantes debe ser dividido en pequeños

equipos para el cumplimiento de los objetivos trazados.

- Posee carácter interdisciplinar. El problema planteado puede estar relacionado con el contenido de varias disciplinas académicas.
- El rol del docente es de guía, facilitador (Guamán y Freire, 2022).

Según Siregar et al. (2019) el impacto positivo de los programas STEM y las metodologías activas, en el rendimiento, el interés, las habilidades de comunicación y la resolución de problemas de los estudiantes ha alertado a la comunidad educativa para reformar los enfoques de instrucción en las disciplinas STEM.

### **Objetivo general:**

- Incorporar del aprendizaje basado en problema (ABP) como metodología activa STEM para la enseñanza de la Física.

### **Objetivos específicos:**

- Elaborar y resolver problemas sobre mecánica clásica, desde un enfoque integrador e interdisciplinario.
- Elaborar un plan de aula destinado a cursos de Educación Media.
- Incluir en las instancias académicas y pedagógicas los recursos tecnológicos.

## **Planificación**

Esta propuesta de trabajo fue presentada en el curso de Física de cuarto año de la especialidad Matemática de Formación Docente, plan 2008, en la ciudad de Rivera, Uruguay.

A principios de julio, se implementó la metodología ABP en el aula para abordar el tema movimiento parabólico. Después de plantear el problema y explicar la forma de trabajo, los estudiantes se organizaron en grupos reducidos para investigar y resolverlo. Posteriormente, se llevó a cabo una sesión de puesta en común, en donde, además de las cuestiones disciplinares involucradas en el problema, se discutieron los aspectos didácticos y pedagógicos del ABP. Ya a fines del mes de septiembre, se propuso que los estudiantes trabajaran desde su rol de docente practicante. Para esto, los mismos se agruparon en parejas (formando dos equipos) para crear y solucionar problemas con carácter interdisciplinario que contemplaran temas de Física y Matemática. Luego, elaboraron un plan de aula destinado a Enseñanza Media en donde incluyeron los problemas creados. El curso elegido para su futura aplicación fue noveno del plan de Educación Básica Integrada, EBI-2023. Se utilizaron libros de textos, simuladores, inteligencia artificial (IA) y plataformas para construcción de imágenes, etc.

Para evaluar la actividad se construyó una rúbrica que contó con la participación de los estudiantes en su confección. Se valoraron aspectos relacionados al desarrollo de diferentes competencias, contemplando las dimensiones cognitiva, instrumental y actitudinal (Valle y Manso, 2013). Esta experiencia tuvo inicio en septiembre de 2023 y finalizó en el mes de octubre (ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Cronograma de actividades (Fuente: Elaboración propia).

Actividades	Período
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Implementación del ABP en el curso de Física sobre la temática movimiento parabólico.</li> </ul>	Primera semana de julio
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Participación en el foro de la plataforma CREA para compartir artículos académicos de metodologías STEM y ABP.</li> </ul>	Última semana de septiembre
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Revisión y discusión de los Programas de Física y Matemática de 9no año, plan 2023-EBI.</li> </ul>	Primera semana de octubre
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Elección de una o más temáticas presentes en los programas anteriormente citados, que fueran afines a los contenidos programáticos trabajos en el curso de Física de 4to año del Profesorado de Matemática, plan 2008 de Formación Docente.</li> </ul>	Segunda semana de octubre
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rastreo bibliográfico y revisión teórica de los contenidos a ser abordados en los problemas.</li> </ul>	Segunda semana de octubre
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de un cuaderno de campo digital (drive)</li> <li>● Participación en la construcción de la rúbrica (drive)</li> <li>● Elaboración de dos problemas interdisciplinarios y planificación del aula. Esta última debe contemplar:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guía de la actividad para los estudiantes</li> <li>- Incorporación de las TIC's</li> <li>- Evaluación de la actividad de ABP</li> <li>- Presentación de la propuesta a los compañeros de la carrera.</li> </ul> </li> </ul>	Tercera semana de octubre
	Última semana de octubre

### Presentación de la propuesta

Esta instancia se realizó en la última semana de octubre como actividad final de curso. Cada grupo explicó su propuesta de plan de aula y presentó los problemas creados, pidiéndole a los compañeros del otro equipo que, desde su rol de estudiantes, lo resolvieran según las fases del ABP. Los temas abordados en los problemas fueron: Leyes de Newton, movimiento circular uniforme (M.C.U), Principio de conservación de la Energía Mecánica, fuerzas disipativas, probabilidad-Laplace, despejes matemáticos, entre otros. Los estudiantes llevaron maquetas, carteles, dispositivos, pantallas y simulaciones (ver Figura 1 y 2).



**Figura 1.** Presentación del primer equipo. (Fuente: Elaboración del autor y de sus estudiantes).



**Figura 2.** Presentación del segundo equipo. (Fuente: Elaboración del autor y de sus estudiantes).

## Resultados y Conclusiones

El impacto de esta metodología en los aprendizajes y las percepciones de los estudiantes de la carrera, fueron evaluados de forma cualitativa y cuantitativa por los propios educandos, mediante un cuestionario electrónico (ver Anexo 2). Los datos obtenidos se detallan a continuación:

- Todos los estudiantes consideraron que el ABP propició un trabajo autónomo. De esta forma, los educandos fueron protagonistas en cada etapa del proceso de aprendizaje.
- Todos los alumnos manifestaron que las intervenciones docentes fueron suficientes para realizar sus proyectos. Lo que reafirma el rol del profesor como guía y orientador del trabajo.
- La mayoría de los estudiantes expresó “aprender más” con la modalidad de trabajo basada en el ABP.
- Todos consideraron que el trabajo en equipo benefició el aprendizaje. Al justificar sus respuestas dijeron que promovió instancias de intercambio, participación y cooperación. Algunos de los comentarios fueron: *“Considero que fue muy beneficioso debido a que favoreció la creatividad y aportó dos miradas diferentes ante las mismas situaciones, potenciando el desarrollo y abordaje de las mismas”, “Sí, porque las dudas que uno de los integrantes tenía el otro las contestaba, y si no, investigaban juntos. Definitivamente favoreció el aprendizaje”*.
- En cuanto a la instancia de exposición oral, los estudiantes la consideraron un espacio más de aprendizaje, en donde pudieron, según ellos: *“ver algunos errores de comprensión del problema”, “al poder llevarlo a la práctica lo volvió más rico que de haber quedado solamente en lo teórico”*. Consideraron que la exposición oral, exigió una correcta jerarquización de los contenidos, promoviendo el desarrollo de la capacidad de síntesis, la discusión, el intercambio de ideas y la toma de decisiones. Además, mencionaron que esta etapa permitió la corrección de aspectos relacionados a la oralidad, al uso del lenguaje técnico de la asignatura, a la selección de recursos audiovisuales, y a una mejor transposición didáctica.
- Todos dijeron que esta metodología favorece el desarrollo de competencias y que, *“potencia el raciocinio y la creatividad”*. A su vez, mencionaron la importancia de este espacio para compartir la experiencia con los demás compañeros, siendo esta, muy enriquecedora.

- También destacaron la importancia del enfoque interdisciplinario. Hicieron hincapié en las fortalezas del trabajo cooperativo y de la instancia de exposición oral.
- Cuando consultados por sugerencias para implementaciones futuras dijeron que se podría realizar a lo largo de todo el año lectivo “*debido a lo rico de su desenlace*”.

Por último, podemos decir que el ABP posee un fuerte componente investigativo y es favorable para aprender conceptos, desarrollar habilidades, generar hipótesis y desarrollar el pensamiento crítico. Esta metodología propicia el aprendizaje autónomo y el trabajo independiente, estimula la creatividad, propicia los espacios cooperativos y colaborativos de aprendizaje.

### **Agradecimientos:**

Se agradece a los estudiantes de cuarto año del profesorado de Matemática de Formación Docente del Ce.R.P del Norte, plan 2008, que cursaron la asignatura Física en el año 2023.

### **Bibliografía**

- Buitrago, L., Laverde, G., Amaya, L., & Hernández, S. (2022). Pensamiento Computacional y Educación STEM: Reflexiones para una Educación Inclusiva desde las prácticas pedagógicas. *Politécnico Grancolombiano*, 16(30), 233-257. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v16i30.3134>
- Guamán, V., & Freire, E. (2022). Aprendizaje basado en problemas para el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Universidad y Sociedad*, 14(2), 124-131.
- Granado, L. (2018). El aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica en educación superior. *Voces De La Educación*, 3(6), 155-167.
- Montés, N., Aloy, P., Ferrer, T., Romero, P., Barquero, S., & Carbonell, A. (2022). EXPLORIA, STEAM Education at University Level as a New Way to Teach Engineering Mechanics in an Integrated Learning Process. *Applied Sciences*, 12(10), 1-18. <https://doi.org/10.3390/app12105105>
- Santillán, J., Jaramillo, E., Santos, R., & Cadena, V. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Polo del Conocimiento*, 5(8), 467-492. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v5i8.1599>
- Siregar, N., Rosli, R., Maat, S., & Capraro, M. (2020). El efecto del programa de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) en el rendimiento de los estudiantes en matemáticas: un metaanálisis. *Revista Electrónica Internacional de Educación Matemática*, 15(1), 1-12. <https://doi.org/10.29333/iejme/5885>
- Valle, J., & Manso, J. (2013). Competencias Clave como tendencia de la política educativa supranacional de la Unión Europea. *Revista de Educación*, Número extraordinario, 12-33. <http://dx.doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2013-EXT-25>

## Anexos

Las fotografías (Fig.1 y 2) cuentan con los consentimientos correspondientes.

1. A continuación, se presenta un resumen de la secuencia de trabajo propuesta por los dos equipos, incluyendo información de los problemas creados. En ambos casos, las actividades planificadas fueron para 9° grado, tramo 6, tercer ciclo del plan de Educación Básica Integrada, EBI-2023.

### Equipo 1:

Unidades curriculares: Matemática y Física

Contenidos temáticos involucrados: Probabilidad simple-Laplace, fuerza, Trabajo Mecánico y Energía Mecánica. Parámetros cinemáticos como: velocidad, aceleración, desplazamiento.

---

#### Desarrollo del plan de aula

**A. Disparador:** Previo a la presentación del problema, se propone:

Analizar el recorrido de una canica por los rieles de la maqueta: a) rieles con rozamiento despreciable y b) uno de los rieles con material rugoso.

*Se realizan preguntas orientadoras que propician la discusión grupal realizando una lluvia de ideas en la pizarra.*

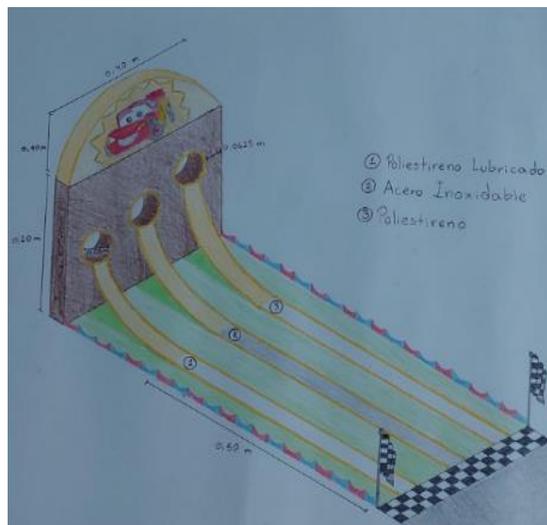
#### Recursos utilizados/ Registros en la pizarra



**B. Etapas del ABP:**

**1. Presentación del problema: “Triple empate”**

Supongamos que el carro que representa a Strip Weathers tiene una masa de 1,0 kg, el de Rayo McQueen 0,5 kg y el de Chick Hicks 1,5 kg. Sabiendo que las alturas de los 3 huecos son: 0,06 m (A); 0,075 m (B) y 0,125 m (C) y que al terminar la rampa los carritos se encuentran con pistas de distintos materiales, dependiendo del hueco seleccionado (como se ve en la imagen de la derecha). ¿Por cuál hueco se deben dejar caer cada carrito de forma simultánea?



2. Definición del problema y objetivos
3. Generación de hipótesis y lluvia de ideas
4. Organización del conocimiento
5. Aplicación del conocimiento
6. Presentación de la solución
7. Evaluación y retroalimentación

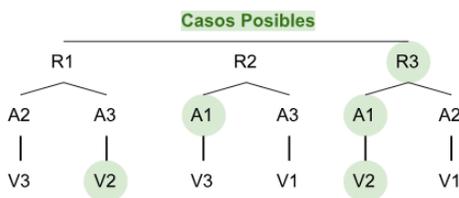
**C. Presentación del segundo problema**

Si no se hubieran realizado cálculos físicos, y no se conocen las energías asociadas a los sistemas, ¿Qué posibilidades hay de que un participante cualquiera del circo le atine a los tres autos en una única tirada?

Materiales de las distintas pistas:

- Pista A: Poliestireno lubricado,
- Pista B: Acero lubricado,
- Pista C: Poliestireno

*Se repiten las etapas del ABP*



Respuestas:

$P(3) = 1/6$

$P(2) = 0/6 = 0$

$P(1) = 2/6 = 1/3$

$P(0) = 3/6 = 1/2$

$$P(B) = \frac{N^\circ \text{ de casos favorables}}{N^\circ \text{ de casos posibles}}$$

**Equipo 2:**

Unidades curriculares: Física, Matemática y Programación

Contenidos temáticos involucrados: Movimiento Circular Uniforme (MCU), Energía Mecánica y Ppo. de Conservación de la EM. Despejes matemáticos. El link para acceder al simulador “Pista de patinaje” de PhET Colorado es: [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park\\_all.html?locale=es](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html?locale=es)

## Desarrollo del plan de aula

**A. Disparador:** Previo a la presentación del problema, se propone:

El equipo de skaters “SK8 X-Tremo” va a participar de un campeonato en Montevideo, si clasifican, pasan a las finales en un torneo internacional.

Juan, el capitán del grupo está planificando el orden de los participantes de su equipo que van a realizar cada circuito.

“¿Qué participantes debe elegir para realizar cada circuito de manera que éstos recorran toda la pista en el menor tiempo posible?”

“¿A simple vista hay un participante que sea más rápido?”, “¿Es posible que un participante realice todos los circuitos?”.

*Se realizan preguntas orientadoras que propician la discusión grupal realizando una lluvia de ideas en la pizarra.*

## B. Etapas del ABP:

### 1. Presentación del problema: Aro de la muerte

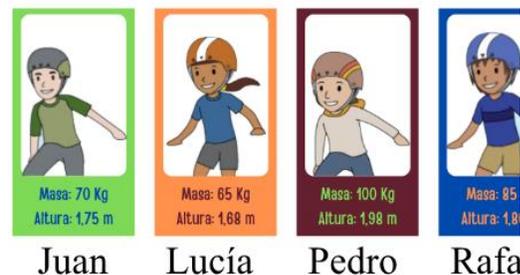
Juan está analizando los circuitos en los cuales van a competir. Uno en específico es el Aro de la Muerte. Éste, es el que más puntos le otorgaría al equipo, por lo que es muy importante completarlo para el ingreso al campeonato Internacional.

“¿Cuál es la velocidad mínima que debe tener en el punto C para no caerse?”, “¿Cuál es la velocidad mínima que debe tener en el punto B para no caer al llegar al punto C?”, “¿Qué relación tiene la altura de partida con el radio del bucle circular?”

2. Definición del problema y objetivos
3. Generación de hipótesis y lluvia de ideas
4. Organización del conocimiento
5. Aplicación del conocimiento
6. Presentación de la solución
7. Evaluación y retroalimentación

## Recursos utilizados/ Registros en la pizarra

### SK8 X-TREMO



**GUIA PARA EXPERIMENTAR EN PHET**

- Varía la altura de partida manteniendo los otros parámetros constantes
- REGISTRA TUS CONCLUSIONES EN UNA TABLA DE DATOS
- CREA TU PISTA CON BUCLE CIRCULAR
- ¿QUÉ PASA SI EL RADIO VARIA?
- RECUERDA QUE LA FUERZA DE ROZAMIENTO ES DESPRECIABLE
- Varia los personajes manteniendo la altura de partida constante.

## 2. Resultados del cuestionario

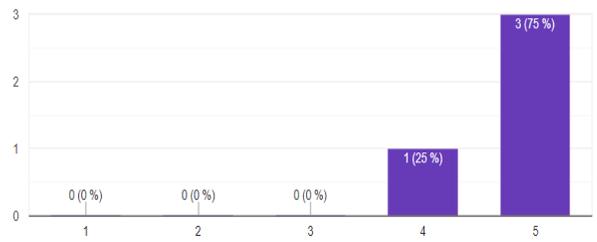
El cuestionario contó con 17 preguntas. A continuación, se presentan los gráficos con las respuestas a las preguntas cerradas:

<p>1) ¿El trabajo que realizaste colmó tus expectativas?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● No</li> <li>● Sí, pero poco.</li> <li>● Sí, mucho.</li> <li>● Sí, más de lo esperado.</li> </ul>	<p>7) Utilizando la escala del 1 al 5, ¿cuánto consideras pertinente la implementación de estas metodologías en la Formación Docente?</p>
<p>2) ¿Crees que se podría haber realizado en otra etapa del año lectivo?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● No, porque no tenía los conocimientos previos necesarios.</li> <li>● Sí, porque aunque no tuviera los conocimientos necesarios, los podría aprender mientras elaboraba el trabajo</li> </ul>	<p>8) Utilizando la escala del 1 al 5, ¿cuánto consideras pertinente la implementación de estas metodologías en la Educación Media?</p>
<p>3) ¿Crees que este trabajo posibilitó cierta autonomía en el proceso de aprendizaje?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● No</li> <li>● Sí</li> </ul>	<p>9) Utilizando la escala del 1 al 5, ¿cómo evaluarías la importancia de las TIC's para el desarrollo del ABP-STEM?</p>
<p>4) ¿Consideras que era necesario mayor intervención docente?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● No, incluso no tendría que haber intervenido, para una mayor autonomía del estudiante.</li> <li>● No. Con pocas intervenciones fue suficiente, pues brindó orientaciones generales para cada proyecto.</li> <li>● Sí, podría que haber participado más.</li> </ul>	<p>10) Utilizando la escala del 1 al 5 ¿Cuánto consideras que este trabajo favoreció el desarrollo de la creatividad?</p>

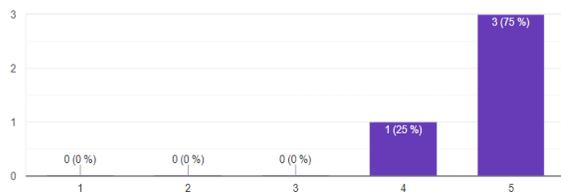
5) ¿Crees que, al realizar esta actividad, aprendiste más sobre las temáticas abordadas en tu trabajo que con evaluaciones tradicionales?



11) Utilizando la escala del 1 al 5 ¿Cuánto consideras que este trabajo propició el desarrollo de competencias?



6) De la escala del 1 al 5 ¿Cuán interesante y productiva consideras que fue su elaboración? Siendo 1 (poco) y 5 (muchísimo).



12) Utilizando la escala del 1 al 5 ¿Cuánto consideras que este trabajo propició la interdisciplinariedad?

