

Percepciones en la implementación de proyectos de ABP en un currículo de química avanzada

Perceptions in the implementation of a PBL projects in an advanced placement chemistry curriculum

Kermin J. Martínez-Hernández^{1,*} y Marie LoRe-Geigel²

¹ Facultad de Química, Universidad de St. John Fisher, Rochester, Nueva York, EE. UU.

² Escuela Secundaria Pittsford Sutherland, Pittsford, Nueva York, EE. UU.

PALABRAS CLAVE:

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)
Implementación en currículo de química avanzada
Investigación científica en escuela secundaria
Desarrollo de habilidades blandas
Trabajo en equipo

RESUMEN:

Durante seis años se evaluó la implementación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el currículo de química avanzada de una escuela secundaria mediante un estudio de métodos mixtos concurrentes. A través de encuestas con preguntas abiertas y escala de *Likert*, se recopilaban las percepciones de alumnos y docentes. Los estudiantes valoraron la experiencia como positiva, amena, divertida y desafiante pero gratificante. Tanto alumnos como maestros coincidieron en que el ABP potencia el desarrollo de habilidades blandas cruciales para la universidad, incluyendo la investigación, el trabajo en equipo y la comunicación oral y escrita. El estudio concluye que esta metodología fomenta procesos cognitivos independientes y el aprendizaje colaborativo, preparando eficazmente a los estudiantes para el mundo real.

KEYWORDS:

Problem-Based Learning (PBL)
Implementation in AP Chemistry curriculum
Scientific research in high school
Development of soft skills
Teamwork

ABSTRACT:

For six years, the implementation of Problem-Based Learning (PBL) projects in an advanced high school chemistry curriculum was evaluated using a concurrent mixed-methods study. Through surveys featuring open-ended questions and a Likert scale, the perceptions of both students and teachers were collected. Students rated the experience as positive, engaging, fun, and challenging yet rewarding. Both students and teachers agreed that PBL enhances the development of soft skills crucial for college, including research, teamwork, and oral and written communication. The study concludes that this methodology fosters independent cognitive processes and collaborative learning, effectively preparing students for the real world.

Introducción

En el ámbito de la educación secundaria, especialmente dentro de los cursos de química avanzada en los Estados Unidos, los educadores se enfrentan de manera persistente a la rigidez y densidad de los programas estandarizados orientados exclusivamente a la aprobación de exámenes avanzados nacionales al finalizar el semestre.^[1-3] Esta estructura tradicional suele limitar las oportunidades de los discentes para involucrarse en prácticas científicas auténticas y contextualizadas una vez terminado la administración de los exámenes en el último mes académico.^[2,4] Con el propósito de mitigar esta brecha, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), metodología nacida originalmente en las facultades de medicina y luego adaptada a escuelas primarias y secundarias, se presenta como una alternativa instruccional idónea.^[5-7]

El ABP altera la dinámica convencional: la adquisición de conceptos no precede a la práctica, sino que el aprendizaje se activa a partir de un problema complejo y abierto del mun-

do real que los alumnos deben resolver.^[8-13] A través de este enfoque, el estudiante transita de ser un receptor pasivo para convertirse en el protagonista y diseñador de su propia ruta de indagación, mientras que el docente abandona la instrucción directa para transformarse en un facilitador metacognitivo.^[14,15]

La investigación auténtica es fundamental para lograr un aprendizaje significativo y el ABP puede utilizarse con el fin de que los estudiantes diseñen sus propios problemas realistas y poco estructurados (*ill-structured*).^[14-19] Ofrecer a los alumnos entornos de aprendizaje auténticos que supongan un desafío cognitivo —y donde puedan aplicar la indagación, pensar de forma crítica y resolver problemas— resulta crucial para permitirles explorar sus propios intereses y despertar su curiosidad por resolver un problema. Como modelo de instrucción, el ABP es plenamente coherente con los principios del constructivismo en la educación científica.^[19,20]

Marco teórico

Este estudio se fundamenta epistemológicamente en los principios del constructivismo, el cual postula que el conocimiento no es un ente absoluto transferido por el educador, sino una construcción interna mediada por las experiencias del sujeto y sus interacciones socioculturales.^[19-23] Bajo el lente constructivista, el ABP ofrece un entorno de aprendizaje auténtico donde la resolución de problemas de laboratorio no estandarizados promueve la disonancia cognitiva y la subsecuente acomodación conceptual, dotando de un significado real a las leyes e interacciones de la química.^[19,23]

Propósito e importancia del estudio

La presente investigación tuvo como propósito implementar y evaluar problemas de ABP de seis semanas de duración, ubicado estratégicamente en el último trimestre escolar. El ABP fue posterior a la administración del examen avanzado nacional e integrado en el currículo de química avanzada de una escuela secundaria en la región oeste de Nueva York, EE.UU. Las preguntas de investigación que guiaron de forma transversal el estudio fueron:

1. ¿Cuáles son las percepciones de estudiantes y maestros sobre la implementación de un proyecto de ABP en el currículo de química avanzada?
2. ¿Cuáles son los beneficios de desarrollo competencial que obtienen los estudiantes a partir de esta implementación?
3. ¿Cuál es el nivel de satisfacción de los estudiantes con respecto a su desempeño y al evento de cierre?
4. ¿Cuáles son las lecciones aprendidas derivadas de la gestión e implementación del programa?

Metodología

Diseño de la investigación

Se adoptó un diseño de métodos mixtos concurrentes.^[24-26] Aunque teóricamente ambos enfoques coexisten, la naturaleza exploratoria de las percepciones humanas otorgó un peso dominante al componente cualitativo, el cual fue validado empíricamente mediante la triangulación de datos estadísticos descriptivos cuantitativos.^[24,25] Los datos cualitativos se recopilaban tanto durante el proceso de implementación como al cierre del proyecto, proporcionando una comprensión más profunda de las percepciones estudiantiles sobre la experiencia de ABP. Finalmente, se seleccionó una muestra de conveniencia debido a que los estudiantes se encontraban inscritos en el mismo curso y compartían el mismo plan de estudios.

Contexto y participantes

El estudio se implementó en una escuela secundaria de manera ininterrumpida durante seis años. En la investigación participaron un total de 296 estudiantes inscritos en dos secciones del curso de química avanzada enseñado por dos maestras. Los estudiantes decidieron entre ellos los integrantes del grupo a un máximo de 4-6 estudiantes de acuerdo con el tema de interés para un total de 11-16 proyectos ABP independientes por año (para un total de 78 proyectos ABP durante los 6 años). La distribución de la muestra según el curso académico fue: segundo año (12.0%), tercer año (77.3%) y cuarto año (10.8 %). Había 150 estudiantes masculinos y 146 femeninos.

Logística e Implementación del proceso de ABP

- Fase 1: Capacitación e Introducción (Semanas 1-2): Conducción de un taller inicial de ABP. Capacitación de los alumnos en el uso de la matriz cognitiva "KWHLAQ, por

sus siglas en inglés", (¿Qué sé?, ¿Qué quiero saber?, ¿Cómo lo investigaré?, etc., ver ejemplo en Anexo 1). Formación de equipos heterogéneos de 3 a 4 integrantes y formulación de las propuestas de investigación seleccionadas autónomamente por los estudiantes.

- Fase 2: Filtro de Seguridad y Andamiaje (Semana 3): Revisión minuciosa por parte del docente de los diseños experimentales para asegurar el cumplimiento estricto de las normas de seguridad del laboratorio. Ajuste de procedimientos mediante cuestionamientos guía y establecimiento del calendario de entregas semanales (ver Anexos 2 y 3 para más detalles).
- Fase 3: Ejecución Experimental Intensiva (Semanas 4-6): Trabajo autónomo en el laboratorio escolar. El docente realizó un monitoreo diario y asistencia socioemocional ante la frustración por resultados no concluyentes. Los alumnos registraron sus bitácoras en *Google Drive* y redactaron diarios individuales de reflexión metacognitiva a través de la plataforma *Blackboard Course Sites*.
- Fase 4: Preparación de Pósteres y Presentaciones Orales para Simposio (Semana 6): Una vez los grupos de estudiantes terminaron sus ABP crearon un poster por grupo (ver Anexo 4 para el formato del poster). Las maestras y profesorado universitario revisaron todas las partes del poster siguiendo el método científico y sugirieron correcciones. A su vez, todos los miembros de cada grupo realizaron una revisión de pares en el proceso de crear el poster. Concluidos los pósteres, las maestras y el profesorado universitario se reunió para seleccionar una muestra de las mejores investigaciones ABP para que presentarán oralmente en el simposio. El simposio se realizó imitando el formato de una convención nacional, dos sesiones de pósteres (principio y final) con un intermedio de presentaciones orales (ver ejemplo de Programa de Simposio Científico en Anexo 5). Los pósteres recibieron revisión de pares y fueron evaluados por los otros grupos de estudiantes, maestros, padres, profesores universitarios y otros visitantes (ver fotos en Anexo 6). Durante el simposio los estudiantes socializaron con aperitivos y bebidas no alcohólicas con sus pares, padres y demás asistentes estableciendo redes de contactos entre ellos.

El rol del estudiante

El rol del estudiante en el proceso de ABP comienza con la identificación de un problema no estructurado y el establecimiento de una pregunta de investigación. Este proceso incluye los siguientes pasos: (a) investigar un tema de interés, (b) definir un problema, (c) diseñar una serie de experimentos, (d) analizar datos, (e) sacar conclusiones, (f) crear un póster y presentarlo, (g) realizar una presentación oral (si le corresponde), (h) completar un diario de reflexión semanal y (i) escribir un informe final sobre su proyecto. En la Figura 1 se presenta un cronograma completo del rol del estudiante durante las seis semanas de ABP. Los Anexos 1, 2, 3 y 4 proveen detalles en donde se proporcionaron plazos específicos y pautas a los estudiantes semanalmente a lo largo del proceso para evitar que se sintieran abrumados. Los estudiantes revisaron todo el proceso del método científico para resolver su problema realista y poco estructurado. Los profesores y el personal docente universitario brindaron retroalimentación a los estudiantes diariamente durante todo el proceso.

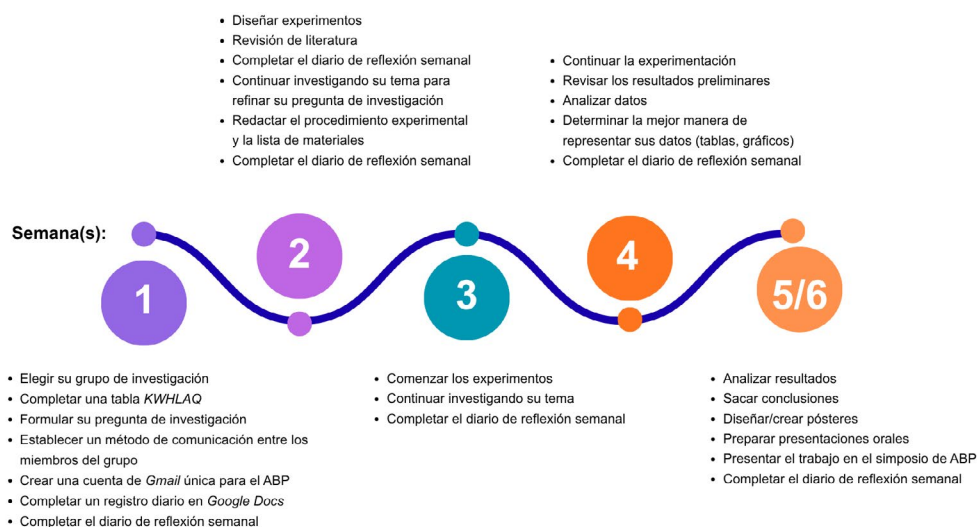


Figura 1. Cronograma del rol del estudiante.

El rol del profesorado universitario

Los profesores universitarios también desempeñaron un papel de facilitadores y asesores, pero, fundamentalmente, sirvieron como un pilar de soporte para la totalidad de la experiencia de ABP. Este equipo coadyuvó detrás de escena mediante la gestión de las plataformas virtuales, el aprovisionamiento de recursos económicos, la adquisición de suministros y reactivos especializados solicitados por los alumnos, y la asistencia técnica diaria vía correo electrónico a estudiantes y maestras. Asimismo, colaboraron activamente en la gestión de los problemas de investigación, tanto de forma presencial en el aula como vía correo electrónico, respondiendo diariamente a las dudas de los alumnos y maestras brindándoles orientación y apoyo constante.

Instrumentos de recolección de datos y consideraciones éticas

Se recopilaban tres fuentes esenciales de información: diarios de reflexión semanal de los estudiantes, diarios de seguimiento de los docentes y dos encuestas finales de diseño mixto (escala Likert y reactivos abiertos) administradas al culminar el proyecto y tras la realización del simposio público. El estudio se rigió estrictamente bajo el protocolo aprobado por el Comité de Revisión Institucional (IRB, Archivo No: 3447-052115-02) de la Universidad St. John Fisher, obteniendo los consentimientos informados correspondientes antes del inicio de la recolección.

Estrategias de análisis de datos

- **Análisis Cuantitativo:** Las respuestas ordinales de las encuestas Likert de 5 puntos (5 = Totalmente de acuerdo, 1 = Totalmente en desacuerdo) se compilaban y procesaron mediante estadística descriptiva (medias y desviaciones estándar).
- **Análisis Cualitativo:** Las respuestas abiertas y las reflexiones de docentes y alumnos se exportaron a la plataforma Dedoose®. Se aplicó una codificación abierta en cuatro niveles, aislando conceptos que emergieron de forma inductiva hasta agruparlos en temas y categorías de frecuencia conceptual.^[27-29]

Resultados

Análisis cuantitativo: áreas de la química seleccionadas por los estudiantes

La selección de temas en las áreas de la química en los proyectos de ABP fue decidida por los intereses de los grupos de estudiantes. Durante los 6 años de implementación, los 78

proyectos de investigación química analizados se concentraron principalmente en Química Alimentaria y Agrícola y Química Ambiental y Sostenibilidad (ambos 21.8%), seguidos por Química del Consumidor y Cuidado Personal (19.2%). En conjunto, estas tres áreas abarcan más del 62% del total de proyectos, destacando un fuerte enfoque práctico hacia productos cotidianos, el cuidado del medio ambiente y la nutrición. Las disciplinas restantes, como la física-química/energía, la ciencia de materiales y la bioquímica, representan el 38% restante con una distribución equilibrada de proyectos aplicados (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen descriptivo de las áreas de la química seleccionada por los estudiantes en los proyectos de ABP.

Área general de la química	Frecuencia	Porcentaje (%)
Química alimentaria, de bebidas y agrícola	17	21.8
Química ambiental y sostenibilidad	17	21.8
Química del consumidor y cuidado personal	15	19.2
Energía, química física y electroquímica	12	15.4
Ciencia de materiales, química industrial y aplicada	11	14.1
Bioquímica y química medicinal	6	7.7

Algunos ejemplos de los temas dentro del área química alimentaria, de bebidas y agrícola incluyen: evaluación de antioxidantes, deterioro de alimentos, descafeinización del café y determinación de vitamina C en bebidas, capacidad amortiguadora del suelo y comparativa entre cultivos hidropónicos y en tierra. En el área de química ambiental y sostenibilidad se destacan: eficiencia de filtros comerciales, impacto de la lluvia ácida, micro plásticos, proliferación de algas y fracturación hidráulica (*hydrofracking*). En la química del consumidor y cuidado personal: formulaciones de champú, quitaesmaltes, bálsamo labial, fijadores de cabello, protectores solares, perfumes y blanqueamiento dental. En energía, química física y electroquímica: producción de biodiésel, celdas solares y eficiencia de combustión. En la ciencia de materiales, química industrial y

aplicada: adhesivos de consumo, lubricantes de alta eficiencia, mecanismos de adhesión inspirados en salamanquesas, retardantes de fuego, diseño de máquinas *Rube Goldberg* basadas en reacciones químicas, agentes espumantes y comportamiento de sales en agua. Finalmente, en la bioquímica y química medicinal: análisis de sustancias tóxicas, plomo, neurotransmisores (GABA, *gamma-aminobutyric acid*), ácido estomacal y efecto de metales en crecimiento bacteriano, electroporación celular y producción de aceite a partir de microalgas.

Análisis cuantitativo: percepciones de estudiantes

Los datos consolidados recopilados durante las encuestas post-ABP demostraron una evaluación altamente favorable por parte de los alumnos hacia la metodología (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen estadístico descriptivo de la encuesta estudiantil post-ABP (Escala 1 a 5).

Reactivo: aprendizaje y motivación	Promedio	DE*
P6. El proyecto de ABP los involucró en actividades de aprendizaje interesantes.	4.50	0.63
P7. Los contenidos aprendidos durante el proyecto resultaron de su interés.	4.40	0.72
P12. Se sintieron motivados hacia el aprendizaje.	4.33	0.76
P13. Se involucraron activamente en su propio proceso educativo.	4.28	0.72
Reactivo: habilidades y desafío cognitivo		
P8. Los alumnos coincidieron en que requirieron aplicar un pensamiento de resolución de problemas a lo largo de todo el proyecto de ABP.	4.59	0.59
P9. Las actividades fueron agradables.	4.28	0.76
P11. El proyecto representó un desafío intelectual.	4.40	0.72
P17. Disfrutaron el desarrollo del proyecto.	4.39	0.81
P18. Se sintieron satisfechos con los logros alcanzados en el mismo.	4.46	0.66

*DE = desviación estándar

Análisis cuantitativo de la evaluación del simposio

El simposio de cierre congregó una muestra voluntaria de 324 asistentes (78.8% estudiantes, 14.8% padres de estudiantes y 6.5% autoridades del distrito, maestros y profesores universitarios). Los datos descriptivos de la Tabla 3 confirman que el evento colmó las expectativas globales de la comunidad.

Análisis cualitativo y aseveraciones teóricas

Percepciones de los estudiantes

El procesamiento inductivo de los testimonios literales (*verbatim excerpts*) dio origen a cinco macro-aseveraciones teóricas que caracterizan el impacto fenomenológico de la intervención:

- Aseveración 1: Percepción del Éxito en las Exposiciones. El 80.2% (n=202) de los estudiantes afirmó que sus exposiciones (orales o en póster) resultaron exitosas y de gran nivel. Los alumnos recalcaron que la intensa preparación previa y el rigor exigido disminuyeron el pánico escénico: "Siento que este proyecto salió mucho mejor de lo que

Tabla 3. Evaluación cuantitativa del simposio de ciencias de ABP por los asistentes.

Reactivo	Promedio	DE
P3. El simposio de ciencias cumplió con mis expectativas.	4.47	0.67
P4. Recomendaría la asistencia a este evento en el futuro.	4.48	0.76
P6. Agrado por el contenido científico exhibido.	4.41	0.72
P7. Satisfacción con el alcance y profundidad del simposio.	4.54	0.63
P8. Calidad formal de las presentaciones científicas.	4.53	0.64
P9. Evaluación positiva del formato del simposio.	4.48	0.76
P10. Adecuación de la duración total del evento.	4.18	0.81

había predicho. La presentación se llevó a cabo sin contratiempos y la audiencia se mostró muy interesada en la investigación que habíamos completado. Al final, el arduo trabajo valió la pena y nuestro proyecto fue un éxito (Año 1 – Estudiante 17)".

- Aseveración 2: Inventario de Competencias Adquiridas. La codificación identificó que el aprendizaje rebasó el marco conceptual de la química ordinaria, emergiendo competencias para el trabajo cooperativo (45.2%), destrezas de investigación de campo (44.0%), comunicación interpersonal (22.2%) y estrategias autónomas de resolución de problemas (14.7%) (Tabla 4). Los discentes valoraron el principio de aprender del error: "Creo que lo más valioso que aprendí al realizar este ABP fue la capacidad de trabajar en grupo, sin demasiada estructura ni ayuda por parte de las maestras. Fuimos capaces de descifrar por nuestra cuenta cómo queríamos llevar a cabo nuestros experimentos, aprendiendo de nuestros errores y mejorando nuestro procedimiento en cada intento. Diseñamos nuestra propia lista de materiales y desciframos cómo medir con precisión los datos necesarios para llegar a nuestra conclusión. Puede que la química real que aprendí en el ABP no se traslade directamente al mundo real, pero la habilidad de trabajar en equipo y proponer ideas fue sumamente valiosa (Año 6 – Estudiante 51)".
- Aseveración 3: El Valor Ecológico de la Sede Externa. El 76.6% validó positivamente que el simposio ocurriera fuera del aula de clases, indicando que confirió un tono profesional y formal (18.3%) que emulaba experiencias del mundo real (3.6%): "Me gustó que las presentaciones se llevaran a cabo fuera de la escuela secundaria *Sutherland* porque nos expuso a cómo sería una presentación más cercana a la vida real (fuera del entorno escolar tradicional). Cuando vayamos a la universidad, es posible que tengamos que hacer presentaciones similares a esta, por lo que ser capaces de hablar en un entorno desconocido nos dio una noción de cómo sería (Año 5 – Estudiante 34)". Una minoría (5.6%) reportó hacinamiento en las primeras sedes, lo que concuerda con la puntuación baja del reactivo P5 (3.89) e impulsó la migración hacia recintos de mayor envergadura.
- Aseveración 4: Transferibilidad Universitaria. El 90.9% enfatizó que el ABP constituyó un predictor clave de adaptación para la universidad: "De verdad creo que esta experiencia me preparará para los cursos universitarios. Planeo especializarme en el campo de la biología ambiental y/o

marina, y al ser ambos campos científicos, llevar a cabo un ABP para la clase de química me preparará para cuando tenga que realizar problemas similares en mis años universitarios. He aprendido mucho sobre cómo diseñar y completar un experimento, y este conocimiento será el motor que me impulse durante mis años en la universidad (Año 3 – Estudiante 16)". Sólo un 2.4% dudó de su utilidad, argumentando un interés vocacional por disciplinas no experimentales como la economía.

- Aseveración 5: Balance de la Experiencia. El proceso fue catalogado de forma masiva como desafiante pero gratificante (28.2%), valioso (24.6%) y divertido (24.6%), recomendando a futuras generaciones prestar atención a la elección del tema y evitar la procrastinación.

Tabla 4. Matriz de frecuencias de códigos cualitativos emergentes de los estudiantes.

Códigos Cualitativos Emergentes (aprendizaje y motivación)	Mención Relativa (%)
1. Habilidades de cooperación grupal	45.2
2. Metodología de la investigación científica	44.0
3. Comunicación asertiva y oratoria	22.2
4. Dominio temático específico (Química)	19.8
5. Habilidades de resolución de problemas	14.7
6. Autonomía y pensamiento independiente	12.3

Percepciones de las maestras

Los diarios cualitativos semanales de las dos maestras revelaron la complejidad de la gestión de la enseñanza bajo metodologías activas:

- Aseveraciones 6 y 7: Fluctuación de la Experiencia Emocional. La percepción docente fue positiva pero altamente sensible al progreso de los equipos, registrando picos de entusiasmo durante los descubrimientos de laboratorio y valles de frustración ante el estancamiento grupal.
- Aseveraciones 8-10: La Complejidad del Andamiaje y la Evaluación. Las principales funciones semanales radicaron en la planificación logística y la retroalimentación. El reto pedagógico más complejo fue cuantificar el desempeño individual dentro de un marco colectivo: "...Resulta difícil asignar calificaciones o puntos a estudiantes que se muestran displicentes y no han contribuido de manera equitativa a sus equipos (Año 4 – Maestra 1)".
- Aseveración 11: Maduración Profesional de la Práctica. Ambas docentes reportaron una evolución en sus competencias docentes, aprendiendo a formular preguntas abiertas de andamiaje y a desarrollar una paciencia estratégica para transferir el control y la autoría intelectual a los alumnos.

Discusión

La convergencia de datos cuantitativos y cualitativos demuestra que la intervención cumplió con la meta fundamental del estudio: proveer una experiencia de aprendizaje auténtica y rigurosa tras la conclusión del temario formal del examen de química avanzada. El alto grado de correlación cuali-cuantitativa (Tabla 5) permite validar la solidez metodológica de los hallazgos a través de una rigurosa triangulación metodológica.^[30]

Tabla 5. Matriz de triangulación mixta concurrente de resultados.

Categoría Cualitativa	Evidencia Cuantitativa (Likert)	Evidencia Cualitativa
Desafío Cognitivo	Q11 = 4.40 (alto reto)	"Desafiante pero gratificante"
Clima de Aula	Q17 = 4.39 (diversión)	"Experiencia divertida/amena"
Resolución Problemas	Q8 = 4.59 (alto demanda)	"Ajuste de diseño por error"
Satisfacción de Metas	Q3 = 4.47 (expectativas)	"Presentación fluida y exitosa"

Los hallazgos respaldan de forma sólida la literatura previa sobre el ABP respecto a la estimulación del interés intrínseco.^[30-32] El cambio estructural en el laboratorio—transitando de la ejecución de recetas experimentales predecibles hacia un diseño de "ensayo y error" donde el resultado final era desconocido—demostró ser el principal catalizador de la motivación y del desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes: "Este proyecto me enseñó mucho sobre el proceso de investigación científica. En todas las prácticas de laboratorio que hacemos en clase, seguimos un procedimiento que ya se nos ha dado o uno que hemos aprendido a ejecutar. En todos esos casos, conocemos cuál es el resultado final deseado. En nuestro ABP, no solo diseñamos nuestro propio procedimiento, sino que desconocíamos cuáles serían los resultados. Mi grupo también tuvo que aprender a realizar ajustes en nuestros métodos y en el diseño experimental con base en lo que iba ocurriendo en el experimento (Año 6 – Estudiante 45)".

Implicaciones para la enseñanza

La investigación científica a través de aprendizaje basado en problemas aporta lecciones fundamentales para los centros de educación secundaria que busquen emprender reformas curriculares basadas en metodologías activas:

- Enfoque en el Proceso sobre el Producto: La sofisticación técnica del experimento de química es secundaria; la prioridad pedagógica debe volcarse en cómo los estudiantes estructuran un problema, delimitan una pregunta realista y gestionan la incertidumbre de los resultados inconcluyentes.
- Necesidad de Co-Docencia Interinstitucional: La implementación exitosa del ABP en solitario puede constituir una tarea abrumadora para el maestro de secundaria. Es crucial consolidar redes de apoyo que integren a la facultad universitaria, bibliotecarios y personal técnico, distribuyendo la carga de gestión logística y de infraestructura digital.
- Delimitación de Equipos: Se sugiere conformar grupos estrictamente de tres a cuatro estudiantes pertenecientes al mismo periodo de clase, previniendo rupturas en los canales de comunicación asincrónicos.

Limitaciones y conclusiones

Debido a la naturaleza exploratoria de este estudio y a las restricciones propias del diseño curricular institucional, no se empleó un grupo de control en la investigación. El uso de entrevistas estructuradas o semiestructuradas habría robustecido el alcance del estudio; sin embargo, debido al elevado volumen de participantes y a que la intervención se situó al cierre del ciclo escolar, dicha estrategia resultó inviable. A pesar de estas limitaciones metodológicas, las respuestas de los

estudiantes y docentes a nuestros instrumentos de evaluación mostraron una consistencia interna a lo largo de los seis años de seguimiento.

Se concluye que el Aprendizaje Basado en Problemas, coronado con un simposio de divulgación científica en un entorno universitario externo, promueve el desarrollo de habilidades del siglo XXI y fomenta una sólida transición académica de la escuela secundaria a la educación universitaria. El diseño de este proyecto demuestra que la educación en ciencias es verdaderamente significativa cuando los estudiantes dejan de reproducir procedimientos y ponen las manos a la ciencia a través de oportunidades auténticas que sean de su propio interés.

Agradecimientos

Queremos agradecer a los estudiantes participantes por su disposición para brindar retroalimentación y formar parte de la implementación del ABP en el currículo de química avanzada. A la Sra. Eileen Malloy-Desormeaux, por su inagotable apoyo, guía y aliento a lo largo de este proceso. A la Dra. Nahyr D. Rovira-Figueroa, por sus valiosas sugerencias, su soporte logístico en el proyecto y la revisión crítica de este manuscrito. A los diferentes directores de la Escuela Secundaria Pittsford Sutherland y al liderazgo del distrito escolar por su respaldo institucional en este proyecto. Finalmente, a la Escuela de Artes y Ciencias de la Universidad de St. John Fisher, por el financiamiento otorgado a través de las becas de desarrollo docente durante seis años para la adquisición de todos los insumos y materiales requeridos para la ejecución de los problemas de investigación.

Material complementario

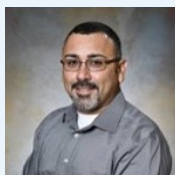
En la web de la revista Anales de Química de la RSEQ (<https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica>) se podrá encontrar información complementaria al presente artículo. El Anexo 1 demuestra un ejemplo de la matriz cognitiva "KWHLAQ, por sus siglas en inglés". El Anexo 2 incluye los detalles del ABP: eventos, tareas y fechas de entrega durante todo el proyecto. El Anexo 3 contiene un ejemplo del plan de proyecto ABP en donde se detalla los componentes del método científico. El Anexo 4, describe las instrucciones básicas de formato y estilo de redacción del poster ABP. El Anexo 5 presenta un ejemplo del programa del Simposio Científico. Finalmente, el Anexo 6 reúne evidencias fotográficas de los estudiantes durante la ejecución de sus experimentos y la elaboración de los pósteres de ABP en la escuela; asimismo, incluye imágenes de los alumnos presentando sus problemas — tanto en formato oral como en pósteres— durante el Simposio Científico ante la presencia de padres de familia, estudiantes, maestros y profesorado universitario.

Bibliografía

- [1] National Research Council, *Learning and Understanding: Improving Advanced Study of Mathematics and Science in U.S. High Schools*, National Academies Press, Washington, **2002**.
- [2] P. M. Sadler, G. Sonnert, R. H. Tai, K. Klopfenstein, AP: A critical examination of the Advanced Placement program, Harvard Education Press, Cambridge, **2010**.
- [3] R. H. Tai, P. M. Sadler, J. F. Loehr, *Advanced Placement chemistry exam success and college chemistry performance*, College Board Advanced Placement Program Research Report, **2006**.
- [4] National Research Council, *America's Lab Report: Investigations in High School Science*, National Academies Press, Washington, **2006**.

- [5] H. S. Barrows, R. M. Tamblyn, *Problem-based learning: an approach to medical education*, Springer Publ., New York, **1980**.
- [6] L. Torp, S. Sage, *Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12 Education*, ASCD Alexandria, Virginia, **1998**.
- [7] J. Valdez, M. Bungihon, *J. Technol. Sci. Educ.* **2019**, 9, 282, <https://doi.org/10.3926/jotse.631>.
- [8] D. Boud, *Problem-based Learning in Education for the Professions*, Higher Education Research And Development Society Of Australia, Australia, **1987**.
- [9] B. Trilling, P. Hood, *Educ. Technol.* **1999**, 39, 5-18.
- [10] J. Ravitz, *Peabody Journal of Education* **2010**, 85, 290-312, <https://doi.org/10.1080/0161956X.2010.491432>.
- [11] J. R. Savery, *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* **2006**, 1(1), <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>.
- [12] J. Barell, *Problem-based learning: an inquiry approach*, Corwin Press, Thousand Oaks, California, **2007**.
- [13] B. J. Duch, S. E. Groh, D. E. Allen, *The power of problem-based learning: a practical "how to" for teaching undergraduate courses in any discipline*, Stylus, Sterling, Virginia, **2001**.
- [14] C. Chin, L.-G. Chia, *Sci. Ed.* **2006**, 90, 44-67, <https://doi.org/10.1002/sce.20097>.
- [15] P. Ram, *J. Chem. Educ.* **1999**, 76, 1122, <https://doi.org/10.1021/ed076p1122>.
- [16] M. Birenbaum, F. J. R. C. Dochy, eds., *Alternatives in Assessment of Achievements, Learning Processes and Prior Knowledge*, Springer Netherlands, Dordrecht, **1996**, <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0657-3>.
- [17] C. E. Hmelo-Silver, H. S. Barrows, *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* **2006**, 1(1), <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1004>.
- [18] National Research Council, *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, National Academies Press, Washington, **2012**.
- [19] J. R. Savery, T. M. Duffy, *Educ. Tech.* **1995**, 35, 31-38.
- [20] G. M. Bodner, *J. Chem. Educ.* **1986**, 63, 873, <https://doi.org/10.1021/ed063p873>.
- [21] E. von Glasersfeld en *The International Encyclopedia of Education*, vol. 1, (Eds.: T. Husen, T. N. Postlethwaite), Pergamon Press, Oxford/New York, **1986**, pp. 162-163.
- [22] P. Cobb, *Educational Researcher* **1994**, 23, 13-20, <https://doi.org/10.3102/0013189X023007013>.
- [23] C. E. Engel en *The Challenge of Problem-Based Learning* (Eds.: D. Boud, G. Feletti), Kogan Page, **2013**, pp. 17-27, <https://doi.org/10.4324/9781315042039-3>.
- [24] J. W. Creswell, *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, SAGE Publications, Inc., Thousand Oaks, California, **2008**.
- [25] J. W. Creswell, V. L. Plano Clark, M. L. Gutmann, W. E. Hanson en *Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*, (Eds.: A. Tashakkori, C. Teddlie) SAGE Publications, Thousand Oaks, California, **2003**, pp. 209-240.
- [26] A. Tashakkori, C. Teddlie, *Handbook of Mixed Methods in Social and Behavioral Research*, SAGE Publications, Thousand Oaks, California, **2003**.
- [27] M. B. Miles, A. M. Huberman, *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook*, SAGE Publications, Thousand Oaks, California, **1994**.
- [28] A. Strauss, J. Corbin en *Handbook of Qualitative Research* (Eds.: N.K. Denzin, Y.S. Lincoln), Sage Publ., Thousand Oaks, California, **1994**, pp. 273-285.
- [29] J. Corbin, A. Strauss, *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*, SAGE Publications, Thousand Oaks, California, **2008**.
- [30] Y. S. Lincoln, E. G. Guba, *Naturalistic inquiry*, SAGE, Newbury Park, California, **1985**.

- [31] C. E. Hmelo-Silver, *Educational Psychology Review* **2004**, 16, 235-266, <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
- [32] E. E. Virtue, B. N. Hinnant-Crawford, *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* **2019**, 13, <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1809>.
- [33] J. Barell, *Teaching for thoughtfulness: classroom strategies to enhance intellectual development*, Longman, New York, **1995**.
- [34] University at Albany, University Libraries, "Primary and Secondary Sources for Science" disponible en <https://library.albany.edu/infolit/resource/prisci>, (consultado: 28/08/2026).



Kermin J. Martínez-Hernández

Dpto. Química, Facultad de Química,
Universidad de St. John Fisher, Rochester,
Nueva York.

C-e: kmartinez-hernandez@sjf.edu
ORCID: 0000-0003-1116-7511

Profesor Titular de la Universidad de St. John Fisher, Rochester, New York. Cuenta con más de 10 años de experiencia como facilitador de los currículos de: Introducción y Capacitación de Facilitadores para la Introducción a la Mentoría y Mentoría con Sensibilidad Cultural. Imparte clases de química general y organiza talleres docentes sobre instrucción diferenciada y aprendizaje basado en problemas (ABP). Su investigación en educación química se centra en evaluar la implementación del ABP en los niveles de educación secundaria y universitaria. Actualmente es Investigador Principal de la Subvención de Becas para la Fundación Nacional de las Ciencias, *NSF Robert Noyce*.



Marie LoRe-Geigel

Dpto. de Ciencias, Facultad de Química,
Escuela Secundaria Pittsford Sutherland,
Pittsford, Nueva York.

C-e: marie_loregeigel@pittsford.monroe.edu

Directora del Departamento de Ciencias y maestra de química. Con 23 años de trayectoria, imparte clases de química avanzada en la Escuela Secundaria *Pittsford Sutherland*. Actualmente, supervisa la implementación curricular, apoya la planificación instruccional y asesora a otros educadores en su departamento. Además de ser mentora en su distrito, colidera actividades como la Olimpiada de Ciencias y es miembro activo de la Sociedad Americana de Química. Como cofundadora del grupo *Re-ACT (Rochester Area Chemistry Teachers)* y Maestra Distinguida del Estado de Nueva York (*NYS Master Teacher, Finger Lakes Region*), promueve activamente la colaboración docente para desarrollar experiencias *STEM* innovadoras.



10-13 de noviembre 2026

www.jiq2026.org