

Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
BIORETS Interactions 2022
Cohorte 1

La aplicación en el curso de investigación científica de la estrategia de Aprendizaje Basado en Problema (ABP) para que sus estudiantes identificados como talentosos en ciencias y matemáticas, pero faltos de motivación, aprendan y alcancen dominio en un nivel de pensamiento de mayor complejidad en conceptos y destrezas STEM.

Diana Rodríguez Pérez
Departamento de Educación de Puerto Rico
Escuela CROEM
Mayagüez, PR

Tabla de Contenido

1.	Introducción	3
2.	Problema focal de la investigación-acción	5
3.	Preguntas de investigación	5
4.	Revisión de literatura	6
5.	Marco Conceptual	7
6.	Métodos	10
7.	Contexto y participantes	10
8.	Plan de acción	11
9.	Recopilación de datos	16
10.	Resultados	17
11.	Discusión de resultados	19
12.	Conclusión	20
13.	Limitaciones del estudio	21
14.	Referencias	22
15.	Anejos	25

Introducción

La calidad del aprovechamiento académico que exhiben los estudiantes en todos los niveles académicos ha estado disminuyendo vertiginosamente en la última década. Hay muchos factores que inciden en los resultados ya que, como seres holísticos, el proceso inherentemente dinámico que trae consigo las generaciones provocan cambios en el comportamiento de la población en general. Algunos de esos cambios son positivos, pero sin duda el resultado negativo es predominante en este momento histórico tomando en consideración el impacto causado por la pandemia del SARS-COV2 y la inmersión súbita e inesperada hacia la educación a distancia.

De acuerdo con la UNESCO (2022), las interrupciones del sector educativo a escala mundial debido a la pandemia de COVID-19 constituye la peor crisis educativa de la que se tiene constancia. La mayoría de los países cerraron sus centros escolares, centros de formación profesional y de enseñanza superior como parte de sus estrategias para combatir la pandemia, lo que afectó a más del 80% de la población estudiantil mundial. A este hecho le sumamos que el desarrollo e interacción social también fue severamente afectado ya que para responder al COVID-19, los expertos en salud pública y los funcionarios gubernamentales tomaron medidas restrictivas incluido el distanciamiento social y el autoaislamiento o la cuarentena.

Ahora bien, ¿qué está ocurriendo con los estudiantes talentosos? Por definición estos se caracterizan por lograr desarrollar sus habilidades naturales a un alto nivel y

esa actitud los lleva a destacarse sobre el promedio del desempeño de sus pares (UNESCO 2020). Sin embargo, cada vez resulta más difícil lograr que dichos estudiantes logren extender su conocimiento a contextos más complejos. De acuerdo con la experiencia del investigador, el objetivo de la mayoría de los estudiantes talentosos durante la pandemia es obtener buena calificación si es posible, pero por el camino de menor esfuerzo y no demuestran interés por aprender con profundidad o significado real. Si no se interviene con esta problemática con sentido de urgencia, las repercusiones pueden a ser nefastas para generaciones futuras ya que la expectativa es que ellos den soporte a la estructura social como indicadores de progreso, seguridad y estabilidad económica para el país.

Ante este problema es necesario identificar los factores que están afectando el desempeño de estudiantes categorizados como talentosos en ciencias, seleccionar objetivos específicos, realizar un plan de acción porque lo que se ha estado haciendo ya no logra alcanzar resultados óptimos y es necesario generar un cambio medible mientras se profundiza en la observación y reflexión del proceso. Entre los datos oficiales publicados de forma global se muestra que en PR los estudiantes de nivel elemental y secundario actualmente sufre de un rezago académico. De acuerdo con los resultados de las pruebas estandarizadas del Departamento de Educación de Puerto Rico, el aprovechamiento académico en español bajó de 45.1% a 35.5% en el curso 2021-2022 (*Perfil Escolar de Puerto Rico 2021-2022*, n.d.). También se reflejaron deficiencias preocupantes en ciencia e inglés.

Problema focal de la investigación-acción

A pesar de que los participantes que serán objeto de esta investigación-acción son parte de una comunidad escolar que demostraron 100% proficiencia en la materia de ciencias, la aptitud hacia la clase de investigación científica no es congruente con el perfil de un estudiante motivado, además que el interés para aprender y realizar los trabajos denota poco empeño o dedicación. Las tres dificultades específicas que se desprenden del problema de investigación son: (1) la resistencia a procesar temas de elevado nivel de pensamiento, (2) la falta de interés ante problemas sociales donde la ciencia puede ser una alternativa para colaborar en resolverlos, y (3) la dificultad para expresarse exponiendo sus ideas o hallazgos con argumentos robustos.

Preguntas de investigación

A través de esta investigación en acción se desea poner a prueba un plan de acción en la asignatura de investigación científica ofrecida a estudiantes talentosos en ciencias y dando énfasis a elevar el nivel de pensamiento a contextos más amplios y mayor profundidad de conocimiento. Será un estudio cualitativo de tipo procesal donde se pretende contestar las siguientes preguntas, siendo la motivación por aprender el tema central.

1. ¿Aumentará el interés de estudiantes talentosos de escuela superior especializada en ciencias y matemáticas, matriculados en el curso de investigación científica por el dominio de conocimientos STEM de temas complejos a través de la implementación de la estrategia de aprendizaje basado en problemas (ABP)?

2. ¿Estarán más motivados los estudiantes en realizar experimento de laboratorio si se vincula como base para la creatividad en la simulación de resolver un problema de relevancia real?
3. ¿Qué percepción tienen los estudiantes acerca del potencial de la investigación aplicada para resolver problemas del mundo real?
4. ¿Se fortalecerá la comunicación científica escrita y oral de los estudiantes?

Revisión de literatura

El modelo de Investigación - Acción para realizar este trabajo estará basado en el propuesto por John Elliott (Elliott & Manzano, 2005), donde se enfatiza la generación de cambios valiosos a partir de la acción que son analizados desde la reflexión sobre los resultados obtenidos. Elliott adopta el paradigma cualitativo y toma importancia cuando se analiza su postura crítica ante la capacidad del método científico en cuanto a la comprensión e interpretación de las interrelaciones humanas que juegan un papel decisivo en la resolución de los problemas que tienen lugar en el ámbito de la realidad concreta de la escuela. Para evaluar el proceso el investigador debe estar en constante interacción con los sujetos a quienes va dirigida la acción de la enseñanza.

Este trabajo está basado en el marco teórico de la taxonomía de Bloom (el dominio cognitivo) que es un arreglo jerárquico de 6 procesos donde cada nivel implica una comprensión cognitiva más profunda. Los niveles van del más simple al complejo: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear. Permiten a los estudiantes

construir sobre su comprensión previa. En el contexto de la educación no se deben descartar otras teorías que identifican una serie de factores externos al individuo, que pueden influir en los comportamientos de aprendizaje, y estos incluyen el entusiasmo del maestro (Brigham, et al., 1992), la relevancia en el mundo real (Zusho et al., 2003), compañeros (Nelson et al., 2008), recompensas extrínsecas (Niemiec et al., 2009) y presencia de novedad (Hidi, 1990). Por lo tanto, se sabe que existe una gama de factores internos y externos que sin duda influyen en el comportamiento del aprendizaje, pero para la elaboración de este limitado estudio se considerará de este grupo solo la relevancia en el mundo real. Para complementar la parte social, se basará en la Teoría del Impacto Colectivo donde une a las personas de manera estructurada para lograr el cambio social y moverse de lo individual a lo colectivo, además establece que son los proyectos colectivos los que buscan el cambio y no los individuales (Gilles Lipovetsky, 2015).

Marco conceptual

I. Principios educativos del aprendizaje basado en problemas (ABP)

El ABP consiste en el planteamiento de una situación problema, donde su construcción, análisis y/o solución constituyen el foco central de la experiencia, y donde la enseñanza consiste en promover deliberadamente el desarrollo del proceso de indagación y resolución del problema en cuestión. Suele definirse como una experiencia pedagógica de tipo práctico organizada para investigar y resolver problemas vinculados al mundo real, la cual fomenta el aprendizaje activo y la integración del aprendizaje escolar con la vida real, por lo general desde una mirada multidisciplinaria. De esta manera, como metodología de enseñanza, el ABP requiere

de la elaboración y presentación de situaciones reales o simuladas –siempre lo más auténticas y holistas posible- relacionadas con la construcción del conocimiento o el ejercicio reflexivo de determinada destreza en un ámbito de conocimiento, práctica o ejercicio profesional particular. El alumno que afronta el problema tiene que analizar la situación y caracterizarla desde más de una sola óptica, y elegir o construir una o varias opciones viables de solución. (Weirich, et al., 2022).

II. Tema seleccionado como vehículo para implementar utilizando ABP: Cáncer

El cáncer es el resultado de la proliferación descontrolada de células anormales, provocada por cambios genéticos (moleculares) que se transmiten de los padres a sus hijos (hereditarios) o que se presentan en el cuerpo a lo largo de la vida de una persona (adquiridos). Cada tipo de cáncer presenta un grupo único de cambios moleculares en las células cancerosas. Los avances tecnológicos han hecho posible las pruebas moleculares, lo cual permite a los médicos identificar las diferencias moleculares entre las células cancerosas y las células sanas. Los biomarcadores son moléculas que muestran signos o procesos normales o anormales que ocurren en el cuerpo. Los signos anormales podrían indicar la presencia de enfermedad. Las pruebas moleculares pueden emplearse para identificar biomarcadores específicos del cáncer que están asociados con la respuesta, la falta de respuesta o la resistencia a ciertas opciones de tratamiento. Esta información puede conducir al desarrollo de tratamientos dirigidos, diseñados para ser más eficaces para un determinado perfil tumoral (el término “perfil” se refiere a la información acerca de los genes presentes en las células cancerosas).

III. Motivación para seleccionar el tema focal de APB

El cáncer es un importante problema de salud pública en todo el mundo y la segunda causa principal de muerte en los Estados Unidos. En 2020, el diagnóstico y el tratamiento del cáncer se vieron afectados negativamente por la pandemia de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19). Para las mujeres, el cáncer de mama, el cáncer de pulmón y el cancer colo-rectal representan el 51 % de todos los diagnósticos nuevos, y el cáncer de mama solo representa casi un tercio. (Siegel et al., 2022). Dado a la alta incidencia de la enfermedad, se esperaba que el tema despertara gran interés en los estudiantes ya que de alguna manera está relacionado con una experiencia personal o conocida para ellos. El objetivo era lograr mayor interés a problemas social considerando entonces el colectivo y no solo el individualismo.

IV. Investigaciones previas relacionadas con en el tema

De acuerdo con el estudio *Early Cancer Research Education for Underrepresented Middle School Students: A Case Study of Experiences from Youth Enjoy Science*, publicado en el 2022 por la revista *Journal for STEM Outreach* (Rookwood et al., 2022), concluye que Introducir a los estudiantes a una edad temprana a la educación sobre el cáncer y la investigación es crucial para crear la próxima generación de científicos y médicos en el campo. Curiosamente, la evaluación de los programas a través de este estudio de caso encontró que los elementos en común fueron un programa personalizado y técnicas de aprendizaje activo. El resultado general es que lograron fortalecer la confianza en sí mismos, el desarrollo de destrezas

de investigación y comunicación científica; además de involucrar a los familiares y a la comunidad en actividades de divulgación de conocimientos e interés por carreras en disciplinas STEM.

Métodos

Este investigación-acción es de tipo mixto. El componente cualitativo es de tipo procesal. Utilizando métodos cualitativos para describir lo que está pasando y la comprensión de la intervención educativa. En las observaciones se documentan la actitud, participación en la discusión e interés hacia carreras STEM y hacia problemas de índole social como lo es el cáncer.

Por otro lado, el componente cuantitativo se basa en la ejecutoria general de las destrezas de laboratorio que incluyen medición de masa, volumen, micropipetas, diluciones en serie, calibración de equipo, espectrofotometría, construcción de gráficas en programa Excel e interpretación de datos. También se considerarán la expresión oral y escrita,

Contexto y participantes

Los sujetos en el estudio representaron un muestreo no probabilístico seleccionado de forma intencional y por conveniencia. El mismo fue compuesto por un grupo de diez estudiantes de alto rendimiento académico matriculados en el curso de investigación científica de una escuela superior residencial especializada en ciencias y matemáticas en una zona rural de Puerto Rico.

Plan de acción

La estructura del plan de acción es basada en las preguntas de investigación descritas previamente, el problema, los asuntos específicos y la descripción de las observaciones previas realizadas al grupo foco de estudio. A continuación, la tabla donde se presentan los mismos.

Problema	Asuntos específicos	Descripción
Dominio superficial de conceptos específicos.	Resistencia a procesar temas de elevado nivel de pensamiento.	Tienden a memorizar superficialmente los conceptos y exhiben gran dificultad en aplicar, analizar, evaluar y crear con el contenido aprendido.
Indiferencia ante problemas sociales.	Falta de interés ante problemas sociales donde la ciencia puede ser una alternativa para colaborar en resolverlos.	Manifiestan el individualismo, ausencia de objetivos comunes, frialdad de las relaciones interpersonales y poco interés de construir con otros.
Pobres destrezas de comunicación oral y escrita de temas científicos.	Dificultad para expresarse exponiendo sus ideas o hallazgos científicos con argumentos robustos.	Temor de expresarse en público, falta de vocabulario científico y de argumento para exponer sus ideas, errores ortográficos y carecen de claridad en el mensaje.

Tabla I. Elementos de la estructura del plan para investigación–acción

La estrategia de aprendizaje basado en problemas (ABP) busca desafíos en el contexto de la vida cotidiana, donde los estudiantes protagonicen su propio aprendizaje utilizando las nuevas tecnologías como el medio idóneo para encontrar información actualizada y adecuada, para su procesamiento y difusión hacia un mejor rol activo y

participativo (Castillo-Megchun et al., 2021). Por tal razón resulta ser una herramienta adecuada para el desarrollo de la investigación.

Antes de comenzar la intervención se utilizó con los estudiantes la estrategia ¿Qué sé y qué quiero saber? (**SQ**) para indagar sobre conocimientos previos respecto al tema y luego de finalizada la actividad se le suministró nuevamente, pero la versión que incluye lo que aprendió (¿Qué sé, qué quiero saber y qué aprendí? - **SQA**). También se administró como pre y postintervención, unas preguntas donde se indagó sobre motivación y aptitud hacia las disciplinas STEM.

Para la investigación-acción se utilizó el tema del cáncer como un problema del mundo real, pero antes de comenzar con la actividad que describe el módulo que elaboró el investigador, fue necesario proveer experiencias de laboratorio donde se desarrollaron las destrezas de medición de volumen, masa, uso de micropipetas, y espectrofotometría, ya que no habían sido expuestos a experiencias de laboratorio debido a restricciones de pandemia. Una vez adquiridas las destrezas básicas, trabajaron en una simulación con práctica de aplicación en el laboratorio, se retó la creatividad para la solución del problema y expusieron sus hallazgos y logros en un “foro de innovación científica aplicada” que se realizó dentro de la misma clase y con voluntarios de la comunidad escolar que no eran parte del curso, pero con la formalidad de un foro científico real. Como guía de la actividad se utilizó un módulo educativo que desarrolló el investigador como parte del Programa BIORETS Interactions, donde se introduce el tema del cáncer y su impacto a nivel mundial. Luego realizaron un experimento en equipos de trabajo para identificación de proteínas donde se simula que está asociada a cáncer y con “muestras de pacientes”. Una vez demuestran

dominio del racional científico detrás del experimento, comienza la búsqueda en publicaciones científicas en temas más profundos para que seleccionen un tipo de cáncer en específico y desarrollen de forma creativa una herramienta de diagnóstico o tratamiento simulada, pero basada en el racional científico de la prueba y con argumentos robustos para presentarlo de forma colectiva en el “Foro de innovación científica aplicada”. A continuación se presenta la tabla del desglose de las actividades realizadas como parte de la intervención educativa.

Actividades para la para la acción	Explicación de la actividad	Uso de los recursos	Tiempo de la intervención	Instrumento, técnicas o guías	Momento de la recopilación	Tipo de información
Estrategia SQA (solo hasta SQ porque la parte A se realiza al final del estudio)	El estudiante escribe qué sabe del tema de cáncer y qué quiere saber	Anejo SQA	10 minutos	Hoja suministrada en el módulo educativo	Antes de la intervención educativa	Cuestionario para saber conocimiento previo e intereses de lo que desea aprender
Tratamientos para cáncer y herramientas de diagnóstico y seguimiento de progreso de la enfermedad.	Videos cortos relacionados a cómo se diagnostica cáncer por pruebas de patología y qué son los biomarcadores.	https://www.youtube.com/watch?v=SGaQ0WwZ_0I https://www.cancercenter.com/diagnosing-cancer https://www.cancer.org/biomarker-toolkit	30 minutos	Discusión oral	Durante intervención	Técnica, relacionada a herramientas utilizadas para diagnóstico, evaluación de progreso y tratamiento de cáncer. Observación directa participativa
Laboratorios de destrezas de laboratorio	Experiencia práctica para desarrollar	Diferentes experiencias de laboratorio	Cinco experiencias de una hora para	Protocolos de experimentos y los materiales	Se utiliza rúbrica de prácticas en el laboratorio	Dominio de destrezas de laboratorio de tipo actitudinal,

	destrezas de laboratorio como medición de masa y volumen, manejo de micropipetas, seguir protocolos, manejo de reactivos y desperdicios, reglas de seguridad, documentación de datos e informes, trabajo en equipo, análisis de datos.	o para desarrollar mencionadas destrezas.	trabajar destrezas particulares según la necesidad.	necesarios para la ejecución.	disponible en anejos.	desempeño y seguridad.
Laboratorio de espectrofotometría de luz visible	Utilizan espectrofotómetro UV-vis para determinar concentración desconocida de una solución por medio de curva de calibración.	Lab Determinación de concentración de ingrediente activo en tabletas farmacéuticas por medio de espectrofotometría UV-vis	Dos experiencias de una hora cada una donde en una se prepara curva de calibración y la siguiente se determina la concentración de dos soluciones luego de tratamiento en mezcladora de ingrediente activo y excipientes.	Protocolo de experimento diseñado previamente por el investigador.	Se utiliza rúbrica de prácticas de laboratorio durante y luego de la experiencia. Se registra el valor de R^2 de la curva de calibración para comparar con la curva del experimento final de proteína de "cáncer"	Dominio de destrezas de laboratorio y análisis de datos. Se cuantifica la precisión de los datos. R^2 mide lo bien que un modelo de regresión se ajusta a los datos reales. En otras palabras, se trata de una medida de la precisión general del modelo.
Actividad STEM con enfoque investigación	Experiencia de laboratorio donde se	Módulo ¿Cómo podemos innovar	Dos experiencias de una hora cada una	Protocolo diseñado por el investigador	Se utiliza rúbrica de prácticas de laboratorio	Dominio de destrezas de laboratorio y análisis de datos.

traslacional y aplicada	prepara curva de calibración y se cuantifica proteína de interés simulando que es asociada a un tipo de cáncer específico.	en el diagnóstico y tratamiento del cáncer?	donde en una se prepara curva de calibración y la siguiente se determina la concentración de la proteína de interés en muestras simuladas de tres pacientes.	y está contenido en el módulo.	durante y luego de la experiencia. Se registra el valor de R^2 de la curva de calibración para comparar con la curva del experimento anterior.	Se cuantifica la precisión de los datos. R^2 mide lo bien que un modelo de regresión se ajusta a los datos reales. En otras palabras, se trata de una medida de la precisión general del modelo.
Foro de Innovación científica	Presentación oral con diapositivas donde se presentan su invención simulada para el diagnóstico de un tipo de cáncer en específico apoyado con la evidencia de hallazgos en pruebas simuladas de pacientes.	Parte B del módulo ¿Cómo podemos innovar en el diagnóstico y tratamiento del cáncer? Elaborado por el investigador.	Quince minutos por equipo de trabajo. El desglose es doce minutos para presentar y tres minutos para sesión de preguntas.	Presentación preparada por los estudiantes	Se utiliza rúbrica de Foro de innovación científica durante la presentación como evaluación final.	Mide la habilidad de presentar de forma oral y escrita los “hallazgos” de su investigación. Esto incluye si el argumento es robusto, racional científico, revisión de literatura y la habilidad de trabajar en equipo.
Estrategia SQA (solo la parte A y Q)	El estudiante escribe qué aprendió del tema de cáncer y qué quiere saber	Anejo SQA	15 minutos	Hoja suministrada en el módulo educativo	Luego de la intervención educativa	Cuestionario para saber conocimiento aprendido e intereses de lo que desea seguir aprendiendo.
Autoevaluación del desempeño	El participante evalúa	Escritura libre	10 minutos	Diario reflexivo	Luego de la intervención educativa	Retroalimentación de logros desde la

	su desempeño en el transcurso de la intervención educativa.					perspectiva del participante.
--	---	--	--	--	--	-------------------------------

Tabla 2. Intervención educativa detallada.

Recopilación de datos

Para la recopilación de los datos se utilizó como medio principal la observación participante. La estrategia SQA se utilizó antes y después de la intervención. También se incorporó la autoevaluación del progreso de los participantes del estudio. En el componente cuantitativo se utilizaron dos rúbricas. Una corresponde a las destrezas relacionadas al laboratorio con los renglones de actitud, procedimientos y seguridad que fue administrada antes y después de la intervención educativa. La otra es basada en los resultados del trabajo final para determinar el nivel de adquisición de destrezas de laboratorio y la habilidad de presentar como trabajo en equipo los resultados de forma oral y escrita (Ver anejos). Además se tomó en consideración el valor de R^2 de las curva de calibración del trabajo final para comparar con la curva del experimento anterior. Se cuantifica la precisión de los datos por medio del R^2 ya que mide lo bien que un modelo de regresión se ajusta a los datos reales. En otras palabras, se trata de una medida de la precisión general del modelo. Lo que puede representar que si en general lograron medir bien masa, volumen, microvolúmenes, realizaron correctamente la dilución en serie realizada desde cero y utilizaron correctamente la técnica de espectrofotometría; entonces, se espera que el valor de R^2 se más cercano a 1.

Resultados

A. Tabulación de resultados promedio utilizando la rúbrica en la evaluación del estudiante durante la intervención de aprendizaje en el laboratorio

Criterio/Puntuación	Mal (0)	Regular (1)	Bien (2)	Excelente (3)	Pre-intervención	Post-intervención	% Cambio
BLOQUE I. ACTITUD							
Puntualidad. Preparación	Asiste con un retraso inferior a 10 minutos.	No está preparado para empezar a trabajar cuando lo indica el profesor.	Está parcialmente preparado para empezar a trabajar.	Está preparado para empezar a trabajar cuando lo indica el profesor.	2	3	33%
Atención	No presta atención: está distraído haciendo otras cosas, no responde a las llamadas de atención del profesor o molesta a los compañeros.	Se distrae a veces durante las explicaciones del profesor y durante la realización de las tareas.	Se muestra siempre atento durante las explicaciones y durante la realización de las tareas, pero sin tomar notas de las explicaciones.	Se muestra siempre atento durante las explicaciones del profesor y durante la realización de las tareas, tomando notas de las explicaciones.	1	3	66%
Participación e interés	Tiene una actitud pasiva o negativa o sin interés. No responde a las preguntas del profesor.	Colabora poco o excesivamente dentro del grupo. Responde algunas veces a las preguntas del profesor.	Colabora dentro del grupo. Responde a las preguntas del profesor y algunas veces realiza preguntas.	Tiene una actitud activa y positiva dentro del grupo y en la clase. Comunicación fluida con el profesor.	1	3	66%
BLOQUE II. PROCEDIMIENTOS							
Ritmo de trabajo	No trabaja durante la práctica.	Trabaja de forma discontinua durante la práctica realizando parones.	Trabaja de forma constante durante la práctica.	Trabaja de forma constante durante la práctica aprovechando los tiempos "muertos".	1	3	66%
Destreza y autonomía	No tiene un buen manejo del material y los equipos de laboratorio. Se dedica a "copiar" continuamente lo que hacen los otros.	Tiene un manejo básico , limitándose en a seguir el procedimiento. Ante cualquier problema recurre al profesor o "copia" lo que hacen otros.	Tiene un buen manejo , y en la medida de lo posible intenta resolver por sí mismo los problemas que van apareciendo.	Tiene un manejo avanzado y es capaz de resolver por sí mismo los problemas que van apareciendo.	0	2	66%

Recopilación de datos, cálculos e interpretación de resultados durante el experimento	Recopila los datos en el laboratorio de forma desordenada. No realiza los cálculos previos ni la interpretación de los resultados.	Recopila los datos parcialmente ordenada. Realiza los cálculos y la interpretación de los resultados de forma incorrecta o copiándose de otros compañeros.	Recopila los datos en el laboratorio de forma ordenada. Realiza los cálculos y la interpretación de los resultados de forma correcta, pero con algo de ayuda.	Recopila los datos en el laboratorio de forma muy ordenada. Realiza los cálculos y la interpretación de los resultados de forma autónoma.	0	2	66%
Preparación de los reactivos	Realiza de forma incorrecta la preparación de los reactivos.	Realiza de forma correcta la preparación de los reactivos, necesitando asesoramiento.	Realiza de forma correcta , pero ayudado, la preparación de los reactivos.	Realiza de forma correcta la preparación de los reactivos.	0	3	100%
Manejo montaje experimental	Maneja de forma incorrecta los utensilios de laboratorio en el montaje del experimento	Realiza de forma correcta el montaje, necesitando asesoramiento.	Realiza de forma correcta el montaje, necesitando ayuda.	Realiza de forma correcta el montaje del experimento.	0	3	100%
Medida de volumen utilizando micropipetas	Realiza de forma incorrecta la medida de microvolúmenes..	Realiza la medida, necesitando bastante ayuda.	Realiza la medida, necesitando algo de asesoramiento.	Realiza de forma correcta la medida de forma autónoma.	0	3	100%
BLOQUE III. NORMAS DE SEGURIDAD Y GESTIÓN DE RESIDUOS							
Seguridad en el laboratorio y gestión de residuos	Desconoce los datos de seguridad de los reactivos a utilizar en la práctica. No gestiona los residuos.	Necesita bastante asesoramiento para aplicar las normas. Gestiona los residuos de forma incorrecta.	Aplica de forma correcta los datos de seguridad, necesitando ayuda del profesor. Gestiona los residuos de forma correcta con ayuda	Aplica de forma correcta los datos de seguridad. Gestiona los residuos de forma correcta sin la ayuda del profesor.	0	3	100%

Formato Modificado de: Revista Educativa Hekademos, 13, Año VI, Junio 2013. [35-42]. ISSN: 1989-3558

B. Tabulación de resultados promedio antes y después de intervención educativa utilizando R^2 de curvas de calibración de las proteínas utilizadas en experiencia práctica para la cuantificación por medio de espectrofotometría de luz visible, así como los resultados de concentración de proteína de interés en simulación de muestras de “pacientes”.

Componente cuantitativo destrezas de laboratorio global	
R^2 primera curva de calibración	0.7578
R^2 última curva de calibración	0.9957
Porcentaje de mejoramiento en curva de calibración	23.9%
Aciertos en resultado final de concentración de proteínas de muestras de “pacientes”	92.4%

Discusión de resultados

En el parámetro cualitativo se pudo observar en la herramienta SQA comparando la pre y postintervención que los participantes exhibieron un nivel de aprendizaje desde básico al inicio hacia avanzado postintervención. En la autoevaluación que realizaron al finalizar la actividad el 100% de los participantes refieren que aprendieron mucho del tema del cáncer, que la experiencia les permitió desarrollar las destrezas de laboratorio que carecían, que la exposición a literatura científica fue un reto pero que fue provechoso y que se sienten más seguros de cómo hacer presentaciones orales y escritas de un tema de investigación. En cuanto a la preparación de afiches, de forma general indicaron que les resultó un poco difícil pero que se sentían satisfechos con el producto. Manifestaron que aprendieron mejor y con mayor motivación realizando laboratorios y en la simulación trabajada porque se lograron visualizar como científicos y le gustó ese tipo de actividad donde ellos decidían cómo iban a trabajar su “innovación”.

El aspecto cuantitativo estrictamente numérico se pudo apreciar que la curva de aprendizaje fue significativa. Un R^2 inicial de 0.7578 hacia un de 0.9957 al final demuestra que al final lograron trabajar excepcionalmente muchos factores que afectan la misma; entiéndase, medir masa, volumen, manejo de micropipetas, diluciones en serie, calibración de instrumentos, espectrofotometría, Ley de Beer-Lambert, programa Excel, destrezas de matemáticas, registro de datos, entre otros factores.

Los datos obtenidos las rúbricas de la experiencia en el laboratorio fueron promediados y lo más significativo que se pudo apreciar fue 100% de incremento en desempeño en preparación y manejo de reactivos, seguridad en el laboratorio, manejo de montaje experimental y medición ya que apenas tenían alguna experiencia previa.

Conclusión

Al finalizar este estudio de investigación-acción se lograron contestar las preguntas de investigación. Ya que se demostró que se aumentó el interés de estudiantes talentosos de escuela superior especializada en ciencias y matemáticas, matriculados en el curso de investigación científica por el dominio de conocimientos STEM de temas complejos a través de la implementación de la estrategia de aprendizaje basado en problemas. Además, manifestaron y lucieron estar más motivados en realizar experimento de laboratorio cuando se vincula como base para la creatividad en la simulación de resolver un problema de relevancia real. También refirieron que se pueden visualizar como investigadores para resolver problemas del

mundo real y sin duda exhibieron un fortalecimiento robusto en la comunicación científica escrita y oral.

Limitaciones del estudio

En muchas ocasiones considera que la observación puede tener un sesgo en la investigación, ya que la participación puede influir en las actitudes y opiniones del investigador, lo que dificulta su objetividad. Además, el hecho de que el investigador sea también un participante puede afectar a la naturalidad de las acciones y comportamientos de los sujetos que saben que están siendo observados

Referencias

- Castillo-Megchun, I. C., López-Rossell, C. G., Padilla-Rivera, M. A., Villalobos-Molina, R., & Tapia-Pancardo, D. C. (2021). Problems-Based Learning during COVID-19 Pandemic: Experiences by Nursing Students. *Open Journal of Nursing*, 11(11), 920–932. <https://doi.org/10.4236/ojn.2021.1111075>
- Chen, L., Inoue, K., Goda, Y., Okubo, F., Taniguchi, Y., Oi, M., Konomi, S., Ogata, H., & Yamada, M. (2020). Exploring Factors that Influence Collaborative Problem Solving Awareness in Science Education. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(2), 337–366. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09436-8>
- Davis, J. P. (2022). Formal rules and rules as reasoning-in-action: playing games with reality in science education. *Cultural Studies of Science Education*, 17(4), 1081–1088. <https://doi.org/10.1007/s11422-022-10134-3>
- Gilles Lipovetsky. (2015). *La era del vacío : ensayos sobre el individualismo contemporáneo*. Anagrama.
- Horsley, J., & Moeed, A. (2018). “Inspire me” - High-ability students’ perceptions of school science. *Science Education International*, 29(3), 163–173. <https://doi.org/10.33828/sei.v29.i3.4>
- Klaver, L. T., Walma van der Molen, J. H., Sins, P. H. M., & Guérin, L. J. F. (2022). Students’ engagement with Socioscientific issues: Use of sources of knowledge and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21828>

- Maker, C. J., Bahar, K., Alfaiz, F., & Pease, R. (2022). Developing and Assessing Creative Scientific Talent that is Transformational through Real Engagement in Active Problem Solving (REAPS). *Australasian Journal of Gifted Education*, 31(1), 5–21. <https://doi.org/10.21505/ajge.2022.0002>
- Mark, S., Lee, C.-W., & Azmani, P. (2021). Growing Capacity in Gifted and Talented Education Through Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM). *Kentucky Teacher Education Journal: The Journal of the Teacher Education Division of the Kentucky Council for Exceptional Children*, 8(1). https://digitalcommons.murraystate.edu/ktej/vol8/iss1/3/?utm_source=digitalcommons.murraystate.edu%2Fktej%2Fvol8%2Fiss1%2F3&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Pandey, J., & Azeem, M. A. (2023). Novel Industry Engagement approaches for academic projects leading to internships, placements, and entrepreneurship. *SHS Web of Conferences*, 156, 09003. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202315609003>
- Ronksley-Pavia, M., & Neumann, M. M. (2020). Conceptualising Gifted Student (Dis) Engagement through the Lens of Learner (Re) Engagement. *Education Sciences*, 10(10), 274. <https://doi.org/10.3390/educsci10100274>
- Rookwood, A. C., Hudson, L., Junk, D. J., Berger, N. A., & Vanderford, N. L. (2022). Early Cancer Research Education for Underrepresented Middle School Students: A Case Study of Experiences from Youth Enjoy Science Programs. *The Journal of STEM Outreach*, 5(2). <https://doi.org/10.15695/jstem/v5i2.13>

- Satapathy, A. (2021). Significance and Promotion of Research and Innovation in Professional Education for Sustainable. *BSSS Journal of Education*, 10(1), 93–102. <https://doi.org/10.51767/je1010>
- Shukri, A. A. M., Ahmad, C. N. C., & Daud, N. (2020). Integrated STEM-based module: Relationship between students' creative thinking and science achievement. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 6(2).
<https://doi.org/10.22219/jpbi.v6i2.12236>
- Tortajada, L. A. (2013). Diseño y aplicación de las rúbricas en la evaluación in situ del aprendizaje en el laboratorio. *Revista Educativa Hekademos*, 13, Año VI, Junio 2013. [35-42](ISSN: 1989-3558).
- Weirich, M., Calvi, C., & Nilton Paulo Ponciano. (2022). *Perspectivas Metodológicas para Sala de Aula*. Editora Appris.
- Yang, Q., Chen, J., Yang, L., & Liu, Z. (2021). How to Develop Entrepreneurial Talent More Effectively? A Comparison of Different Entrepreneurship Educational Methods. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.644113>

¿Cómo podemos innovar en el diagnóstico y tratamiento del cáncer?
Actividad STEM con enfoque investigación traslacional y aplicada

Avalúo por medio de estrategia SQA

Nombre: _____

Preintervención _____ (solo S y Q)

Fecha: _____

Postintervención _____

¿Qué **sé**, qué **quiero** saber y qué **aprendí**?

Es el nombre de una estrategia que permite motivar al estudio; primero indagando en los conocimientos previos que posee el estudiante, para después, cuestionarse acerca de lo que desea aprender y, finalmente, para verificar lo que ha aprendido.

Tema: Cáncer e innovación científica

¿Qué sé del tema?	¿Qué quiero saber?	¿Qué aprendí?

Preparado por Prof. Diana Rodríguez Pérez (2022)

Rúbrica en la evaluación del estudiante durante la intervención de aprendizaje en el laboratorio

	Mal (0)	Regular (1)	Bien (2)	Excelente (3)
BLOQUE I. ACTITUD				
Puntualidad. Preparación	Asiste con un retraso inferior a 10 minutos.	No está preparado para empezar a trabajar cuando lo indica el profesor.	Está parcialmente preparado para empezar a trabajar.	Está preparado para empezar a trabajar cuando lo indica el profesor.
Atención	No presta atención: está distraído haciendo otras cosas, no responde a las llamadas de atención del profesor o molesta a los compañeros.	Se distrae a veces durante las explicaciones del profesor y durante la realización de las tareas.	Se muestra siempre atento durante las explicaciones y durante la realización de las tareas, pero sin tomar notas de las explicaciones.	Se muestra siempre atento durante las explicaciones del profesor y durante la realización de las tareas, tomando notas de las explicaciones.
Participación e interés	Tiene una actitud pasiva o negativa o sin interés. No responde a las preguntas del profesor.	Colabora poco o excesivamente dentro del grupo. Responde algunas veces a las preguntas del profesor.	Colabora dentro del grupo. Responde a las preguntas del profesor y algunas veces realiza preguntas.	Tiene una actitud activa y positiva dentro del grupo y en la clase. Comunicación fluida con el profesor.
BLOQUE II. PROCEDIMIENTOS				
Ritmo de trabajo	No trabaja durante la práctica.	Trabaja de forma discontinua durante la práctica realizando parones.	Trabaja de forma constante durante la práctica.	Trabaja de forma constante durante la práctica aprovechando los tiempos “muertos”.
Destreza y autonomía	No tiene un buen manejo del material y los equipos de laboratorio. Se dedica a “copiar” continuamente lo que hacen los otros.	Tiene un manejo básico , limitándose en a seguir el guión. Ante cualquier problema recurre al profesor o “copia” lo que hacen otros.	Tiene un buen manejo , y en la medida de lo posible intenta resolver por sí mismo los problemas que van apareciendo.	Tiene un manejo avanzado y es capaz de resolver por sí mismo los problemas que van apareciendo.
Recopilación de datos, cálculos e interpretación de resultados en la práctica de laboratorio	Recopila los datos en el laboratorio de forma desordenada. No realiza los cálculos previos ni la interpretación de los resultados.	Recopila los datos parcialmente ordenada. Realiza los cálculos y la interpretación de los resultados de forma incorrecta o copiándose de otros compañeros.	Recopila los datos en el laboratorio de forma ordenada. Realiza los cálculos y la interpretación de los resultados de forma correcta, pero con algo de ayuda.	Recopila los datos en el laboratorio de forma muy ordenada. Realiza los cálculos y la interpretación de los resultados de forma autónoma.
Preparación de los reactivos	Realiza de forma incorrecta la preparación de los reactivos.	Realiza de forma correcta la preparación de los reactivos, necesitando asesoramiento.	Realiza de forma correcta , pero ayudado, la preparación de los reactivos.	Realiza de forma correcta la preparación de los reactivos.
Manejo montaje experimental	Maneja de forma incorrecta los utensilios de laboratorio en el montaje del experimento	Realiza de forma correcta el montaje, necesitando asesoramiento.	Realiza de forma correcta el montaje, necesitando ayuda.	Realiza de forma correcta el montaje del experimento.
Medida de volumen utilizando micropipetas	Realiza de forma incorrecta la medida de microvolúmenes.	Realiza la medida, necesitando bastante ayuda.	Realiza la medida, necesitando algo de asesoramiento.	Realiza de forma correcta la medida de forma autónoma.

BLOQUE III. NORMAS DE SEGURIDAD Y GESTIÓN DE RESIDUOS				
Seguridad en el laboratorio y gestión de residuos	Desconoce los datos de seguridad de los reactivos a utilizar en la práctica. No gestiona los residuos.	Necesita bastante asesoramiento para aplicar las normas. Gestiona los residuos de forma incorrecta.	Aplica de forma correcta los datos de seguridad , necesitando ayuda del profesor. Gestiona los residuos de forma correcta con ayuda	Aplica de forma correcta los datos de seguridad. Gestiona los residuos de forma correcta sin la ayuda del profesor.

Tabla 2. Rúbrica para el seguimiento y evaluación de las prácticas de laboratorio.

Modificado de: Revista Educativa Hekademos, 13, Año VI, Junio 2013. [35-42]. ISSN: 1989-3558

Tabla para la tabulación de datos para determinar cuantitativamente la ejecutoria de los estudiantes durante la intervención de aprendizaje en el laboratorio

Componente cuantitativo destrezas de laboratorio global	
R ² primera curva de calibración	
R ² última curva de calibración (trabajo final)	
Porcentaje de mejoramiento en curva de calibración	
Aciertos en resultado final de concentración de proteínas de muestras de “pacientes” (trabajo final)	

Rúbrica Foro Innovación Científica

Nombre del equipo: _____

ASPECTOS	4 puntos	3 puntos	2 puntos	1 punto
Descripción del producto de innovación científica aplicada	La descripción es breve y clara. Destacan los aspectos más relevantes del producto.	La descripción es breve y clara. Destacan algunos de los aspectos más relevantes del producto.	La descripción es correcta. No destacan los aspectos más relevantes del producto. Se da una idea muy general del mismo.	La descripción es confusa. No destacan los aspectos más relevantes del producto. Éste se entiende con dificultad, dando una idea incompleta del mismo.
Habilidades comunicativas	Utilizan un vocabulario científico, formal y variado. Destaca el uso de metáforas y de figuras retóricas que captan la atención. El lenguaje verbal acompaña y aporta dinamismo y ritmo al discurso.	Utilizan un vocabulario formal y variado. El lenguaje verbal acompaña y aporta dinamismo y ritmo al discurso.	Utilizan un vocabulario limitado. El lenguaje verbal acompaña y aporta dinamismo y ritmo al discurso.	Utilizan un vocabulario limitado. El lenguaje verbal no aporta dinamismo, se les nota tensos y la postura es estática.
Información previa	El equipo se ha asesorado, ha investigado exhaustivamente y dispone de una información completa y detallada del tema objeto de estudio y la forma de realizar su diseño	El equipo se ha asesorado, ha investigado y dispone de bastante información del tema objeto de estudio y la forma de realizar el experimento	El equipo dispone de cierta información acerca del tema objeto de estudio y la forma de realizar el experimento	El equipo carece o tiene muy poca información del tema objeto de estudio y la forma de realizar el experimento

	experimental simulado.			
Participación y colaboración	Todos los miembros del equipo han participado activamente en las tareas propuestas y han colaborado ayudando a los demás.	La mayor parte de los miembros del equipo han participado activamente en las tareas propuestas y han colaborado ayudando a los demás.	La mitad de los miembros del equipo ha participado activamente en las tareas propuestas y han colaborado ayudándose entre sí.	Solo un miembro del equipo (o ninguno) ha participado de forma activa en las tareas propuestas y no ha habido colaboración ni ayuda entre ellos.
Planteamiento del problema	-Contextualiza claramente el problema y su justificación. -Las preguntas, objetivos e hipótesis de la investigación son claros y bien delimitados.	-Hay buena contextualización del problema y su justificación. -Las preguntas, objetivos e hipótesis de la Inv. son claros y suficientemente delimitados.	-Hay una contextualización adecuada del problema y su justificación. -Las preguntas, objetivos e hipótesis de la Inv. son adecuados y bien delimitados.	-Hay poca contextualización del problema y su justificación. -Las preguntas, objetivos e hipótesis no están suficientemente delimitados.
Asume los límites del trabajo presentado y las posibilidades de futuro, y propone maneras de continuarlo y nuevas preguntas	-Valora la fiabilidad de los resultados obtenidos y reconoce los límites del trabajo y posibles datos o pruebas que habría que repetir. -Expresa posibles maneras de continuar la investigación y se plantea nuevas preguntas	-Reconoce si hubiese o no que hacer más pruebas para validar los resultados, pero no sabe decidir qué. -Expresa posibles maneras de continuar la investigación y se plantea	-Precisa ayuda para reconocer si necesita más pruebas o datos para validar los resultados. - Expresa alguna manera de continuar la investigación, pero no se	No se plantea si los resultados del trabajo hecho son o no fiables y las propuestas que hace de continuar la investigación son inadecuadas.

	investigables o dudas que le han surgido.	nuevas preguntas pero que son difícilmente investigables.	plantea nuevas preguntas.	
Total ____ / 24				