

IMPORTANCIA DE LA PRÁCTICA, PERTINENCIA Y RECURSOS DE ENSEÑANZA: UTILIZACIÓN DEL TEMA DE CARCINÓGENOS PARA DESARROLLAR LAS COMPETENCIAS DE INVESTIGACIÓN DE BERKLEY EN ESTUDIANTES DE NIVEL SECUNDARIO DE PUERTO RICO

Edwin G. Ramírez Aponte¹ y Esther A. Peterson Peguero²

¹Escuela Superior Dra. Conchita Cuevas, Gurabo, Puerto Rico

²Departamento de Biología, UPR Río Piedras, San Juan, Puerto Rico

INTRODUCCIÓN

Según Berkeley (2004), las competencias en investigación son habilidades críticas que los estudiantes deben adquirir para llevar a cabo una investigación efectiva. Estas incluyen el dominio de un tema y la capacidad de diseño, así como la comunicación verbal y escrita (Berkeley, 2004; Rivas Tovar, 2011). Sin embargo, muchos estudiantes encontraron dificultades para desarrollar estas competencias, lo que puede deberse a los métodos utilizados en los salones de clase para fomentar estas habilidades.

En cierta medida, estas limitaciones se han fortalecido debido al abandono de las demostraciones y laboratorios en las aulas (Miguens y Garret, 1991). Además, se ha reforzado la idea de que el método científico está atado únicamente al ámbito académico y no tiene relevancia o pertinencia en la vida diaria (Morles, 2002). Por otra parte, la enseñanza del método científico y la investigación científica en la mayoría de las aulas fue deficiente, teórica y sin ningún tipo de aplicación práctica (Morles, 2002), independientemente del nivel académico.

En muchas ocasiones, se limitó a los estudiantes a aprender sobre estos temas y conceptos solo al comienzo del curso, y eran temas que no se volvían a tocar hasta el

próximo año o, en algunos casos, nunca más. Por esta razón, fue necesario revitalizar la forma en que se imparte el conocimiento, dando énfasis a la pertinencia e impacto del desarrollo de las ciencias a través de la investigación en el salón de clase (Rojas Betancur, 2010). Además, fue fundamental utilizar diversos métodos de enseñanza acordes a los avances que están ocurriendo en el mundo y que no son ajenos a los sistemas educativos (Bautista Sánchez, Martínez Moreno, y Hiracheta Torres, 2014).

La enseñanza de temas como el cáncer y los carcinógenos proporcionó una oportunidad única para que los estudiantes no solo comprendieran términos científicos, sino también los relacionaran con problemas reales de salud pública. Este estudio se centró en desarrollar las competencias de investigación de Berkley mediante la realización de un experimento basado en la exposición de raíces de cebolla (*Allium cepa*) a diferentes compuestos que simulan carcinógenos. Esta actividad fue diseñada como parte de un plan de investigación-acción con el objetivo de mejorar el aprendizaje de los estudiantes a través de la experiencia directa con fenómenos biológicos complejos. Para medir el impacto de la actividad, se administraron pre-pruebas y post-pruebas que permitieron evaluar el conocimiento adquirido sobre el cáncer, los carcinógenos y los efectos de los agentes carcinogénicos en los organismos vivos.

La selección de *A. cepa* como modelo experimental responde a su sencillez y su utilidad en la observación de procesos celulares como la mitosis, lo que lo convierte en un recurso didáctico valioso en el estudio de los efectos de los carcinógenos. Los estudiantes observaron cómo la exposición a diferentes agentes carcinogénicos afecta el crecimiento y la división celular, relacionando estos efectos con los mecanismos del cáncer. Esta actividad, además de fomentar la adquisición de competencias científicas, permitió a los estudiantes explorar de manera crítica la relación entre los carcinógenos y el desarrollo de enfermedades como el cáncer, destacando la relevancia de la investigación científica en la prevención y el control de problemas de salud globales.

MATERIALES Y MÉTODOS:

La actividad experimental se llevó a cabo en dos secciones del curso de Química de grado 11 de la Escuela Superior Dra. Conchita Cuevas de Gurabo, Puerto Rico. Los estudiantes de ambos grupos trabajaron bajo las mismas condiciones. La clase comenzó con la administración de una pre-prueba para medir el conocimiento base de los estudiantes en temas relacionados con el cáncer, los carcinógenos y la mitosis. Después de la pre-prueba, los estudiantes recibieron conferencias relacionadas al cáncer y sus tipos, y se involucraron en la actividad experimental.

Procedimiento actividad experimental:

Los estudiantes prepararon 3 bulbos de *A. cepa*, uno como grupo de control, y los otros dos como experimentales. El grupo de control se sumergió en agua destilada, mientras que el grupo experimental fue expuesto a diferentes sustancias carcinogénicas (nicotina y luz ultravioleta).

Durante cinco días, los estudiantes observaron el crecimiento de las raíces, midieron su longitud y registraron sus observaciones. Al final de este periodo, los estudiantes prepararon muestras de las raíces para observar las fases de la mitosis bajo el microscopio, utilizando azul de metileno como tinte.

Evaluación del aprendizaje:

Tras la finalización del experimento, se administró una post-prueba para evaluar el conocimiento adquirido sobre los temas cubiertos. Las puntuaciones de la pre-prueba y la post-prueba se analizaron estadísticamente utilizando una prueba t de muestras pareadas para comparar el rendimiento antes y después de la intervención educativa utilizando el programa Intellectus.

Análisis estadístico:

Los resultados de la pre-prueba y la post-prueba se compararon para evaluar el impacto de la actividad en el conocimiento de los estudiantes. Se utilizaron pruebas t de muestras pareadas para determinar la significancia estadística de las diferencias entre las dos evaluaciones, con un nivel de significancia $p < 0.05$. En este caso particular, se utilizó el d de Cohen porque es una manera efectiva de cuantificar la magnitud de las diferencias entre los puntajes antes (pre-prueba) y después (post-prueba) de una intervención, más allá de simplemente comprobar si la diferencia es estadísticamente significativa. El análisis se realizó en la totalidad de los participantes y por separado para cada grupo de estudiantes de grado 11, proporcionando una visión clara de los avances en ambos grupos.

RESULTADOS

Los datos recogidos de los dos grupos de estudiantes de grado 11 (11-1 y 11-4) mostró una mejora significativa en los puntajes de las post-pruebas en comparación con las pre-pruebas, lo que sugiere un aumento considerable en el conocimiento sobre carcinógenos y su impacto biológico tras la implementación de la actividad experimental (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Prueba t de muestras pareadas de dos colas para la diferencia entre la pre-prueba y la post-prueba.

Grupo	Pre		Post		t	p	d
	M	SD	M	SD			
11mo	11.39	4.61	15.86	3.93	-7.72	< .001	1.46
11-1	11.33	5.21	14.80	4.71	-4.84	< .001	1.25
11-4	11.46	4.03	17.08	2.43	-6.60	< .001	1.83

Para el grado 11: Nota. N = 28. Grados de libertad para la estadística t = 27. d representa el d de Cohen.

Para 11-1: Nota. N = 15. Grados de libertad para la estadística t = 14. d representa el d de Cohen.

Para 11-4: Nota. N = 13. Grados de libertad para la estadística t = 12. d representa el d de Cohen.

En el grupo 11-1, el puntaje promedio en la pre-prueba fue de 11.33, con una desviación estándar de 5.21, mientras que, en la post-prueba, el puntaje promedio fue de 14.80 con una desviación estándar de 4.71. El cambio promedio en los puntajes fue de 3.46 puntos. La prueba t de muestras pareadas reveló una t de -4.84 con un valor p de <0.001 , lo que indica que la mejora es estadísticamente significativa con un tamaño del efecto de 1.25 (Ver Tabla 1).

De manera similar, el grupo 11-4 mostró un puntaje promedio de pre-prueba de 11.46 con una desviación estándar de 4.03, y un puntaje promedio de post-prueba de 17.08 con una desviación estándar de 2.43. El cambio promedio en este grupo fue de 5.62 puntos. La prueba t para este grupo arrojó un valor de t de -6.60 con un valor p de <0.001 , indicando nuevamente una mejora significativa con un tamaño del efecto de 1.83 ((Ver Tabla 1).

Estos resultados reflejan que, en ambos grupos, los estudiantes lograron una comprensión significativa de los conceptos relacionados con los carcinógenos y la división celular, con una mejora notable en los puntajes tras la implementación del experimento en el aula.

DISCUSIÓN

El análisis de los resultados confirma que la actividad educativa basada en la experimentación con carcinógenos tuvo un impacto significativo en el conocimiento de los estudiantes. Tanto el grupo 11-1 como el grupo 11-4 mostraron mejoras estadísticamente significativas en sus puntajes de post-prueba en comparación con la pre-prueba. Estos resultados sugieren que el enfoque experimental facilitó un aprendizaje más profundo y retentivo en los estudiantes.

La mayor mejora en los puntajes de la post-prueba en el grupo 11-4 (5.62 puntos en promedio) en comparación con el grupo 11-1 (3.46 puntos en promedio) puede deberse a una mayor participación en la actividad experimental o a una mejor comprensión de los conceptos en el grupo 11-4. El tamaño del efecto en ambos grupos

es considerable, con un valor de 1.25 en el grupo 11-1 y de 1.83 en el grupo 11-4, lo que refuerza la conclusión de que la intervención educativa fue altamente efectiva.

Los resultados de este estudio no solo indican un incremento en el conocimiento de los estudiantes sobre el cáncer y los carcinógenos, sino también el desarrollo de competencias científicas clave, como la observación, el análisis de datos y el uso de métodos científicos. La utilización de pre-pruebas y post-pruebas permitió medir de manera objetiva los avances, y el análisis estadístico validó la efectividad de la actividad en el aula.

Esta actividad no solo mejoró el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también destacó la importancia de integrar experiencias experimentales en la enseñanza de la ciencia para profundizar la comprensión de temas complejos. Los resultados respaldan la implementación de metodologías similares en otros contextos educativos.

Competencias Berkley:

En esta actividad, los estudiantes debían comprender los conceptos clave relacionados con los carcinógenos y su impacto en el ciclo celular, específicamente en la mitosis de las células de las raíces de cebolla. El dominio del tema fue crucial para que los estudiantes pudieran contextualizar los efectos observados, como la inhibición del crecimiento y las alteraciones celulares, dentro del marco más amplio de la biología celular y la salud pública. Los puntajes de la post-prueba, que aumentaron significativamente en comparación con la pre-prueba, reflejan que los estudiantes adquirieron un dominio más profundo del tema. Esto se correlaciona con la competencia de Berkley, ya que los estudiantes demostraron una mayor comprensión del tema tras la intervención.

Los estudiantes participaron activamente en el diseño y ejecución del experimento, que involucraba la exposición de las raíces de cebolla a diversas sustancias carcinogénicas. Esta etapa permitió a los estudiantes formular preguntas, definir variables (grupo de control y grupo experimental) y realizar observaciones sistemáticas, todas competencias clave según Berkley. El diseño del experimento facilitó que los estudiantes aprendieran a diferenciar entre el grupo control y el grupo experimental, y a observar de forma crítica los efectos de los carcinógenos en los tejidos biológicos. Este enfoque práctico permitió aplicar de forma efectiva el método científico, lo que está en línea con la mejora observada en los puntajes de la post-prueba, ya que los estudiantes lograron comprender cómo las condiciones experimentales afectan los resultados biológicos.

Como parte de la actividad, los estudiantes tuvieron que comunicar sus observaciones y conclusiones, en discusiones en clase e informes orales y escritos. Esta competencia es esencial en la investigación científica, ya que no solo importa realizar el experimento, sino también interpretar y comunicar los resultados de manera efectiva.

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico (t de Student y Cohen's d) muestran que la actividad tuvo un impacto significativo en el aprendizaje de los estudiantes. Los estudiantes aprendieron a interpretar los efectos de los carcinógenos en las células de *A. cepa* de manera crítica. Los valores de t y Cohen's d indican que los estudiantes en ambos grupos (11-1 y 11-4) mejoraron significativamente sus conocimientos, lo cual es indicativo del desarrollo de su capacidad de análisis y de su dominio del tema científico.

El experimento facilitó la aplicación directa del método científico: formular hipótesis, ejecutar un diseño experimental, recoger y analizar datos, y sacar conclusiones. La mejoría en los resultados de las post-pruebas sugiere que los estudiantes comprendieron el proceso completo de investigación científica, lo que es una competencia clave en la formación científica según Berkley. El uso de herramientas estadísticas (pruebas t y Cohen's d) para interpretar los resultados les permitió a los estudiantes entender la importancia de la cuantificación en los estudios científicos. Este

aspecto es crucial para mejorar sus habilidades de comunicación científica, ya que deben ser capaces de justificar sus conclusiones con base en evidencias empíricas.

La actividad de la *A. cepa* no solo permitió a los estudiantes experimentar y entender conceptos biológicos, sino que también fue una plataforma efectiva para desarrollar las competencias de investigación de Berkley. Los resultados obtenidos, medidos a través de pruebas estadísticas, demostraron mejoras significativas en la comprensión y aplicación del conocimiento científico, lo que refuerza la utilidad de esta actividad en la enseñanza de conceptos científicos clave.

Referencias:

Bautista Sánchez, M. G., Martínez Moreno, A. R., & Hiracheta Torres, R. (2014). El uso de material didáctico y las tecnologías de información y comunicación (TIC's) para mejorar el alcance académico.

Thomas, A. B. (2004). *Research skills for management studies*. Psychology Press.

Miguens, M., & Garrett, R. M. (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 229-236.

Morles, Víctor. (2002). Sobre la metodología como ciencia y el método científico: un espacio polémico. *Revista de Pedagogía*, 23(66), 121-146. Recuperado en 23 de septiembre de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-97922002000100006&lng=es&tlng=es.

Rivas Tovar, L. A. (2011). Las nueve competencias de un investigador. *Investigación administrativa*, 40(108), 34-54.