Inserción de estudiantes “non-STEM” en proyectos de investigación en un curso de Ciencias Biológicas del componente de Educación General

Insertion of non-STEM Students in Research Projects in a Biological Sciences Course within the General Education Component

Carlos Ayarza Real[a]
Gerardo Arroyo Cruzado[b]
Lizbeth Hernández Muñoz[c]

[a,b,c] Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico.

Autor de correspondencia: carlos.ayarza@upr.edu

Resumen

Las experiencias de investigación basadas en cursos (*Course-based Undergraduate Research Experiences,* CURE) constituyen una estrategia innovadora para fortalecer la educación científica mediante la integración de proyectos de investigación auténtica en cursos de formación de grado. Los objetivos de este estudio fueron evaluar si la incorporación de proyectos de investigación auténtica en el laboratorio de un curso introductorio de biología incrementa el conocimiento de conceptos científicos en estudiantes non-STEM y explorar los niveles de satisfacción e interés en las ciencias biológicas tras la intervención pedagógica. La experiencia se llevó a cabo en el curso CIBI 3025 de la Facultad de Estudios Generales de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Como parte del proyecto, el estudiantado desarrolló una investigación sobre la actividad antibacteriana de extractos de plantas medicinales de uso común en Puerto Rico. De los 21 estudiantes matriculados, 19 completaron la preprueba y la posprueba. Se utilizó un cuestionario de selección múltiple que evaluó conocimientos en cinco dominios científicos, y el tamaño del efecto se estimó mediante el estadístico de Cohen. Al finalizar el semestre, se administró un cuestionario de interés y actitudes con escala Likert. Los resultados evidenciaron mejoras en cuatro de los cinco dominios evaluados y un aumento significativo entre las puntuaciones de la preprueba y la posprueba ($t = -3.32$, $p = .0038$). Asimismo, el alumnado reportó altos niveles de interés y satisfacción hacia las ciencias biológicas. Se concluye que los modelos CURE favorecen el aprendizaje científico significativo y fortalecen el compromiso con la ciencia en estudiantes non-STEM, lo que respalda su implementación en cursos universitarios de educación general.

Palabras clave: CURE, estudiantes non-STEM, educación general, alfabetización científica, aprendizaje activo.

ISSN (en línea): 1814-4152 / Sitio web: **http://cuaderno.pucmm.edu.do**
CÓMO CITAR: Ayarza, C., Arroyo, G. y Hernández, L. (2026). Inserción de estudiantes non-STEM en proyectos de investigación en un curso de Ciencias Biológicas del componente de Educación General. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria, 23*(45), e757.

Esta obra está bajo la licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

Abstract

Course-based Undergraduate Research Experiences (CUREs) constitute an innovative strategy for strengthening science education by integrating authentic research projects into undergraduate courses. The objectives of this study were to assess whether incorporating authentic research projects into the laboratory component of an introductory biology course increases scientific conceptual knowledge among non-STEM students and to explore their levels of satisfaction with and interest in the biological sciences following the pedagogical intervention. The study was conducted in CIBI 3025 at the Faculty of General Studies of the University of Puerto Rico, Río Piedras Campus. As part of the project, students conducted research on the antibacterial activity of extracts from medicinal plants commonly used in Puerto Rico. Of the 21 students enrolled, 19 completed both the pretest and posttest. A multiple-choice test assessing knowledge across five scientific domains was administered, and the magnitude of the effect was estimated using Cohen's d. In addition, students completed an interest and attitudes questionnaire with a Likert-type scale at the end of the semester. The results revealed improvements in four of the five domains assessed and a statistically significant increase between pretest and posttest scores ($t = -3.32$, $p = .0038$). Students also reported high levels of interest in and satisfaction with the biological sciences. These findings suggest that CURE models promote meaningful scientific learning and strengthen engagement with science among non-STEM students, supporting their implementation in undergraduate general education courses.

Keywords: *CURE, non-STEM students, general education, scientific literacy, active learning.*

Introducción

La alfabetización científica es una competencia fundamental en la formación universitaria, particularmente para estudiantes non-STEM. En este estudio, non-STEM se refiere a quienes cursan programas académicos ajenos a las ciencias, la tecnología, la ingeniería o las matemáticas. Este estudiantado suele mostrar menor interés y participación en actividades científicas, un desafío que ha impulsado el desarrollo de estrategias educativas que promueven una comprensión más profunda de la ciencia mediante experiencias de aprendizaje activas y significativas.

Entre estas estrategias se encuentran las experiencias de investigación basadas en cursos (*Course-based Undergraduate Research Experiences,* CURE), que integran proyectos de investigación auténtica en los cursos académicos. Diversos estudios han demostrado que los CURE favorecen el desarrollo de conocimientos y destrezas científicas, aumentan el interés por la ciencia y fortalecen la autoeficacia del estudiantado (Borlee et al., 2023; Shapiro et al., 2015). En este contexto, el presente estudio evaluó el efecto de un proyecto de investigación auténtica, implementado en el laboratorio de un curso introductorio de biología, sobre el aprendizaje de conceptos científicos en estudiantes non-STEM de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras.

Los cursos de Ciencias Biológicas (CIBI) de nivel 3XXX (introductorios) se ofrecen en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, a estudiantes que no se especializarán

en carreras relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería o las matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés). Estos cursos buscan que el estudiantado non-STEM (el 80 % de la población estudiantil del recinto) egrese con un nivel de alfabetización científica que vaya más allá de entender conceptos básicos, lo que implica la capacidad de interpretar, cuestionar y aplicar el conocimiento científico en la toma de decisiones informadas. Por esa razón, los cursos de CIBI 3XXX incluyen un componente de laboratorio (dos horas semanales, además de las tres horas de conferencia-discusión). Este persigue tres objetivos fundamentales: 1) que el alumnado refuerce el conocimiento y la comprensión de los conceptos que se discuten en clase mediante experiencias prácticas, 2) que disponga del espacio y los recursos necesarios para desarrollar competencias de investigación, y 3) que se familiarice con técnicas y procedimientos propios de las ciencias biológicas.

Una nueva dimensión que la literatura científica ha comenzado a explorar en el componente de laboratorio es la integración del estudiantado en proyectos de investigación auténtica. Los CURE se operacionalizan mediante prácticas propias de la investigación científica que incluyen ciclos de experimentación seguidos de la evaluación crítica de los datos; el trabajo colaborativo entre estudiantes e instructores; la aplicación de la naturaleza y las metodologías de las ciencias (Medina y Urazán, 2017); la experiencia del hallazgo al abordar preguntas novedosas para intentar llegar a conclusiones desconocidas para el alumnado, el personal docente y posiblemente la comunidad científica; y la producción de datos relevantes para la comunidad local o la científica (Auchincloss et al., 2014; Mordacq et al., 2017). Además, se han documentado efectos positivos en el pensamiento sistémico y la identidad científica de cohortes diversas, lo que respalda su pertinencia para la educación general (Stanfield et al., 2022).

El fundamento pedagógico de esta investigación se apoya en tres pilares interconectados: el constructivismo, el aprendizaje basado en la indagación y el aprendizaje situado. El constructivismo sostiene que el aprendizaje es un proceso activo durante el cual se construyen conocimientos a partir de experiencias previas y de la interacción con el entorno (Nesrine, 2018). En la enseñanza de las ciencias, este marco se fundamenta en el aprendizaje basado en tres aspectos: la pregunta, el descubrir y el inquirir (Padilla y Reyes-Cárdenas, 2018). Asimismo, el enfoque de aprendizaje situado atiende la importancia de participar en prácticas auténticas para que el conocimiento científico adquiera relevancia y pertinencia en contextos reales (Ocampo et al., 2021).

Los CURE sitúan al estudiantado ante problemas reales cuya solución requiere aplicar conceptos científicos en contextos auténticos. En lugar de memorizar información para reproducirla en exámenes, quienes participan generan y analizan datos, interpretan evidencia y construyen explicaciones. Este proceso promueve un aprendizaje profundo y significativo al conectar los conceptos teóricos con situaciones concretas. En el caso de estudiantes non-STEM, que con frecuencia perciben la ciencia como un conjunto de hechos aislados, la investigación auténtica permite comprender la utilidad y la relevancia social del conocimiento científico (Haeger et al., 2024). La alfabetización científica no consiste únicamente en conocer conceptos, sino también en comprender cómo se produce ese conocimiento. Al incorporar

elementos centrales de la práctica científica, los CURE producen los mayores beneficios en las competencias relacionadas con el diseño experimental, precisamente porque el alumnado dispone de más tiempo para involucrarse en prácticas auténticas como la recopilación y el análisis de datos (DeChenne-Peters et al., 2023).

Varios estudios confirman que el estudiantado non-STEM muestra menos motivación e interés por las ciencias, así como menos confianza al desempeñarse en procesos propios de las ciencias naturales (Ayarza-Real et al., 2019; Corwin et al., 2015). Por ello, el personal docente que desarrolle proyectos de investigación debe considerar también las características afectivas del alumnado hacia la disciplina (Hartley et al., 2011). Se ha evidenciado que quienes participan en un CURE disfrutan de la metodología científica y del uso de técnicas y procedimientos novedosos, lo que se traduce en mayor interés y en actitudes más favorables hacia la ciencia (Brazendale et al., 2024; Haeger et al., 2024).

La literatura en educación en ciencias distingue al menos tres niveles de razonamiento que el estudiantado exhibe al enfrentarse a preguntas de aplicación conceptual: un razonamiento informal, en el que no se aplican principios científicos y se recurre a explicaciones basadas en experiencias cotidianas o en lenguaje no científico; un razonamiento mixto, en el que se intenta aplicar principios científicos, pero de manera incompleta o contradictoria; y un razonamiento basado en principios, en el que se aplican de forma consistente los principios científicos relevantes para construir una explicación coherente del fenómeno (Álvarez-Martínez et al., 2021; Caruso et al., 2009; D'Avanzo et al., 2012; Hartley et al., 2011; Maskiewicz et al., 2012; Reeves et al., 2018). Esta distinción es particularmente relevante para el estudio de poblaciones non-STEM, pues permite pasar de preguntarse si el estudiantado recuerda contenidos a indagar si ha desarrollado formas científicas de pensar.

Además, se ha documentado que la participación en experiencias de investigación basadas en cursos puede asociarse con mejoras en conocimientos, destrezas analíticas y confianza en las propias habilidades científicas (Corwin et al., 2015). Sin embargo, un estudio longitudinal de más de tres años con estudiantes STEM muestra que el CURE tiene un impacto mínimo en el desempeño de quienes participan en comparación con quienes cursan laboratorios tradicionales, y que el interés de este estudiantado por investigar en biología tras graduarse disminuye significativamente (Mashintonio y Heineman, 2025). Estos hallazgos, obtenidos con poblaciones STEM en contextos tradicionales que incluyen clases tipo conferencia, exámenes y prácticas básicas de laboratorio, entre otros elementos, sugieren que el impacto del CURE puede variar considerablemente según la población y el contexto de implementación. Por ello, resulta particularmente relevante explorar su efectividad en poblaciones non-STEM dentro de cursos de educación general.

Se espera que la dinámica de los CURE transforme al estudiantado de receptor pasivo de información en participante activo del proceso de investigación. La práctica investigativa auténtica brinda oportunidades para relacionar la teoría con problemas relevantes y significativos, lo que facilita un aprendizaje más duradero y transferible (Bekkering, 2025; Orton et al., 2025). En estudios previos con diseño de preprueba y posprueba, se midió el desempeño académico de estudiantes non-STEM en conocimiento y comprensión de

conceptos en el curso CIBI 3028, Ciencia, Biotecnología y Sociedad (Ayarza-Real y Arroyo-Cruzado, 2017; Ayarza-Real et al., 2019; Trinidad-Pizarro et al., 2020).

En el alumnado de segundo año en adelante, los resultados mostraron avances, aunque modestos (Ayarza-Real et al., 2019), y una cohorte de primer año arrojó resultados similares. Se observó que ambas cohortes eligieron los tres niveles más bajos de interés en tomar un segundo curso de Ciencias Biológicas y en educarse de manera informal mediante la lectura de columnas sobre temas científicos en periódicos o revistas (Ayarza-Real et al., 2019).

Los estudios sobre el impacto de los CURE en estudiantes non-STEM son escasos frente al elevado número de trabajos centrados en poblaciones STEM. Esta brecha en la literatura resulta particularmente notable si se considera que, según la División de Investigación Institucional y Avalúo (DIIA), este primer grupo representa una proporción considerable (74 %) de la matrícula subgraduada de la institución en la que se realizó este estudio. Asimismo, en Latinoamérica solo el 17 % se inscribe en carreras STEM (Leung et al., 2024), por lo que este trabajo puede ser pertinente para instituciones universitarias hispanoamericanas interesadas en ofrecer, mediante el modelo CURE, experiencias de investigación auténtica en STEM a un mayor número de estudiantes.

Para este trabajo, se modificó la secuencia de experiencias de laboratorio del curso CIBI 3025, *Investigación en Biología para el desarrollo de la cultura científica: problemáticas ambientales, evolutivas y genéticas,* con el fin de transformarlo en un CURE. El programa formativo pertenece al componente de Educación General, está dirigido principalmente a estudiantes de programas non-STEM e incluye tres horas semanales de conferencia-discusión y dos de laboratorio. A partir de este contexto, se formularon las siguientes preguntas de investigación: ¿cuál es el impacto de la participación de estudiantes non-STEM en un modelo CURE sobre el conocimiento y comprensión de los conceptos que se discuten en el curso CIBI 3025? ¿Qué niveles de satisfacción e interés hacia el estudio de las ciencias biológicas expresa el alumnado que participa en el CURE?

Metodología

Participantes

Este estudio exploratorio empleó un diseño de grupo único con mediciones de preprueba y posprueba para evaluar los cambios en el conocimiento científico tras la implementación de un proyecto basado en CURE. La muestra se seleccionó mediante muestreo por conveniencia, ya que la conformó el alumnado matriculado voluntariamente en el curso CIBI 3025 durante el segundo semestre académico 2023-2024. El curso contó con la participación de 21 estudiantes, distribuidos en dos secciones de laboratorio con una capacidad máxima de 12 cada una. De ese total, solo 19 completaron tanto la preprueba como la posprueba, por lo que el análisis de los resultados se limitó a esos casos.

La muestra estuvo constituida predominantemente por estudiantes de los últimos años: el 67 % cursaba su quinto año o más; el 19 %, cuarto año; el 10 %, segundo año; y el 5 %, tercero. En cuanto al género, el 62 % se identificó como femenino y el 38 % como masculino. La mayoría de los participantes provenía de la carrera en Administración de Empresas (76 %), seguida de Humanidades (10 %), mientras que Ciencias Sociales, Comunicación Pública y Estudios Generales tuvieron una representación minoritaria (5 % cada una).

Contexto del estudio

El sistema educativo en el que se desarrolla la experiencia de este estudio se basa en una estructura que tiene tres componentes: educación general, área profesional y cursos electivos. El primero atiende a las áreas de ciencias naturales (físicas y biológicas), idioma (inglés y español), estudios sociales y humanidades, las cuales corresponden al 25 % de los créditos necesarios para graduarse de la universidad. Estos cursos se deben tomar al ingresar a la universidad porque establecen la base para el desarrollo educativo y promueven las competencias académicas necesarias para culminar exitosamente la carrera elegida.

Instrumentos

Preprueba y posprueba de conocimiento

El instrumento utilizado para medir el desempeño académico del estudiantado consistió en una prueba de 25 preguntas de selección múltiple, organizada en cinco dominios de conocimiento con cinco preguntas cada uno: (1) naturaleza y metodología de las ciencias, (2) microbiología (clasificación de organismos, estructura y fisiología de células procariotas/eubacterias), (3) inmunología (antígenos, células T, leucocitos, anticuerpos), (4) biología celular (teoría celular, características universales, diferencias eucariotas/procariotas, metabolismo celular), y (5) técnicas de laboratorio (zona de inhibición, tinción de Gram, esterilización, estructuras celulares bacterianas y su identificación/función).

El proceso de construcción y validación del instrumento siguió las fases recomendadas por la literatura especializada (Boateng et al., 2018; Trinidad-Pizarro et al., 2020). Cada ítem se diseñó para evaluar la comprensión conceptual aplicada y las destrezas, no la memorización de definiciones. La validez de la prueba se examinó mediante juicio de expertos, en el que participaron tres especialistas en la temática, en procedimientos de laboratorio y en aspectos curriculares (Boateng et al., 2018). La consistencia interna del instrumento se estimó con el coeficiente KR-20 (Kuder-Richardson 20), apropiado para instrumentos con reactivos puntuados dicotómicamente (0 = incorrecto; 1 = correcto). Dada la naturaleza dicotómica de los reactivos, este coeficiente es matemáticamente equivalente al alfa de Cronbach. La descripción detallada de este proceso puede consultarse en Trinidad-Pizarro et al. (2020).

La preprueba se administró durante la primera semana de clases, y la posprueba, en la semana 12, al finalizar el componente experimental del proyecto de investigación. La preprueba presentó un KR-20 de −.078, resultado que indica una consistencia interna inadecuada en esta aplicación y que obliga a interpretar con cautela sus puntuaciones. La posprueba obtuvo un KR-20 de .847. La diferencia entre ambos coeficientes no permite, por sí sola, atribuir el cambio en la consistencia interna al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Cuestionario de interés y actitudes

Para medir el nivel de satisfacción e interés hacia aspectos académicos y su futuro profesional, se administró un cuestionario de escala Likert durante la semana 12 del semestre. Lo respondieron 19 de las personas matriculadas en el curso. El instrumento permitió evaluar dimensiones como la satisfacción general con la asignatura y con las actividades de laboratorio, la disposición a recomendarla a otros estudiantes, el interés por las ciencias biológicas, la participación en proyectos de investigación y la continuación de estudios de posgrado, entre otros aspectos. El cuestionario se validó previamente con poblaciones non-STEM en cursos de Ciencias Biológicas (Trinidad-Pizarro et al., 2020). Su propósito fue caracterizar la satisfacción, el interés y la valoración que el alumnado hacía de la experiencia de investigación al término del curso. Dado que estas variables se concibieron como indicadores de la percepción posterior a la intervención y no como medidas de cambio, el instrumento se administró únicamente al finalizar el semestre. Los datos obtenidos se analizaron con estadística descriptiva y se expresaron en frecuencias y porcentajes.

Intervención pedagógica: descripción de la investigación realizada por el estudiantado

El proyecto de investigación que se llevó a cabo en el CURE abordó temas de microbiología, botánica y farmacología vinculados con el contenido del curso. Las experiencias de laboratorio conforman una secuencia en la que se integra el proyecto de investigación auténtica. En dicha secuencia, quienes participaron pusieron a prueba extractos de diversas plantas medicinales, preparados según el procedimiento de Chang et al. (2013), para determinar mediante ensayos de difusión en agar si exhibían actividad antibacteriana. La bacteria utilizada en las pruebas fue *Escherichia coli* cepa MM294, por su fácil mantenimiento en agar nutritivo y porque representa un riesgo biológico mínimo para el alumnado (Herren, 2013; Hossain, 2024; Weaver, 2002).

Las especies vegetales evaluadas incluyeron ajo (*Allium sativum*), sábila (*Aloe vera*), orégano (*Origanum vulgare*), cilantro (*Coriandrum sativum*), romero (*Rosmarinus officinalis*), poleo (*Mentha pulegium*), limón (*Citrus limon*), menta (*Mentha piperita*) y hierbabuena (*Mentha spicata*). El grupo de 21 se distribuyó en dos secciones de laboratorio de 10 a 11 integrantes cada una. En cada sección, se formaron equipos de tres o cuatro estudiantes y a cada grupo se le asignaron dos especies de plantas medicinales diferentes, lo que permitió realizar repeticiones independientes de cada ensayo a lo largo del semestre (Bauer et al., 1966; Danish et al., 2020; Dunkelberg, 1981; Israili, 2014; López-Pérez, 2011; Muntean y Vulpie, 2023).

Análisis estadístico

Para garantizar la integridad del análisis comparativo, solo se incluyeron los 19 estudiantes que completaron tanto la preprueba como la posprueba. Los datos se procesaron en el programa IBM SPSS Statistics. Para determinar si existía una diferencia significativa entre las puntuaciones de la preprueba y la posprueba, se aplicó una prueba *t* de Student para muestras relacionadas a las puntuaciones totales de cada estudiante, con un nivel

de significancia de α = .05. En cada dominio de conocimiento se calcularon estadísticos descriptivos (promedios, desviaciones estándar y cambios porcentuales). Dado el tamaño de la muestra (*n* = 19), los resultados se interpretan como evidencia preliminar que requiere replicación con muestras más amplias para examinar la consistencia y la transferibilidad de los hallazgos en otras cohortes y contextos.

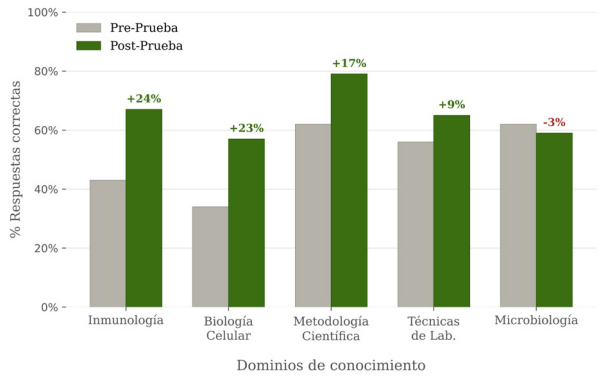
Resultados

Resultados de la preprueba y la posprueba de conocimiento

El análisis comparativo por dominio entre la preprueba y la posprueba revela mejoras en cuatro de los cinco dominios evaluados, con variaciones en la magnitud del cambio (Figura 1). Inmunología mostró el mayor progreso promedio (+24 %), al pasar del 43 % de respuestas correctas en la preprueba al 67 % en la posprueba, seguida de biología celular, que aumentó del 34 % al 57 % (+23 %). Metodología científica mostró una mejora de +17 % (del 62 % al 79 %). El dominio de microbiología presentó un comportamiento distinto del esperado: el promedio de respuestas correctas disminuyó levemente, del 62 % en la preprueba al 59 % en la posprueba (–3 %).

Figura 1

Porcentaje de respuestas correctas en la preprueba y la posprueba por dominio de conocimiento y destreza (n = 19).



Nota. Los dominios están ordenados de mayor a menor ganancia porcentual. Las barras grises representan los valores de la preprueba, y las verdes, los de la posprueba. Las cifras sobre las barras de la posprueba indican la diferencia en puntos porcentuales.

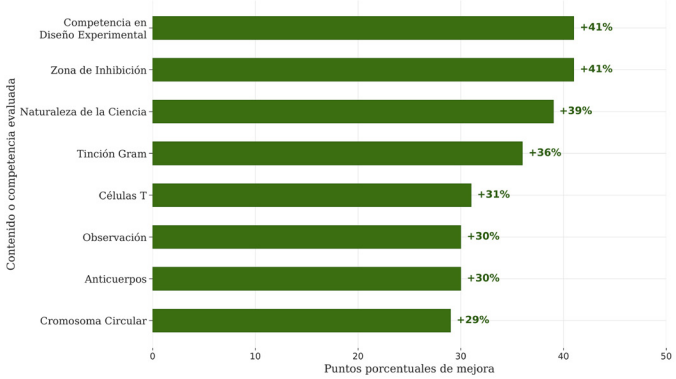
El análisis por contenido, destreza o competencia evaluada revela que los tres aspectos con mayores avances fueron el diseño experimental (+41 %), la medición de la zona de inhibición (+41 %) y la naturaleza y metodología de la ciencia (+39 %), (Figura 2). Los resultados en diseño experimental y en la medición de la zona de inhibición reflejan directamente las destrezas trabajadas en el proyecto de investigación sobre actividad antibacteriana. El progreso en naturaleza de la ciencia indica que el estudiantado logró transferir el aprendizaje específico del laboratorio hacia principios biológicos más amplios. Otros conceptos y destrezas con mejoras sustanciales fueron tinción de Gram (+36 %), células T (+31 %), anticuerpos (+30 %), observación (+30 %) y cromosoma circular (+29 %).

Los conceptos restantes también presentaron tendencias positivas, aunque de menor magnitud. Se observaron incrementos en conocimientos relacionados con la clasificación

de organismos, la teoría celular, las células procariotas y eucariotas, el metabolismo celular, la esterilización y la estructura bacteriana. Estas ganancias sugieren que el alumnado fortaleció su comprensión de contenidos fundamentales del curso, aun cuando estos temas no constituyeron el eje central de la experiencia investigativa. En suma, los resultados evidencian que el proyecto CURE contribuyó positivamente tanto al aprendizaje de conceptos y destrezas directamente vinculados con las actividades experimentales como al fortalecimiento de conocimientos biológicos generales abordados durante el semestre.

Figura 2

Los siete conceptos y la destreza de observación (de 25 %) con mayor incremento porcentual entre la preprueba y la posprueba, incluidos en los dominios evaluados (n = 19)



Nota. Las barras representan la diferencia en puntos porcentuales entre el porcentaje de respuestas correctas en la posprueba y la preprueba para cada concepto y destreza.

Para evaluar el efecto del modelo CURE en el desempeño académico del estudiantado, se compararon las puntuaciones obtenidas en la preprueba y la posprueba mediante una prueba *t* de Student para muestras relacionadas (Tabla 1). Los resultados mostraron un aumento del puntaje total promedio, que pasó de 11.68 ± 2.14 en la preprueba a 15.79 ± 5.03 en la posprueba. Este incremento fue estadísticamente significativo, $t(18) = -3.32$, $p = .0038$.

Asimismo, el tamaño del efecto, calculado mediante el estadístico de Cohen (d = 0.76), fue de magnitud moderada a alta, lo que sugiere que la mejora observada no solo fue estadísticamente significativa, sino también relevante desde el punto de vista práctico. En conjunto, estos resultados evidencian que el desempeño académico del alumnado mejoró tras la implementación del modelo CURE.

Tabla 1

Resultados de la prueba t de Student para muestras relacionadas en las puntuaciones totales de la preprueba y la posprueba (n = 19)

Variable	Preprueba *(M ± DE)*	Posprueba *(M ± DE)*	t *(gl)*	*p*	*d* de Cohen
Puntaje total	11.68 ± 2.14	15.79 ± 5.03	-3.32 (18)	.0038	.76

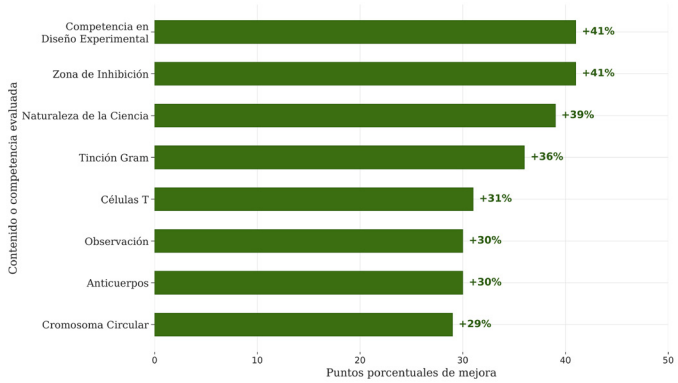
Nota. M = media; DE = desviación estándar; gl = grados de libertad. Los valores de p menores que .05 indican diferencias estadísticamente significativas.

Resultados del cuestionario de interés y actitudes

Los resultados del cuestionario de interés y actitudes, administrado al finalizar la intervención, evidencian un impacto positivo del modelo CURE en las percepciones del estudiantado non-STEM hacia las ciencias biológicas (Figura 3). La totalidad del grupo (100 %) indicó que recomendaría el curso a otros estudiantes, y el 95 % expresó satisfacción general tanto con la experiencia del curso como, específicamente, con las actividades de laboratorio. Como el cuestionario solo se aplicó al cierre del semestre, estos datos describen percepciones posteriores a la experiencia y no permiten medir cambios de actitud a lo largo de la intervención.

Figura 3

Nivel de satisfacción e interés del estudiantado hacia las ciencias biológicas al finalizar la intervención (n = 19)



Nota. Los porcentajes corresponden al estudiantado que seleccionó los dos niveles más altos de la escala (Muy satisfecho/interesado + Satisfecho/interesado), excepto en el caso de “Interés en investigación”, que incluye los tres niveles más altos. El cuestionario se administró únicamente al finalizar el semestre.

Discusión

Las mejoras sustanciales del estudiantado en inmunología y biología celular, a partir de un proyecto centrado en la actividad antibacteriana, indican que el grupo logró transferir el aprendizaje más allá del contenido practicado específicamente en el laboratorio. En conjunto, estos resultados muestran que el alumnado non-STEM que participa en un CURE puede alcanzar ganancias de aprendizaje distribuidas en múltiples dominios conceptuales (Goodwin et al., 2024).

Estos hallazgos coinciden con los de Maskiewicz et al. (2012), quienes encontraron que el alumnado non-STEM que participó en ambientes de aprendizaje activo mostró ganancias comparables a las de estudiantes de biología en la aplicación de principios científicos fundamentales. Asimismo, contrastan favorablemente con los resultados de estudios previos con poblaciones non-STEM en modalidades de laboratorio tradicional (Ayarza-Real et al., 2019), en los que las mejoras en conocimiento y comprensión fueron más modestas. A diferencia de lo observado por Mashintonio y Heineman (2025) con poblaciones STEM

—quienes encontraron un impacto mínimo del CURE en el desempeño académico—, los resultados del presente estudio sugieren que el modelo puede tener un efecto diferenciado en estudiantes non-STEM, particularmente cuando el proyecto de investigación tiene relevancia cultural para quienes participan.

Por otro lado, metodología científica alcanzó el nivel más alto en la preprueba, lo que sugiere que el estudiantado contaba con una base previa en esta área, posiblemente adquirida en cursos de su concentración o del componente de educación general. El dominio de técnicas de laboratorio evidenció una mejora moderada de +9 %, al pasar del 56 % al 65 %.

El resultado del dominio de microbiología merece un análisis detenido. Al examinar el conocimiento memorístico pregunta por pregunta dentro de este dominio, se observa que el ítem sobre estructuras ausentes en las células procariotas mostró una baja notable (del 43 % al 21 %). Este hallazgo coincide con investigaciones en educación científica que documentan cómo la exposición a una mayor complejidad conceptual puede aumentar temporalmente la incertidumbre en algunos estudiantes antes de que el aprendizaje se consolide (Maskiewicz et al., 2012; Soto et al., 2025).

En cuanto a la valoración de diversos aspectos académicos y profesionales (Figura 3), el 68 % expresó algún grado de interés en participar en proyectos de investigación. Estos niveles de satisfacción e interés son particularmente significativos si se considera que el grupo provenía predominantemente de concentraciones ajenas a las ciencias naturales (76 % de Administración de Empresas), una población que, según estudios previos de los autores, suele mostrar poco interés en tomar cursos adicionales de ciencias (Ayarza-Real et al., 2019).

La experiencia de investigación auténtica, combinada con la relevancia cultural del proyecto —centrado en plantas medicinales de uso cotidiano en la cultura puertorriqueña— parece haber funcionado como catalizador del aumento del compromiso y la motivación de estudiantes que tradicionalmente no se consideran parte de la comunidad científica. Estos hallazgos desafían las suposiciones sobre las limitaciones de esta población para el aprendizaje científico complejo y son congruentes con lo documentado por D'Avanzo et al. (2012), quienes señalaron que la combinación de estrategias de enseñanza activa con proyectos de relevancia contextual transforma no solo el desempeño del estudiantado, sino también su disposición hacia el conocimiento científico. En cuanto a la prueba *t* para muestras relacionadas, se encontró una diferencia significativa entre las puntuaciones de la preprueba y la posprueba ($t = -3.32$, $p = .0038$). Dado que el valor de p es menor que .05, puede afirmarse que la intervención tuvo un efecto significativo en el desempeño de las personas participantes y en la implementación del contenido curricular del curso (DeChenne-Peters et al., 2023).

Conclusión

Los resultados de este estudio exploratorio sugieren que la implementación del modelo CURE en el curso CIBI 3025 tuvo un impacto significativo en múltiples dimensiones del aprendizaje estudiantil. Se observaron mejoras en cuatro de los cinco dominios de

conocimiento evaluados, acompañadas de un aumento estadísticamente significativo entre las puntuaciones obtenidas en la preprueba y la posprueba. En el plano conceptual, los mayores avances se registraron en contenidos directamente relacionados con la experiencia investigativa, particularmente en diseño experimental, naturaleza de la ciencia y técnicas microbiológicas. Por su parte, en el plano afectivo-motivacional, el estudiantado reportó altos niveles de satisfacción con el curso, interés por las ciencias biológicas y disposición a participar en futuras experiencias de investigación. En conjunto, estos resultados sugieren que el modelo CURE favoreció no solo la adquisición de conocimientos científicos, sino también el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia y la investigación en estudiantes non-STEM.

Desde la perspectiva del desempeño académico el dominio de inmunología obtuvo la mayor ganancia (+24 %), seguido de biología celular (+23 %) y metodología científica (+17 %). En el plano actitudinal, los hallazgos son contundentes: el 100 % del grupo recomendaría el curso, el 95 % expresó satisfacción general con la experiencia y proporciones notables manifestaron interés en continuar estudios de posgrado (74 %) y en participar en proyectos de investigación (68 %).

En conjunto, estos resultados proporcionan evidencia preliminar de que el modelo CURE, contextualizado culturalmente mediante el uso de plantas medicinales, representa una estrategia pedagógica efectiva para transformar las percepciones de estudiantes que tradicionalmente no se consideran parte de la comunidad científica. El presente estudio aporta, además, datos sobre las destrezas y el dominio de contenidos científicos que puede alcanzar el estudiantado non-STEM, y demuestra que, cuando se le proporciona oportunidades de investigación auténtica con relevancia cultural, este grupo puede desarrollar competencias técnicas y disposiciones científicas comparables a las que se busca fomentar en estudiantes de carreras STEM.

Los datos obtenidos podrían justificar que el Departamento de Ciencias Biológicas de la Facultad de Estudios Generales adapte al formato CURE más cursos dirigidos a estudiantes non-STEM. Además, esta tendencia pedagógica podría insertarse en un marco académico más amplio dentro del sistema universitario público y privado de Puerto Rico, con potencial de replicación en instituciones de educación superior de América Latina.

No obstante, los hallazgos deben interpretarse con carácter exploratorio, ya que el tamaño y la composición de la muestra, la ausencia de un grupo control y el uso de una sola cohorte delimitan su alcance y transferibilidad. Futuros estudios deberían replicar este modelo con muestras más amplias, grupos control, poblaciones non-STEM de diversas facultades y un diseño de preprueba y posprueba para el cuestionario de interés, a fin de confirmar la consistencia de los resultados y explorar qué componentes específicos del CURE resultan más efectivos para esta población.

El modelo CURE implementado en CIBI 3025 merece considerarse seriamente como alternativa pedagógica escalable para cursos introductorios de ciencias en el sistema universitario, con potencial para democratizar el acceso a experiencias de investigación

de alta calidad y contribuir a reducir las brechas de equidad en la formación científica de estudiantes de educación general. Más allá de ofrecer un componente de laboratorio en los cursos de Ciencias Naturales dirigidos a estudiantes non-STEM, es necesario involucrar a este alumnado en experiencias auténticas de investigación. Los proyectos que se desarrollen podrían orientarse a temas de actualidad y pertinencia para cada población non-STEM. Además, podrían diseñarse iniciativas relevantes que, a la vez, requieran materiales e instrumentos asequibles para la institución académica (Ayarza-Real y Arroyo-Cruzado, 2022; Bekkering, 2025).

Este estudio se alinea con la misión de integrar investigación auténtica, alfabetización científica y problemas culturalmente pertinentes en cursos de educación general. El modelo CURE aquí presentado ejemplifica cómo la creatividad pedagógica y el humanismo científico pueden converger para crear redes de conocimiento que trascienden la división artificial entre ciencias y humanidades.

Recibido: 18/6/2026 / **Revisado:** 22/7/2026 / **Aprobado:** 26/10/2026

Contribución de autoría:

Carlos Ayarza Real: conceptualización, investigación, validación, metodología, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición.

Gerardo Arroyo Cruzado: investigación, conceptualización, redacción – borrador original.

Lizbeth Hernández Muñoz: análisis formal, visualización, redacción – revisión y edición.

Financiamiento: El estudio no recibió financiamiento.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Declaración de ética: El Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI) de la Universidad de Puerto Rico aprobó el proyecto “Evaluar el desempeño académico y la transición de intereses de estudiantes non-STEM en Ciencias Biológicas a través de un Curso con Enfoque CURE” (#2324-152).

Data set: Los datos no se alojaron en un repositorio de acceso abierto, debido a que se encuentran comprometidos en el desarrollo de la segunda etapa de la investigación.

Referencias bibliográficas

Álvarez-Martínez, F., Barrajón-Catalán, E., Herranz-López, M., & Micol, V. (2021). Antibacterial plant compounds, extracts and essential oils: An updated review on their effects and putative mechanisms of action. *Phytomedicine, 90*, Article 153626. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153626

Auchincloss, L., Laursen, S., Branchaw, J., Eagan, K., Graham, M., Hanauer, D., Lawrie, G., McLinn, C., Pelaez, N., Rowland, S., Towns, M., Trautmann, N., Varma-Nelson, P., Weston, T., & Dolan, E. (2014). Assessment of course-based undergraduate research experiences: A meeting report. *CBE—Life Sciences Education, 13*(1), 29–40. https://doi.org/10.1187/cbe.14-01-0004

Ayarza-Real, C. y Arroyo-Cruzado, G. (2017). Estudiantes universitarios subgraduados "non-STEM" se dedican al aprendizaje activo a través de experiencias de biología molecular en el laboratorio. *Revista INTEC, 23*, 241–257.

Ayarza-Real, C. y Arroyo-Cruzado, G. (2022). Comparación del aprovechamiento en conocimiento y comprensión alcanzados por estudiantes "non-STEM" en un curso de Ciencias Biológicas a distancia con asistencia de la tecnología, con el obtenido por estudiantes que tomaron el curso en presencial. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria, 19*(37), 91–98. https://doi.org/10.29197/cpu.v19i37.450

Ayarza-Real, C., Trinidad, R. y Arroyo-Cruzado, G. (2019). Ciencia, Biotecnología y Sociedad, un curso para estudiantes "non-STEM" dentro de la Educación General: estudio de avalúo que compara el aprovechamiento y el interés de estudiantes de primer año con el de estudiantes de mayor nivel. En *Los Estudios Generales en América Latina: debates, prácticas y propuestas* (pp. 171–187). Ediciones Mágica.

Bauer, A., Kirby, W., Sherris, J., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology, 45*(4), 493–496. https://doi.org/10.1093/ajcp/45.4_ts.493

Bekkering, T. (2025). Course-based undergraduate research experiences (CUREs) for computer science? *Information Systems Education Journal, 23*(3), 4–15. https://doi.org/10.62273/CNPL4638

Boateng, G., Neilands, T., Frongillo, E., Melgar-Quiñonez, H., & Young, S. (2018). Best practices for developing and validating scales for health, social, and behavioral research: A primer. *Frontiers in Public Health, 6*, Article 149. https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00149

Borlee, G., Kinkel, T., Broeckling, B., Borlee, B., Mayo, C., & Mehaffy, C. (2023). Upper-level interdisciplinary microbiology CUREs increase student's scientific self-efficacy, scientific identity, and self-assessed skills. *Journal of Microbiology & Biology Education, 25*(1), Article e00140-23. https://doi.org/10.1128/jmbe.00140-23

Brazendale, K., Rovito, M., & Garcia, J. (2024). Changing attitudes towards research through a course-based undergraduate research experience. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning, 24*(2), 66–78. https://doi.org/10.14434/josotl.v24i2.35196

Caruso, S., Sandoz, J., & Kelsey, J. (2009). Non-STEM undergraduates become enthusiastic phage-hunters. *CBE—Life Sciences Education, 8*(4), 278–282. https://doi.org/10.1187/cbe.09-07-0052

Chang, H., García-López, A., Rosabal, Y., Espinosa, A., Ramos, M. y Remon, H. (2013).

Caracterización fitoquímica y la evaluación de la actividad antibacteriana in vitro de los extractos de hojas y tallos de Solanum nigrum L. que crece en Cuba. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 44*, 30-35. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952013000400004

Corwin, L., Graham, M., & Dolan, E. (2015). Modeling course-based undergraduate research experiences: An agenda for future research and evaluation. *CBE—Life Sciences Education, 14*(1), Article es1. https://doi.org/10.1187/cbe.14-10-0167

Danish, P., Ali, Q., Hafeez, M., & Malik, A. (2020). Antifungal and antibacterial activity of Aloe vera plant extract. *Biological and Clinical Sciences Research Journal, 2020*(1), 1–8. https://doi.org/10.54112/bcsrj.v2020i1.4

D'Avanzo, C., Anderson, C., Hartley, L., & Pelaez, N. (2012). A faculty-development model for transforming introductory biology and ecology courses. *BioScience, 62*(4), 416–427. https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.4.12

DeChenne-Peters, S., Rakus, J., Parente, A., Mans, T., Eddy, R., Galport, N., Koletar, C., Provost, J., Bell, J., & Bell, J. (2023). Length of course-based undergraduate research experiences (CURE) impacts student learning and attitudinal outcomes: A study of the Malate dehydrogenase CUREs Community (MCC). *PLOS ONE, 18*(3), Article e0282170. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282170

Dunkelberg, W. (1981). Kirby-Bauer disk diffusion method. *American Journal of Clinical Pathology, 75*(2), 273. https://doi.org/10.1093/ajcp/75.2.273

Goodwin, E., Cooper, K., Gin, L., & Brownell, S. (2024). Addressing the need to facilitate undergraduate research experiences for community college transfer students in science. *Journal of Microbiology & Biology Education, 25*(3), Article e00090-24. https://doi.org/10.1128/jmbe.00090-24

Haeger, H., Bueno, E., & Sedlacek, Q. (2024). Participation in undergraduate research reduces equity gaps in STEM graduation rates. *CBE—Life Sciences Education, 23*(1), Article ar11. https://doi.org/10.1187/cbe.22-03-0061

Hartley, L., Wilke, B., Schramm, J., D'Avanzo, C., & Anderson, C. (2011). College students' understanding of the carbon cycle: Contrasting principle-based and informal reasoning. *BioScience, 61*(1), 65–75. https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.1.12

Herren, R. (2013). *Introduction to biotechnology: An agricultural revolution* (2nd ed.). Cengage Learning.

Hossain, T. (2024). Methods for screening and evaluation of antimicrobial activity: A review of protocols, advantages, and limitations. *European Journal of Microbiology and Immunology, 14*(2), 97–115. https://doi.org/10.1556/1886.2024.00035

Israili, Z. (2014). Antimicrobial properties of honey. *American Journal of Therapeutics, 21*(4), 304–323. https://doi.org/10.1097/mjt.0b013e318293b09b

Leung, K., Clement, L., Lewis, J., & Saul, N. (2024). A tool for clarifying expectations in undergraduate research experiences. *Journal of Microbiology & Biology Education, 25*(2), Article e00204-23. https://doi.org/10.1128/jmbe.00204-23

López-Pérez, S. (2011). Observación de la actividad antimicrobiana del ajo (Allium sativum) en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 8*(Núm. extraordinario), 491–494. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.iextra.17

Mashintonio, A., & Heineman, W. (2025). A CURE lab in an introductory biology course has minimal impact on student outcomes, self-confidence, and preferences compared to a traditional lab. *Journal of Microbiology & Biology Education, 26*(1), Article e00212-24. https://doi.org/10.1128/jmbe.00212-24

Maskiewicz, A., Griscom, H., & Welch, N. (2012). Using targeted active-learning exercises and diagnostic question clusters to improve students' understanding of carbon cycling in ecosystems. *CBE—Life Sciences Education, 11*(1), 58–67. https://doi.org/10.1187/cbe.11-02-0011

Medina, N. y Urazán, R. (2017). La naturaleza de las ciencias y la metodología de trabajo científico: una lectura a través de la normatividad colombiana. *Bio-grafía, 10*(19), 134–145. https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2017-7091

Mordacq, J., Drane, D., Swarat, S., & Lo, S. (2017). Development of course-based undergraduate research experiences using a design-based approach. *Journal of College Science Teaching, 46*(4), 64–75. https://doi.org/10.2505/4/jcst17_046_04_64

Muntean, D., & Vulpie, S. (2023). Antioxidant and antibacterial activity of plant extracts. *Antibiotics, 12*(7), Article 1176. https://doi.org/10.3390/antibiotics12071176

Nesrine, G. (2018). Piaget's and Vygotsky's constructivist theories. *Ex Professo, 3*(1), 41-67. https://asjp.cerist.dz/en/article/79954

Ocampo, N., López, L., Llano, M. y Roja, A. (2021). Práctica pedagógica y motivación desde el aprendizaje situado. *Tesis Psicológica, 16*(1), 1-29. https://doi.org/10.37511/tesis.v16n1a9

Orton, G., Barnes, M., Syed, S., Reid, J., & Smith, A. (2025). Challenges for activating undergraduate research: A summary from the 2021 American Society for Microbiology Conference for Undergraduate Educators. *Journal of Microbiology & Biology Education, 26*(1), Article e00099-24. https://doi.org/10.1128/jmbe.00099-24

Padilla, K. y Reyes-Cárdenas, F. (2018). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química, 23*(4), 415-421. https://doi.org/10.1016/s0187-893x(17)30129-5

Reeves, T., Warner, D., Ludlow, L., & O'Connor, C. (2018). Pathways over time: Functional genomics research in an introductory laboratory course. *CBE—Life Sciences Education, 17*(1), Article ar1. https://doi.org/10.1187/cbe.17-01-0012

Shapiro, C., Moberg-Parker, J., Toma, S., Ayon, C., Zimmerman, H., Roth-Johnson, E., Hancock, S., Levis-Fitzgerald, M., & Sanders, E. (2015). Comparing the impact of course-based and apprentice-based research experiences in a life science laboratory curriculum. *Journal of Microbiology & Biology Education, 16*(2), 186–197. https://doi.org/10.1128/jmbe.v16i2.1045

Soto, A., Weldon, J., & Hancock, S. (2025). Faculty rewards from course-based undergraduate research experiences (CURE) in biochemistry. *Journal of Microbiology & Biology Education, 26*(1), Article e00165-24. https://doi.org/10.1128/jmbe.00165-24

Stanfield, E., Slown, C., Sedlacek, Q., & Worcester, S. (2022). A course-based undergraduate research experience (CURE) in biology: Developing systems thinking through field experiences in restoration ecology. *CBE—Life Sciences Education, 21*(2), Article ar20. https://doi.org/10.1187/cbe.20-12-0300

Trinidad-Pizarro, R., Ayarza-Real, C., Gómez-Ortega, A. y Arroyo-Cruzado, G. (2020). Descripción y análisis del proceso de validación para el instrumento de medición del aprovechamiento académico, grado de interés y satisfacción de estudiantes subgraduados “non-STEM” en un curso innovador de Ciencias Biológicas del componente de Educación General. *Revista Umbral, 16*, 111–143.

Weaver, R. (2002). *Molecular biology* (2nd ed.). McGraw-Hill.