



TENDENCIAS EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA

TRENDS IN THE TEACHING-LEARNING OF BIOLOGY

Marcos Bucio-Pacheco*^{1, 2}

✉ ocelotl@uas.edu.mx

Orcid:0000-0002-2959-7125

Perla Margarita Meza-Inostroza^{2, 3}

Orcid: 0000-0003-3837-6866

Héctor Alexis Castro-Bastidas²

Orcid: 0000-0002-6448-5639

Eduardo Gerónimo Santos-García¹

Orcid: 0009-0004-7104-7479

Víctor Manuel Salomón-Soto²

Orcid: 0000-0003-3837-6866

Ramiro Álvarez-Valenzuela²

Orcid: 0009-0003-9186-521X

¹Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. C.P. 80013.

²Centro de Estudios “Justo Sierra” (CEJUS), Surutato, Badiraguato, 80600, Sinaloa, México.

³Universidad Tecnológica de Culiacán. Culiacán-Imala Km 2, Los Ángeles, 80014, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

*Autor de correspondencia

Recibido: 16 de diciembre de 2025

Aceptado: 22 de diciembre de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

TENDENCIAS EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA

TRENDS IN THE TEACHING-LEARNING OF BIOLOGY

Marcos Bucio-Pacheco, Perla Margarita Meza-Inostroza, Héctor Alexis Castro-Bastidas, Eduardo Gerónimo Santos-García, Víctor Manuel Salomón-Soto, Ramiro Álvarez-Valenzuela

Resumen

La educación en ciencias es fundamental para la formación de individuos que comprendan la construcción del conocimiento. El objetivo de este estudio fue identificar y caracterizar las tendencias en los problemas y metodologías de investigación relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología. Se utilizó la bibliometría para analizar referencias provenientes de la base de datos Web of Science (WoS), de acuerdo con los indicadores bibliométricos propuestos por el paquete Bibliometrix. Se encontró que la tendencia principal es el desplazamiento del “qué enseñar” hacia el “cómo enseñar”. Se concluye que las estrategias educativas deben enfocarse en métodos de aprendizaje activo.

Palabras clave: Alumno, bibliometría, bibliometrix, maestro, WoS.

Abstract

Science education is fundamental for developing individuals who understand the construction of knowledge. The objective of this study was to identify and characterize trends in research problems and methodologies related to the teaching and learning process of biology. Bibliometrics was used to analyze references from the Web of Science (WoS) database, according to the bibliometric indicators proposed by the Bibliometrix package. The main trend found was a shift from "what to teach" to "how to teach." It is concluded that educational strategies should focus on active learning methods.

Keywords: Bibliometrics, bibliometrix, student, teacher, WoS.

Introducción

La educación en ciencias constituye un pilar fundamental para el desarrollo de sociedades basadas en el conocimiento, donde la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados se ha convertido en una prioridad global (Mathew, 2025). En las últimas dos décadas, la educación en biología ha experimentado transformaciones significativas impulsadas por iniciativas como "Vision and Change in Undergraduate Biology Education", que ha establecido un marco para la reforma pedagógica en la disciplina (La et al., 2025; Treibergs et al., 2024; Zhu et al., 2025). Este marco enfatiza el desarrollo de competencias científicas, la integración de conceptos fundamentales y la implementación de prácticas pedagógicas centradas en el estudiante, alejándose de los modelos tradicionales basados en la memorización y la transmisión pasiva de conocimientos (Wolyniak et al., 2025).

La enseñanza y el aprendizaje de la biología enfrentan desafíos únicos derivados de la complejidad y diversidad de sus contenidos, que abarcan desde procesos moleculares hasta sistemas ecológicos, para la comprensión de esta complejidad es necesario la integración de múltiples disciplinas científicas (Rodríguez-Muñoz & Huincahue, 2025). Los estudios contemporáneos revelan la necesidad de abordar concepciones erróneas persistentes en temas fundamentales como evolución, fotosíntesis y respiración celular (Kadirhanogullari & Köse, 2024), así co-

mo de desarrollar competencias transversales como el pensamiento crítico, la comunicación y alfabetización científica (Alarcón et al., 2025; Bowen et al., 2025; Van et al., 2025).

La educación en biología ha incorporado progresivamente metodologías activas que promueven el aprendizaje significativo. El Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) ha demostrado mejorar significativamente el conocimiento de metodologías activas y habilidades críticas como la explicación de fenómenos y la indagación (Alarcón et al., 2025).

Las Experiencias de Investigación de Curso para Pregrado (CUREs) se han consolidado como estrategias efectivas para exponer a los estudiantes a investigación integrativa mientras contribuyen al conocimiento científico (Baker et al., 2025; Hall et al., 2025).

Paralelamente, la integración tecnológica ha abierto nuevas posibilidades educativas. Los laboratorios virtuales han mostrado resultados comparables a la enseñanza convencional en términos de éxito de aprendizaje, además de promover actitudes más positivas hacia el aprendizaje en línea [e-learning] (Bauermeister et al., 2025; Rakhmawati et al., 2025). La realidad virtual emerge como una herramienta prometedora, aunque la investigación sobre su implementación en el aprendizaje de biología aún es limitada (Rakhmawati et al., 2025).

Recientemente, la inteligencia artificial (IA) generativa, particularmente ChatGPT, ha generado debates sobre su regulación y uso responsable en contextos educativos, con estudiantes demandando directrices institucionales claras (Coelho et al., 2025; Dogru & Faulconer, 2025; Rahioui et al., 2025). Por tanto, existe la necesidad de llevar a cabo el análisis de la producción científica para detectar las tendencias en la enseñanza aprendizaje de la biología.

El análisis bibliométrico ha emergido como una metodología poderosa para identificar patrones, tendencias y estructuras del conocimiento en campos científicos (Ahmed et al., 2024). Esta aproximación cuantitativa permite examinar grandes volúmenes de literatura mediante el análisis de publicaciones, citas, palabras clave, redes de colaboración y evolución temporal de temas de investigación (Wang et al., 2024).

En el contexto educativo, el análisis bibliométrico se ha consolidado como una herramienta versátil que puede complementar aproximaciones cualitativas en la comprensión de fenómenos pedagógicos (Brezuleanu et al., 2024). Este método resulta particularmente útil para evaluar el estado del arte en campos interdisciplinarios, como la educación en modelado computacional para ciencias de la vida, donde el análisis bibliométrico permite evaluar el uso prevalente de enfoques específicos en instituciones de investigación emergente (Madamanchi et al., 2018). La metodología bibliométrica también se integra

eficazmente con investigaciones de tipo "estado del conocimiento", que buscan caracterizar sistemáticamente el rol atribuido a conceptos específicos en investigaciones educativas dentro de marcos teóricos particulares (de Avelar et al., 2024).

En educación de la biología específicamente, estudios bibliométricos han revelado la evolución de subcampos, como las experiencias de investigación basadas en cursos en bioquímica (He et al., 2024). Similarmente, análisis sobre concepciones erróneas en biología han permitido identificar que temas como evolución, respiración y fotosíntesis permanecen como focos persistentes de investigación a lo largo del tiempo (Kadirhanogullari & Köse, 2024). Además, la revisión bibliográfica sistemática de estudios similares permite contextualizar intervenciones educativas innovadoras, como el uso de poesía en la enseñanza de biología, dentro de marcos pedagógicos más amplios (Moya-Méndez & Zwart, 2022).

El uso de software especializado como CiteSpace, VOSviewer y Bibliometrix permite visualizar redes de conocimiento, detectar clústeres temáticos, identificar autores e instituciones influyentes, y mapear la evolución conceptual de disciplinas (He et al., 2024; Kadirhanogullari & Köse, 2024). La capacidad de estos instrumentos para pro-

cesar grandes volúmenes de datos bibliográficos de bases indexadas como Web of Science, Scopus y PubMed permite obtener panoramas comprensivos que serían imposibles mediante revisiones tradicionales. Esta aproximación resulta particularmente valiosa para comprender campos multifacéticos como la educación en la biología, donde convergen investigaciones sobre pedagogía, tecnología educativa, evaluación, formación docente y aprendizaje disciplinar. En contextos de educación superior, esta combinación metodológica resulta especialmente pertinente para responder a necesidades cambiantes del mercado laboral y para adaptar la formación educativa a demandas contemporáneas (Brezuleanu et al., 2024), permitiendo identificar tendencias investigativas que informan tanto la práctica pedagógica como el diseño curricular.

A pesar de la abundante investigación sobre aspectos específicos de la educación en biología, existe una carencia significativa de estudios bibliométricos comprensivos que mapeen sistemáticamente las tendencias temporales de problemáticas y metodologías abordadas en este campo. Dichos estudios podrían ayudar en la comprensión de la evolución temporal de prioridades de investigación en educación de la biología, la emergencia y consolidación de líneas temáticas existentes, tales como tecnología educativa, formación docente y metodologías activas, y las transiciones metodológicas en la investigación educativa en biología, desde enfoques cualitativos hasta diseños experimentales y es-

tudios de implementación a gran escala. La ausencia de este conocimiento estructural dificulta la toma de decisiones informadas sobre direcciones futuras de investigación, inversión en desarrollo educativo y políticas de transformación curricular. El objetivo de este estudio fue identificar y caracterizar las tendencias temporales en problemáticas y metodologías de investigación en enseñanza y aprendizaje de la biología, mediante un análisis bibliométrico comprensivo de la literatura publicada en las últimas décadas.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo este trabajo, se realizó un análisis bibliométrico para determinar las tendencias sobre la enseñanza de la biología a nivel universitario. La búsqueda de información se llevó a cabo en la colección núcleo de la base de datos Web of Science (WoS) consultada el 4 de diciembre de 2025. Se seleccionó esta base de datos debido a que tiene amplia cobertura de revistas de alta calidad, es la principal fuente para la obtención de datos bibliométricos (He et al., 2024), y facilita la búsqueda y filtración de documentos. El perfil de búsqueda pasó por 4 etapas:

1. (TI = ("teaching" OR "education" OR "pedagogy") AND TI = (biology OR "life science*")) AND ALL = ("undergra-

1. duate" OR "licenciatura" OR "university" OR "higher education"))).
2. TI = ("teaching" OR "education" OR "pedagogy") AND TI = (biology OR "life science*") AND ALL = ("undergraduate" OR "licenciatura" OR "university" OR "higher education") NOT ALL = ("K-12" OR "high school" OR "secondary education" OR "primary education" OR "medical education" OR "veterinary" OR "nursing" OR adolescent OR medic*)).
3. (TI = ("teaching" OR "education" OR "pedagogy") AND TI = (biology OR "life science*") AND ALL = ("undergraduate" OR "licenciatura" OR "university" OR "higher education") NOT ALL = ("K-12" OR "high school" OR "secondary education" OR "primary education" OR "medical education"

OR "veterinary" OR "nursing" OR adolescent OR medic*)).

Con el total de referencias obtenidas usamos lo indicado por Lituma Carriel (2026) y Ariyanto et al. (2025) para obtener el corpus final (Figura 1). Una vez hecha la depuración, las fichas resultantes se descargaron con el formato indicado para ser analizadas con Bibliometrix y EndNote®. En Bibliometrix se consideraron los siguientes indicadores bibliométricos: Producción científica anual, ciclo de vida de la producción científica, ley de Bradford, palabras clave, evolución temática y dendrograma temático. EndNote® se usó para la administración de referencias y textos completos.

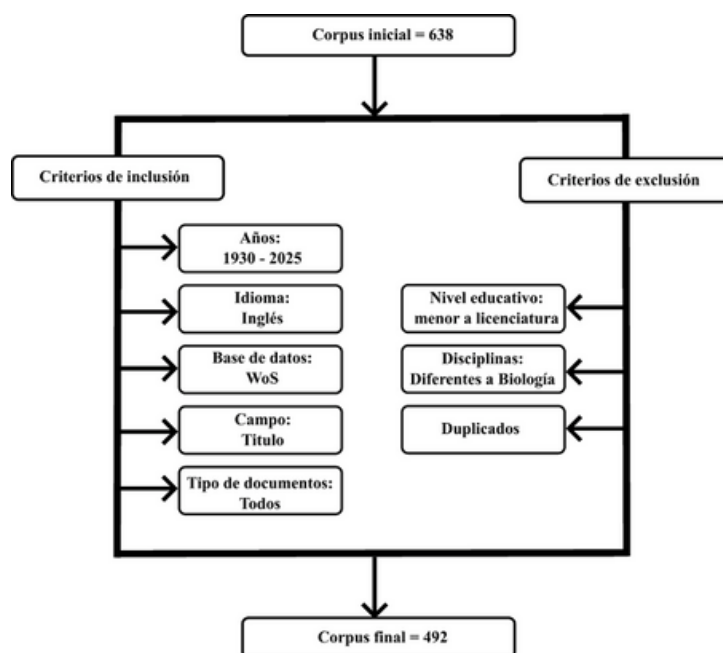


Figura 1. Diagrama de flujo para la selección del *corpus*.

Resultados

Producción científica anual

El análisis de la producción científica revela un total de 456 documentos publicados entre 1930 y 2025 (Figura 2). Las primeras publicaciones datan de 1930 y 1949 con un artículo cada año, seguidas de contribuciones aisladas en las décadas de 1950 y 1960, con un máximo de dos artículos en 1964. Entre 1970 y 1999, la producción se mantuvo muy baja, con numerosos años sin publicaciones y un máximo de tres artículos anuales en 1987, 1996, 1998 y 1999. A partir de 2000 se observa un incremento sostenido, con un promedio aproximado de cinco artículos por año en la década 2000-2009 y un pico de 10 publicaciones en 2009. El crecimiento se aceleró desde 2010 con 16 documentos, man-

teniéndose por encima de los 10 artículos anuales en siguientes años, salvo en 2013 y 2015 con 12 y 13 documentos, respectivamente.

El período 2010-2025 concentra el 85,3% de la producción total (389 documentos). Los años más productivos fueron 2024 con 44 artículos, 2025 con 42, 2020 con 39 y 2022 con 36. La tendencia en las últimas dos décadas muestra un crecimiento exponencial, pasando de seis publicaciones anuales en 2000-2001 a más de 40 en 2024-2025.

Para complementar esta descripción, el ajuste de una curva de acumulación logística (Figura 3) a los datos revela que los 492 documentos acumulados hasta 2025 representan aproximadamente el

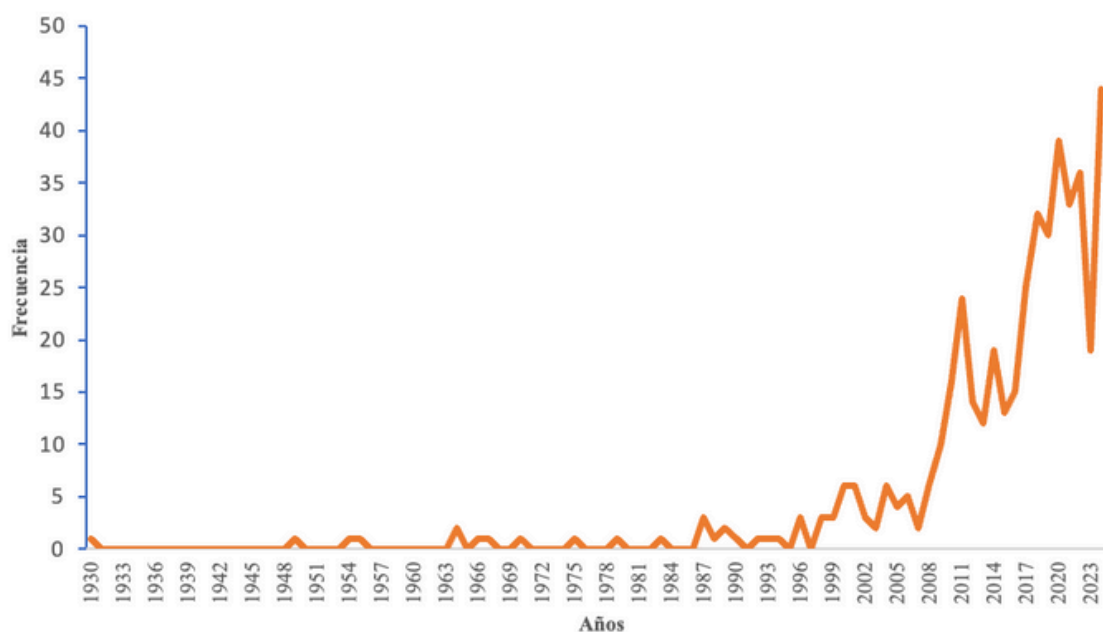


Figura 2. Producción científica anual sobre la enseñanza-aprendizaje de la biología.

43,3% de la capacidad estimada sobre la producción científica sobre estudios del enseñanza-aprendizaje de la biología (K=1140 documentos). Según esta proyección, la producción científica alcanzaría su asíntota alrededor del año 2070, con un total estimado de 1,140 publicaciones.

Ley de Bradford

El análisis bibliométrico reveló 229 revistas científicas que presenta un patrón de distribución característico de la Ley de Bradford (Figura 4). Las revistas núcleo se constituyen por 7 revistas que concentraron 173 artículos (35.0% del total), con un promedio de 24.7 artículos por revista. CBE - Life Sciences Edu-

cation fue la revista más productiva con 52 artículos, seguida por Journal of Biological Education (31 artículos) y Bichemistry and Molecular Biology (26). Las cuatro revistas restantes del núcleo produjeron entre 15 y 18 artículos cada una. La curva de productividad mostró una caída exponencial desde el núcleo hacia las zonas periféricas.

El número total de palabras clave identificadas en los artículos analizados fueron 1,027. El análisis de frecuencia identificó la presencia de 20 (19.8%) palabras clave predominantes en la literatura de educación biológica. De estas, ocho se alinean con el perfil de bus-

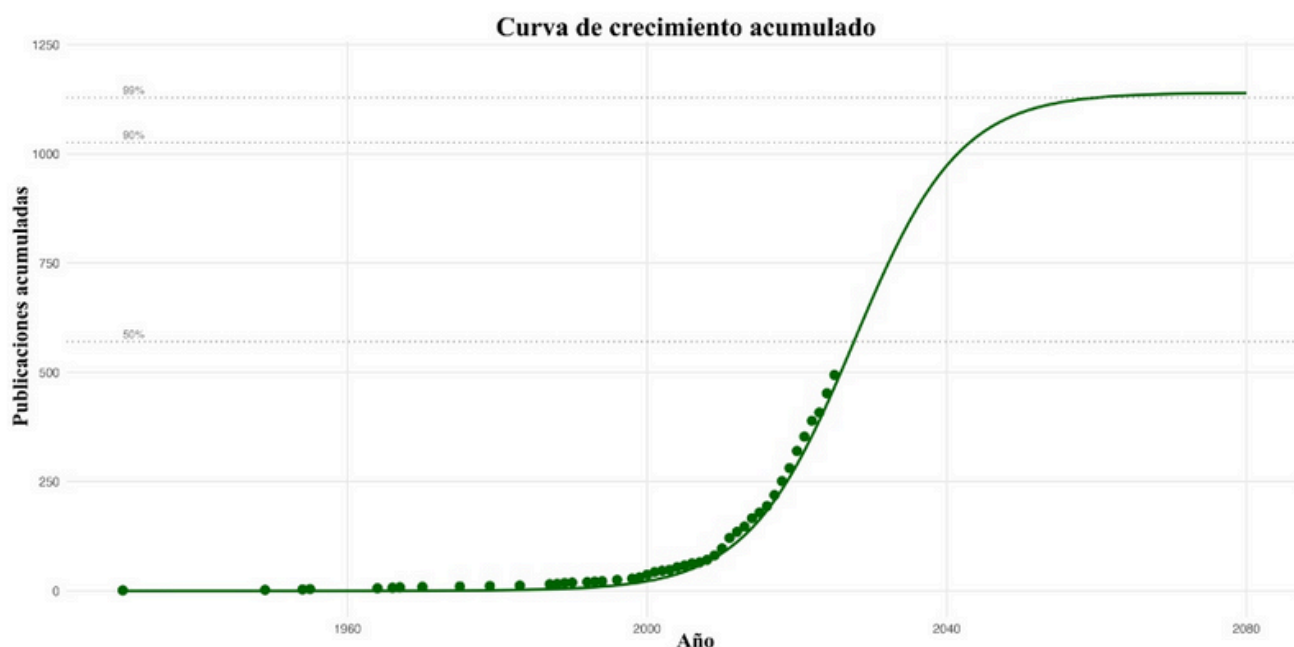


Figura 3. En la gráfica se muestra la curva de crecimiento a partir de los datos observados (círculos) y lo esperado al actual ritmo de publicación.

queda utilizado: *education* (47), *biology*, (33), *higher education* (21), *biology education* (18), *undergraduate* (15), *life sciences* (11) y *teachers* (11). Las cinco palabras más frecuentes fueron *science* (65), *education* (47), *student* (34), *biology* (33) y *knowledge* (24). Las palabras clave restantes se refieren a las formas de proceder que tanto estudiantes como profesores deben considerar, en relación con las actitudes hacia el conocimiento científico de la biología, los objetivos de aprendizaje, así como las experiencias que se pueden alcanzar y su impacto en las experiencias futuras en es-

te campo científico. Los términos asociados con niveles educativos incluyeron *higher education* 21), *undergraduate* (15) y *research experiences* (11). Los términos vinculados con aspectos disciplinares específicos incluyeron *cell biology* (12) y *life science* (11). Por último, las palabras vinculadas con variables de desempeño se presentaron con frecuencias entre 10 y 18, destacando *performance* (18), *self-efficacy* (12) y *faculty* (11) (Tabla 1).

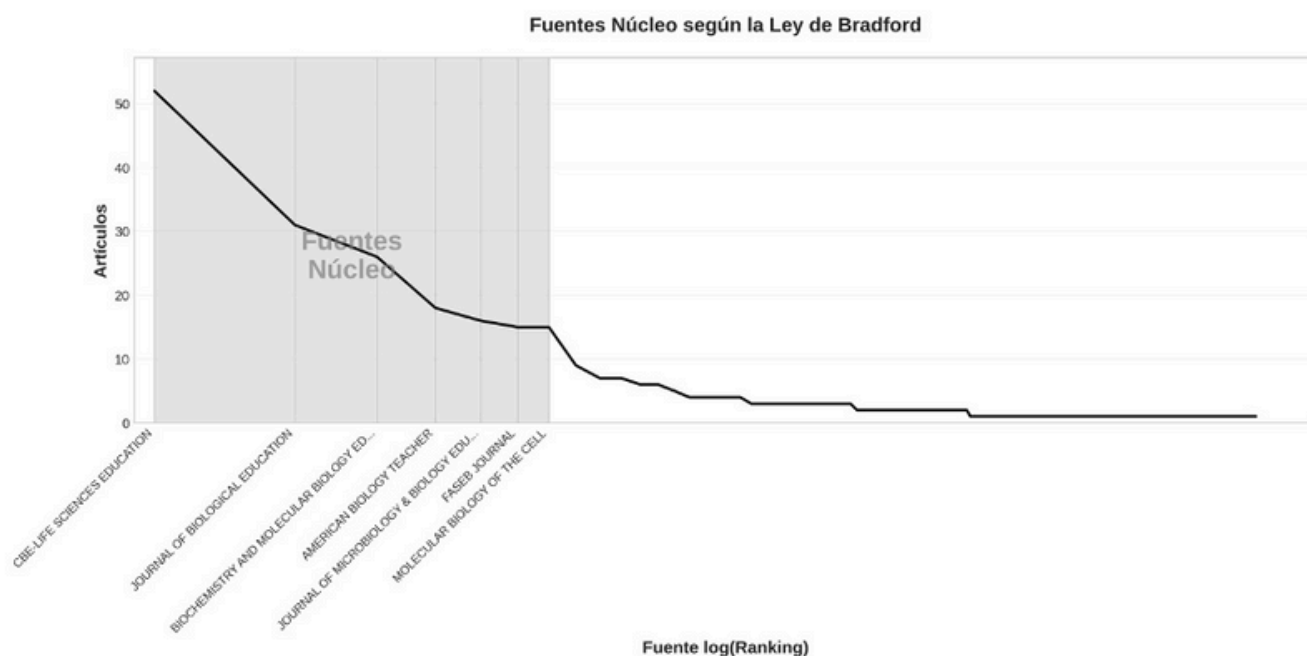


Figura 4. Revistas núcleo. La zona sombreada representa la zona 1 de acuerdo a la Ley de Bradford.

Tabla 1. Palabras más frecuentes.

Palabras	Frecuencia
science	65
education	47
students	34
biology	33
knowledge	24
higher education	21
biology education	18
performance	18
teaching	16
active learning	15
undergraduate	15
cell biology	12
experiences	12
self-efficacy	12
faculty	11
impact	11
life sciences	11
research experiences	11
teachers	11
attitudes	10

Evolución temática

En la gráfica de evolución temática (Figura 5), el ancho de los flujos indica la fuerza de la continuidad: los más gruesos son los que conectan temas centrales como education → higher education → education/higher education. En la figura, los temas biology, education, science, students y higher education pueden ser tomadas como el núcleo, ya que persisten a lo largo de todo el tiempo, con conexiones entre ellos por períodos.

Mapa de estructura conceptual

El mapa de estructura conceptual describe gráficamente los temas de interés para esta investigación (Figura 6), en él se muestra que las palabras woman, race, acceptance, belief, attitudes y conceptions forman un clúster temático coherente en la región inferior-izquierda del gráfico. Estos términos no aparecen aislados, sino que se agrupan cerca de conceptos como thinking y experiences, lo que sugiere una dimensión afectiva y socio-contextual del aprendizaje.

En la región superior izquierda aparecen palabras como motivation, research experience, active learning, challenges, inquiry, desing y curriculum, reflejando que la enseñanza actual de la biología está centrada en los estudiantes y con un enfoque hacia la investigación. Asimismo, las palabras clave asociada al concepto stem, reflejan la inclusión de las mujeres en las áreas de las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.

En la región derecha del eje central están los conceptos learning, environmental education, assessment e instruction, que reflejan cómo llevar a cabo la enseñanza de la biología, así como la forma de evaluar si los nuevos métodos de enseñanza son efectivos o no.

Discusión

Evolución temporal de la producción científica

Los resultados obtenidos sobre la evolución temporal de la producción científica en la enseñanza-aprendizaje de la biología a nivel universitario revelan un patrón clásico de desarrollo de un campo interdisciplinario emergente, caracterizado por una fase inicial de latencia prolongada, seguida de un crecimiento acelerado en las últimas dos décadas. La escasa actividad registrada entre 1930 y 1999, con publicaciones esporádicas y un máximo anual de tres documentos, refleja que, durante gran parte del siglo XX, la investigación sistemática sobre pedagogía específica de la biología no constituía una prioridad consolidada. Este período coincide con un enfoque predominante en la enseñanza tradicional de la biología, centrado en la transmisión de contenidos disciplinares más que en los procesos de aprendizaje, tal como se describe en revisiones históricas de la educación en ciencias (DeHaan, 2005;

Wolyniak et al., 2025). La ausencia de marcos teóricos pedagógicos específicos para la biología universitaria hasta finales del siglo pasado explica esta baja productividad.

El incremento sostenido a partir de 2000 y, particularmente la fase exponencial desde 2010, que concentra el 85,3% del total de documentos, se alinea con hitos internacionales que impulsaron la reforma pedagógica en la disciplina. Iniciativas como “Vision and Change in Undergraduate Biology Education” (La et al., 2025; Treibergs et al., 2024; Zhu et al., 2025) marcaron un punto de inflexión al promover enfoques centrados en el estudiante, competencias científicas y prácticas activas, alejándose de modelos memorísticos (Wolyniak et al., 2025). Este marco reformista, difundido globalmente, estimuló una oleada de investigaciones empíricas sobre metodologías innovadoras como el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL), las Experiencias de Investigación de Curso para Pregrado (CUREs) y la integración tecnológica (Alarcón et al., 2025; Baker et al., 2025; Bauermeister et al., 2025), lo que explica el aumento sostenido observado.

El pico de productividad en los años recientes (2020-2025), con más de 35 artículos anuales, puede atribuirse adicionalmente al impacto de la pandemia de COVID-19, que aceleró la transición hacia modalidades remotas e híbridas y generó un interés masivo por laboratorios virtuales, e-learning y herramientas digitales en la enseñanza de la biología (Bauermeister et al., 2025; Rakhmawa-

ti et al., 2025). Asimismo, la emergencia de debates sobre inteligencia artificial generativa en contextos educativos (Coelho et al., 2025; Dogru & Faulconer, 2025) contribuyó a mantener alta la producción en 2024-2025.

Por otro lado, el ajuste de la curva de acumulación logística refuerza la interpretación de que el campo se encuentra en una fase intermedia de maduración. Al haber alcanzado solo el 43,3% de la capacidad estimada ($K=1140$ documentos) hacia 2025, con proyección de estabilización alrededor de 2070, se evidencia un potencial significativo de expansión futura. Este patrón logístico es común en subdisciplinas de la educación en ciencias que responden a necesidades sociales y tecnológicas emergentes (He et al., 2024; Kadirhanogullari & Köse, 2024). Factores que podrían sostener este crecimiento incluyen la integración creciente de tecnologías inmersivas (realidad virtual, IA), el énfasis en equidad e inclusión (temas identificados en el mapa conceptual como “race”, “woman”), y la demanda de alfabetización científica frente a desafíos globales como cambio climático y avances biotecnológicos (Mathew, 2025; Rodríguez-Muñoz & Huincahue, 2025).

En comparación con otros campos analizados bibliométricamente, como la bioquímica educativa (He et al., 2024) o

las concepciones alternativas en biología (Kadirhanogullari & Köse, 2024), la enseñanza-aprendizaje general de la biología muestra un inicio más tardío pero un crecimiento más pronunciado en la última década, lo que sugiere una consolidación acelerada impulsada por reformas curriculares internacionales. Los hallazgos confirman la transición del campo de un tema marginal a un área de investigación dinámica y en plena expansión, con perspectivas de maduración a largo plazo. Estos resultados subrayan la importancia de continuar impulsando reformas pedagógicas y políticas institucionales que fomenten la investigación en metodologías activas, tecnología educativa e inclusión, para capitalizar el potencial de crecimiento identificado.

Ley de Bradford

Los resultados confirman que la literatura en educación biológica sigue la distribución característica de la Ley de Bradford, con una concentración de artículos en un pequeño núcleo de revistas especializadas (Viju, 2013; Sudhier, 2010). Este patrón, observado en otras disciplinas científicas (Behrens & Luksch, 2011; Pinto et al., 2013; Venable et al., 2016), refleja la existencia de revistas núcleo altamente especializadas que dominan la comunicación científica en educación biológica. La proporción de concentración observada es intermedia comparada con otros campos científicos. Venable et al. (2016) identificaron ocho revistas núcleo en neurocirugía, un cam-

po de publicación consolidada. La educación biológica en contraste representa un dominio interdisciplinario, lo que podría explicar una dispersión moderada de la literatura. La dominancia de CBS-Life Science Education como revista más productiva indica la presencia de una fuente central especializada en investigación educativa biológica y refleja el patrón observado en campos especializados, donde revistas disciplinarias específicas concentran la mayor productividad (Desai et al., 2018; Venable et al., 2014). La caída exponencial hacia las zonas periféricas es característica de la Ley de Bradford (Desai et al., 2018) e indica que pocas revistas concentran numerosos artículos, y que muchas revistas contribuyen mínimamente. Las siete revistas núcleo capturan una fracción sustancial de la literatura relevante y permiten una cobertura amplia y comprensiva sobre el tema (Nordstrom, 1990; Patra & Mishra, 2006).

Palabras clave

La predominancia de términos del perfil de búsqueda valida la estrategia metodológica empleada (Bai et al., 2024). La mayor frecuencia de *science* versus *biology* sugiere la integración del campo dentro de la educación científica, mientras que la prominencia de *students* y *knowledge* refleja un énfasis en los cons-

tructos cognitivos centrados en el aprendizaje (Wang & Chai, 2018). La predominancia de *higher education* y *undergraduate* es consistente con los términos dominantes en la educación universitaria (Wang & Chai, 2018). La baja frecuencia de subdisciplinas específicas, como *cell biology* y *life science*, podría reflejar el énfasis en enfoque integradores sobre la biología. Este patrón contrasta con la fragmentación disciplinar documentada e la estructura organizacional de los departamentos académicos (Labov et al., 2010), sugiriendo que la investigación educativa en biología privilegia los marcos conceptuales unificadores sobre las especializaciones subdisciplinares (Nehm, 2019).

La coexistencia de términos educativos, disciplinares y de desempeño académico podrían estar reflejando la naturaleza multifacética de la investigación en educación biológica.

En conjunto, estas palabras nos proporcionan una comprensión integral de la importancia del enfoque y las orientaciones de la enseñanza y el aprendizaje de la biología en el entorno escolar universitario. El término *science*, denota el conocimiento adquirido a través de la observación y el razonamiento, situando a los estudiantes dentro del contexto general de su significado. La interrelación de este término con los demás descriptores define el contexto de este trabajo y la orientación de la enseñanza de la biología.

Evolución temática

Podemos establecer 3 grandes períodos que nos permiten comprender la trayectoria de los temas desde el inicio hasta el final del tiempo analizado:

1. Al principio (1930-2012): el enfoque es de contenidos científicos puros (genetics, ecology, biology cell).
2. A la mitad del tiempo (2013-2018): se hace énfasis en la pedagogía universitaria, evaluación y conocimiento.
3. Recientemente (2019-2025): hay un giro hacia la enseñanza activa, experiencias de aprendizaje, compromiso y temas de equidad/inclusión.

En los últimos años, el campo parece moverse hacia una educación en biología más inclusiva, experiencial y centrada en el estudiante, posiblemente influida por debates sobre diversidad, aprendizaje post-pandemia o enfoques pedagógicos modernos (active learning, engagement) como el aprendizaje basado en la investigación. En este método se parte de fenómenos existentes, lo que implica que los estudiantes realicen actividades científicas de forma estructurada mediante la investigación de nuevos conocimientos, encontrando, comprobando, recopilando, analizando y extrayendo conclusiones adecuadas de

acuerdo con los datos recopilados. Se sabe que el aprendizaje basado en la investigación promueve el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, necesario en el aprendizaje de la ciencia (Daryanes et al., 2023). Daryanes y Sayuti (2023) aplicaron este método de aprendizaje y encontraron que el pensamiento crítico de los estudiantes aumentó, sobre todo en el indicador “capacidad para expresar ideas”.

Recapitulando, el tema de la enseñanza aprendizaje de la biología ha ido evolucionando del qué enseñar, al cómo enseñar. Esto implica, que ya se sabe qué es lo que tiene que aprender un estudiante, lo que se necesita en la actualidad es un cambio e innovación en las formas de proceder en la enseñanza. Las prácticas docentes deben incluir estrategias colaborativas, instrucción compartida, uso de tecnología y enfoque en necesidades de conocimiento, habilidades y motivación. Se debe resaltar el modelo de competencias de Borromeo-Ferri como base para diseñar experiencias basadas en problemas reales (Rodríguez-Muñoz & Huincahue, 2025). Además, se deben realizar cursos integrados: experimentales-computacionales y de aprendizaje activo (Didier et al., 2025).

Conclusión

Uno de los principios básicos que todo Biólogo comprende es el cambio. Tenemos claro que la vida ha ido cambiando y que seguirá haciéndolo. Este principio esencial debe ser aplicado a las formas de proceder de

la enseñanza-aprendizaje de la biología teniendo en cuenta las siguientes tendencias emergentes:

1. Expansión de la interdisciplinariedad más allá de la biología tradicional.
2. Incorporación creciente de tecnologías digitales, inteligencia artificial y realidad virtual.
3. Enfoque en discusiones explícitas sobre variaciones reales en la práctica científica.
4. Énfasis en aprendizaje activo, colaborativo y basado en problemas reales.
5. Necesidad de marcos teóricos y guías para el diseño educativo.

Referencias

1. Ahmed, S., Adjei-Opong, T., Heim, A., Noyes, K., Schmid, K., Couch, B., Stetzer, M., Senn, L., Vinson, E., Smith, M., & Treibergs, K. (2024). Open Resources for Biology Education (ORBE): a resource collection [Editorial Material]. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 25(2), 5.
<https://doi.org/10.1128/jmbe.00203-23>
2. Alarcón, E., Alvarez, M., Pozo-Rico, T., & Gilar-Corbí, R. (2025). Unlocking Critical Skills: Evaluating Problem-Based Learning in Developmental Biology Education. *Luz*, 24, 15, Article e1531.
3. Ariyanto, E., Sofilda, E., & Rumondang, H. (2025). Dividend Taxes and Corporate Investment: A Bibliometric Analysis. *ABAC Journal*, 45(4).
<https://doi.org/10.59865/abacj.2025.40>
4. Bai, X., Cheng-Xi Aw, E., Wei-Han Tan, G., & Ooi, K.-B. (2024). Livestreaming as the next frontier of e-commerce: A bibliometric analysis and future research agenda. *Electronic Commerce Research and Applications*, 65, 101390.
<https://doi.org/10.1016/j.elerap.2024.101390>
5. Baker, S., Carmona-Galindo, V., Hoque, M., Edriss, F., Alrasyashi, A., Al-Shaghdari, A., Al-wakeel, A., Ali, N., Alkuhali, A., Allen, A., Bangurah, S., Bazoun, W., Benford, H., Doss, D., Eady, A., Dourra, M., Guirgis, H., Hamade, I., Hamo, R.,... Vosbigian, G. (2025). Advancing Integrative Pollinator Biology Education With Course-Based Undergraduate Research Experiences. *Integrative and Comparative Biology*, 65(4), 1007–1017.
<https://doi.org/10.1093/icb/icaf145>
6. Bauermeister, T., Janssen, N., & Engler, J. (2025). Conventional teaching vs. e-learning: A case study of German undergraduate biology students. *Education and Information Technologies*, 30(8), 10979–10995.
<https://doi.org/10.1007/s10639-024-13261-2>
7. Behrens, H., & Luksch, P. (2011). Mathematics 1868-2008: a bibliometric analysis. *Scientometrics*, 86(1), 179–194.
<https://doi.org/10.1007/s11192-010-0249-x>
8. Bowen, C., Coscia, K., Aadnes, M., Summersill, A., & Barnes, M. (2025). Undergraduate Biology Students' Climate Change Communication Experiences Indicate a Need for Discipline-Based Education Research on Science Communication Education about Culturally Controversial Science Topics. *CBE-Life Sciences Education*, 24(2), 19, Article ar24.
<https://doi.org/10.1187/cbe.23-07-0134>
9. Brezuleanu, C., Mihalache, R., Brezuleanu, M., Ungureanu, E., & Sirghia, A. (2024). ADAPTATION OF ENTREPRENEURIAL EDUCATION AND TRAINING IN ECONOMICS FOR THE STUDENTS OF "ION IONESCU DE LA BRAD" UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES (IULS) IASI, ROMANIA, IN THE CONTEXT OF CHANGING LABOUR MARKET NEEDS. *Scientific Papers-Series Management Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 24(1), 135–146.
10. Coelho, R., Bjune, A., Ellingsen, S., Solheim, B., Thormodsaeter, R., Wasson, B., & Cotner, S. (2025). A Call for Clarity: Biology Students Advocate for Guidelines for the Use of Generative AI in Higher Education. *Journal of Science Education and Technology*, 34(4), 853–865.
<https://doi.org/10.1007/s10956-025-10216-1>
11. Daryanes, F., Ririen, D., Fikri, K., & Sayuti, I. (2023). Improving Students' Critical Thinking Through the Learning Strategy "Students as Researchers": Research Based Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*.

12. Daryanes, F., & Sayuti, I. (2023). Research-based learning in biology courses to train students critical thinking skills: Student's perception. *Biosfer*.
13. de Avelar, L., Moreira, A., & Paranhos, R. (2024). School knowledge in researches of teaching biology in young and adult education based in Cultural-Historical perspective. *Educacao*, 49, 26, Article 72370. <https://doi.org/10.5902/1984644472370>
14. DeHaan, R. L. (2005). The Impending Revolution in Undergraduate Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 14(2), 253–269. <https://doi.org/10.1007/s10956-005-4425-3>
15. Desai, N., Veras, L., & Gosain, A. (2018). Using Bradford's law of scattering to identify the core journals of pediatric surgery [; Proceedings Paper]. *Journal of Surgical Research*, 229, 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.03.062>
16. Didier, J., Croce, S., Bayoumi, S., Valceschini, E., Escoffier, H., Gonzalez, E., Kishk, A., Badkas, A., De Landtsheer, S., & Sauter, T. (2025). Challenges and opportunities in systems biology education [Review]. *Endocrine-Related Cancer*, 32(6), 10, Article e250024. <https://doi.org/10.1530/erc-25-0024>
17. Dogru, M., & Faulconer, E. (2025). ChatGPT as a Virtual Laboratory Teaching Assistant in Undergraduate Biology [; Early Access]. *Research in Science Education*, 21. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10271-z>
18. Hall, B., Roberts, R., & Wolyniak, M. (2025). Transforming Molecular Life Sciences Education: Past, Current, and Future Insights and Practices [Editorial Material; Early Access]. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 5. <https://doi.org/10.1002/bmb.70017>
19. He, Y., Li, S., Chen, Z., Liu, B., & Luo, X. (2024). Knowledge-Map Analysis of Undergraduate Biochemistry Teaching Research: A Bibliometric Study from 2012 to 2021. *Journal of Chemical Education*, 101(2), 307–318. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01021>
20. Kadirhanogullari, M. K., & Köse, E. (2024). Misconceptions in Biology Education: A Bibliometric Analysis. *International Journal on Studies in Education*, 6(2), 27. <https://doi.org/10.46328/ijonse.211>
21. La, S., Grochau-Wright, Z., Hoskinson, J., Davison, D., & Michod, R. (2025). Translating Research on Evolutionary Transitions Into the Teaching of Hierarchical Complexity in University Biology Courses. *Ecology and Evolution*, 15(11), 12, Article e72267. <https://doi.org/10.1002/ece3.72267>
22. Labov, J., Reid, A., & Yamamoto, K. (2010). Integrated Biology and Undergraduate Science Education: A New Biology Education for the Twenty-First Century? *CBE-Life Sciences Education*, 9(1), 10–16. <https://doi.org/10.1187/cbe.09-12-0092>
23. Lituma Carriel, S. d. R. (2026). Bibliometric analysis of bioremediation of hydrocarbon-contaminated soils in Ecuador 2019-2025. *eVitroKhem*, 5, 203. <https://doi.org/10.56294/evk2026203>
24. Madamanchi, A., Poindexter, S., Cardella, M., Glazier, J., Umulis, D., & IEEE. (2018, Oct 03–06 2018). Qualitative Findings from Study of Interdisciplinary Education in Computational Modeling for Life Sciences Student Researchers from Emerging Research Institutions. *Frontiers in Education Conference [2018 ieee frontiers in education conference (fie)]*. 48th IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), San Jose State Univ, San Jose, CA.
25. Mathew, S. (2025). Fusion of Biology and Art: An Interdisciplinary STEM Education. *American Biology Teacher*, 87(3), 159–164. <https://doi.org/10.1525/abt.2025.87.3.159>

26. Moya-Méndez, N., & Zwart, H. (2022). Science and poetry: poems as an educational tool for biology teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 17(3), 727–743. <https://doi.org/10.1007/s11422-022-10118-3>
27. Nehm, R. H. (2019). Biology education research: building integrative frameworks for teaching and learning about living systems. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0017-6>
28. Nordstrom, L. O. (1990). BRADFORD LAW AND THE RELATIONSHIP BETWEEN ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY. *Scientometrics*, 18(3-4), 193–203. <https://doi.org/10.1007/bf02017761>
29. Patra, S. K., & Mishra, S. (2006). Bibliometric study of bioinformatics literature. *Scientometrics*, 67(3), 477–489. <https://doi.org/10.1556/Scient.67.2006.3.9>
30. Pinto, M., Escalona-Fernández, M. I., & Pulgarín, A. (2013). Information literacy in social sciences and health sciences: a bibliometric study (1974-2011). *Scientometrics*, 95(3), 1071–1094. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0899-y>
31. Rahioui, F., Jouti, M., & EL Ghzaoui, M. (2025). Exploring the effect of ChatGPT-3 on biology students' lateral thinking skills: a mixed-methods study and impacts for ai-enhanced education. *Telematics and Informatics Reports*, 19, 8, Article 100249. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2025.100249>
32. Rakhmawati, I., Kapelari, S., & Weinberg, L. (2025). A systematic review and network visualization of virtual reality research in biology education [Review]. *Cogent Education*, 12(1), 18, Article 2523141. <https://doi.org/10.1080/2331186x.2025.2523141>
33. Rodríguez-Muñoz, C., & Huincahue, J. (2025). Interdisciplinary practices for teaching biology: a systematic review [Review]. *Journal of Biological Education*, 59(5), 850–868. <https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2399516>
34. Treibergs, K., Stetzer, M., Olson, A., Schmid, K., Adjei-Opong, T., Onimode, R., Noyes, K., Eldermire, E., Couch, B., & Smith, M. (2024). A Scoping Review of Published Lesson Plans Showcases Two Decades of Change in Undergraduate Life Science Education Resources [Review]. *CBE-Life Sciences Education*, 24(4), 15, Article 40. <https://doi.org/10.1187/cbe.25-04-0068>
35. Van, K., Tasawar, S., Brendel, E., Law, C., Mahajan, A., Brownell-Riddell, C., Diamond, N., Ritchie, K., & Monk, J. (2025). Using a 'Students as Partners' model to develop an authentic assessment promoting employability skills in undergraduate life science education. *Febs Open Bio*, 15(3), 506–522. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13941>
36. Venable, G. T., Shepherd, B. A., Loftis, C. M., McClatchy, S. G., Roberts, M. L., Fillinger, M. E., Tansey, J. B., & Klimo, P. (2016). Bradford's law: identification of the core journals for neurosurgery and its subspecialties [Review]. *Journal of Neurosurgery*, 124(2), 569–579. <https://doi.org/10.3171/2015.3.Jns15149>
37. Venable, G. T., Shepherd, B. A., Roberts, M. L., Taylor, D. R., Khan, N. R., & Klimo, P. (2014). An application of Bradford's law: identification of the core journals of pediatric neurosurgery and a regional comparison of citation density. *Childs Nervous System*, 30(10), 1717–1727. <https://doi.org/10.1007/s00381-014-2481-9>
38. Wang, M. Y., & Chai, L. H. (2018). Three new bibliometric indicators/approaches derived from keyword analysis. *Scientometrics*, 116(2), 721–750. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2768-9>

39. Wang, Y. J., Wang, Z. R., Cui, H. R., & Zhang, L. L. (2024). The migrasome as a developmental learning paradigm in cell biology. *Cell Biology International*, 48(9), 1254–1265.
<https://doi.org/10.1002/cbin.12220>

40. Wolyniak, M. J., Safford, S., Klinedinst, S., Barton, L., Fernandes, J., Lee, K., Beason-Abmayr, E., & Sandquist, E. (2025). The Council on Undergraduate Research (CUR) Biology Division: A Dynamic Community Promoting Best Practices in Undergraduate Biology Education [Meeting Abstract]. *Journal of Biological Chemistry*, 301(5), 1, Article 108587.
<https://doi.org/10.1016/j.jbc.2025.108587>

41. Zhu, B., Parsley, K., Griscom, H., Wallace, L., Castellano, R., Gonzalez, R., Ospina, D., & McCartney, M. (2025). Connecting plant science education in undergraduate life science courses to plant awareness disparity, Vision and Change, and sustainability careers. *Journal of Biological Education*, 59(4), 642–656.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2386253>