

Informe: El aprendizaje activo incrementa el desempeño en STEM

Por Scott Freemana, Sarah L. Eddy, Miles McDonougha, Michelle K. Smithb, Nnadozie Okoroafora, Hannah Jordta, y Mary Pat Wenderotha. · 2016-02-01

Reseña de un informe de investigación publicado por PNAS en el que se revela cómo los puntajes promedio de estudiantes en exámenes de asignaturas STEM mejoraron un 6% en sesiones de aprendizaje activo y que los estudiantes que tomaron clases con docencia tradicional tuvieron 1,5 veces más probabilidades de fracasar. Este es el metaanálisis más grande publicado hasta la fecha sobre educación de pregrado en STEM. Los resultados del aprendizaje activo son tan contundentes que se cuestiona la validez de seguir utilizando grupos control bajo aprendizaje tradicional al realizar investigaciones.

EL APRENDIZAJE ACTIVO INCREMENTA EL DESEMPEÑO EN CIENCIAS, INGENIERÍA Y MATEMÁTICAS

Scott Freeman [a], Sarah L. Eddy [a], Miles McDonough [a], Michelle K. Smith [b], Nnadozie Okoroafor [a], Hannah Jordt [a], and Mary Pat Wenderoth [a].

Editado por Bruce Alberts, Universidad de California, San Francisco, CA, artículo aprobado en Abril 15, 2014 (recibido para revisión en octubre 8, 2013)

<http://www.pnas.org/content/111/23/8410.full.pdf> Para comprobar la hipótesis de que las clases maximizan el aprendizaje y el desempeño de un curso, se realizó un meta-análisis de 225 estudios que reportaron datos sobre calificaciones de exámenes/pruebas o tasas de fracaso, al comparar el rendimiento de los estudiantes en cursos de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) en los cuales se

utilizaron clases tradicionales versus aprendizaje activo. Los tamaños del efecto indican que, en promedio, el rendimiento de los estudiantes en exámenes y en el conjunto de conceptos se incrementó en 0.47 desviaciones estándar en el esquema de aprendizaje activo ($n = 158$ estudios) y, la proporción de posibilidades de fracaso, fue de 1.95 con el enfoque de docencia tradicional ($n = 67$ estudios). Estos resultados indican que los puntajes promedio de exámenes mejoraron, en aproximadamente, un 6% en las sesiones de aprendizaje activo y que los estudiantes que tomaron clases con docencia tradicional tuvieron 1,5 veces más probabilidades de fracasar que aquellos que tomaron clases con un esquema de aprendizaje activo.

La heterogeneidad de los análisis indicó que ambos resultados son muy similares y que se mantienen en las diferentes disciplinas STEM; que el aprendizaje activo incrementa en mayor medida los resultados en el conjunto de conceptos, de lo que lo hace en los exámenes/pruebas de las asignaturas; y que el aprendizaje activo mantiene su efectividad sin afectarse por el tamaño o número de estudiantes de las clases. Sin embargo, sus mejores resultados se exteriorizan o demuestran en clases pequeñas, aquellas que tienen menos de 50 estudiantes ($n \leq 50$).

Análisis bajo el procedimiento “Trim & fill” y cálculos con índice de tolerancia a resultados nulos sugieren que los resultados no se deben a sesgos de la publicación, pues mantienen su solidez ante variaciones en el rigor metodológico de los estudios incluidos, basándose en la eficacia de los controles sobre la calidad de los estudiantes y la identidad del instructor. Este es el meta análisis más grande y más comprensivo publicado hasta la fecha sobre educación de pregrado en STEM. Los resultados cuestionan la validez de seguir utilizando grupos control bajo el aprendizaje tradicional al realizar investigaciones y apoya el aprendizaje activo como la práctica de enseñanza empírica más recomendada para las aulas de clase regulares.

IMPORTANCIA

El Consejo de Asesores en Ciencia y Tecnología (TIC) de la Presidencia, ha hecho un llamado para que se incremente en un 33% el número anual de graduados de bachillerato en ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por su sigla en inglés) y recomienda además, enfáticamente, la adopción de prácticas comprobadas de enseñanza empírica que ayuden a alcanzar esa meta. Los estudios analizados en

este informe evidencian que el aprendizaje activo conduce a un mejoramiento en el desempeño en los exámenes/pruebas, pues puede aumentar el promedio de las calificaciones en media letra (NT: En Estados Unidos se califica con base en letras, no con una escala numérica) y argumentan también que las tasas de fracaso en el caso de las clases tradicionales se incrementan en un 55% si se las compara con las observadas para el aprendizaje activo. El análisis apoya la teoría que sostiene que los llamados para incrementar el número de estudiantes que reciban grados en STEM, puede atenderse, al menos parcialmente, renunciado a la enseñanza tradicional en favor del aprendizaje activo.

DISCUSIÓN

Los datos reportados en este informe indican que el aprendizaje activo mejora el desempeño en los exámenes o pruebas, justo por debajo de la mitad de una desviación estándar y, que bajo los métodos de enseñanza tradicionales la tasa de fracaso se incrementa en un 55%. Los análisis de heterogeneidad indican que (i) estas mejorías en desempeño se mantienen en todas las áreas de STEM y que ocurren en todo tipo de tamaño de las clases, tipo y niveles de grados escolares; y (ii) el aprendizaje activo es particularmente benéfico en clases pequeñas, las que tienen pocos estudiantes, además en el aumento del desempeño en el conjunto de conceptos.

Aunque este es el meta análisis más grande y más comprensivo realizado en la literatura en educación de pregrado en STEM hasta la fecha, el tamaño del efecto de la media general de 0.47 que aquí se reporta es casi idéntico al de 0.50 y 0.51 publicados en meta-análisis realizado anteriormente, en los que se reportaba como el uso de alternativas a la enseñanza tradicional impactaba el desempeño en los cursos de pregrado en algunos de los sub conjuntos de las asignaturas o disciplinas de STEM [1, 2]. Por lo tanto, los resultados del presente estudio son consistentes con los encontrados en trabajos previos, realizados por otros investigadores.

Sin embargo, el peso del efecto de la media general de este reporte, está sujeto a consideraciones importantes. Por ejemplo, en razón de que los estudiantes con desempeño deficiente son más propensos a salirse de los cursos en los que tienen dificultades que los estudiantes con alto desempeño, la reducción en los promedios de

deserción bajo el enfoque de aprendizaje activo que acá se documentan pueden disminuir los puntajes promedio en pruebas, lo que significa que el tamaño del efecto de 0.47 en los puntajes para exámenes y para el conjunto de conceptos pueden subestimar el impacto real del aprendizaje activo en los estudios realizados hasta la fecha (SI Materiales y Métodos). En contraste, no está claro si los efectos en tamaños de esta magnitud se observarían si los enfoques de aprendizaje activo se convirtieran en universales. Los profesores que implementan el aprendizaje activo en estos estudios lo hicieron de manera voluntaria. Queda abierta la pregunta de si el desempeño de los estudiantes se incrementaría de manera significativa si a toda la planta de profesores de las Instituciones Educativas se les exigiera implementar estrategias de aprendizaje activo.

Asumiendo que otros profesores o personas que imparten instrucción llevan a cabo prácticas de aprendizaje activo y alcanzan el efecto tamaño promedio aquí documentado ¿qué significado tendría para sus estudiantes un cambio de 0.47 desviaciones estándar en sus exámenes y su conjunto de conceptos?

1. Los estudiantes con niveles de desempeño ubicados en el percentil 50, en una clase en la que la estrategia de enseñanza es la tradicional, con aprendizaje activo se moverían al percentil 68 de esa clase [3], lo que significa que en lugar de tener un puntaje mejor que el 50% de los estudiantes de su clase, el mismo individuo al que se le enseña con aprendizaje activo, tendría un puntaje superior al del 68% de los estudiantes con clase tradicional/magistral.
2. De acuerdo con un análisis de los puntajes de los exámenes en tres de los cursos introductorios de STEM (SI, Materiales y Métodos), un cambio de 0.47 desviaciones estándar produciría un incremento promedio de aproximadamente el 6% en el puntaje de los exámenes lo que se trasladaría en promedio a 0.3 puntos de incremento en el puntaje o nota final. En un sistema de evaluación basado en letras, las medianas en el curso analizado se incrementarían de una B- a una B o de una B a una B+.

El resultado para los cursos de STEM de pregrado se puede comparar también con el impacto de intervenciones educativas a nivel de educación media. Un análisis reciente de reportes de intervenciones educativas en los años de escolaridad (K-12) la media

del tamaño del efecto 0.39 cuando los impactos se miden mediante pruebas diseñadas por investigadores, análogas a los puntajes de los exámenes aquí analizados y, un efecto con media de 0.24 para pruebas estandarizadas de enfoque restringido, similares al inventario de conceptos examinado aquí [4]. Por lo tanto, el tamaño del efecto del aprendizaje activo en el nivel de pregrado aparece mayor que los tamaños de los efectos de las innovaciones educativas en entornos de educación escolar (K-12), en los que efectos de tamaño de 0.20 o aún menores, se consideran de interés para el establecimiento de políticas [4].

Además, existen al menos dos maneras más de ver una razón de oportunidad de 1.95 para el riesgo de no aprobar o perder un curso de STEM:

1. Si los experimentos aquí analizados se hubieran llevado a cabo como pruebas al azar controladas para intervenciones médicas, se debían haber detenido a causa del efecto beneficio, queriendo decir que enrolar pacientes en el grupo control se debería descontinuar debido a que el tratamiento que se está probando muestra claros beneficios. Por ejemplo, un análisis reciente de 143 pruebas médicas realizadas al azar y controladas, se detuvieron por el efecto beneficio pues se encontró que tenían un riesgo relativo promedio de 0.52, con un rango de 0.22 a 0.66 [5]. Además, las directrices de buenas prácticas sugieren que los comités a cargo de manejar los datos deben permitir detener esos estudios si los análisis provisionales tienen muestras de gran tamaño y valores P por debajo de 0.001 [6]. Ambos criterios se cumplían para los porcentajes de fracaso en los estudios educativos que se analizaron: el promedio de riesgo relativo fue de 0.64 y el valor de P, en razones de oportunidad generales fueron $\ll 0.001$. Sin embargo, cualquier analogía con pruebas biomédicas está limitado por la falta de diseños al azar en los estudios que incluyen datos en las tasas de fracaso.
2. Hubo 29.300 estudiantes en 67 con enfoques de lecciones tradicionales que arrojaron datos en porcentajes de fracaso. Dado que la tasa de fracaso en bruto en esta muestra promediaba 33.8% bajo la modalidad de aprendizaje tradicional y 21.8% con aprendizaje activo, los datos sugieren que 3.516 hubieran dejado de perder los cursos en STEM si hubieran contado con la modalidad de aprendizaje activo. En base a suposiciones conservadoras (SI materiales y Métodos), esto se traduce en que se hubieran ahorrado en matrículas, para la población escolar,

\$3.500.000 dólares, si se hubieran expuesto todos los estudiantes al aprendizaje activo. Si el aprendizaje activo se implementara ampliamente, el total de dólares ahorrados en matrículas sería de una magnitud mucho mayor, dado que en el 2010 había 21 millones de estudiantes matriculados en Centros educativos y Universidades; y, que cerca de un tercio de esos estudiantes, cuando ingresaron al primer año de educación secundaria [7, 8], tenían la intención de sacar un grado en los campos de STEM.

Finalmente mejores resultados y menos fracasos deben tener un impacto significativo a lo largo del proceso (“tubo”) que evidencia el problema. Por ejemplo, en el reporte del 2012 del Consejo Asesor para la Presidencia en temas de Ciencia y Tecnología, se hace un llamado, en los Estados Unidos, para conseguir un millón adicional de personas con grados de maestría en STEM, durante la década siguiente, lo que implica un aumento del 33% del actual total anual, y agrega que simplemente si se incrementara el promedio de retención actual del 40% al 50%, se alcanzarían tres cuartas partes de esa meta [9]. De acuerdo con el estudio reciente de una cohorte realizado por el Centro Nacional de Estadísticas Educativas (Center for Education Statistics) [10], hay brechas de 0.5 y 0.4 en los puntajes promedio de los cursos de STEM, en el primer grado para los estudiantes que ingresan del bachillerato y al pregrado, respectivamente, que dan como resultado que ellos abandonen los cursos de los programas de STEM en lugar de persistir en ellos. Un “empujón” del 0.3 en el promedio de las calificaciones o resultados, con el uso de aprendizaje activo, elevaría las “posibilidades” de egreso y las situaría cerca del nivel de desempeño corriente de quienes persisten. Otros análisis de estudiantes que abandonan sus aspiraciones de obtener un grado en STEM, indican que un incremento en los promedios de los que aprueban, notas más altas y mayor compromiso con los cursos, juegan todos un papel positivo en la retención [11, 12, 13].

Además de ofrecer evidencia de que el aprendizaje activo puede mejorar el desempeño en STEM, de los estudiantes de pregrado, los resultados aquí reportados tienen implicaciones importantes para futuras investigaciones. Los estudios que se meta analizaron representan la primera generación del trabajo en educación superior en STEM y, en estos, los investigadores contrastaron una diversidad de métodos de aprendizaje activo e intensidad con el aprendizaje tradicional. Dados los resultados, es

razonable que surjan dudas respecto a continuar usando grupos control bajo aprendizaje tradicional en experimentos futuros. En su lugar, sería más productivo enfocarse en lo que llamamos “investigación de segunda generación” consistente en usar los avances en psicología educativa y en ciencias de la cognición para alentar cambios en el diseño de los cursos [14, 15], para luego probar o comprobar las hipótesis de qué tipo de aprendizaje activo es el más adecuado y efectivo, para ciertos temas o poblaciones estudiantiles [16]. La investigación de segunda generación puede explorar también qué aspectos del comportamiento del profesor son más importantes para alcanzar las mayores ganancias con el aprendizaje activo, y elaborar sobre trabajos recientes que indican que estudiantes mal preparados y sub representados, serían los más beneficiados con los métodos activos. Adicionalmente, sería importante atender aspectos referentes a la intensidad del aprendizaje activo: ¿su uso continuo es siempre mejor? Aunque el tiempo dedicado al aprendizaje activo fue muy variable en los estudios analizados aquí, con rangos que iban desde ambientes de solo 10 o 15% del tiempo de la clase dedicado a preguntas/clickers de lecturas de “estudio” libres, debido a la falta de datos, no pudimos evaluar la relación existente entre la intensidad o tipo de aprendizaje activo y el desempeño de los estudiantes (SI Materiales y Métodos).

En la medida en que continúen las investigaciones, predecimos que el diseño de cursos inspirados en los estudios de segunda generación, darán como resultado ganancias en el desempeño de los estudiantes, en especial cuando el tipo de intervenciones de aprendizaje activo aquí analizadas, que se enfocan solamente en innovaciones en las prácticas de aula, se combinen con la solicitud de ejercicios que deben llevarse a cabo por fuera de las sesiones regulares de clase [17].

Finalmente, los datos sugieren que los profesores de STEM deben comenzar a cuestionarse sobre continuar usando la enseñanza tradicional o clase magistral en sus prácticas educativas de la vida diaria, en especial a la luz del trabajo reciente que indica que el aprendizaje activo confiere enormes beneficios para los estudiantes de las áreas de STEM provenientes de entornos desfavorecidos y para las estudiantes mujeres en estos campos dominados por los hombres [18, 19]. Aunque la enseñanza tradicional o magistral ha dominado la instrucción escolar por más de un milenio y continua teniendo fuertes defensores [20], la evidencia actual sugiere que un enfoque

constructivista del tipo “pregunte, no diga”, conduce a un incremento fuerte en el desempeño de los estudiantes, acrecentando la importancia de los recientes llamados tanto de diseñadores de políticas educativas como de investigadores, para que se apoye a los maestros que están transformando sus cursos de STEM a nivel de la educación superior (5,30).

REFERENCIAS

- [1]. Ruiz-Primo MA, Briggs D, Iverson H, Talbot R, Shepard LA (2011) Impact of undergraduate science course innovations on learning. *Science* 331(6022):1269–1270.
- [2]. Springer L, Stanne ME, Donovan SS (1999) Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology. *Rev Educ Res* 69(1):21–51.
- [3]. Bowen CW (2000) A quantitative literature review of cooperative learning effects on high school and college chemistry achievement. *J Chem Educ* 77(1):116–119.
- [4]. Lipsey MW, et al. (2012) Translating the Statistical Representation of the Effects of Educational Interventions into Readily Interpretable Forms (US Department of Education, Washington).
- [5]. Montori VM, et al. (2005) Randomized trials stopped early for benefit: A systematic review. *JAMA* 294(17):2203–2209.
- [6]. Pocock SJ (2006) Current controversies in data monitoring for clinical trials. *Clin Trials* 3(6):513–521.
- [7]. National Center for Education Statistics (2012) Digest of Education Statistics (US Department of Education, Washington).
- [8]. National Science Board (2010) Science and Engineering Indicators 2010 (National Science Foundation, Arlington, VA).
- [9]. PCAST STEM Undergraduate Working Group (2012) Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics, eds Gates SJ, Jr, Handelsman J, Lepage GP, Mirkin C (Office of the President, Washington).

- [10]. National Center for Education Statistics (2012) STEM in Postsecondary Education (US Department of Education, Washington).
- [11]. Seymour E, Hewitt NM (1997) Talking About Leaving: Why Undergraduates Leave the Sciences (Westview Press, Boulder, CO).
- [12]. Goodman IF, et al. (2002) Final Report of the Women's Experiences in College Engineering (WECE) Project (Goodman Research Group, Cambridge, MA).
- [13]. Watkins J, Mazur E (2013) Retaining students in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) majors. *J Coll Sci Teach* 42(5):36–41.
- [14]. Slavich GM, Zimbardo PG (2012) Transformational teaching: Theoretical underpinnings, basic principles, and core methods. *Educ Psychol Rev* 24(4):569–608.
- [15]. Dunlosky J, Rawson KA, Marsh EJ, Nathan MJ, Willingham DT (2013) Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psych Sci Publ Int* 14(1):4–58.
- [16]. Eddy S, Crowe AJ, Wenderoth MP, Freeman S (2013) How should we teach treethinking? An experimental test of two hypotheses. *Evol Ed Outreach* 6:1–11.
- [17]. Freeman S, Haak D, Wenderoth MP (2011) Increased course structure improves performance in introductory biology. *CBE Life Sci Educ* 10(2):175–186.
- [18]. Lorenzo M, Crouch CH, Mazur E (2006) Reducing the gender gap in the physics classroom. *Am J Phys* 74(2):118–122.
- [19]. Haak DC, HilleRisLambers J, Pitre E, Freeman S (2011) Increased structure and active learning reduce the achievement gap in introductory biology. *Science* 332(6034): 1213–1216.
- [20]. Burgan M (2006) In defense of lecturing. *Change* 6:31–34.

NOTAS DEL EDITOR

[a] Department of Biology, University of Washington, Seattle, WA 98195

[b] School of Biology and Ecology, University of Maine, Orono, ME 04469

CRÉDITOS

Traducción y adaptación libre de algunos apartes del informe de investigación “[Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics](#)” publicado por [PNAS](#) (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America). Las opiniones expresadas en esta adaptación son exclusiva responsabilidad de Eduteka y no son avaladas por PNAS.

*Publicación de este documento en EDUTEKA: Febrero 01 de 2016.

Última modificación de este documento: Febrero 01 de 2016.*