

ESTACIONALIDAD EN LA EFECTIVIDAD DE LA METODOLOGÍA DE AULA INVERTIDA EN UN CURSO DE CIENCIA DE MATERIALES

M. Hinojosa Rivera¹
A. Cázares Yeverino²
G. Rodríguez Morales³

RESUMEN

Actualmente existen en México más de 900 programas educativos de ingeniería acreditados nacionalmente y un número creciente de instituciones están evolucionando hacia estándares globales y buscando el reconocimiento internacional, al tiempo que se evolucionan de modelos basados en contenidos a los basados en competencias. Estos avances van aparejados por esfuerzos por incorporar metodologías vanguardistas en la enseñanza de la ingeniería, que sin embargo parece ser todavía esencialmente tradicionalista.

En este trabajo se discute la experiencia en el uso de la metodología de aula inversa aplicada a un curso de Ciencia de Materiales que se dicta a estudiantes de Ingeniería de segundo semestre y se exponen los resultados de un estudio orientado a evaluar la efectividad de esta técnica. La metodología implementada se auxilió con el uso de la plataforma Nexus de la UANL en la que se montaron todos los materiales del curso, que consisten en lecturas, presentaciones, videos, actividades de aprendizaje diseñadas para cada módulo del curso y una actividad integradora. El estudio se realizó en dos semestres consecutivos (Primavera y Otoño 2015), un sondeo revela que el perfil de los estudiantes es significativamente diferente, en el grupo de Primavera los estudiantes (N1=42) pertenecían a los programas de Materiales y de Aeronáutica, mientras que el segundo (N2=25) estaba integrado por estudiantes de seis programas diferentes, un estudio adicional sugiere también diferencias significativas en el perfil socioeconómico de ambos grupos. El desempeño académico fue radicalmente diferente, con porcentajes de asistencia por sesión estables de alrededor de 85-90 % para el grupo de primavera mientras que el grupo de otoño tuvo una asistencia irregular de entre 50 y 90 %. El porcentaje de evidencias entregadas a tiempo fue de 55 y 30 para los grupos de primavera y otoño, respectivamente. La tasa de aprobación fue mayor en 48 puntos porcentuales para el grupo de Primavera, sin embargo la calificación más alta fue la misma en ambos casos (96), lo que refuerza la hipótesis de que el rendimiento grupal está fuertemente asociado al carácter heterogéneo del grupo de Otoño, que fue acompañado de una percepción de baja motivación y autoestima. Las encuestas aplicadas revelan aceptación unánime de la metodología de Aula Invertida en ambos grupos. De acuerdo a nuestros resultados, típicamente los estudiantes están más motivados e interesados cuando se emplea esta técnica que cuando se trabaja a la manera tradicional, sin embargo también parece ser cierto que cuando los estudiantes tienen situaciones de alguna manera irregulares y están poco motivados, como es el caso de una porción de los estudiantes del grupo de Otoño, esta metodología no logra tener un impacto positivo en su desempeño. Este efecto estacional merece ser estudiado con mayor amplitud y profundidad.

En relación a la experiencia previa, el aprovechamiento académico no mostró un incremento significativo, pero se obtuvo una excelente respuesta en cuanto a la percepción de los estudiantes en ser atendidos. La mayoría de los estudiantes no habían tenido una experiencia de esta naturaleza y manifiestan alta satisfacción. La herramienta de foros tuvo una respuesta decepcionante.

ANTECEDENTES

En años recientes, algunos sectores de la industria mexicana han incrementado significativamente su competitividad, como es el caso de la industria de manufactura en los campos automotriz y aeroespacial, entre otros. Esto trae aparejada una fuerte demanda de ingenieros competitivos a nivel global. Afortunadamente, la matrícula de estudiantes de

¹ Subdirector de Innovación de la FIME-UANL. hinojosamoises@yahoo.fr

² Profesor de Tiempo completo de la FIME-UANL. acayeve@gmail.com

³ Profesor de Tiempo completo de la FIME-UANL. gustavo.rodriguezml@gmail.com

Ingeniería en México se ha venido incrementando, situación que parece ser diferente a la algunos países desarrollados como los Estados Unidos.

En la actualidad, las universidades mexicanas gradúan anualmente más de 110,000 ingenieros (World Economic Forum 2015) y puede decirse que están transitando hacia estándares internacionales, las universidades líderes están paulatinamente recibiendo acreditaciones internacionales y promueven el uso de métodos modernos de enseñanza-aprendizaje, al tiempo que se evoluciona de los modelos curriculares tradicionales basados en contenidos a modelos basados en competencias (Hinojosa, Reyes, Cázares, 2015).

Sin embargo, tiene que reconocerse que existen retos que afrontar en áreas tan importantes como las Matemáticas y la Física, en las que los estudiantes mexicanos exhiben serias debilidades cuando se les compara con estudiantes de otros países como Estados Unidos, Francia y Alemania (Puryear, Ortega 2008; OECD, 2014). Además, es conocido en la comunidad académica del nivel Superior que los estudiantes mexicanos de intercambio internacional experimentan problemas, debido a sus deficiencias de formación en dichas disciplinas, si bien no existen, hasta donde los autores saben, muchos estudios formales publicados acerca de esta situación que parece ser generalizadas en América latina. Es posible especular acerca de los factores que influyen en esta situación: una deficiente educación previa, profesores que no necesariamente son expertos en la enseñanza de las ciencias, dificultades de adaptación a los niveles más exigentes en las escuelas de Ingeniería, respecto del nivel de las preparatorias, malos hábitos de estudio, etc. Es también conocido que la educación primaria en México no provee un adecuado nivel en Matemáticas y Ciencias 4, lo que a la larga implica que las escuelas de Ingeniería reciben estudiantes que han tenido una muy deficiente formación previa en las herramientas fundamentales de la Ingeniería.

No es muy aventurado afirmar que, con pocas excepciones concentradas principalmente en universidades privadas, los métodos educacionales empleados en la enseñanza de la ingeniería en México son mayormente tradicionales, si bien hay un cierto auge de los métodos y plataformas de enseñanza en línea.

Siguiendo tendencias internacionales, en las últimas décadas, la universidad públicas mexicanas han explorado las modalidades de la educación a distancia o en línea. Sin embargo, el uso de metodologías innovadoras como el Aula Invertida (Educación Invertida), la Gamificación o Ludificación, es frecuentemente el resultado de iniciativas personales de profesores entusiastas más que la manifestación de estructurados programas institucionales. Existe claramente una necesidad de promover los métodos y herramientas educacionales modernas, por razones análogas, la efectividad de estas técnicas, documentada en estudios internacionales (Deslauriers, Schelew y Wieman 2011) no ha sido estudiada a detalle en nuestro país, en particular en el área de Ingeniería.

Una revisión seria, aunque ciertamente no exhaustiva, de la literatura acerca de las ventajas de usar estos métodos en educación en Ingeniería revela que los esfuerzos se concentran en Estados Unidos y en Europa (Wouters y van der Spel, 2009; Guillén Nieto, 2012; Conolly, 2012; Hamari, 2014; Dominguez, 2013; Szparagowski, 2014; Bishop, 2013 y Marlowe 2012). Existen algunos estudios publicados en América Latina, la mayoría presentados en foros regionales o nacionales (ITESM 2014, ITESM 2015).

A nivel internacional, es sabido que la efectividad de los métodos educacionales tiene que ver con el contexto social y lo que funciona bien en cierto grupo social, cultural o étnico, puede no funcionar bien en otros contextos. Aquí podemos agregar que los que funcionan bien en disciplinas de las ciencias sociales pueden no funcionar igual en la educación en Ingeniería. De ahí la necesidad de realizar estudios como el aquí presentado.

El método de aula invertida (Bergman y Sams, 2012), se basa en la inversión del uso del tiempo, partiendo de que tradicionalmente el tiempo en el aula se usa para exponer a los estudiantes a nueva información que deben escuchar, y a la vez tomar apuntes sobre lo expuesto por el profesor. El profesor “encarga” una tarea más o menos retadora que el estudiante debe efectuar normalmente solo en su casa. En el aula invertida, se proporciona al estudiante por adelantado el material que tiene que consultar y analizar, en una diversidad de modalidades que pueden o no aprovechar las nuevas tecnologías de información (lecturas, videos, plataformas digitales, etc.) y se dedica el tiempo en el aula para disipar dudas, retroalimentar a los estudiantes, resolver ejemplos y profundizar en los temas, entre otras actividades. Una de las ideas centrales es que el estudiante tenga apoyo experto cuando más lo necesita, cuando se encuentra con problemas y dificultades que normalmente tiene que afrontar en soledad.

El estudio aquí presentado se realizó en el año 2015 en grupos de Ingeniería de segundo semestre, a continuación se detalla la metodología empleada.

METODOLOGÍA

En este estudio analizamos los resultados obtenidos al usar el método de aula invertida complementado con otras características innovadoras, en el curso de Ciencia de materiales en dos semestres consecutivos, primavera y otoño de 2015 (enero-junio) y (agosto-diciembre), Tabla 1.

Este curso se ofrece a estudiantes de primer año en su segundo semestre, de forma tal que los estudiantes de este curso fueron admitidos seis meses antes, esto es importante al considerar los perfiles de los estudiantes y el efecto “estacional” documentado.

Este curso ha incorporado en el transcurso del tiempo varias innovaciones: se expone en modalidad bilingüe, las exposiciones orales se realizan en español con apoyos redactados en inglés, todas las tareas y exámenes están también redactados en inglés. El profesor es de tiempo completo, es investigador del área de materiales y tiene veinte años de experiencia docente.

El curso se dicta en modalidad bilingüe desde el año 2005, y se usa también el método de aprendizaje basado en problemas. Los elementos de aula invertida implican que todo el material didáctico está disponible para que los estudiantes lo revisen y estudien antes (e incluso después) de la sesión presencial, las veces que consideren necesario, de manera que en la sesión presencial se libera tiempo para dedicarlo a resolver ejercicios y aclarar todo género de dudas. La evaluación del aprovechamiento del curso toma en cuenta la realización y entrega oportuna de diez actividades o tareas, un examen de medio curso y un examen final.

Para los propósitos de este estudio se usaron las mismas tareas o actividades de aprendizaje y los mismos reactivos en los exámenes aplicados en los dos periodos lectivos considerados, siempre respetando el reglamento institucional de evaluaciones vigente.

Con propósitos de monitoreo comparativo, se registró semanalmente el porcentaje de actividades realizadas y entregadas a tiempo. Al final del curso se aplicó una encuesta orientada a evaluar el grado de satisfacción con los diferentes elementos del curso.

Desde el semestre Agosto-Diciembre 2014, en esta unidad de aprendizaje se usa la plataforma Nexus, desarrollada en la UANL, en la que todos los materiales del curso están disponibles desde el inicio del mismo, esto incluye las presentaciones, artículos selectos, instrucciones para cada semana, videos, foros de discusión, correo electrónico, ligas a páginas de otros cursos similares, etc. Los estudiantes entregan sus actividades a través de la plataforma en periodos con límites definidos y todos los estudiantes reciben invariablemente retroalimentación sobre sus tareas en un tiempo máximo de 72 horas.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Comparamos dos grupos de un curso de Ciencia de Materiales, que se ofrece a estudiantes de segundo semestre, los grupos corresponden a semestre consecutivos de primavera y otoño, en este curso se usó la metodología de Aula Invertida. Ambos grupos presentaban una variación en el perfil de los estudiantes. El primer grupo estaba compuesto por estudiantes pertenecientes a dos programas o carreras (Ingeniería de materiales e Ingeniería Aeronáutica), mientras que el segundo era un grupo heterogéneo con estudiantes pertenecientes a seis diferentes carreras. Incidentalmente, un ejercicio de análisis sugiere una significativa diferencia cualitativa en el entorno socioeconómico de ambos grupos.

Nótese en la Tabla 1, que los dos grupos tuvieron resultado muy diferentes, desde la asistencia en el curso de primavera, que fue muy estable, variando entre 85-90%, mientras que el grupo de otoño tuvo una variación más amplia, entre 50 y 90 %. La entrega en tiempo de las actividades o tareas también fue muy diferente, de 55 % y 30 % para los grupos de primavera y otoño, respectivamente. No sorprende que las calificaciones promedio y la tasa de aprobación hayan sido también muy diferentes, nótese en la Tabla 1 que la tasa de aprobación fue 48 puntos menores para el grupo de verano, comparado con el grupo de otoño. Nótese además que la calificación más alta (96) fue exactamente la misma, lo que sugiere que los menores puntajes y tasas de aprobación del grupo de otoño están asociados al carácter más heterogéneo de este grupo, incluyendo los bajos niveles percibidos de motivación y autoestima.

Tabla 1. Comparación de los dos grupos del curso Ciencia de Materiales.

	Primavera 2015	Otoño 2015
Número de estudiante (N)	42	25
Calificación promedio	75	45
Calificaciones mínima y máxima	40, 96	0, 96
Tasa de aprobación (%)	86	48
Porcentaje de actividades completas recibidas a tiempo.	54	14

Estos contrastantes resultados no llevaron a buscar una posible explicación de que los puntajes promedio y la tasa de aprobación hayan sido muy diferentes para ambos grupos, con muy buenos resultados para el primer grupo en términos de motivación, participación y tasa de aprobación. El análisis realizado y presentado a continuación indica que estas diferencias pueden asociarse a un efecto que llamaremos “estacional”.

Una de las observaciones fue que el grupo de primavera era más o menos homogéneo, 38 de los 42 estudiantes pertenecían a las carreras de Materiales o de Aeronáutica. Cabe señalar que estos programas tienen características un tanto especiales, el de Materiales es un programa muy orientado a la investigación aplicada y cuenta con acreditación internacional, mientras que el de Aeronáutica (disciplina que *per se* tiene cierto glamour) tiene un proceso de admisión que requiere dominio del idioma inglés y entrevistas con los responsables del programa. La experiencia indica que estos programas académicos tienden a atraer estudiantes con ciertas características: en este caso, fueron admitidos en el otoño del año anterior y pueden considerarse estudiantes “regulares”, típicamente obtuvieron “buenos” puntajes en sus exámenes de admisión, dominan por lo menos razonablemente el inglés o tienen altos niveles de dominio, cerca del 50 % de ellos estudiaron su preparatoria en instituciones privadas y puede asumirse en base a ello que provienen de un entorno socioeconómico favorable. Consideramos “regulares” a los alumnos que ingresaron en otoño dado que egresaron típicamente a tiempo de la preparatoria, al terminar su cuarto o sexto semestre en el periodo de primavera 2015.

Una observación adicional, por el momento empírica pero en proceso de estudio formal, es que los estudiantes que provienen de preparatorias privadas tienden a exhibir contrastantes deficiencias en ciencias comparadas con otras fortalezas como alto nivel de motivación, autoestima, actitud, dominio del inglés, etc. Por otra parte, el grupo de otoño estaba integrado por estudiantes que se pueden considerar irregulares, fueron admitidos en enero 2015, habiendo egresado con retraso de la preparatoria, pertenecían a seis programas diferentes y sus puntajes en el examen de admisión eran en general relativamente bajos (el impacto de este factor es objeto de un estudio en curso), provienen de diversas preparatorias, la mayoría públicas y son de clase media, o media-baja típicamente.

A manera de autocrítica, es necesario que las prácticas de evaluación de competencias de vanguardia desaconsejen evaluar el desempeño de los estudiantes en base a un solo indicador, como los es aquí la calificación final obtenida por cada alumno y el promedio del grupo, sin embargo, en esta etapa del estudio optamos por apegarnos a los indicadores escolares oficiales. Para estudios posteriores ya se está trabajando en la evaluación del desarrollo incremental de las competencias a las que este curso está ligado.

En otro orden de ideas, la encuesta de salida revela una aceptación prácticamente unánime de la técnica de aula invertida para ambos grupos (95 %). Un típico estudiante regular parece más motivado e interesado, incluso entusiasmado, cuando se usa el aula invertida, comparado con la experiencia cuando el curso es expuesto en la manera expositiva tradicional. A manera de ejemplo, una opinión típica es la siguiente: “El contenido fue muy completo y me parece excelente la modalidad que se adopta en la enseñanza. Nunca había tenido clases del tipo “Flipped classroom”; pero me sentí muy cómodo con esta forma de trabajo”. Sin embargo, parece claro que cuando los estudiantes provienen de un entorno poco favorecido y/o han

tenido una trayectoria un tanto problemático y/o tienen escasa motivación, esta metodología no tiene un impacto positivo en su desempeño académico.

CONCLUSIONES

La metodología de aula invertida fue aceptada de manera prácticamente unánime por los estudiantes de ambos grupos, sin embargo los resultados en el aprovechamiento fueron muy distintos, con el grupo de primavera teniendo un rendimiento muy superior al de otoño y con claras diferencias en motivación, asistencia y entrega de actividades. De acuerdo a nuestros resultados, típicamente los estudiantes están más motivados e interesados cuando se emplea esta técnica que cuando se trabaja a la manera tradicional, sin embargo también parece ser cierto que cuando los estudiantes tienen situaciones de alguna manera irregulares y están poco motivados, como es el caso de una porción de los estudiantes del grupo de otoño, esta metodología no logra tener un impacto positivo en su desempeño. Este efecto estacional parece conjugarse con el entorno socioeconómico, lo que sugiere un fuerte factor que no se había considerado al inicio de estudio y que merece ser estudiado con mayor amplitud y profundidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Bergmann J, Sams, A. (2012), *Flip your Classroom*, ISTE, ASD.
- Bishop J.L, Verleger M. (2013), *The Flipped Classroom: A Survey of the Research*, 120th ASEE Annual Conference.
- Connolly T.M., Boyle E. A., MacArthur E., Hainey T, Boyle J. (2012), *A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games*, *Computers & Education* 59, pp. 661–686.
- Deslauriers L, Schelew E, Wieman C. (2011), *Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class*, *Science* 332, 862.
- Domínguez A, Saenz-de-Navarrete J, De-Marcos L, Fernández-Sanz L., Pagés C., Martínez-Herráiz J.J (2013), *Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes*, *Computers & Education* 63, 380–392
- Guillén V., Aleson-Carbonell M. (2012), *Serious games and learning effectiveness: The case of It's a Deal!*, *Computers & Education* 58, 435–448
- Hamari J., Koivisto J., Sarsa H (2014), *Does Gamification Work? — A Literature Review of Empirical Studies on Gamification*, 47th Hawaii International Conference on System Science.
- Hinojosa M, Reyes-Melo M. E, Cázares J. A (2015), ASEE Conference 2015, *Educational Objectives, Outcomes and Competencies Assessment for a Latin American Materials Engineering Program*, 122nd ASEE Annual Conference.
- ITESM (2014), *Memorias del Primer Congreso Internacional de Innovación Educativa*.
- ITESM (2015) *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Innovación Educativa*.
- Marlowe, C (2012) *The Effect Of The Flipped Classroom On Student Achievement And Stress*, Montana State University, Bozeman, Montana.
- OECD (2014) *What Students Know and Can Do: Student Performance in Mathematics, Reading and Science, in PISA 2012 Results in Focus What 15-year-olds know and what they can do with what they know*, Program for International Students Assessment.

- Puryear J. y Ortega T. (2008), *Building Human Capital: Is Latin American Education Competitive?, en Can Latin America Compete?: confronting the challenges of globalization*, editado por Jerry Haar y John Price, Palgrave.
- Szparagowski, Raymond, "*The Effectiveness of the Flipped Classroom*" (2014). Honors Projects. Paper 127.
- World Economic Forum (2015), *Unesco Institute for Statistics. Top ten countries with the most graduates in Engineering, Manufacturing and Construction*.