

## EVALUACIÓN DE UN CURSO DE CÁLCULO DESDE UNA PERSPECTIVA CONSTRUCTIVISTA

Ofelia Vizcaino Díaz

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Ciudad de México

[ovizcain@campus.ccm.itesm.mx](mailto:ovizcain@campus.ccm.itesm.mx)

### Resumen

La evaluación es una actividad compleja que involucra una gran cantidad de aspectos a ser tomados en cuenta tales como metodología de enseñanza, concepciones del profesor y de los estudiantes acerca de cómo se debe enseñar para aprender, actividades planteadas al interior del aula, currículo, objetivos institucionales, etc. Qué tan efectivas fueron éstos en conjunto es el objetivo de la evaluación. La evaluación debe convertirse en un proceso enriquecedor que permita replantear cada uno de los aspectos anteriores. Por otro lado debe permitir a los profesores describir la situación académica de los estudiantes de la manera más fidedigna posible, otorgando tanto a estudiantes como a profesores e institución la oportunidad de reconocer las fortalezas y debilidades con el único fin de mejorar la parte que a cada uno le corresponde. Es importante mencionar que existe poca investigación alrededor de este importante aspecto del proceso de enseñanza y aprendizaje. En la posición de un grupo de investigadores RUMEC se plantea: ¿Qué podemos hacer para mejorar el aprendizaje de los estudiantes? Éste sugiere estrategias para conseguir la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje, las cuales involucran varias innovaciones entre las cuales se incluyen: el ciclo de enseñanza ACE (actividades en la computadora, discusiones en el salón de clase y ejercicios), el aprendizaje colaborativo, discusiones diseñadas para estimular la construcción de conceptos matemáticos. Todas éstas fundamentadas en la teoría APOE (Acciones, Procesos, Objetos y Esquemas). Pero surgen las interrogantes: ¿cómo evaluar el conocimiento de un estudiante si su trabajo siempre ha sido colaborativo? ¿qué significado puede tener la respuesta a una pregunta específica en un examen cronometrado? ¿cuál debe ser el mejor criterio para decidir su calificación final? Implementan una metodología de evaluación que combina datos cuantitativos y cualitativos para determinar la construcción de estructuras mentales. El acercamiento anterior nos presenta una perspectiva interesante pero aún inconclusa acerca de la evaluación del proceso enseñanza y aprendizaje; sería nuestro deseo una mayor investigación alrededor de ella. La evaluación de los aprendizajes de cualquier clase de contenidos debe poner al descubierto lo más posible todo lo que los alumnos dicen y hacen al construir significados valiosos a partir de los contenidos curriculares. De ahí la importancia de recurrir a la experiencia y habilidad del docente para plantear tareas e instrumentos de evaluación sustantivas que sean sensibles e informativas. Si los profesores no contaran con las presiones administrativas conocidas, seguramente la metodología de evaluación elegida no serían los exámenes.

Este proyecto plantea la hipótesis: ¿La evaluación de los estudiantes a través del tratamiento instruccional ACE genera las mismas notas de evaluación a través de entrevistas personalizadas? Nadie puede negar que la evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje es una actividad compleja para los profesores, sin embargo los métodos simplistas para mejorar ésta pueden generar resultados muy pobres y tal vez contraproducentes, pero al mismo tiempo ese análisis constituye una tarea necesaria y fundamental en la mejora de dicho proceso. Es compleja porque dentro del proceso educativo puede analizarse prácticamente todo, lo cual implica aprendizajes, enseñanzas, acción docente, contexto educativo, programas, currículos y aspectos institucionales. La evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje dentro de una metodología tradicional asigna a cada alumno un valor numérico que parece ser de su exclusiva responsabilidad; así la calificación del alumno para los padres, profesores y los mismos alumnos es el resultado de su capacidad y su falta o derroche de esfuerzos. En el caso de fracasar será él quien deberá pagar las consecuencias. Sólo él deberá cambiar. Lo demás, podrá seguir como estaba. Nadie cuestiona a los profesores acerca de los aspectos que se tomaron en cuenta para generar la evaluación de los estudiantes. La evaluación se convierte en proceso conservador. Sin la información que nos proporciona la evaluación no tendríamos argumentos suficientes para proponer correcciones y mejoras al proceso de enseñanza y aprendizaje. Al desempeñar su función en alguna institución educativa, cualquier docente tiene una cierta concepción implícita del modo en que se aprende y se enseña, así como una cierta concepción coherente con ésta, sobre cómo, cuándo, por qué, y para qué evaluar, con el fin de poder asegurarse que las experiencias educativas que proponga en el acto de enseñanza produzcan datos positivos. El conseguir que los estudiantes se apropien de los conceptos específicos del curso es el único fin de los profesores, pero esto no ocurre por el simple deseo de que así sea, ahí entran en juego varios aspectos: el contenido, las creencias del profesor, la metodología usada para la

enseñanza, la teoría cognitiva elegida, las actividades planteadas a los estudiantes, los objetivos institucionales, etc., qué tan efectivos han resultado en conjunto éstos es el objetivo de la evaluación. Aportar a la reflexión en este ámbito es el propósito de este artículo.

### **Antecedentes**

En los últimos años han aparecido distintas aproximaciones y paradigmas sobre el aprendizaje de las matemáticas cuyo objetivo principal es ayudar a los estudiantes a aprender Cálculo. Sin embargo poca ha sido la investigación en torno a la evaluación en éstas aproximaciones. En la posición de un grupo de investigadores RUMEC (Research in Undergraduate Mathematics Education Community) se plantea entre muchos otros el siguiente cuestionamiento: ¿Qué podemos hacer para mejorar el aprendizaje de los estudiantes? (Ver Dubinsky, E., 1992. [13]). El grupo plantea estrategias para conseguir la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje las cuales involucran varias innovaciones entre las cuales se incluyen: el ciclo de enseñanza ACE (actividades en la computadora, discusiones en el salón de clase y ejercicios), el aprendizaje colaborativo, la construcción por parte de los estudiantes de sus conceptos matemáticos en la computadora, discusiones diseñadas para estimular la construcción de conceptos matemáticos. Todas éstas fundamentadas en la teoría APOE. Pero surgen las interrogantes: ¿cómo evaluar el conocimiento de un estudiante si su trabajo siempre ha sido colaborativo?; si ellos han construido los conceptos matemáticos en la computadora, ¿cómo decidir si esas mismas construcciones se han dado en su mente? ; ¿qué significado puede tener la respuesta a una pregunta específica en un examen cronometrado? ; ¿los estudiantes entendieron en la pregunta lo mismo que el profesor quiso preguntar?, ¿cómo podemos decidir con certeza si un estudiante aprendió matemáticas en su curso?, ¿cuál debe ser el mejor criterio para decidir su nota final?. Implementan una metodología de evaluación que combina datos cuantitativos y cualitativos para determinar la construcción de estructuras mentales en los estudiantes y concluyen que si los estudiantes participan en todas las actividades del curso, cooperan en sus grupos, realizan razonablemente bien sus exámenes, etc., entonces las construcciones mentales fueron hechas. La evaluación aplicada a los estudiantes incluye: *Tareas semanales en la computadora, tareas semanales, discusiones en el salón de clase. tres exámenes parciales y un examen final.*

La calificación final dada a los estudiantes es obtenida dando un peso igual a cada uno de los rubros anteriormente citados. Los acercamientos anteriores nos presentan una perspectiva interesante pero aún inconclusa acerca de la evaluación del proceso enseñanza y aprendizaje; sería nuestro deseo una mayor investigación alrededor de ella.

**Ningún instrumento es por sí mismo suficiente si no se utiliza en forma inteligente y reflexiva.**

### **Planteamiento del problema**

El trabajo de un grupo de investigadores (RUMEC) ha mostrado una posición novedosa e interesante con respecto a la evaluación del aprendizaje de las matemáticas. Reclaman una actividad efectiva de los estudiantes para crear su propio conocimiento, para esto diseñan un tratamiento instruccional ACE que se fundamenta en la teoría APOE. El tratamiento instruccional consta de una serie de actividades que ellos realizan en el laboratorio de

computación, discusiones en clase y ejercicios tradicionales. Afirman que el análisis de la consecución de los objetivos matemáticos debe hacerse basándose en la conducta de los alumnos frente a ciertas actividades o tareas matemáticas en el aula y no sólo respecto pruebas cerradas. En este nuevo tipo de análisis de logros cognitivos se afirma que la reflexión epistemológica sobre la construcción del conocimiento proporciona ideas sobre diversos tipos de fenómenos de aprendizaje que sobrepasan lo que un examen puede interpretar; de manera que la evaluación pasa a ser un eje importante del proceso educativo. Sin embargo aún existen cuestionamientos en torno a esta metodología de evaluación :

Las tareas computacionales semanales realizadas en equipo tienen por objetivo permitir que los estudiantes mediante el trabajo colaborativo construyan las estructuras mentales necesarias para apropiarse de un concepto, pero si el trabajo lo realizaron en equipo..., ¿cómo tener la seguridad de que cada uno de los integrantes construyó las estructuras mentales necesarias para conseguir tal objetivo?, ¿cómo tener la seguridad de que la calificación asignada al equipo, tiene validez para cada integrante?, ¿cómo poder asignar la calificación a un estudiante de la manera más justa posible?.

Por otro lado los ejercicios tradicionales son entregados semanalmente y por equipo, pero, ¿cómo podemos asegurarnos de que éste fue realizado realmente en equipo?, ¿cómo asegurar que cada estudiante entiende y puede resolver cualquiera de los ejercicios entregados?

En el primer examen por equipo en el cual cada integrante recibe la misma calificación, ¿será justa esta medida para todos los integrantes del equipo?, ¿participaron en la misma medida cada uno de los integrantes del equipo?

Segundo examen resuelto individualmente, cada alumno recibe dos calificaciones, la de su examen y el promedio de calificaciones de los integrantes de su equipo, ¿qué tan justo es asignar a cada estudiante el promedio de las calificaciones de su equipo?. Tercer examen igual.

Examen final resuelto individualmente además de contar con un tiempo límite para su realización, cada alumno recibe sólo su calificación. ¿Qué tanto puede reflejar la calificación de éste los conocimientos del alumno posee?, ¿de qué manera influye en la realización de un examen limitar el tiempo para su resolución?.

Participación en clase, cada alumno recibe una calificación por actividad efectiva durante las sesiones de resolución de problemas.

¿De qué manera esta metodología de evaluación contribuye a la aprobación de alumnos que no deben ser aprobados?, ¿de qué manera el trabajo colaborativo contribuye a esta situación?

Por otro lado una metodología de evaluación capaz de generar con mayor certeza la nota de un estudiante es a través de una entrevista personalizada. La cual mediante un adecuado diseño, aplicación y análisis debe permitir al profesor percibir la calidad y cantidad de conocimientos que posee cada uno de los estudiantes, así como el nivel de construcción de estructuras cognitivas que el alumno ha desarrollado. Esta metodología de evaluación que parece ser la solución educativa, ya que proporcionaría la información necesaria acerca de la adquisición de los conocimientos de un alumno al terminar un curso, presenta varias desventajas. Por un lado el diseño de los cuestionamientos aplicados deben poner al descubierto el nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes, es decir, no contener preguntas cerradas; para lo cual requiere práctica en la elaboración de éstos por parte del profesor. Además del diseño de una metodología que permita la recopilación y análisis de

información cuantitativa, que oriente al profesor en la toma de la decisión acerca de la nota que le corresponde a cada estudiante. Además de la gran cantidad de tiempo que requiere la aplicación y análisis de cada una de las entrevistas. Todo lo anterior la vuelve una metodología impráctica para ser usada durante los cursos. Este trabajo desea comparar la metodología de evaluación planteada a través del tratamiento instruccional ACE fundamentada en la teoría APOE, con una metodología de evaluación que da un acercamiento más real a la situación cognitiva de los estudiantes, consistente en entrevistas personalizadas a alumnos seleccionados aleatoriamente. La propuesta de este anteproyecto de Tesis es: ¿La evaluación de los estudiantes a través del tratamiento instruccional ACE genera las mismas notas que la evaluación a través de entrevistas personalizadas? Haciendo uso de métodos cualitativos y cuantitativos generar un panorama de las ventajas y desventajas que esta evaluación conlleva.

### **Avances de investigación**

#### **Evaluación propuesta por RUMEC**

Durante el semestre agosto-diciembre de 2001 se implementó en un grupo de Cálculo la metodología planteada por RUMEC, mediante la cual se sugiere el ciclo de enseñanza ACE fundamentado en la teoría APOE. El objetivo de esta implementación fue investigar si la evaluación planteada por RUMEC generaba los mismos resultados que los que vertiera una evaluación realizada a través de entrevistas personalizadas.

Para realizarla se consiguieron las siguientes condiciones:

1. Organización del curso en semanas.
2. Organización de los alumnos en grupos de trabajo permanentes.
3. Actividades colaborativas realizadas en computadora.
4. Organización de discusiones en el salón de clase.
5. Realización de ejercicios tradicionales.
6. Realización del primer examen de manera colaborativa.
7. Realización del segundo examen resuelto de manera individual.
8. Realización del tercer resuelto de manera individual.
9. Realización de un examen final resuelto de manera tradicional.
10. Registro de las participaciones de los estudiantes durante las discusiones y resolución de problemas por equipos.

La distribución del curso en semanas se hizo con el objetivo de aplicar en la medida de lo posible el ciclo de enseñanza ACE fundamentado en la teoría APOE. La organización del grupo en equipos permanentes de trabajo fue hecha con el fin de que las actividades en computadora, tareas y ejercicios fueran realizados y entregados por equipo. Las actividades en computadora fueron realizadas la primera sesión de cada semana. Los estudiantes recibieron la instalación del programa que contenía el lenguaje ISETL en cada una de sus computadoras, además de que se encontraba instalado en un laboratorio de computación al cual ellos tenían acceso durante toda la semana de 7:00 a 19:00 horas. Los primeros acercamientos que tuvieron los estudiantes con ISETL fueron de duda, ¿para qué necesitamos un lenguaje de programación para aprender matemáticas?

Para conseguir una actitud de aceptación hacia las actividades fue necesario explicarles una y otra vez que la filosofía del curso planteaba la necesidad de la formación de estructuras

cognitivas previas al encuentro con los conceptos a estudiar. Las discusiones en el salón de clase se llevaban a cabo la segunda sesión de cada semana, iniciando con el planteamiento de actividades a desarrollar de manera colaborativa y que podían ir desde 5 hasta 15 minutos al término. Finalmente cuando se consideró apropiado, se decidió dar explicaciones, respuestas y notaciones necesarias para los estudiantes, además en esta sesión se daban los teoremas, pruebas, ejemplos y contraejemplos necesarios para el concepto matemático estudiado. La circulación por el salón de clase durante las actividades permitía observar qué estudiantes permanecían al margen de la discusión, hacer anotaciones y durante la discusión del grupo completo se trataba de hacerlos participar. Esta actividad de volvió muy importante ya que permitía detectar qué estudiante necesitaba ayuda.

Al final de cada semana se entregó una serie de ejercicios que los estudiantes resolvieron en equipo, éstos fueron esencialmente tradicionales.

Al principio los estudiantes repartían los ejercicios entre el número de integrantes, ellos no veían la importancia de trabajar colaborativamente para aprender matemáticas, si por alguna razón tenían dudas respecto a la resolución que daban recurrían a la ayuda del profesor, pero se les indicaba que antes de buscarla tenían que discutir y buscar la solución ellos mismos. El primer examen fue realizado en equipo y cada estudiante del equipo recibió la calificación obtenida en éste. A pesar de que podría pensarse que los resultados para los estudiantes sería bueno, no ocurrió así. El problema principal durante el desarrollo de este primer examen fue que los equipos que no habían trabajado colaborativamente entregaron exámenes no muy buenos, al cuestionarlos comentaban que no fue fácil ponerse de acuerdo y además invirtieron mucho tiempo explicar a los estudiantes que no comprendían la solución.

El segundo examen fue realizado individualmente y cada estudiante recibió dos calificaciones la de su examen y el promedio de las calificaciones de los integrantes de su equipo. El tercer examen fue realizado de la misma manera que el segundo. Éste presentó menos discusiones acerca de sus calificaciones. El examen final fue realizado de manera tradicional, es decir individualmente y con tiempo límite para su entrega; cada estudiante recibió solamente su calificación.

Se trató de llevar un registro de las participaciones de cada uno de los estudiantes durante el desarrollo de las actividades colaborativas (en computadora, discusiones y resolución de problemas) de manera que se pudiera tener una más o menos clara idea de la situación en el proceso de aprendizaje de cada uno de ellos. Se recordaba constantemente a los estudiantes que un ingrediente importante para el éxito en el proceso del aprendizaje era su actitud ante tal proceso. Para obtener la evaluación final de cada estudiante se le dio un peso igual a cada una de las actividades contenidas en los números del 3-10. Con esta metodología se realizó la evaluación del grupo.

### **Evaluación generada a través de una entrevista personalizada**

Uno de los objetivos de la evaluación es describir la situación cognitiva y de habilidades del estudiante al terminar un curso, pero cuál es la mejor manera de conseguir que ocurra. Si pudiéramos elegir libremente y sin presiones administrativas los exámenes no se verían muy favorecidos, quizá optaríamos por una entrevista personalizada a cada uno de los estudiantes. Pero esta opción se vuelve impráctica por el tiempo que debemos invertir en la aplicación y análisis de éstas a fin de conseguir una evaluación que realmente describa la situación cognitiva del alumno.

Este proyecto trata de verificar mediante una entrevista personalizada la evaluación planteada por RUMEC, es decir pretende mostrar que el uso indistinto de la metodología de evaluación (la propuesta de RUMEC y una entrevista personalizada) generan la misma nota final del curso.

Para tal efecto se hizo una selección aleatoria de 10 estudiantes que habían cursado la materia de Cálculo con el ciclo de enseñanza ACE fundamentado en la teoría APOE.

La entrevista consistía de 7 preguntas seleccionadas aleatoriamente de un total de 11.

Después de haber seleccionado al azar las preguntas que contestarían en su entrevista se les pedía que al mirarlas con un poco de atención, decidieran por cuál empezarían, se le proporcionó el papel necesario para hacer operaciones, analizar y resolver los problemas.

La pregunta que se hizo a todos los estudiantes antes de iniciar la resolución de cada problema fue: ¿Entiendes qué se te pide que hagas en el problema?

El profesor permanecía como observador y en caso de notar titubeo en la respuesta procedía a cuestionar al estudiante acerca de lo que hacía y por qué lo hacía, siempre con el objetivo de que el estudiante reflexionara acerca de su respuesta; y que por otro lado se pudiera percibir realmente cuál era la situación cognitiva del estudiante al dar la respuesta al problema. Se le pedía al estudiante que escribiera todo lo que pensara que lo ayudaría a resolver el problema.

Se registraba lo que el estudiante contestaba a los cuestionamientos planteados de la manera más fidedigna posible, se evitaba dar opiniones y no manifestar aprobación o desaprobación en el tono de voz usado. Se sugería al estudiante estar lo más tranquilo posible de manera que el estrés no fuera un factor que sesgara la información que vertiera tal entrevista.

La entrevista a los 10 estudiantes se llevó a cabo en 7 días y el análisis de cada de éstas realizó en diez días.

Al final de cada entrevista se les preguntaba a los estudiantes; ¿qué evaluación te pareció mejor, la realizada durante el curso o la entrevista y por qué?

La mayoría de los estudiantes expresaron que la entrevista es mejor porque permite que el profesor conozca lo que el estudiante tiene en su mente y quiere explicar pero, a veces no puede.

A pesar del tiempo invertido en las calificaciones de los estudiantes mediante una entrevista personalizada sus calificaciones no cambiaron sustancialmente son respecto a la obtenida en el curso.

### **Bibliografía**

- Asiala M., Brown A., DeVries D., Dubinsky E., Mathews D., Thomas K. (2000). A Framework for Research and Curriculum Development in Undergraduate Mathematics Education, *Research in Collegiate Mathematics Education II, CBMS Issues in Mathematics Education*, 6, 1996.
- Baquero, R. (1997), *Vigotsky y el Aprendizaje Escolar*, 2ª. Edición. Aique. Argentina.
- Dubinsky, E. (1991). *Reflective Abstraction in advanced mathematical Thinking*. In D. Tall (Ed.), *Advanced Mathematical Thinking* (pp. 231- 243). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Dubinsky, E. (1995). Assessment in one Learning Theory Based Approach to Teaching. In *Gold B. Mathematical Association of America*.
- Dubinsky, E. (with D. Tall) (1991). *Advanced Mathematical Thinking and the Computer in Advanced Mathematical Thinking* (D. Tall, ed.), Kluwer (1991), 231-250.