

UNA REFLEXIÓN SOBRE EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LOS FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE ANÁLISIS MATEMÁTICO

Silvia Ester Busab de Abdelnur

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nac. de Tucumán. Argentina

sbusab@herrera.unt.edu.ar

Nivel Universitario

Palabras clave: enseñanza-aprendizaje, estándares, encuesta.

Resumen

Los Estándares Curriculares y de Evaluación para la Educación Matemática representan la opinión del NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) acerca del contenido básico del currículo escolar de matemáticas y la evaluación del currículo como del aprendizaje. Constituyen el punto de referencia sobre lo que debe saber y ser capaz de hacer un estudiante con lo que aprende.

Cálculo I es una asignatura del primer cuatrimestre de primer año del plan de estudios de las carreras de Ingeniería, de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán, y su contenido es el Cálculo Diferencial en una variable. Con el objetivo de realizar una reflexión sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, se administró una encuesta a los estudiantes de Ingeniería Electrónica y Biomédica, al finalizar el cursado de la materia. Se diseñó la encuesta teniendo como referentes los Estándares curriculares para el último nivel (que hacen referencia a los fundamentos conceptuales del Análisis Matemático) y los Estándares de Evaluación. En este trabajo se analiza los resultados obtenidos en la encuesta.

Introducción

Cálculo I es una asignatura de las Ciencias Básicas (Matemática), del primer cuatrimestre de primer año, de las carreras de Ingeniería que se cursan en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán. En ella se desarrollan los conceptos del Cálculo Diferencial en una variable.

Aunque debido al excesivo número de alumnos las clases teóricas son del tipo magistral dialogada, el docente intenta no ser el protagonista principal, fomentando la actividad del alumno y la comunicación. Para las clases prácticas se constituyen comisiones de aproximadamente 40 estudiantes, lo que favorece la interacción entre el docente y los alumnos y entre los alumnos entre sí.

Si bien se enseña el Análisis como un saber histórico, se trata de algún modo y en alguna medida, de hacer participar a los estudiantes en el proceso de elaboración del conocimiento científico, con sus dudas e incertidumbres, lo cual requiere de ellos una forma de abordar el aprendizaje como un proceso constructivo, de búsqueda de significados e interpretación (Pozo y Gómez Crespo, 2000).

Con el objetivo de evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura, se diseñó e implementó una encuesta a los alumnos, para conocer sus opiniones sobre distintos

aspectos relativos a las metodologías de enseñanza y evaluación vigentes en la asignatura. La encuesta fue elaborada teniendo como referentes los Estándares curriculares para la Educación Matemática para el último nivel (que incluyen los fundamentos conceptuales del Análisis) y los Estándares de evaluación del NCTM (National Council of Teachers of Mathematics).

Los citados estándares constituyen un valioso material no sólo para su utilización sino para la reflexión, de cara al mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la matemática. En el presente trabajo se analiza los resultados obtenidos en la encuesta.

Marco teórico

El estudio del Enfoque Cognitivo con la Teoría Psicogenética de Piaget y del Enfoque Histórico Cultural de Vigotsky (Moreira,1997; Pozo, 1994), junto al análisis de los Estándares curriculares y de evaluación para la Educación Matemática (NCTM,1989) y de los Principios y Estándares para la Educación Matemática (NCTM, 2000), permitieron elaborar el marco teórico de referencia.

Los aportes de estas teorías fueron:

a) Teoría Psicogenética de Piaget

Piaget establece una distinción entre aprendizaje en sentido estricto por el que se adquiere del medio información específica, y aprendizaje en sentido amplio que consiste en el progreso de las estructuras cognitivas por procesos de equilibración. Piaget considera que el primer tipo de aprendizaje depende del segundo, o sea, el aprendizaje de conocimientos específicos depende por completo del desarrollo de estructuras cognitivas generales, que él formaliza en términos lógicos. La Psicología de Piaget es genética, analiza la formación de las nociones y operaciones en el curso del desarrollo del sujeto, para así lograr una comprensión profunda de los estados finales del desarrollo mental y un conocimiento preciso de sus mecanismos formativos. Sin duda, resulta necesario al docente el conocimiento de esos procesos ya que su objetivo es provocarlos mediante situaciones de aprendizaje y actividades adecuadas.

b) Enfoque Histórico Cultural de Vigotsky

Vigotsky parte de la premisa de que el desarrollo cognitivo no puede ser entendido sin referencia al contexto social y cultural en el que él ocurre. La afirmación de que los procesos mentales superiores del individuo tienen origen en procesos sociales es uno de los pilares de su teoría. Para Vigotsky los significados provienen del medio social externo, pero deben ser asimilados o interiorizados por cada sujeto concreto. El vector del desarrollo y del aprendizaje iría desde el exterior al interior del sujeto, sería una internalización o transformación de las acciones externas, sociales, en acciones internas, psicológicas. La adquisición de conocimiento comienza siendo objeto de intercambio social, es decir, se inicia siendo interpersonal para después hacerse intrapersonal o internalizarse.

c) Estándares curriculares y de evaluación para la Educación Matemática - Principios y Estándares para la Educación Matemática

Son el producto de un trabajo interinstitucional, consensuado y mancomunado de instituciones y personalidades destacadas en el campo de la enseñanza de la matemática.

Representan la opinión del NCTM acerca del contenido básico del currículo escolar de matemática y de la evaluación del currículo como del aprendizaje, sirviendo como guía para su revisión. Dan una visión coherente de lo que significa poseer “cultura matemática” en un mundo sustentado por ordenadores, en el que aumenta día a día las aplicaciones de la matemática a los más diversos campos.

Estándares de educación matemática

Los estándares son juicios de valor basados en un concepto amplio y coherente del proceso educativo que surge de varios factores: las metas sociales, las metas escolares, la investigación sobre enseñanza-aprendizaje y la experiencia personal.

Los estándares (NCTM,1989) están divididos en cuatro categorías referentes a: los tres niveles educativos (Estándares curriculares) y evaluación (Estándares de evaluación). Cada categoría contiene entre trece o catorce estándares. Los estándares describen los contenidos matemáticos que deberían incluirse en el currículo y las actividades de los alumnos asociadas con dichos contenidos. Dos principios generales guían esta descripción: el conocimiento debería surgir de las mismas situaciones de problema y el aprendizaje debiera lograrse a través de una implicación activa con la matemática.

Los estándares del tercer nivel, que corresponde al último nivel educativo escolar, incluye como un contenido curricular a los “Fundamentos conceptuales del Análisis” que es el contenido central de la asignatura Cálculo I.

Los Estándares para la Educación Matemática establecen cinco objetivos generales para los estudiantes: 1) que aprendan a valorar la matemática, 2) que se sientan seguros de su capacidad para hacer matemáticas, 3) que lleguen a resolver problemas matemáticos, 4) que aprendan a comunicarse mediante las matemáticas, 9) que aprendan a razonar matemáticamente.

El currículo debe impregnarse de estos objetivos y de estas experiencias hasta que se conviertan en algo cotidiano en la vida de los estudiantes. Los estándares curriculares y de evaluación reflejan la idea de cómo conseguir los objetivos enunciados anteriormente.

a) Estándares curriculares:

Los cuatro primeros estándares curriculares de cada categoría se refieren a procesos matemáticos: Resolución de Problemas, Comunicación, Razonamiento y Conexiones Matemáticas.

- Estándar curricular 1: Las Matemáticas como Resolución de Problemas

El currículo de matemática debe incluir métodos para que los alumnos sean capaces de: usar enfoques de resolución de problemas para investigar y entender contenidos matemáticos; para resolver problemas dentro y fuera de la matemática; para formular modelos matemáticos a situaciones de problema del mundo real.

- Estándar curricular 2: Las Matemáticas como Comunicación

Asimismo, debe propiciar actividades que favorezcan en los estudiantes un desarrollo continuo del lenguaje y del simbolismo para comunicar ideas matemáticas,

permitiéndoles ser capaces de: formular definiciones y expresar generalizaciones obtenidas por medio de la investigación; expresar ideas matemáticas en forma oral y escrita; leer en forma comprensiva presentaciones matemáticas; apreciar la potencia de la notación matemática.

- Estándar curricular 3: Las Matemáticas como Razonamiento

El currículo de matemáticas debe incluir experiencias variadas y numerosas que refuercen las destrezas de razonamiento lógico para que los alumnos sean capaces de: elaborar y demostrar conjeturas; formular contraejemplos; comprender argumentos lógicos; juzgar la validez de un argumento; apreciar el papel que cumplen las dos formas de razonamiento (inductivo, deductivo).

- Estándar curricular 4: Conexiones Matemáticas

El plan debe detallar conexiones e interacción entre diversos temas matemáticos para lograr que los estudiantes: reconozcan representaciones equivalentes de un mismo concepto; utilicen las conexiones entre diferentes temas matemáticos y entre las matemáticas y otras materias.

Los restantes estándares curriculares son específicos de cada categoría y subrayan el área de contenido o un contenido específico que es necesario desarrollar. Una premisa de los estándares es que los conceptos, los procedimientos y los procesos intelectuales estén interrelacionados.

b) Estándares de evaluación:

Respecto a los estándares de evaluación, los que enfatizan algunos aspectos de la evaluación a los que debe prestarse atención, los mismos se agrupan en tres secciones. Los tres estándares de la sección Evaluación General discuten los principios pertinentes a cualquier forma de evaluación y valoración. Los siete estándares sobre Evaluación de los Alumnos consideran los aspectos del conocimiento matemático que debe ser evaluado, según se desprende de los Estándares Curriculares. Los cuatro estándares de la sección Evaluación del Programa plantean la valoración de la coherencia de un programa de matemáticas con respecto a los Estándares.

De los cuatro estándares de evaluación que se enuncian a continuación, los tres primeros constituyen la sección Evaluación General, mientras que el cuarto corresponde a la sección Evaluación de los Alumnos y hace referencia a los restantes de dicha sección.

- Estándar de evaluación 1: Coherencia

Los métodos que se usen para evaluar el aprendizaje de los alumnos deben ser coherentes con el currículo en cuanto a: objetivos y contenidos matemáticos; énfasis relativo que se dé a diversos temas y procesos y a sus relaciones; enfoques y actividades docentes.

- Estándar de evaluación 2: Fuentes múltiples de evaluación

Las decisiones sobre el aprendizaje de los alumnos deben basarse en la convergencia de información obtenida a partir de diversas fuentes. Estas fuentes deben abarcar tareas que:

requieran distintos tipos de pensamiento matemático; presenten el mismo concepto o procedimiento matemático en contextos y situaciones de problema diferentes.

- Estándar de evaluación 3: Métodos y formas adecuadas de evaluación
Los objetivos de la evaluación son: identificar las áreas que presentan dificultad; recoger datos para la programación docente; poner calificaciones; valorar un programa. Estos objetivos indican los métodos e instrumentos a emplear.
- Estándar de evaluación 4: Potencia matemática
La evaluación del conocimiento matemático de los estudiantes debe dar información sobre su capacidad de utilizar la información para: analizar; razonar; formular y resolver problemas; conectar conceptos; comunicar ideas.

Metodología

Se elaboró una encuesta con doce ítems (ver Apéndice). El estudio se apoya en estadísticas sobre las respuestas al cuestionario.

Los ítems fueron formulados para conocer las opiniones de los alumnos sobre ciertas componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Cálculo I, con el objeto de revisar las mismas: los “procesos matemáticos” (resolución de problemas, comunicación, razonamiento y conexiones matemáticas) y “evaluación” (coherencia, objetivos, potencia matemática). Cada dimensión de estas dos variables, relativa a algunos de los estándares, fue medida a través de algún o algunos ítems de respuestas cerradas con tres alternativas de elección. Se optó por ítems de respuesta cerrada por considerarlos más operativos, tanto para el alumno que los cumplimentaba como para el análisis de los datos que se obtuvieran. Para cada dimensión se consideró como unidad de análisis a las respuestas dadas a los ítems relacionados con ella (Samaja, 2003; Vieytes, 2004).

El cuestionario fue administrado el antepenúltimo día de clases de la materia Cálculo I y respondido por 107 alumnos de las carreras de Ingeniería Electrónica y Biomédica, los que constituían el total de estudiantes de las citadas carreras que asistieron a clase en dicha oportunidad.

Se estudió la validez de contenido del instrumento a través del juicio de expertos. Para favorecer la confiabilidad, el cuestionario fue respondido en forma anónima disponiendo cada alumno del tiempo necesario para hacerlo.

Los nueve primeros ítems constituyeron la Primera parte de la encuesta (relativa a los estándares curriculares) y los tres últimos la Segunda parte (relativa a los estándares de evaluación).

Primera parte de la encuesta

La definición operacional de la variable “procesos matemáticos” (McMillan y Schumacher, 2005), quedó determinada por las dimensiones e indicadores que pueden apreciarse en la Tabla I.

Los resultados obtenidos en la Primera parte de la encuesta se presentan en la Tabla II, en la que se indican las frecuencias absolutas y las porcentuales de las distintas dimensiones, basándose en la opinión de los alumnos.

Ambas tablas se muestran a continuación:

Tabla I: Definición operacional de la variable “procesos matemáticos”

Variable	Dimensión	Indicadores
Procesos matemáticos	Las matemáticas como Comunicación (Estándar curricular 2) (ítems 1,2,3)	“Muy Adecuado”: Si la respuesta fue Muy bueno o Sí o Muchas veces. “Regularmente Adecuado”: Si la respuesta fue Regular o Más o menos o Pocas veces. “Inadecuado”: Si la respuesta fue Malo o No o Nunca. “No responde”: Si ninguna opción fue elegida.
	Las matemáticas como Razonamiento (Estándar curricular 3) (ítems 4,5)	“Muy Adecuado”: Si la respuesta fue Mucha o Muchas veces. “Regularmente Adecuado”: Si la respuesta fue Poca o Pocas veces. “Inadecuado”: Si la respuesta fue Malo o No o Nunca. “No responde”: Si ninguna opción fue elegida.
	Las matemáticas como Resolución de Problemas (Estándar curricular 1) (ítems 6,7)	“Muy Adecuado”: Si la respuesta fue Muchas veces. “Regularmente Adecuado”: Si la respuesta fue Pocas veces. “Inadecuado”: Si la respuesta fue Nunca. “No responde”: Si ninguna opción fue elegida.
	Las matemáticas como Conexiones (Estándar curricular 4) (ítems 8,9)	“Muy Adecuado”: Si la respuesta fue Continuamente o Muchas veces. “Regularmente Adecuado”: Si la respuesta fue De vez en cuando o Pocas veces. “Inadecuado”: Si la respuesta fue Nunca. “No responde”: Si ninguna opción fue elegida.

Tabla II: Resultados de la Primera parte de la encuesta

		Muy Adecuado	Regularmente Adecuado	Inadecuado	No responde
Comunicación (Estándar 2)	Ítem 1	81(76%)	26(24%)	0	0
	Ítem 2	70(65%)	20(19%)	17(16%)	0
	Ítem 3	59(55%)	44(41%)	1(1%)	3(3%)
Razonamiento (Estándar 3)	Ítem 4-a	35(33%)	63(59%)	9(8%)	0
	Ítem 4-b	29(27%)	69(65%)	9(8%)	0
	Ítem 5	9(8%)	48(45%)	50(47%)	0
Resolución de Problemas (Estándar 1)	Ítem 6	20(19%)	57(53%)	30(28%)	0
	Ítem 7	25(23%)	58(54%)	20(19%)	4(4%)
Conexiones Matemáticas (Estándar 4)	Ítem 8	66(62%)	37(34%)	2(2%)	2(2%)
	Ítem 9	42(39%)	62(58%)	3(3%)	0

Distribución de frecuencias, de las distintas dimensiones, según respuesta de los alumnos

Interpretación de los resultados de la Primera parte de la encuesta

De la Tabla II se puede apreciar que:

- Para la dimensión “Comunicación”, el mayor porcentaje corresponde a la categoría “Muy Adecuado” en los tres ítems (total de ítems establecidos para medirla).
- Para la dimensión “Razonamiento”, en los ítems 4-a y 4-b, el mayor porcentaje se visualiza en la categoría “Regularmente Adecuado”.
- Para la dimensión “Resolución de Problemas”, se registra el más alto porcentaje en la categoría “Regularmente Adecuado” en los dos ítems (total de ítems para medirla).
- Para la dimensión “Conexiones Matemáticas”, el mayor porcentaje se visualiza en la categoría “Muy Adecuado” en el ítem 8 y en la “Regularmente Adecuado” en el ítem 9.

Así, los resultados estarían indicando que para los estudiantes, el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Cálculo I favorece el desarrollo del lenguaje formal y simbólico (Comunicación) y las conexiones entre los diferentes temas de la materia (Conexiones). En una medida menor, la destreza para realizar demostraciones, formular contraejemplos (Razonamiento), para modelar y resolver situaciones problemáticas del mundo real (Resolución de Problemas) y para conectar los conceptos matemáticos con los de otras asignaturas (Conexiones).

Segunda parte de la encuesta

La definición operacional de la variable “evaluación” quedó determinada por algunos aspectos a los que debe prestarse más atención, que se presentan en la Tabla III:

Tabla III: Definición operacional de la variable “evaluación”

Variable	Dimensión	Subdimensión	Indicadores
Evaluación	Coherencia de la evaluación con el currículo (Estándar evaluación 1) (ítem 10)		“Muy Adecuado”: Si la respuesta fue Mucha. “Regularmente Adecuado”: Si la respuesta Poca. “Inadecuado”: Si respondió Nada. “No responde”: Si ninguna opción fue elegida.
	Objetivos de la evaluación (Estándar evaluación 3) (ítem 11)		“Muy Adecuado”: Si la respuesta fue qué saben, qué aplican y calificar. “Regularmente Adecuado”: Si la respuesta fue qué saben y calificar. “Inadecuado”: Si la respuesta fue sólo calificar. “No responde”: Si ninguna opción fue elegida.
	Evaluación de la potencia matemática (Estándar evaluación 4)	Razonamiento Análisis	“Muy Adecuado”: Si la respuesta fue Alta. “Regularmente Adecuado”: Si la respuesta fue Mediana.

	(ítem 12)	Conexión de conceptos	“Inadecuado”: Si la respuesta fue Baja. “No responde”: Si ninguna opción fue elegida.
		Aplicación a resolución de problemas	

Los resultados obtenidos al procesar la Segunda parte de la encuesta, según opinión de los estudiantes, pueden apreciarse en la Tabla IV que se muestra a continuación:

Tabla IV: Resultados de la Segunda parte de la encuesta

			Muy Adecuado	Regularmente Adecuado	Inadecuado	No responde
Coherencia	Item 10		85(79%)	21(20%)	0	1(1%)
Objetivos	Item 11		35(33%)	50(47%)	22(20%)	0
Potencia matemática	Razonamiento	Item12-a	79(74%)	27(25%)	1(1%)	0
	Análisis	Item12-b	73(68%)	32(30%)	1(1%)	1(1%)
	Conexión de ideas	Item12-c	70(65%)	34(32%)	2(2%)	1(1%)
	Resolución de problemas	Item12-d	74(69%)	28(26%)	2(2%)	3(3%)

Distribución de frecuencias, de las distintas dimensiones, según respuesta de los alumnos

Interpretación de los resultados de la Segunda parte de la encuesta

De la Tabla IV se puede observar que:

- Para la dimensión “Coherencia”, el más alto porcentaje se registra en la categoría “Muy Adecuado”.
- Para la dimensión “Objetivos”, el mayor porcentaje corresponde a la categoría “Regularmente Adecuado”.
- Para la dimensión “Potencia matemática”, en las cuatro subdimensiones “Razonamiento”, “Análisis”, “Conexión de conceptos” y “Resolución de problemas”, se observa el más alto porcentaje en la categoría “Muy Adecuado”.

Los resultados estarían mostrando que para los alumnos, en la asignatura Cálculo I existe un buen grado de consistencia entre las actividades solicitadas en los parciales y las desarrolladas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, las tareas de parciales requieren en gran medida de razonamiento, análisis, conexión de conceptos y resolución de problemas, favoreciendo la evaluación de la potencia matemática de los estudiantes.

Conclusiones generales

Los resultados obtenidos nos permiten vislumbrar el cumplimiento en gran medida del Estándar curricular 2, seguidamente del Estándar curricular 4 y en una medida menor de los Estándares curriculares 1 y 3.

Respecto a los estándares de evaluación contemplados en este estudio, los resultados obtenidos respaldarían el cumplimiento en alto grado del Estándar de evaluación 1 y Estándar de evaluación 4; en menor grado del Estándar de evaluación 3.

Ésto nos compromete como docentes de la disciplina Matemática a buscar estrategias y recursos para lograr que nuestros estudiantes amplíen las destrezas de razonamiento lógico, la capacidad de planteamiento de problemas y las estrategias de resolución de los mismos. Asimismo, incorporar como un propósito de la evaluación, la valoración de la capacidad que tienen los alumnos de aplicar lo que han aprendido a situaciones nuevas y en otros contextos.

Referencias Bibliográficas

- McMillan, J. H. y Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa*. Madrid: Pearson,
- Moreira, M.A. (1997). *Enfoques teóricos: Monografías sobre teorías de aprendizagem e ensino*. Porto Alegre: Universidad Federal do Río Grande do Sul, Brasil.
- N.C.T.M. (1989). *Estándares Curriculares y de Evaluación para la Educación Matemática*. Sevilla: Sociedad Thales,
- N.C.T.M. (2000). *Principios y estándares para la Educación Matemática*. Sevilla: Sociedad Thales.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (2000). *Aprender y enseñar ciencia* (2^{da} ed.). Madrid: Morata.
- Pozo, J.I. (1994). *Teorías cognitivas del aprendizaje* (3^a ed.). Madrid: Morata.
- Samaja, J. A. (2003). *Epistemología y Metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica* (3^a ed. 3^a reimp.). Buenos Aires: Eudeba.
- Vieytes, R. (2004). *Metodología de la investigación en organizaciones, mercado y sociedad*. Buenos Aires: Editorial de las Ciencias.

