

Evaluación de una experiencia para resignificar la clase magistral en la enseñanza del cálculo

Susana E. González de Galindo
Leonor Colombo de Cudmani

Sinopsis

Cuando las clases son multitudinarias usualmente son de tipo magistral, detectándose escasa comunicación, alumnos pasivos y serias dificultades para razonar y resolver problemas. Para superar estas deficiencias se implementó en 2001, en clases de Matemática de una Facultad de Ciencias, una nueva estrategia que implicó el manejo de un material didáctico, desarrollado sobre un tema específico y elaborado desde un punto de vista constructivista. El modelo de aprendizaje adoptado, es el que sostienen las teorías cognitivas, para las cuales el origen de los cambios es interno y atribuyen importancia relevante tanto al significado de los aprendizajes como a la influencia de los factores sociales, posturas sostenidas por Piaget, Ausubel y Vigotsky, entre otros.

El presente trabajo analiza los datos suministrados por el examen correspondiente al segundo parcial. Se definió la variable calidad de asimilación, considerándose tres dimensiones: grado de corrección, de reflexión y de generalización. Se analizaron la validez y fiabilidad del instrumento de evaluación. Se realizó, para el grado de corrección, un análisis comparativo con los resultados obtenidos en 1999, apreciándose una mejora a favor de la nueva metodología. Otro logro fue haber desarrollado los grados de reflexión y de generalización. Las conclusiones estimulan a usar este tipo de guías en toda la asignatura.

Términos clave: <Pruebas de conocimiento> <evaluación del alumno> <clases magistrales> <modelos educativos> <experiencia pedagógica> <matemáticas> <Argentina>

Abstract

Higher education is characterized by crowded classes, deficient communication, passive learners, and serious difficulties in reasoning and problem solving. In order to overcome those deficiencies, in 2001 a new strategy was implemented in a class of Mathematics at a Faculty of Sciences. This strategy involved the use of a didactic material, developed on a specific topic and elaborated from a constructivist point of view. The learning model adopted is supported by the cognitive theories in which the origin of changes is internal and great importance is attributed to the meaning of the learning as well as the influence of the social issues, as it is postulated by Piaget, Ausubel and Vigotsky, among others.

The present paper analyses the data obtained in the second partial school examination. The variable 'quality of assimilation' was defined considering three dimensions: degree of correction, degree of reflection and degree of generalization. The validity and reliability of the instrument was analyzed. For the degree of correction, a comparative analysis of the results obtained in 1999 was made, which yielded an improvement in favor of the new methodology. Another achievement was to have developed the degrees of reflection and generalization. The conclusions stimulate the use of this type of guides in all the subject matter.

Key terms: <Achievement test> <student evaluation> <lectures> <educational models> <teaching experiences> <mathematics> <Argentina>

Introducción

Matemática I es una de las asignaturas del primer cuatrimestre de primer año del currículo de las carreras que se cursan en la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Su contenido corresponde a elementos del Cálculo Diferencial e Integral de una variable.

Al no existir selección para el ingreso a esta Institución, los alumnos evidencian durante el cursado serias deficiencias en su formación disciplinar básica. Como las clases teóricas son multitudinarias y la infraestructura edilicia no es apropiada para el desarrollo de clases tipo taller, a través de las cuales podría fomentarse la participación activa del estudiante, la metodología implementada hasta el año 2000, era del tipo magistral expositiva. En estas clases el alumno limitaba su actividad a la toma de apuntes y existía, escasa comunicación entre docente y alumnos, y entre alumnos entre sí (González de Galindo et al, 2000).

Buscando elevar la calidad de asimilación de los conocimientos, y desde la perspectiva que presupone al aprendizaje como una construcción del

conocimiento, surgió, entonces, el siguiente interrogante: ¿podría resignificarse la clase magistral de modo que jugara un rol más acorde con los objetivos del aprendizaje significativo? (González de Galindo y Villalonga de García, 2000; Rinaudo y Squillarri, 2000).

Se realizó, entonces, una experiencia didáctica que implicó el uso, por parte de los alumnos, de una guía teórico práctica desarrollada sobre tópicos del Cálculo Diferencial. La guía fue elaborada de acuerdo con los principios sobre el conocimiento sostenidos por Piaget (Coll y Martí, 1994; Moreira, 1997) y fue sometida, previamente, a validación por pares.

Dada la complejidad del campo investigado y teniendo en cuenta que la investigación no se realizó sobre grupos experimentales sino basándose en la información recogida sobre la marcha del curso normal de la asignatura, se emplearon recursos cualitativos y cuantitativos recurriendo a diversas fuentes y procedimientos de recolección de datos con el propósito de lograr evidencias, a favor o en contra, de la eficacia de la experiencia realizada. La Tabla 1 presenta una síntesis de tales elementos:

Tabla 1
Fuentes y procedimientos obtenidos de la recolección de datos.

Fuente	Procedimientos
Actividades en clase	- Observaciones sistemáticas en el aula (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2004)
Estudiantes	- Encuesta (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2002-b).
	- Segundo parcial (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2002-a).
Profesores	- Examen final (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2003-a)
	- Sesiones para la validación de la guía.
	- Encuesta (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2003-b).

En este trabajo se analizan los datos aportados por uno de los instrumentos diseñados para evaluar los aprendizajes conceptuales y procedimentales logrados por el estudiante: *el examen correspondiente al segundo parcial*, administrado al finalizar el desarrollo de todos los contenidos del programa, casi cuatro semanas después de concluida la experiencia.

Los resultados obtenidos permitieron concluir que existieron mejoras en una de las dimensiones de la variable calidad de asimilación de los conocimientos: *el grado de corrección de la acción*, respecto de los resultados obtenidos con clases teóricas del tipo magistral. En las otras dos dimensiones de la variable: grado de reflexión y de generalización porcentajes importantes de alumnos evidenciaron un buen rendimiento académico. Estas conclusiones, así como las provenientes de los otros instrumentos, afianzan la evidencia a favor de la conveniencia de transferir esta estrategia metodológica a la totalidad de los temas de esta asignatura.

Una versión preliminar de este trabajo, fue expuesta en la VI Reunión de Didáctica de la Matemática del Cono Sur (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2002a).

Marco teórico

Este trabajo se encuadra en un modelo de aprendizaje basado en teorías cognitivas estructuralistas. Éstas se caracterizan por partir del estudio de totalidades con organización interna, ser organicistas, constructivistas, considerar que el origen de los cambios es interno y conceder importancia al significado de los aprendizajes y a la influencia de los factores sociales. Desde la óptica de las teorías cognitivas estructuralistas, “el aprendizaje implica un cambio cualitativo, producido por procesos de reestructuración, a través del intercambio organismo-

medio externo, en el que se construyen tanto los conocimientos como el propio sujeto” (Czar y Pizarro de Raya, 1993, p. 28). En esta línea teórica, Piaget encara el tema del aprendizaje desde la óptica del desarrollo cognitivo. Existen tres factores que explican el desarrollo mental: maduración, experiencia con los objetos y experiencia con las personas. Pero, para explicar el carácter integrador del desarrollo mental, es necesario agregar un cuarto factor: la *equilibración*, constituido por dos procesos: *asimilación* y *acomodación* (Moreira, 1997, Coll y Martí, 1994). El *estado de desequilibrio* surge cuando las estructuras que actúan son insuficientes para asimilar al objeto de conocimiento; el sujeto se ve obligado a reestructurar los esquemas y buscar su superación. Este proceso re-equilibrador, que Piaget denomina “*equilibración mayorante*”, es el factor preponderante en el aprendizaje. La enseñanza debería así, provocar el desequilibrio en la mente del sujeto para que se reestructure cognitivamente, procurando el reequilibrio. Esta activación debería ser compatible con el nivel de desarrollo mental del individuo, el desequilibrio no debe ser tan grande que no permita la “*equilibración mayorante*” que llevará a un nuevo equilibrio.

Por su parte, Ortiz Hurtado (1999), refiriéndose ya específicamente al aprendizaje matemático, sostiene que, desde la óptica piagetiana, en la concepción constructivista de la *construcción del conocimiento* se asume: (a) la actividad significativa del sujeto como la fuente del conocimiento; (b) al conocimiento como un proceso de construcción, posibilitado por los conocimientos anteriores y las estructuras mentales del individuo, que se desarrolla a partir de la actividad, reflexión, confrontación social y generación de conflictos cognitivos (Pérez Gómez, 1992); (c) al conocimiento elaborado como la organización del mundo de las experiencias; (d) al docente como el sujeto facilitador del aprendizaje constructivo (Coll y Martí, 1994); (e)

al error y a las experiencias sociales como factores importantes en la adquisición del conocimiento; (f) la dependencia del aprendizaje del tipo de actividades realizadas y del nivel cognitivo inicial del sujeto; g) La importancia del papel de los conflictos en el aprendizaje.

Implicaciones de la postura constructivista en el diseño de clases multitudinarias

Al considerar que el acceso al conocimiento se basa en experiencias subjetivas y negociaciones intersubjetivas de los significados, el constructivismo se opone a la descomposición lógica de un determinado dominio de conocimiento, pues de esta manera se excluiría la posible existencia de formas particulares de cada sujeto de generar comprensión. Esta descomposición lógica consistiría en una concatenación jerarquizada de átomos de conocimientos, cuyo dominio total implicaría ser competente en una determinada área matemática. Esta óptica justificó, en esta asignatura, la creación de secuencias articuladas de ejercicios y problemas, a ser resueltas ordenadamente por el alumno. Pero, superar este exceso de estructuración, no significa virar al extremo opuesto de la falta total de guía por parte del docente. La experiencia muestra que los estudiantes, en general, no están capacitados para encarar por sí solos el estudio de un área específica del conocimiento matemático. Es indispensable proponer una cierta estructuración externa de las actividades de enseñanza, para que el alumno empiece a generar sus propias preguntas y para mostrar y ejemplificar el uso significativo de las herramientas de trabajo de ese dominio, no necesariamente procedimientos algorítmicos, sino sobre todo, estrategias de pensamiento (Schoenfeld, 1992).

Para lograr que el alumno generara y construyera comprensión de significados, considerando las propuestas didácticas realizadas por Villalonga de García y González de Galindo (1997) y González de Galindo y Villalonga de García (2001),

se propuso el empleo, por parte de los alumnos, de una guía teórico-práctica, elaborada desde una óptica constructivista. Fue necesario redefinir roles de docentes y alumnos, y se esperaba que la asignatura adquiriera dinamismo y que los estudiantes desarrollaran el pensamiento reflexivo y la actitud crítica, lograran mayor autonomía en la resolución de problemas, alcanzaran algún grado de generalización en sus habilidades y acrecentaran el interés en los distintos temas.

La guía teórico práctica

Para poner en práctica esta propuesta se elaboró una guía para desarrollar el tema: Funciones crecientes y decrecientes, extremos relativos, concavidad, puntos de inflexión y graficación aproximada de funciones. Una sección de la misma se presenta en el Anexo. La forma en la que se desarrollaron los contenidos pretendió obligar al alumno a movilizar la comprensión de ciertos conceptos y conectarlos con otros ya conocidos (González de Galindo y Villalonga de García, 2001). En la selección de los problemas se tuvieron presentes los principios que según Arcavi (1999) deben respetarse: (a) que el alumno pueda usar su experiencia previa y aplicar su sentido común, (b) que sea posible resolver el problema de más de una manera, (c) que el problema permita elaborar preguntas nuevas, (d) que no siempre haya una respuesta única, (e) que la respuesta no sea siempre el resultado de una sucesión de algoritmos desencadenados como hábitos automáticos, sino el resultado de una conexión entre conceptos o ideas, (f) que el problema invite a reconsiderar una idea o concepto en un nuevo contexto, (g) que haya problemas genuinos de la vida real y de la experiencia de los alumnos.

Se diseñó el material instruccional acorde a los procesos de construcción del saber matemático de los alumnos (Sánchez y Valcárcel, 1993), obteniendo como resultado una guía de veintiséis páginas, la cual fue elaborada dejando “huecos” para ser llenados por

los alumnos durante el transcurso de las clases teóricas, incluyéndose actividades que favorecen la autorregulación (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1992). Al terminar cada tema se presentan ejercicios y problemas, algunos resueltos y otros que sirven de ejercitación libre, proporcionándose las respuestas para favorecer la autoevaluación.

Validación de la guía por pares

La guía fue sometida a consideración de cuatro docentes de la Cátedra: dos profesores, un jefe de trabajos prácticos y un auxiliar de la práctica. Se prestó especial atención a las sugerencias recibidas, efectuándose las correcciones que se consideraron pertinentes. La forma en la cual se habían desarrollado los distintos temas, logró finalmente el consenso.

La experiencia

La implementación de la guía en las clases masivas, se llevó a cabo en el primer cuatrimestre de 2001, durante el período estipulado, dentro del cronograma de toda la asignatura, para el aprendizaje de estos temas, desarrollándose en dieciséis horas. Dado que los alumnos, por razones de infraestructura edilicia, están distribuidos para las clases teóricas en dos grandes grupos, la experiencia se realizó en cada uno de ellos. Los estudiantes que participaron en la experiencia fueron alrededor de doscientos, aunque los grupos tuvieron una composición variable. Este número fue significativamente menor que los trescientos cincuenta alumnos que estaban cursando como alumnos regulares (las clases no eran obligatorias y el período en el cual se desarrolló la experiencia coincidió con los primeros exámenes parciales y las recuperaciones, de las tres asignaturas que se cursan en el primer cuatrimestre).

En estas clases para resolver las actividades y llenar los "huecos" de la guía, los alumnos debían intercambiar, inicialmente, opiniones con los compañeros que estuvieran más próximos, para luego compartir posturas con el gran grupo de la clase. El

énfasis en el aula estuvo puesto en la participación del alumno, bajo la guía del docente, para lograr que sea el estudiante quien generara y construyera comprensión. El profesor estimuló, permanentemente, los cuestionamientos, la formulación de hipótesis, la conexión entre contenidos y el cambio de representaciones (Villani y Orquiza, 1995; Arcavi, 1999).

Fuentes y procedimientos de recolección de datos

Las fuentes y los procedimientos de recolección de datos, usados para evaluar la experiencia, están especificados en la Tabla 1.

La confrontación de las conclusiones sobre las distintas categorías y dimensiones, deducidas a partir de los datos obtenidos de la *Observación participante de las clases* y de las *Encuestas a alumnos* (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2002-b) y *docentes*, procesos que implicaron realizar sendos análisis comprensivos de los datos según los lineamientos sugeridos por Taylor y Bogdan (1987), permitió afirmar lo siguiente:

1. En la categoría Clases teóricas, la *Participación del alumno y trabajo conjunto* puede considerarse un logro para estas clases masivas, ya que hubo coincidencia en que las consignas de trabajo plasmadas en la guía fueron interpretadas por los estudiantes como disparadores para el intercambio de opiniones con los compañeros más próximos y posterior llenado de la guía. En cuanto al *Ritmo de las clases* porcentajes altos de encuestados (73% de alumnos y 78 % de docentes) estuvieron Muy conformes. El grado satisfactorio del *Nivel de atención de los alumnos*, deducido de la *Observación participante*, podría ser interpretado como una consecuencia natural de clases en las que el *ritmo* estuvo de acuerdo a las posibilidades del grupo. En lo relativo al *Desarrollo del pensamiento lógico*, la mayoría

de docentes y alumnos consideraron que el descubrimiento del significado de los conceptos y los procesos reflexivos de integración de conocimientos, resultaron una consecuencia natural de la forma en la que estuvo estructurada la guía y de los cuestionamientos formulados por el docente.

2. En la categoría Guía teórico práctica, la *Presentación y desarrollo de los contenidos* recibió la aprobación del observador participante, de la totalidad de los docentes y del 84% de los alumnos. En cuanto a la *Relación de la teoría con la práctica profesional y la vida diaria* varios encuestados sugirieron incorporar un mayor número de aplicaciones.
3. En la categoría Docente, dentro de la dimensión *Actitud y rol desempeñado*, porcentajes altos de encuestados, consideraron que el profesor fue el encargado de guiar el proceso de enseñanza aprendizaje, atender el desarrollo de las distintas tareas y coordinar la puesta en común, reformulando las conclusiones a las que arribaban los alumnos, para darles la rigurosidad y precisión propias de la disciplina.
4. En la categoría Metodología empleada, alrededor del 90% de docentes y alumnos estuvieron, en la dimensión *Adhesión a la nueva metodología*, muy conformes con la estrategia didáctica considerándola una alternativa superadora de la clase magistral tradicional. Manifestaron la conveniencia que la totalidad de los temas que integran el currículo de esta asignatura sean desarrollados de forma análoga.

El presente trabajo se limita al análisis de los datos suministrados por uno de los instrumentos diseñados para evaluar al estudiante: el examen correspondiente al segundo parcial, administrado al finalizar el desarrollo de todos los contenidos del programa, casi cuatro semanas después de concluida la experiencia.

Variables

Al analizar el segundo parcial, se consideraron significativas las siguientes variables:

Variable independiente: uso, en las clases teóricas, de una guía teórico-práctica elaborada desde un punto de vista constructivista.

Variable dependiente: Calidad de la asimilación, referida tanto a la medida del *grado de corrección de la acción*, como a las dos cualidades siguientes de la acción: *grado de reflexión* y *grado de generalización*. La definición de cada una de estas dimensiones es la siguiente:

Grado de corrección de la acción: grado en el que el conocimiento del alumno acerca de conceptos y procedimientos se realiza conforme a las concepciones científicas.

Grado de reflexión: grado de la capacidad del alumno para razonar matemáticamente.

Grado de generalización: grado de la capacidad del alumno de aplicar los conocimientos matemáticos para resolver distintas situaciones problemáticas.

Instrumento de recolección de datos

Al diseñar el examen destinado a medir los logros académicos logrados por los alumnos, se consideraron las pautas establecidas en los Estándares Curriculares y de Evaluación para la Educación Matemática (NCTM; 1989). Según las mismas, el instrumento de evaluación debe permitir: (a) entender la forma en que los alumnos percibieron las ideas y procesos matemáticos, (b) identificar áreas problemáticas, (c) evidenciar la capacidad del alumno para expresar ideas matemáticas escribiendo y representándolas visualmente; (d) entender, interpretar y juzgar ideas matemáticas presentadas en distintas formas; (e) utilizar vocabulario matemático y notaciones para representar ideas, describir relaciones y modelar situaciones. Se diseñó, entonces, una prueba escrita de cinco ítems, tres de los cuales (el primero, el segundo y el quinto) correspondían a los temas desarrollados en la guía.

Los otros dos ítems versaban sobre otros conceptos (integral indefinida, integral definida y cálculo de áreas), en los que también era necesario evaluar a los alumnos en esta instancia. Cabe destacar que la experiencia, el control y la recolección de datos no se hicieron sobre muestras experimentales, sino sobre la marcha del desarrollo de la asignatura. De allí que dos de los ítems incorporados en la prueba no fueran pertinentes a los propósitos de este trabajo.

Cada ítem respondió a diferentes objetivos. El problema 1, diseñado para medir el *grado de corrección*, pretendió evaluar el conocimiento procesual de los alumnos y poner en evidencia si eran capaces de justificar los distintos pasos de un procedimiento y llevarlo a cabo de manera fiable y eficaz. El problema 2, diseñado para medir el *grado de reflexión*, evidenció si el alumno era capaz de utilizar el razonamiento deductivo para obtener una conclusión, juzgar la validez de un argumento y construir argumentos válidos, detectar la habilidad en la conversión de distintos sistemas de representación semiótica: geométrica, algebraica y verbal (en este caso de la representación algebraica a la geométrica) y reconocer los diversos significados e interpretaciones de los conceptos. Los problemas 3 y 4 no correspondieron a los temas desarrollados en la guía; implicaban el cálculo de primitivas de una determinada función y del área de una cierta región encerrada entre curvas. El problema 5, diseñado para medir el *grado de generalización*, presentaba una situación problemática, de un área no matemática, para obtener información sobre la capacidad del alumno para aplicar la información que tiene respecto a un determinado conocimiento para resolver problemas e interpretar el resultado.

Control del instrumento

Se verificó la *validez* del instrumento sometiéndolo a consideración de otros docentes, los que consideraron que se podrían emitir juicios de valor adecuados ya que la información recogida podía ser representativa de los aprendizajes alcanzados por

el alumno. Opinaron que el instrumento tenía *validez de contenido* pues los problemas representaban una muestra significativa de los temas desarrollados en la guía. Hicieron sugerencias sobre la redacción de los enunciados, las que se recogieron y plasmaron en la versión administrada a los alumnos (Nunnally, 1970).

Para contribuir a la *fiabilidad* y facilitar la corrección de la prueba, se elaboró una clave de corrección. Así se pretendió que el instrumento fuera más “objetivo”, en la medida que los resultados recibieran una interpretación similar, tanto de diferentes docentes como de un mismo docente en distintos momentos. Para aumentar la fiabilidad, al tratarse de una prueba de capacidad y no de velocidad, y basándose en la experiencia de años anteriores, se incluyó un número apropiado de ejercicios para que el tiempo para la realización del trabajo fuera suficiente, aún para estudiantes lentos. Por otra parte, reconociendo que las condiciones en las que se administra el instrumento inciden también en su fiabilidad, se recomendó a los docentes involucrados en la prueba tratar de generar una atmósfera distendida, para evitar perjudicar el desempeño de los alumnos, ya tensionados ante una situación de evaluación formal. Se decidió que la aplicación de la prueba se hiciera con previo aviso, que los alumnos trabajaron en forma individual y sin consultar apuntes ni bibliografía.

Sistema de calificación

Para medir el desarrollo alcanzado en cada una de las dimensiones de la variable calidad de la asimilación, se construyó una escala conceptual ordinal. Constaba de cuatro categorías ordenadas: Muy bueno, Bueno, Regular y Malo. Por ejemplo, para el *grado de corrección*, las categorías estaban definidas así: *Muy bueno: el procedimiento de resolución es correcto en su totalidad, *Bueno: el procedimiento de resolución es correcto en su mayoría, *Regular: sólo algunos pasos del procedimiento son correctos, *Malo: el procedimiento no es correcto.

El número de categorías elegido, pretendió asegurar que el instrumento fuera lo suficientemente sensible como para captar las diferencias individuales. Un mayor número de grados en la escala hubiera significado una pérdida en la fiabilidad, más que una ganancia en información (Colombo de Cudmani y Cudmani, 1985). Al calificar se optó por la *evaluación referida a criterios*, ya que se contrastó la prueba del estudiante con una pauta establecida por el docente como objetivo a alcanzar, es decir con un estándar de rendimiento esperado. En la determinación de los niveles de logro deseados por el docente, influyó la experiencia anterior del mismo frente a los alumnos y la forma en la que se desarrolló la experiencia.

Al corregir las pruebas, la calificación atribuida a las mismas se enriqueció mediante la localización de los errores y la explicación de sus posibles causas, y el señalamiento aprobatorio de los resultados correctos, aspectos que fueron discutidos con los estudiantes.

Análisis de los resultados

Para la valoración de las producciones de los estudiantes se compararon las respuestas de los alumnos a las pruebas administradas en los años 1999 y 2001. Dado que resultó imposible identificar los alumnos que en 1999 asistieron a las clases teóricas,

no pudieron compararse los resultados de la metodología tradicional frente al uso de la guía en estas clases. Se decidió, entonces, analizar el efecto producido en la variable calidad de la asimilación cuando el estudio se realiza con una guía de las características establecidas, independientemente de la asistencia a las clases teóricas. De ambos años, de la totalidad de los exámenes se seleccionaron, mediante un muestreo sistemático, sendas muestras de 68 pruebas. El análisis se llevó a cabo para cada problema por separado.

Los primeros problemas de ambas pruebas eran muy similares, ofrecían para su solución dificultades equivalentes. El segundo y el quinto problema de la prueba de 2001, seleccionados para medir el grado de reflexión y el grado de generalización logrado por el alumno, respectivamente, no tenían análogos en la prueba de 1999. Para estas dimensiones no fue posible efectuar comparaciones.

Grado de corrección de la acción.

Problema 1: Grafica la función $y = 2x^3 - 6x^2 + 4$ estudiando los intervalos de crecimiento y decrecimiento, extremos relativos, concavidad y puntos de inflexión, si los hubiera.

Los porcentajes de respuestas de los alumnos, en las distintas categorías, son:

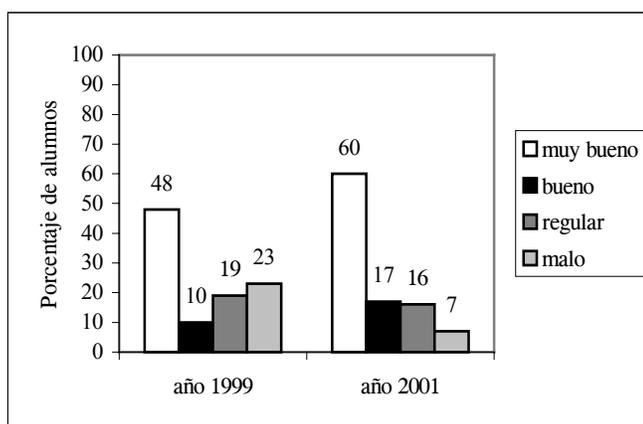


Figura 1. Distribución porcentual de las calificaciones obtenidas en el grado de corrección. Año 1999 vs. Año 2001.

Observamos que el porcentaje de alumnos que obtuvieron una calificación de Muy bueno en el año 2001, fue mayor que en 1999 (60% frente a 48%), habiéndose disminuido notablemente el porcentaje de los calificados como malos (7% frente a 23%).

Grado de reflexión.

Problema 2: Bosqueja la gráfica de una función F continua, que cumpla las siguientes

condiciones, escribiendo previamente el significado de cada una de ellas en los puntos suspensivos:

$F(5) = 2$

$F'(x) > 0$ si $x < 5$

$F''(x) > 0$ si $x < 5$

$F'(x) < 0$ si $x > 5$

$F''(x) > 0$ si $x > 5$

Los porcentajes de las respuestas, en las distintas categorías, se presentan en el siguiente gráfico:

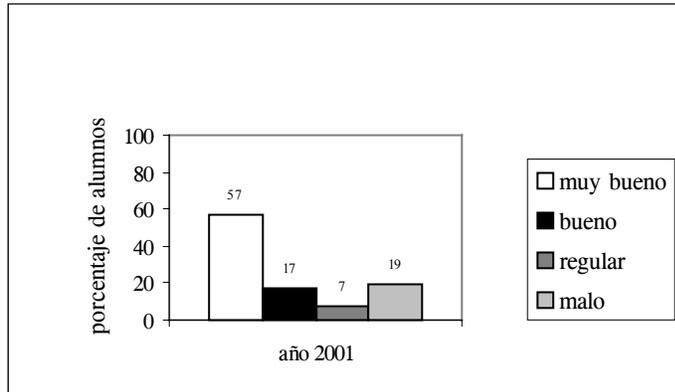


Figura 2. Distribución porcentual de las calificaciones obtenidas en el grado de reflexión. Año 2001

Podemos observar que el 57 % de los alumnos fueron calificados como muy buenos en el grado de reflexión. Sólo un 19 % de las calificaciones fueron consideradas malas.

Grado de generalización.

Problema 5: Para una cierta batería la potencia viene dada por $P(i) = 12i - 0,5i^2$, siendo i la intensidad de la corriente medida en amperes. ¿Para qué intensidad de la corriente se obtiene un valor máximo de la potencia?

Los porcentajes de las respuestas de los alumnos, para cada categoría, son:

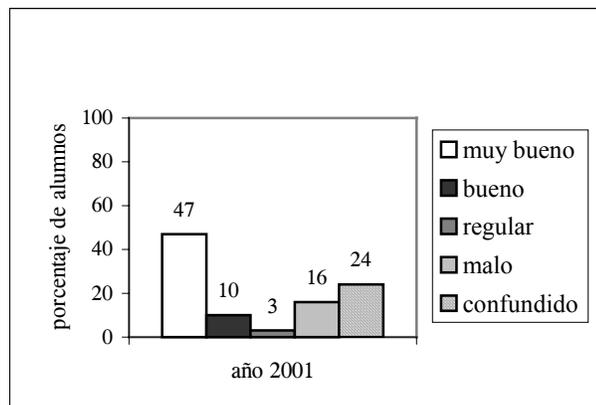


Figura 3. Distribución porcentual de las calificaciones obtenidas en el grado de generalización. Año 2001.

La gran mayoría de los que obtuvieron la calificación de *muy bueno* interpretaron la respuesta obtenida en el contexto de la situación problemática.

Observación: a la escala elegida originalmente para esta dimensión, fue necesario agregar un nuevo grado, al que se denominó confundido. Una hipótesis explicativa de tal confusión es la siguiente: En la prueba este problema estuvo presentado a continuación de los problemas 3 y 4, los que se resolvían a través de los conceptos de integrales indefinidas y definidas. Un 24% de los alumnos intentó resolver este problema recurriendo a estos conceptos, los que actuaron como auténticos distractores. Sobre el ordenamiento y presentación de los ítems en una prueba diversos autores, entre ellos Waters (1997) y Padua (1993), aconsejan agrupar los ítems que cubren un mismo objetivo, comenzando con el más fácil. Resultó alentador que el 57% de los alumnos se haya ubicado en las categorías Muy Bueno y Bueno, aún habiéndose transgredido esta pauta al elaborar el instrumento. Este resultado estimula a profundizar en actividades que involucren resolución de problemas.

Discusión y conclusiones

Por limitaciones de espacio en este trabajo sólo se presenta, en forma completa, el análisis de los datos obtenidos con uno de los instrumentos con los que se evaluó la experiencia. Son, por lo tanto, resultados parciales y proporcionan evidencia solamente sobre el rendimiento académico de los alumnos. Esta información se integró y complementó con las aportadas por las otras fuentes (Cuadro 1).

Las conclusiones a las que se arribaron integran los conocimientos acumulados de la experiencia de campo (preparación de la guía, enseñanza en el aula y resultados del examen rendido por los alumnos) con un proceso de reflexión y observación sistemática. En las clases teóricas desarrolladas, el docente fue el encargado de guiar la actividad del alumno, conducirlo a la construcción del conocimiento y explotar el potencial de la guía. De la observación sistemática de la conducta de los alumnos, se pudo apreciar un interesante proceso de construcción progresivo de ideas y conceptos.

El uso de la guía no sólo permitió mejorar la comunicación en el aula, la participación de los alumnos y el interés por el tema a desarrollar a través de los distintos problemas planteados al inicio de cada

tema, sino que también se obtuvieron resultados satisfactorios del aprendizaje de los temas desarrollados. Un porcentaje importante de los alumnos logró relacionar los distintos conceptos y aplicarlos para resolver las situaciones planteadas.

Del análisis comparativo realizado sobre los resultados de las evaluaciones realizadas en 1999 y 2001, se aprecia una mejora en el grado de corrección, cuando el aprendizaje se realiza con un material didáctico elaborado desde un punto de vista constructivista, frente a los resultados obtenidos cuando las clases teóricas son del tipo magistral. En la muestra de 1999, la metodología de enseñanza no permitió incluir en la evaluación ítemes que posibilitaran estimar el grado de reflexión ni el de generalización. El haber podido hacerlo en esta experiencia innovadora, se interpreta como un avance positivo hacia un aprendizaje más significativo y eficiente.

En 2001, un alto porcentaje de los alumnos obtuvo calificativo de muy bueno en el grado de reflexión. Sin embargo, en las pruebas pudo observarse que en la conversión del sistema analítico al gráfico (problema 2) algunos tuvieron dificultad en el manejo de condiciones simultáneas, aún cuando hubieran analizado correctamente cada una de las condiciones por separado. Se coincide así con lo que algunos autores (Cudmani et al., 2000) han detectado como una de las formas habituales de razonamientos incompletos precientíficos “el de una variable por vez”.

Como ya se ha dicho, un logro de la experiencia llevada a cabo en 2001 fue haber podido desarrollar, en alguna medida, el grado de generalización, medido a través del problema 5. La confusión en la que incurrió el 24% de los alumnos, al intentar resolver este problema a través del concepto de integral (concepto usado para resolver los problemas precedentes 3 y 4), nos hace pensar en una doble problemática: una a nivel alumno y otra a nivel docente. En cuanto al alumno, una insuficiente internalización de los conocimientos, al

evidenciar la incapacidad de identificar los contenidos matemáticos que les permitieran resolver la situación planteada, y el arraigo de hábitos de responder siguiendo ciertas pautas (el alumno responde de acuerdo a lo que considera que el docente espera de él, en otras palabras brinda la “respuesta esperada”). Por otra parte, esta confusión podría reflejar a nivel docente, al momento de elaborar los instrumentos de evaluación, el hábito de presentar los problemas de acuerdo al orden en el que se desarrollan los temas en clase.

Los resultados obtenidos provienen, como ya se dijo, del análisis de uno de los instrumentos de recolección de datos: el segundo parcial. En los trabajos en los que se analizaron la encuesta a los alumnos y el diseño de los exámenes finales (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2002b; González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2003a) y en aquellos en los que se estudiaron los registros de la observación participante (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2004), la encuesta a los docentes (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2003b) y el rendimiento académico evidenciado en el examen final, se completó la evaluación de la experiencia con los otros instrumentos especificados en el Cuadro 1. Los respectivos resultados fueron triangulados, a fin de fundamentar mejor las conclusiones generales de la investigación. Las mismas afianzan la conveniencia de transferir esta estrategia metodológica a la totalidad de los temas de esta asignatura.

Es justo reconocer que si bien son muchos los aspectos que hacen a un aprendizaje significativo que se han visto estimulados con la implementación de esta estrategia didáctica, existe la contrapartida de un mayor tiempo de dedicación para el desarrollo de los temas. Se torna necesario, entonces, una selección cuidadosa de los temas cuyo abordaje sea imprescindible durante el desarrollo del curso, relegando aquellos que pudieran ser encarados en forma independiente por el alumno.

Queda abierta la posibilidad de poner en

práctica una modificación a la estrategia ya implementada, que intenta favorecer un trabajo más independiente, beneficiar procesos metacognitivos, disminuir el protagonismo docente e incrementar el nivel de participación de los alumnos. La propuesta es la siguiente: “Los alumnos, con anticipación y distribuidos en grupos, deberían leer las páginas de la

guía a desarrollar en la próxima clase y encarar por sí mismos el llenado de sus ‘huecos’. Durante el siguiente encuentro, el trabajo conjunto de alumnos y docente permitiría aclarar las dudas, inducir y completar los razonamientos involucrados en el tema y corregir los errores en los que los alumnos hubieran incurrido”. Esta será una tarea a encarar en el futuro.

Referencias

- Alonso, M., Gil, D. y Martínez Torregrosa, J. (1992). Los exámenes de física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 10 (2), 127-138.
- Arcavi, A. (1999). Y en Matemáticas, los que instruimos ¿qué construimos? Números. *Revista de didáctica de las matemáticas*. Vol. 38, pp. 39-56.
- Coll, C. y Martí, E. (1994). Aprendizaje y desarrollo: la concepción genético-cognitiva del aprendizaje. En Coll, C., Palacios, J. y Marchesi, A. (Eds.). *Desarrollo psicológico y educación, II. Psicología de la educación*. (pp. 121 - 139). Madrid: Alianza Editorial.
- Colombo de Cudmani L., Cudmani C. Sobre la asignación de puntajes en pruebas y exámenes. *Memorias de la IV Reunión Nacional de Educación en la Física*, pp 189-195. 1985.
- Cudmani, L., Pesa M. y Salinas J. (2000). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), pp. 3-13.
- Czar, M. y Pizarro de Raya, A. (1993). Las corrientes psicológicas en el estudio del aprendizaje. En Czar, M. y Pizarro de Raya, A., Badfessi de Tapaltar, C. (Eds). *Concepciones del aprendizaje y práctica docente. Módulo IV* (pp. 3-64). Curso de Formación Pedagógica para Docentes Universitarios. Secretaría de Planeamiento de la U.N.T.
- González de Galindo, S. y Villalonga de García, P. (2000). Una propuesta para hacer efectiva la comunicación en clases numerosas. *Revista IRICE*, N° 14, pp. 169-173.
- González de Galindo, S. y Villalonga de García, P. (2001). Una propuesta para el tratamiento metodológico de una clase de Matemática en una Facultad de ciencias. *Revista IRICE*, N° 15, pp. 193-206.
- González de Galindo, S. y Villalonga de García, P., Nieva de del Pino, M., Chahar de Corrales, B., Holgado de Mejail, L. y Marcilla de Rulli, M. (2000). Una alternativa para enseñar Matemática en una Facultad de Ciencias. *Revista Científica de la Universidad de Blas Pascal*, V 5, N° 14, pp. 7-14.
- González de Galindo, S. y Colombo de Cudmani, L. (2002a). Evaluación de una experiencia para resignificar la clase magistral en la enseñanza del cálculo. Ponencia de la VI Reunión de Didáctica de la Matemática del Cono Sur.
- González de Galindo, S. y Colombo de Cudmani, L. (2002b). Reflexiones sobre una experiencia didáctica en clases teóricas masivas de matemática. Opiniones de los alumnos. Ponencia del VI Simposio de Investigadores en Educación en Física. (Una versión final fue enviada a publicar a la revista Enseñanza de las Ciencias).
- González de Galindo, S. y Colombo de Cudmani, L. (2003^a). Análisis del diseño de instrumentos de evaluación implementados desde dos contextos curriculares. *Memorias del V Simposio de Educación Matemática*.
- González de Galindo, S. y Colombo de Cudmani, L. (2003b). Evaluación de una estrategia didáctica implementada en clases teóricas masivas de matemática: encuesta a los docentes. XIII Reunión Nacional de Educación en Física, Río Cuarto, Córdoba.
- González de Galindo, S. y Colombo de Cudmani. (2004). Observación sistemática de clases teóricas de Matemática, en las que se implementó una estrategia didáctica". Enviado a la Revista Investigaciones em Encino de Ciencias (en etapa evaluadora).
- Moreira, M. (1997). La teoría del desarrollo cognitivo de Piaget. En Moreira, M. (Ed.), *Enfoques teóricos. Monografías sobre aprendizagem e ensino*. Material impreso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil.

- NCTM. (1989). *Estándares Curriculares y de Evaluación para la Educación Matemática*. España: Ed. Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.
- Nunnally, J. M. (1970). *Introducción a la medición psicológica*. Buenos Aires: Ed. Paidós.
- Ortiz Hurtado, M. (1999). *Iniciación de la aritmética. Una propuesta de formación de maestros desde la perspectiva del aprendizaje*. Tesis de Doctor en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa. Departamento de Matemática Educativa. México.
- Padua, J. (1993). *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Pérez Gómez, A.: (1992). Los procesos de enseñanza - aprendizaje: análisis didáctico de las principales teorías del aprendizaje. En Gimeno Sacristán y Pérez Gómez (Eds), *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.
- Rinaudo, M. C. y Squillarri, R. (2000). El aprendizaje en las aulas universitarias. *Revista IRICE*, N° 14, pp. 61-77.
- Sánchez, G. y Valcárcel; M. V. Citado por Campanario, J. M. y Moya A., (1999). ¿Cómo enseñar Ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2) pp. 179-192. 1993.
- Schoenfeld, A. Citado por Arcavi, A. (1999). Y en matemáticas, los que instruimos ¿qué construimos?" *Números. Revista de didáctica de las matemáticas*. Vol. 38, pp. 39-56. 1992.
- Villalonga de García, P. y González de Galindo, S. (1997). Una propuesta para enseñar el Teorema de Lagrange con la participación activa del alumno. *Memorias de la IV Reunión de Didáctica de la Matemática del Cono Sur*, pp. 110-116.
- Villani, A. y Orquiza, L. (1995). Conflictos cognitivos, experimentos cualitativos y actividades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, pp. 279-294.
- Watters, Ch. (2002). Redacción de pruebas en relación con el análisis del aprendizaje. <http://www.carlisle-army.mil/usamhi/usarsa/adelante/sum97/watters.htm>