

UNA EXPERIENCIA DE ENSEÑANZA SEMIPRESENCIAL DEL CÁLCULO

Eleonora Catsigeras ¹

Resumen: Se describe una experiencia de enseñanza realizada en algunos temas del primer curso Cálculo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, en Uruguay. Se probaron estrategias, quizás no innovadoras, pero sí diferentes a las usadas hasta el momento en dicha asignatura. Integró dos técnicas, una de enseñanza presencial y otra de enseñanza a distancia, siendo la presencial de carácter altamente personalizada y el pilar pedagógico de la experiencia.

Palabras clave: Enseñanza semipresencial, Enseñanza a distancia, Cálculo, Enseñanza de la Matemática, Educación superior.

Abstract: We describe an educative experience about some topics of the first curricular course of Calculus, developed at the Engineering Faculty of the University de la República, in Uruguay. We experienced some strategies that, although not new, are different from those used up to the moment in that course. We integrated two complementary techniques, one of actual presence classes and other of distance learning. The teaching during the actual presence classes had a high personalized character and was the pedagogic sustentation of the experience.

Key words: Semipresence learning, Distance learning, Calculus, Mathematics education, University education.

1. Introducción.

En contra- semestre al dictado curricular del curso de Cálculo 1 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República en Uruguay, se realizó en el Instituto de Matemática y Estadística Rafael Laguardia (IMERL), con apoyo de la Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería (UEFI), una experiencia de enseñanza en los temas más delicados de dicho curso. Fue una prueba piloto (sin adquisición de créditos curriculares para los estudiantes) de la combinación de varias estrategias de enseñanza. Ninguna de ellas por sí sola es una estrategia novedosa, pero su combinación equilibrada resulta innovadora, por lo menos en lo que se refiere a procedimientos diferentes de los utilizados hasta el momento en dicha asignatura. Algunas de las actividades y materiales utilizados en la

¹ Doctora en Ciencias, Profesor Agregado del Instituto de Matemática y Estadística Rafael Laguardia (IMERL) - Facultad de Ingeniería - Universidad de la República – www.fing.edu.uy/~eleonora ; Dirección Postal: Herrera y Reissig 565, Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: eleonora@fing.edu.uy

experiencia no habían sido hasta el momento ensayados en un curso de ingreso del plan de estudios vigente desde 1997 en esta Facultad. Permitió como estrategia innovadora en dicho curso integrar un enfoque constructivista y significativo en la enseñanza de los conceptos. Se desarrollaron técnicas, orientadas personalmente por el profesor con cada alumno, que promovieron el *“enlace significativo de los conceptos como forma de propiciar un aprendizaje con sentido para el alumno. La significación personal implica que el alumno atraviesa un proceso de construcción de la información recibida.”* (Catsigeras, E, Curione, K. Míguez, M (2005)).

Integró una técnica clásica de enseñanza presencial con una técnica de enseñanza a distancia. Durante las clases presenciales se enfatizó la comunicación fluida, multi-direccional (estudiante-docente, docente-estudiante, estudiante-estudiante), personalizada en grupos de clase reducidos, y adaptada a la diversidad de intereses y condiciones de los alumnos, uno a uno, pero integrados en un pequeño grupo; y a la motivación y experiencia tanto de ellos como del docente. En el llamado inicial, al principio del desarrollo del programa, y en un par de oportunidades durante o al final del mismo, se hicieron explícitas estas motivaciones e intereses, tanto por parte de estudiantes como del docente, así como la marcación de límites de competencia, actividades, responsabilidades y expectativas de cada uno y de la experiencia en sí. La dinámica grupal de la reunión de presentación fue organizada por la UEFI, y las siguientes fueron discutidas y monitoreadas con personal especializado de esta unidad.

Durante el desarrollo de las clases presenciales se implementaron técnicas provenientes de las teorías constructivistas del aprendizaje, en particular la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel (2002)), y la teoría del cambio conceptual (Posner, J; Strike, K; Hewson, P; Gertzog, W (1988)) que se centra en los procesos de transformación del conocimiento. Implica una construcción con significado de los conceptos, que transforma, no sustituye, las nociones previas. Permite aprovechar la persistencia de las ideas previas o espontáneas, que *“surgen de la actividad cotidiana del sujeto en un proceso de interacción con el entorno.”* (Pozo (1993)).

Se evidenció en la actividad de estudiantes y docente, una desconstrucción espontánea, fuerte y muy positiva del clima de trabajo al avanzar el semestre, y un aumento significativo de la atención por los intereses colectivos, de la auto-crítica sobre desempeño y comprensión de los conceptos del curso, y auto-evaluación de la actividad de cada uno y en equipo.

En las clases presenciales y también en las reuniones de estudiantes sin presencia del profesor, se aplicaron técnicas pedagógicas con énfasis en *“la construcción reflexiva efectuada intra e interpersonalmente a los alumnos”*. (Míguez, Curione (2004)). Desde el punto de vista de Vigotsky *“las formas superiores del conocimiento son socio-generadas. La atención, la memoria lógica, la formación de conceptos se generan en el plano social y luego se desarrollan en el psicológico. Hasta a solas el hombre ejercita funciones de comunicación.”* (Vigotsky (1931)).

Las clases a distancia concentraron el contenido expositivo, informativo, los ejemplos resueltos, y los fundamentos teóricos del curso, que llevaban hasta el momento prácticamente todas las horas de clase en Cálculo 1. Fueron grabados (sólo para los temas tratados durante esta experiencia de prueba) en soporte informático, con video de pizarrones y audio simultáneos a tiempo real. La asistencia a esas clases a distancia fue parte del trabajo domiciliario de los estudiantes cursantes, junto con otras tareas domiciliarias que incluían el estudio en formas más o menos convencionales (bibliografía, ejercicios) y trabajo en equipo

coordinado por estudiantes tutores. El trabajo domiciliario estuvo pautado detalladamente y monitoreado semana a semana por el docente durante las clases presenciales y por los estudiantes tutores en las clases prácticas sin presencia del profesor.

La combinación de ambas técnicas permitió maximizar el rol orientador y formador del docente y la interacción formativa entre pares estudiantes, debido al énfasis, durante toda esta experiencia, de las clases presenciales en grupos muy reducidos. El pilar de la experiencia estuvo sustentada en relativamente pocas horas de clases presenciales. En cambio el trabajo por parte del estudiante estuvo cargado de muchas horas de actividad a distancia, solo y en equipo, sin la presencia del profesor. La cantidad de horas netas semanales de dedicación del estudiante fue aproximadamente la misma que la prevista en el programa de Cálculo 1 del plan del año 1997, pero balanceadas de modo diferente: 75% de trabajo domiciliario o en equipo sin el profesor, y 25 % en clase presencial con el profesor.

2. Antecedentes y motivaciones

2. A) Situación de “masividad” en Cálculo 1.

Hasta ese momento y desde 1997 por lo menos, estaba en desuso en Cálculo 1 la enseñanza- aprendizaje en grupos reducidos de estudiantes, así como la evaluación continua durante las clases (o por lo menos el monitoreo permanente y exhaustivo del docente) sobre el desempeño real de los estudiantes, en equipo o individual.

En 2004 hubo 1900 estudiantes inscriptos a Cálculo 1. Las técnicas de enseñanza personalizadas no son aplicables con los escasos recursos docentes (4 profesores y 11 docentes asistentes o ayudantes durante 2004) si no se dispone de algún sustituto material para el dictado de clases expositivas.

Durante el primer semestre de 2004 en Cálculo 1 se dictaron 135 horas-grupo por semana (18 grupos por 7,5 horas por semana por grupo) de clases expositivas teóricas y prácticas.

Las clases como hasta ese momento eran planteadas, eran exposiciones magistrales y expositivas, y las evaluaciones eran y siguen siendo cuantitativas. Este formato de enseñanza deja prácticamente tiempo nulo a la formación y atención de intereses y motivaciones diversos, tanto de estudiantes como de docentes. No es la única metodología posible, pero resulta en los hechos la aplicable bajo la actual relación de número de estudiantes sobre cantidad de recursos humanos y materiales.

Tampoco existe casi oportunidad, por el anonimato en la asistencia a clases multitudinarias, al diálogo docente-estudiante y estudiante-estudiante, ni de formar tempranamente en los semestres al ingreso a nuestra Facultad las pautas de comportamiento responsable necesarias para la carrera y el desempeño universitario.

Resulta muy difícil durante los primeros cuatro meses del semestre de ingreso a la Facultad, por el contexto de masividad, hacer explícito el contrato inherente de enseñanza-aprendizaje, la maduración en el estudio, la delimitación de competencias diferentes de estudiantes y docentes, los derechos y deberes de cada uno, la auto-crítica y auto-exigencia imprescindibles sobre profundidad de conocimientos, comprensión y desempeño, entre otros.

Creemos que continuar en esta situación no es deseable. Por eso intentamos experimentar algún cambio posible, sustentado en algunas pruebas empíricas concretas, como la que fue realizada en la asignatura de Cálculo 1 y que motiva este informe.

2. B) Una experiencia previa de enseñanza con material multimedia en Cálculo3.

Durante el año 2001 se realizó una experiencia de grabación en soporte informático del curso de Cálculo 3 del tercer semestre curricular, con el total del contenido expositivo teórico y práctico de dicho curso (Catsigeras, E (2001)).

De los resultados de evaluación obtenidos ese año y de un cuestionario efectuado al total de estudiantes asistentes a las evaluaciones se obtuvo lo siguiente:

2. B) 1. Quienes asistieron a todas las clases presenciales expositivas tuvieron en promedio similar desempeño, habiendo usado o no el disco con las clases grabadas. Obtuvo el mejor resultado promedio el subgrupo de estudiantes que asistía regularmente a las clases prácticas y de consulta presenciales (además de las clases expositivas, ya sea presenciales o grabadas en disco).

2. B) 2. El promedio del desempeño global ese año fue algo mejor que en años anteriores. Uno de los factores, (recogiendo la opinión manifestada por los estudiantes ese año), fue que las clases grabadas permitían “rellenar los huecos”, y “adaptarse a la velocidad de asimilación y comprensión de cada uno”.

2. B) 3. El desempeño promedio en las evaluaciones de aquellos estudiantes que no habían asistido a casi ninguna de las clases presenciales (por motivo de trabajo, sociales u otros) fue significativamente peor que el de los que sí habían asistido regularmente a ellas.

2. B) 4. Entre quienes no asistieron casi nunca a las clases presenciales, el desempeño en las evaluaciones de quienes habían utilizado las clases grabadas fue bastante próximo al de los que sí habían asistido a las clases presenciales, muy superior que el de quienes no asistieron ni a las presenciales ni a las grabadas.

2. C) Micro-experiencia durante 2002 en el curso de Matemática Discreta 1.

Durante el primer semestre de 2002 se realizaron, sin efecto curricular, experiencias de clases de consulta sistemáticas y sostenidas durante un semestre completo. Se dictaron para un grupo muy reducido de estudiantes del curso de matemática Discreta 1. (Dicho curso correspondía al semestre inmediato anterior, segundo semestre curricular de la carrera).

Fueron clases de consulta planificadas, con pauta previa de estudio y marcación de trabajos domiciliarios. La dinámica de las clases incluyó el monitoreo docente del trabajo domiciliario de los estudiantes, que debían realizar en equipo. Durante la clase de consulta se enfatizaron las presentaciones orales (preparadas o no) de estudiantes, con planteos de preguntas acompañadas de ensayos de respuesta. Las intervenciones docentes consistieron esencialmente en la orientación previa, la concreción final de las respuestas, y la corrección de los errores de los estudiantes.

3. Descripción de actividades.

En la micro-experiencia del año 2003 en Cálculo, sobre la cual trata esta ponencia, trató de recogerse y combinarse las experiencias anteriores, para aprovechar las ventajas de ambas y complementarlas. Participaron 18 estudiantes voluntarios (8 hasta el final), un docente del IMERL, y docentes y técnicos de la UEFI. Los estudiantes se integraron en tres categorías según sus propias motivaciones: cursantes, tutores y técnicos. Los estudiantes cursantes y tutores participaron en la enseñanza-aprendizaje referidas al curso de Cálculo 1, en roles complementarios e integrados, y los estudiantes técnicos facilitaron la creación, distribución y uso de materiales multimedia por parte del docente y los demás estudiantes.

La enseñanza presencial fue el pilar de la experiencia. Estuvo compuesta de dos tipos de actividades:

- Clases de consulta: Dedicadas al rol orientador y formador del profesor. Fueron clases muy personalizadas, no individuales pero en un grupo reducido de hasta 10 estudiantes. Requerieron a los estudiantes una preparación previa muy intensa, mediante trabajo domiciliario individual y en equipo. Las actividades domiciliarias fueron pautadas por el profesor semana a semana. El énfasis durante las clases de consulta estuvo puesto en las exposiciones orales e intervenciones de los estudiantes.
- Clases prácticas, sin presencia del profesor: Consistieron en reuniones de trabajo en equipo estudiante-estudiante. Fueron coordinadas por los estudiantes tutores. El énfasis durante las mismas estuvo puesto en el intercambio entre pares de preguntas y respuestas, después de realizar las actividades domiciliarias. El docente pautó semana a semana como “Objetivo de forma” para la actividad concreta de las clases prácticas (que se realizaron sin presencia del profesor) la preparación por parte del equipo de estudiantes, coordinado por el o los tutores, de un documento relatorio de preguntas e intentos de respuesta, sobre los temas marcados, y la programación de los temas a tratar para la siguiente clase de consulta con el profesor.

La enseñanza a distancia estuvo compuesta de dos tipos de actividades:

- Clases grabadas: Estuvieron dedicadas al rol expositor e informador del profesor. Consistieron de exposiciones teórico-prácticas del docente, grabadas en soporte informático, y presentadas en CD (Catsigeras, E (2003)), conteniendo videos con imagen y audio a tiempo real. Su cometido básico es similar al de las clases presenciales de Cálculo 1 que se dictan hoy a grupos grandes, y como ellas deben ser complementadas y reafirmadas mediante el estudio de la bibliografía del curso (Apóstol (1999) y Catsigeras, E (2004)). Aún así son clases con contenido suficiente, auto-referido e independiente de la bibliografía.
- Tareas domiciliarias: Fueron pautados detalladamente por el profesor. Hubo énfasis en marcar prioridades por parte del docente, según intereses, motivaciones y dificultades de los estudiantes. El trabajo domiciliario, de estudio y realización de ejercicios, así como el resultado neto del trabajo en equipo de estudiantes, fue revisado semanalmente (o monitoreado) exhaustivamente de modo estudiante-estudiante y docente-estudiante. Se fue llevando una tabla de calificaciones conceptuales de control semanal y sin efectos curriculares.

4. Resultados y conclusiones.

La metodología a distancia permitió minimizar durante el tiempo de las clases presenciales de esta experiencia piloto, las exposiciones del docente, así como eliminar (durante esta experiencia) las clases magistrales con asistencia descontrolada y anónima. Permitted renovar y aprovechar las enormes ventajas que tiene el conocimiento personal mutuo estudiante-docente y estudiante-estudiante. Se pudo renovar la vieja estrategia de trabajo y estudio en equipo de estudiantes, y la preparación previa e intensa del estudiante antes de la clase para optimizar el aprovechamiento de la actividad presencial con el profesor. Se pudo implementar las teorías de aprendizaje significativo (Ausubel (2002)), del cambio conceptual (Posner, J; Strike, K; Hewson, P; Gertzog, W (1988)) y de construcción de conceptos socio-generados (Vigotsky (1931)).

Durante la experiencia se pudo crear una conciencia de responsabilidad y autocrítica individual en el proceso de aprendizaje-enseñanza, al tener que comunicar y convencer a sus pares sobre razonamientos y resoluciones concretas, anteponiendo razones fundadas a la urgencia de coleccionar ejercicios resueltos y respuestas de exámenes o parciales anteriores.

Permitió también tomar conciencia del compromiso personal en el proceso colectivo de enseñanza-aprendizaje: Al poco tiempo de iniciada esta experiencia, los propios estudiantes advirtieron, por ejemplo, que la repetición de las mismas preguntas al docente, realizadas por estudiantes “desfasados” unos con otros, en forma individual, así como la falta de preparación previa y en equipo a la clase de consulta presencial con el profesor, o la falta de intercambio previo de preguntas y respuestas entre estudiantes mediante trabajo coordinado, provocaba el atraso de uno o más de ellos frente a otros. Esto significaba el atraso del grupo, con la consecuente reducción del alcance de los temas que se cubrirían durante la experiencia, y el riesgo de no alcanzar el objetivo que se proponían de “preparar el examen”.

En ello influyó que no hubo exámenes, parciales, ni pruebas con efectos curriculares en los temas enseñados, ni instancias distorsionantes o artificiales que interrumpieran el proceso y los tiempos naturales de asimilación y maduración de ideas aprendidas. La evaluación final y curricular estaba relativamente lejana en el tiempo a esta experiencia de enseñanza, y por otra parte su contenido y su exigencia serían independientes de lo que se aprendiera en esta.

Los datos cuantitativos que hemos relevado son los de aprobación en las evaluaciones curriculares realizadas en los seis meses siguientes, a los estudiantes cursantes que participaron de la experiencia. De los ocho estudiantes que permanecieron en actividad hasta el final, cinco eran cursantes y tres tutores. De los estudiantes cursantes, (todos re-cursantes por segunda o tercera vez del curso curricular, y alguno reprobado varias veces en los exámenes), no todos se presentaron al examen en la primera oportunidad que tuvieron después de finalizada esta experiencia. Solo cuatro estaban en condiciones reglamentarias para hacerlo. Tres lo hicieron en diciembre de 2003, aprobando dos de ellos con calificaciones elevadas y reprobando el tercero. Este y el cuarto estudiante rindieron el examen en febrero de 2004. Reprobó uno (el mismo que había reprobado en diciembre) y aprobó otro con calificación media. El que reprobó se inscribió al curso del año 2004 curricular y reglamentado, y exoneró del examen con nota media.

Creemos que el hecho de inscribirse a participar de la misma, ya denotó por parte de estudiantes tutores y cursantes una actitud muy sesgada hacia el lado positivo, para que la experiencia pudiera ser exitosa. Además la edad promedio de los estudiantes participantes (dos años mayores en promedio que los recién ingresados a la Universidad) y el hecho de no ser recién ingresados, también fueron un sesgo hacia el lado positivo. Por ese motivo, no podemos concluir que los procedimientos de la experiencia descrita sean aplicables a gran escala, a una población de 1900 estudiantes. No creemos que sea viable esa inducción. No lo sería debido al trabajo y dedicación de recursos humanos que exigen los procedimientos empleados, aunque se sustituyeran todas las clases expositivas del curso de Cálculo 1 por clases grabadas para asistir en domicilio.

Sin embargo, en lo que se refiere a motivación y formación del docente participante de esta experiencia, y de aunque sea solo 4 o 5 estudiantes voluntarios en más de mil, valoramos el hecho de conseguir un ámbito descontruido pero mucho más exigente que las clases convencionales hasta el momento, tanto a nivel académico como universitario, en una asignatura que presenta grandes retos pedagógicos como Cálculo 1. Fue un privilegio para la autora, la oportunidad de participar en la experiencia referida.

Referencias bibliográficas.

Apostol, T. (1999): *Calculus*. Editorial Reverté, México.

Ausubel, D (2002): *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Paidós. Barcelona.

Catsigeras, E (2001): *Cálculo Diferencial e Integral III*. CD con videos de clases editado por Centro de Estudiantes de Ingeniería, Montevideo.

Catsigeras, E (2003): *Cálculo Diferencial e Integral I*. CD con videos de clases editado por Centro de Estudiantes de Ingeniería, Montevideo.

Catsigeras, E (2004): *Elementos de topología usados en Cálculo. Parte I Espacios métricos. Parte II. Sucesiones. Notas para el curso de Cálculo I*. IMERL. Facultad de Ingeniería. Universidad de la República. Montevideo.

Catsigeras, E; Curione, K; Míguez, M (2005): *Un enfoque constructivista en la Enseñanza de los conceptos de límite y continuidad*. Comunicación en la XII Jornadas de Aprendizaje y Enseñanza de la Matemática (XII JAEM), Albacete, España.

Míguez, M; Curione, K (2004): *Aprendizaje de las Ciencias*. Notas del curso de Formación Docente UEFI, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República Montevideo.

Posner, J; Strike, K; Hewson, P; Gertzog, W (1988) *Acomodación de un concepto científico: Hacia una teoría del cambio conceptual*. En Porlan, R & cols (editores) *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Diada. Sevilla, 2000.

Pozo, I (1993): *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata, Madrid.

Vigotsky, L (1931): *Génesis de las funciones psíquicas superiores*. Obras escogidas III. Visor. Madrid, 1982.