

RENDIMIENTO ACADÉMICO EN AULAS MULTITUDINARIAS DE MATEMÁTICA: EVALUACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Susana E. González de Galindo, Leonor Colombo de Cudmani
Universidad Nacional de Tucumán
Prov. de Tucumán (Argentina)
sgalindo@fbqf.unt.edu.ar - lcudmani@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

En las clases teóricas multitudinarias de Matemática 1, asignatura de primer año de una Facultad de Ciencias, para superar la metodología de enseñanza tradicional, se recurrió al uso de un material instruccional. Éste fue elaborado de forma constructivista según criterios derivados de un marco teórico fundado en teorías cognitivas.

En este trabajo se analiza el rendimiento académico en el examen final, alcanzado por los alumnos que participaron de la estrategia didáctica. Se lo compara con el logrado por los que recibieron clases tradicionales. Se evidencian modificaciones positivas en el desempeño cuando se emplea un material didáctico diseñado ad hoc. Estos resultados concuerdan con los obtenidos al analizar el segundo examen parcial. Los restantes instrumentos con los que se evaluó la estrategia fueron objeto de análisis en otras investigaciones de las autoras.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte de una investigación más amplia sobre la problemática de resignificar la clase magistral en las aulas multitudinarias de Matemática I, dentro de un nuevo modelo de aprendizaje. Ésta es una de las asignaturas de primer año de las carreras que se cursan en la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Para superar las deficiencias propias de las clases tradicionales implementadas en esta asignatura hasta el año 2001, se comenzó por caracterizar un marco teórico a partir de los consensos en los que confluyen los modelos de aprendizaje derivados de teorías cognitivas, como las de Piaget, Ausubel y Vigotsky (Coll y Martí, 1994; Moreira, 1997; Pérez Gómez, 1992). De este marco teórico se derivaron criterios para la enseñanza de la Matemática (González de Galindo, 2003). Para satisfacer tales criterios y atendiendo a las limitaciones del contexto, se diseñó una estrategia didáctica que

recurre al uso de un material instruccional ad hoc, elaborado desde una óptica constructivista, sobre los siguientes tópicos: *Función creciente y decreciente, extremos relativos, concavidad, puntos de inflexión y graficación aproximada de funciones*. Este material presenta un conjunto de actividades, cuidadosamente elaboradas para favorecer la construcción y reconstrucción de las conceptualizaciones. A cada estudiante se entregó un protocolo guía, que debía ser completado en interacción con sus condiscípulos y con el docente. De este modo, el rol de los estudiantes se tornó mucho más activo y participativo. El material fue sometido a validación por pares (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2004 (a)). Fue implementado en 2001, en un total de dieciséis horas y participaron de la experiencia alrededor de doscientos estudiantes. En estas clases, se estimularon los cuestionamientos, la formulación de hipótesis, la conexión entre contenidos y el cambio de representaciones. Se puso énfasis en la participación del alumno, para lograr que fuera él quien generara y construyera comprensión. Al resolver las distintas actividades destinadas a lograr aprendizajes significativos, los alumnos debían intercambiar, inicialmente, opiniones con los compañeros más próximos, para luego compartir posturas con el grupo de la clase (Arcavi, 1999).

Considerando que el objetivo de producir aprendizajes significativos tiene consecuencias que afectan, entre otros aspectos, a la concepción del currículo, la estructuración del trabajo en el aula, las modalidades de realización de los trabajos prácticos, el abordaje de problemas, la introducción de conceptos, la evaluación, la recolección de datos se hizo recurriendo a distintas fuentes y procedimientos. Los instrumentos empleados pueden clasificarse en dos grupos:

- a) *Instrumentos destinados a indagar sobre la práctica didáctica en el aula:*
- **Cuestionario a alumnos** (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2004 (c)).
 - **Cuestionario a docentes** (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2004 (d)).
 - **Diario del profesor** (González de Galindo, 2003).

La triangulación de las conclusiones obtenidas de cada instrumento permitió comprobar el cumplimiento de la mayoría de los criterios e inferir que la nueva estrategia didáctica fue evaluada favorablemente por alumnos y docentes.

- b) *Instrumentos diseñados para evaluar los aprendizajes de los estudiantes:*
- **Examen correspondiente al 2º parcial** (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2004a),
 - **EXÁMENES FINALES**, rendidos al terminar el cursado de la asignatura. El objetivo de este trabajo es, precisamente, evaluar los aprendizajes de los estudiantes en estos exámenes.

Con respecto al *diseño* de los instrumentos empleados en ambas instancias, se comprobó una mejora sustancial en los del 2001 con respecto a los de 1999, ya que aquellos incluyeron actividades que enfatizaban el manejo significativo de conceptos, las conversiones entre los distintos sistemas de representación semiótica de la Matemática, así como actividades auto regulativas y de aplicación a las ciencias (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2004b).

Para comparar el rendimiento académico de ambos años, se verificó en primer lugar la homogeneidad de las respectivas poblaciones en las variables: sexo, edad, institución educativa de procedencia, zona de origen, condición de recursante y rendimiento académico en el primer parcial (González de Galindo, 2003). En el 2º parcial, se comprobó una mejora significativa en 2001 en el *grado de corrección*, habiéndose evaluado también en esta prueba, la capacidad del alumno para utilizar el razonamiento deductivo, reconocer los diversos significados e interpretaciones de los conceptos, así como la aplicación de los contenidos matemáticos a las Ciencias, Técnica y vida diaria.

MARCO TEÓRICO

El marco teórico se elaboró complementando los aportes de las teorías Psicogenética de Piaget, del Aprendizaje Significativo de Ausubel, del Enfoque Histórico Cultural de Vigotsky y de las pautas establecidas por los Estándares de Evaluación para la Educación Matemática (Coll y Martí, 1994; Moreira, 1997; NCTM, 1989; González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2004 (b)). Desde estos lineamientos, la *evaluación* es una parte del proceso didáctico, que cumple el rol de denunciante del mismo, que requiere la consideración de los conocimientos previos, que debe llevar al alumno y al docente a autoevaluarse y que debe mejorar la comunicación entre los distintos agentes (González de Galindo y Nieva de del Pino, 2002). Para lograr que el aprendizaje sea un proceso de cambio conceptual, procedimental y actitudinal, es necesario plantear actividades centradas en el manejo significativo de los conceptos, que involucren planteamientos cualitativos, formulación de hipótesis, consideración de situaciones límites y en las que se aprecie la aplicación de los contenidos desarrollados en clase a la vida cotidiana, a las ciencias aplicadas o a la tecnología.

METODOLOGÍA

Con respecto a los **exámenes finales** correspondientes a la estrategia didáctica, se estudió en primer lugar su *calidad técnica*, a fin de determinar si resultaron adecuados para ser usados en el análisis del rendimiento académico desde el enfoque de criterios. Se concluyó que reúnen requisitos suficientes de validez de contenido, validez factorial y consistencia interna como para ser empleados (González de Galindo, 2003). Al estudiar el rendimiento académico en estos exámenes, la hipótesis y las variables consideradas fueron:

Hipótesis: “En el examen final de Matemática I, es posible apreciar progresos en la calidad de asimilación de los conocimientos de los alumnos que han participado de la estrategia didáctica, con respecto al logrado por los que recibieron clases tradicionales”.

Variable independiente: aplicación de la nueva estrategia con su protocolo guía;

Variable dependiente: calidad de la asimilación de los conocimientos, relativa al grado de corrección, de reflexión y de generalización de la acción. La definición conceptual fue:

Grado de corrección: grado en el que el conocimiento procesual del alumno 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.

La definición operacional de esta variable se muestra en el siguiente Cuadro.

VARIABLE DEPENDIENTE		VALORES E INDICADORES
CALIDAD DE LA ASIMILACIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS	GRADO DE CORRECCIÓN DE LA ACCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Muy bueno: si $P \geq 85$. (P: porcentaje de tareas realizadas correctamente) • Bueno: si $70 \leq P < 85$. • Regular: si $50 \leq P < 70$. • Malo: si $P < 50$.
	GRADO DE CONCIENCIA O REFLEXIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Muy bueno: si $P \geq 85$. (P: porcentaje de fundamentaciones correctas) • Bueno: si $70 \leq P < 85$. • Regular: si $50 \leq P < 70$. • Malo: si $P < 50$.
	GRADO DE GENERALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Muy bueno: si selecciona los contenidos adecuados para resolver el problema, realiza las tareas necesarias y contextualiza la respuesta. • Bueno: si selecciona los contenidos adecuados para resolver el problema, realiza las tareas necesarias pero no contextualiza la respuesta. • Regular: si selecciona los contenidos adecuados para resolver el problema, realiza algunas tareas necesarias y no contextualiza la respuesta. • Malo: si no selecciona los contenidos adecuados para resolver el problema.

Cuadro 1: Dimensiones, valores e indicadores de la variable dependiente

Poblaciones:

Cada población estuvo formada por los alumnos que habiendo terminado el cursado de Matemática 1, habían rendido el examen final en alguna de las diez primeras mesas examinadoras posteriores al cursado. Se denominó **Población 1** a los 282 estudiantes que habiendo cumplido con esta condición, habían cursado la asignatura en 1999 (año con clases tradicionales), y **Población 2** a los 293 alumnos que la habían cursado en 2001 (año en el que se aplicó la estrategia).

Muestras:

Mediante un muestreo sistemático, se seleccionaron de cada población 117 pruebas.

Unidades de análisis:

Estas fueron los protocolos de las respuestas a los exámenes finales de Matemática 1.

Instrumentos de la Población 1:

Estos exámenes incluían ítems para medir sólo el rendimiento en la dimensión: *grado de corrección*. Si bien requerían demostraciones de teoremas, no se las consideró desencadenantes de procesos reflexivos, ya que las mismas habían sido desarrolladas en clase por el docente en forma minuciosa y no representaban ningún desafío para el alumno.

Instrumentos de la Población 2:

Incluían ítems para analizar el logro en cada una de las tres dimensiones de la variable. La inclusión deliberada en estos instrumentos de una actividad similar a las de los exámenes finales de la Población 1, permitió comparar el desarrollo logrado en el *grado de corrección*. Atendiendo al tiempo en el que se desarrollaron los contenidos de la guía, se decidió evaluar sólo el logro de los objetivos correspondientes a las operaciones: *Memorización*, *Interpretación* y *Aplicación*, relacionadas con las dimensiones de la variable dependiente, sin pretender evaluar capacidades más complejas, tales como las relacionadas con las operaciones *Análisis*, *Síntesis* o *Discusión* (Varela et al, 1996).

Además de los resultados que aquí se presentan, se obtuvo el “mapa de los logros y dificultades del aprendizaje de la resolución de problemas” a partir de la lectura de las producciones de los estudiantes en el ítem relacionado con el *grado de generalización* y en función de los criterios formulados para ese análisis. Analizando la respuesta de cada alumno, se registró la presencia o ausencia de los saberes necesarios para resolver el problema. Fue posible así, conocer el grado de dominio de cada habilidad en el grupo de alumnos. Para mejorar en el futuro la estrategia didáctica, se analizaron los posibles factores que podrían haber incidido en ellas. Finalmente se examinó la concordancia en el desarrollo de las dimensiones consideradas de a pares (González de Galindo, 2003).

RESULTADOS

Los estadísticos descriptivos fueron:

		<i>Media</i>	Desviación Estándar
Muestra de la Población 1	<i>Item 3 (Grado de corrección)</i>	4,1	3,0
Muestra de la Población 2	<i>Item 3 (Grado de corrección)</i>	6,2	3,6
	<i>Item 4 (Grado de reflexión)</i>	5,9	2,7
	<i>Item 5 (Grado de generalización)</i>	5,9	3,6

Cuadro 2: Medias aritméticas y medidas de dispersión para las dos muestras independientes

El diseño disímil de las pruebas de ambas poblaciones determinó que sólo pudiera estimarse la existencia de diferencias en el rendimiento académico logrado en el *grado de corrección*. Para la muestra de la Población 2, las medias de las tres dimensiones no difieren significativamente entre sí. Los valores de la desviación estándar de cada dimensión, muestran que el menor desvío corresponde al *grado de reflexión* (las notas están más concentradas que en las otras dos dimensiones). Con respecto al *grado de corrección*, se observa que la media aritmética de la muestra de la Población 2 (6,2) es mayor que la del grupo con clase tradicional (4,1). La prueba de Levene al 5% permitió rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de las varianzas de ambas poblaciones ($p = 0,011$). A partir de una prueba “t” para dos muestras con varianzas desiguales, con un nivel de significación del 5%, se concluyó que existiría diferencia significativa en el rendimiento académico logrado en el *grado de corrección* entre los estudiantes de ambos grupos ($p = 2,56 E-06$). De acuerdo con los valores de las medias, los alumnos del grupo de la Población 2 presentan un rendimiento académico mayor (Filgueira López, 2001).

Los resultados obtenidos en cada dimensión fueron:

- **Grado de corrección**
Al evaluar esta dimensión se analizó si el alumno dominaba los conceptos involucrados en el procedimiento, entendía la lógica en la que se apoyaba y distinguía los procedimientos que resultaban adecuados para la situación planteada (NCTM, 1989). Los resultados comparativos de ambas muestras distribuidas en las cuatro categorías de alumnos se presentan en el Gráfico 1. Fue posible apreciar una diferencia a favor de la nueva metodología.

La prueba chi cuadrado, con un nivel de significación del 5%, permitió concluir que existiría diferencia significativa entre ambas poblaciones con respecto a la distribución de las clasificaciones en las cuatro categorías de alumnos ($p=0,0001$). El análisis de los residuos de la tabla de contingencia, permitió individualizar las categorías responsables de la significatividad del estadístico chi cuadrado: Malos, Regulares y Muy Buenos. Observando el gráfico de la distribución porcentual de las calificaciones para ambos años, podría concluirse que la diferencia se debería a una disminución del porcentaje en las categorías Malos (del 47% en 1999 pasó al 26% en 2001) y Regulares (del 28% en 1999 disminuyó al 16% en 2001) y a un incremento en la categoría Muy Buenos (del 15% en 1999 pasó al 43% en 2001).

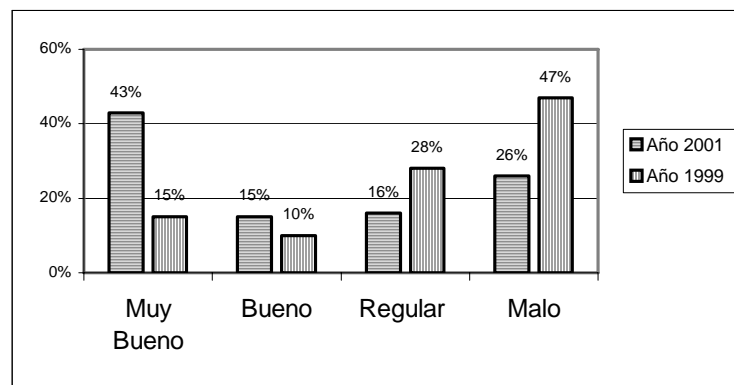


Gráfico 1: Distribución porcentual en el examen final de las calificaciones obtenidas en el ítem relacionado con el grado de corrección

Estos resultados sugerirían que la nueva estrategia didáctica provocaría mejoras en el aprendizaje de aquellos contenidos que corresponden a la categoría Conocimientos, coincidiéndose de esta manera con las conclusiones obtenidas en el análisis del rendimiento académico evidenciado en el 2º parcial (González de Galindo y Colombo de Cudmani, 2004 (a)).

- Grado de reflexión

El ítem relacionado con esta dimensión intentaba evaluar el aprendizaje significativo de los conceptos involucrados, la habilidad para establecer relaciones lógicas y el manejo de las diferentes representaciones semióticas que participan en la graficación de funciones: algebraica, gráfica y verbal (Castro y Castro, 1997). La distribución en las cuatro categorías de la muestra de la Población 2, fue:

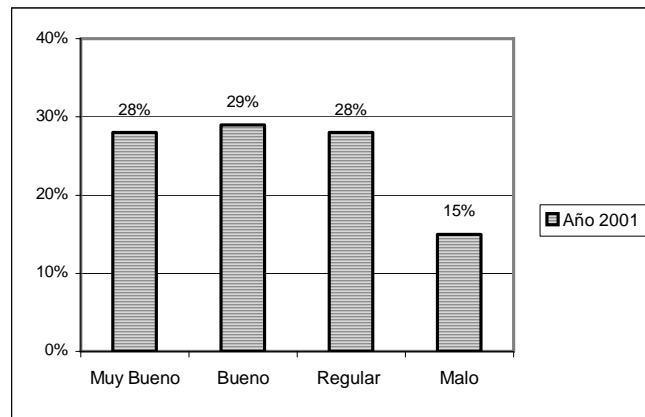


Gráfico 2: Distribución porcentual en el examen final de las calificaciones obtenidas en el ítem relacionado con el grado de reflexión.

El 43% de los sujetos puntuó Regular o Mal, correspondiendo a un 15% los alumnos catalogados como Malos al no poder razonar ni establecer conexiones entre los distintos conceptos. Un 57% logró un desempeño Bueno o Muy Bueno, evidenciando aprendizaje significativo de los conceptos involucrados y manejo y traducción de las diferentes representaciones de una función.

- Grado de generalización

Según Mancera (2000), cuando las *aplicaciones* se refieren al uso de los contenidos matemáticos para resolver problemas fuera de la Matemática, los alumnos pueden apreciar su importancia como una herramienta poderosa para resolver situaciones de distintas áreas. Para cada instrumento resultó necesario buscar aplicaciones lo menos ficticias posibles, que estuvieran al alcance de los alumnos y despertaran un genuino interés. Los resultados obtenidos se presentan en el gráfico 3.

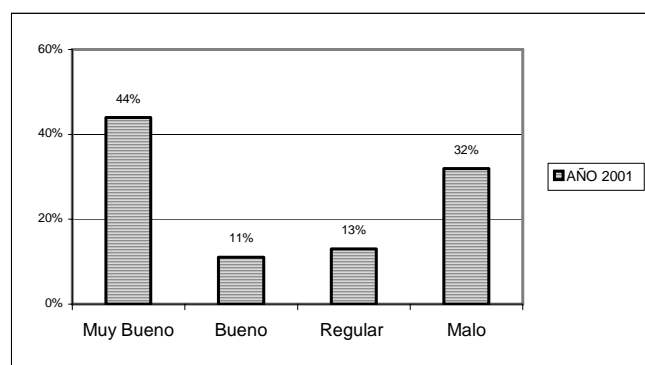


Gráfico 3: Distribución porcentual en el examen final, de las calificaciones obtenidas en el ítem relacionado con el grado de generalización.

La prueba chi cuadrado, con un nivel de significación del 5% permitió rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de distribución en las cuatro categorías establecidas ($p = 0,0001$). De acuerdo con los resultados obtenidos se aprecia que más de la mitad de los alumnos (55%) estarían dentro de las categorías Muy Bueno y Bueno. El 32% de los alumnos categorizados como Malos fracasaron, por lo general, por no haber comprendido la consigna o por no haber seleccionado las estrategias apropiadas para resolverlo.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el *grado de corrección* permitirían aceptar la hipótesis enunciada, ya que se evidenciaron modificaciones positivas en el rendimiento académico de los alumnos cuando se implementó la estrategia didáctica.

- Con respecto al *grado de reflexión*, para lograr que un mayor porcentaje de alumnos se ubiquen en las categorías Muy Bueno y Bueno sería conveniente que el tratamiento de todos los contenidos de la asignatura enfatice el descubrimiento de las relaciones entre los distintos conceptos y del significado e implicancias de los mismos, cuestiones que debieran ser el núcleo alrededor del cual se seleccionen las estrategias didácticas más adecuadas a cada contenido.

- En el *grado de generalización*, considerando que no se produjo una amplia docencia sobre la resolución de problemas (tarea pedagógica difícil), es necesario reconocer que se plantearon problemas que no presentaban demasiados desafíos. Sin embargo, el haber podido incluir ítems que posibilitaran estimar el *grado de reflexión* y de *generalización* en los exámenes finales correspondientes a la estrategia didáctica, se interpreta como un avance positivo hacia una enseñanza favorecedora de aprendizajes significativos.

El posterior proceso de triangulación de las conclusiones aquí obtenidas con las recabadas en el 2º parcial, permitió confirmarlas y estimular a implementar la estrategia didáctica en los restantes contenidos de esta asignatura. La información recogida resulta provechosa en términos de la planificación de posteriores actividades de enseñanza y de evaluación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arcavi, A. (1999). Y en Matemáticas, los que instruimos ¿qué construimos? *Números*. Vol. 38, pp. 39-56. 1999.

Castro, E. y Castro, E. Citado por Blázquez, S. y Ortega, T. (2001). *Los sistemas de representación en la enseñanza del límite*. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. Vol. 4,(3), 219- 236.

- Coll, C. y Martí, E. (1994). *Aprendizaje y desarrollo: la concepción genético-cognitiva del aprendizaje*. En Coll, C., Palacios, J. y Marchesi, A. *Desarrollo psicológico y educación, II. Psicología de la educación*. (pp. 121 - 139). Madrid: Alianza Editorial.
- Filgueira López, E. (2001). *Análisis de datos con SPSSWIN*. Madrid: Alianza Editorial S. A.
- González de Galindo, S. (2003). *Resignificación de las clases teóricas, en una Facultad de Ciencias, dentro de un nuevo modelo de aprendizaje*. Tesis de Magister en la Enseñanza de la Matemática Superior sin publicar. Universidad Nacional de Tucumán.
- González de Galindo, S.; Colombo de Cudmani, L. (2004e). *Evaluación de una estrategia didáctica innovadora implementada en clases teóricas masivas, en base a observación sistemática*. Memorias del II Workshop de Educación Matemática, pp. 80-89.
- González de Galindo, S.; Colombo de Cudmani, L. (2004a). “Evaluación de una experiencia para resignificar la clase magistral en la enseñanza del cálculo”. *Revista Educación y Ciencia, Vol. 8, N° 15 (29)*, pp. 85-99. 2004 (a).
- González de Galindo, S.; Colombo de Cudmani, L. (2004b). Análisis del diseño de instrumentos de evaluación implementados desde dos contextos curriculares. *Revista Educación de la Universidad de Costa Rica, Vol. 28, N° 2*, pp.167-184.
- González de Galindo, S.; Colombo de Cudmani, L. (2004c). Reflexiones sobre una experiencia didáctica en clases teóricas masivas de matemática. Opiniones de los alumnos. Memorias del VI Simposio de Investigadores en Educación en Física. Volumen CD.
- González de Galindo, S.; Colombo de Cudmani, L. (2004d). Análisis de una encuesta a docentes destinada a evaluar una estrategia didáctica implementada en clases teóricas multitudinarias de matemática. *Revista Educación y Ciencia. Vol. 8, N° 16 (30)*, pp. 23-36. México.
- González de Galindo, S.; Nieva de del Pino, M. E. (2002). ¿Es posible humanizar y democratizar la evaluación educativa en una facultad de ciencias? *Memorias del Encuentro Mundial de Docentes Universitarios*, pp. 205-211. Italia.
- Mancera, E. (2000). *Saber Matemáticas es saber resolver problemas*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Moreira, M. (1997). La teoría del desarrollo cognitivo de Piaget. En Moreira, M. (Ed.) *Enfoques teóricos. Monografías sobre aprendizagem e ensino*. Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- NCTM. *Estándares Curriculares y de Evaluación para la Educación Matemática*. España: Sociedad Thales. Sevilla.
- Varela, L., Guasco, M. Gerompini de Romero, A.; Martello, S. (1996). *Matemática. Metodología de la enseñanza*. Argentina: CONICET.