

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL APRENDIZAJE DE LAS ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS DE PRIMER ORDEN

Ana Mabel Juárez, Sergio Anchorena, Silvia Busab, María Angélica Pérez  
 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina  
 Facultades de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata.  
 Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología y Facultad de Ciencias Económicas,  
 Universidad Nacional de Tucumán  
 mjuarez@fio.unicen.edu.ar, pollo\_mdp@yahoo.com, sbusab@herrera.unt.edu.ar, mperez200@hotmail.com

**Resumen.** El presente trabajo forma parte de una investigación realizada con el propósito de mejorar la calidad del aprendizaje de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, en la asignatura Análisis Matemático III. Para tal fin se diseñó e implementó una propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de las Ecuaciones Diferenciales de Primer Orden, basada en los Enfoques Cognitivo e Histórico Cultural con los aportes de las teorías de Piaget, Ausubel y Vigotsky.

Para elaborar el instrumento que permitió medir la variable Calidad del Aprendizaje, se tuvieron en cuenta dos dimensiones de dicha variable: grado de corrección y reflexión. Los datos obtenidos fueron analizados e interpretados empleando técnicas estadísticas, y contribuyeron a corroborar la hipótesis formulada al inicio de la investigación. En este trabajo se muestran dichos resultados y el análisis de los mismos..

**Palabras clave:** calidad del aprendizaje, instrumento de medición

**Abstract.** This work is part of a research developed for the purpose of improving the student's learning quality in Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, in the course Análisis Matemático III. To achieve this goal, a didactic proposal was designed and implemented for teaching and learning First Order Differential Equations, based on Cognitive and Historical-Cultural Approaches with the contributions of the theories of Piaget, Ausubel and Vygotsky.

To elaborate the instrument possible to measure the Quality of Learning variable, took into account two dimensions of the variable: degree of correction and reflection. The data were analyzed and interpreted through the use of statistical techniques, and helped to confirm the hypothesis formulated at the beginning of the investigation. In this paper results and data analysis are shown,

**Key words:** learning quality, measurement instrument

### Introducción

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al aplicar el instrumento diseñado para medir las diferencias en calidad del aprendizaje proporcionadas por una propuesta didáctica implementada en la asignatura Análisis Matemático III, de las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, con el objetivo de mejorar la calidad del aprendizaje de los estudiantes. La propuesta consistió en incorporar en el material de enseñanza-aprendizaje, Guía de Trabajos Prácticos (Irassar y Juárez, 2007), del tema Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (Zill y Cullen, 2006), actividades orientadas a desarrollar competencias de control, entendiendo por competencia de control: “la capacidad de controlar su propia tarea y supervisar el trabajo ajeno”. Las actividades, elaboradas de acuerdo con principios derivados de las teorías de Piaget, Ausubel y Vigotsky,

fueron llamadas Actividades de Control. La realización de las mismas, contribuyó a que el alumno reflexione sobre sus propios conocimientos, tome conciencia de lo que sabe o no sabe, desarrolle una actitud crítica respecto de su propia producción y la de otros, explique y justifique sus decisiones, ejercite el pensamiento reflexivo y el razonamiento lógico, se retroalimente a través del análisis de su propia práctica y consolide sus conocimientos.

En el trabajo de investigación, que es mucho más amplio, se planteó como hipótesis de investigación: “la incorporación de Actividades de Control en la enseñanza de las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden, contribuiría a mejorar la calidad del aprendizaje”. Se definió la variable a medir: Calidad del Aprendizaje, considerándose dos dimensiones de la misma: grado de corrección y grado de reflexión. Para evaluar esta variable se optó por un diseño cuasiexperimental con postprueba únicamente y grupos intactos (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2006). Los grupos seleccionados para comparar los resultados fueron los alumnos que cursaron la asignatura Análisis Matemático III en los años 2006 (trabajaron con una metodología tradicional) y 2007 (desarrollaron las Actividades de Control), controlándose estadísticamente la homogeneidad entre ambos grupos.

En particular se pretendía utilizar las mediciones de la calidad del aprendizaje para evaluar la efectividad de una Guía de Trabajos Prácticos (Irassar y Juárez, 2007) con las nuevas actividades (propuesta innovadora); para ello, se seleccionaron, elaboraron y aplicaron diferentes instrumentos de medición. Ellos fueron:

- ❖ Observación con el objetivo de evaluar las actividades.
- ❖ Encuesta para evaluar el grado de satisfacción o aceptación de las actividades por parte de los alumnos.
- ❖ Postprueba para describir la variable Calidad Aprendizaje de los alumnos que cursaron en el año 2007 para comparar con los resultados de los alumnos del año 2006.

En este trabajo se analizan los datos de la postprueba y se muestra la comparación de los resultados obtenidos, la cual indicó que la propuesta innovadora de incorporar Actividades de Control a la Guía de Trabajos Prácticos (Irassar y Juárez, 2007) contribuyó a mejorar la calidad del aprendizaje de los alumnos.

### **Marco conceptual**

Para elaborar la propuesta didáctica, se analizaron la Teoría Psicogenética de Piaget, la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel y la Teoría de Vigotsky (Pozo, 2006).

Para Piaget el mecanismo básico de adquisición de conocimientos consiste en un proceso constructivo en el que las nuevas informaciones se incorporan a los esquemas o estructuras preexistentes en la mente de las personas, que se modifican y reorganizan según un mecanismo de asimilación y acomodación facilitado por la actividad del alumno.

Vigotsky considera al conocimiento como producto de la interacción social y de la cultura, donde todos los procesos psicológicos superiores (comunicación, lenguaje, razonamiento, etc.) se adquieren primero en un contexto social y luego se internalizan.

Ausubel pone el acento de su teoría, del Aprendizaje Significativo, en la organización del conocimiento en estructuras y en las reestructuraciones que se producen debido a la interacción entre esas estructuras presentes en el sujeto y la nueva información. Establece además las condiciones que deben cumplir el material y el sujeto para que se produzca Aprendizaje Significativo.

También se consideraron reflexiones acerca de la enseñanza y aprendizaje de la Matemática (Calatayud, Gil y Gimeno, 1992; Campanario y Moya, 1999), la tendencia actual de poner énfasis en la formación de procesos de pensamiento (Miguel de Guzmán, 1993; Villarini, 1988), el nuevo paradigma educativo en la formación de los ingenieros: “desarrollar en los alumnos las competencias necesarias para su profesión” (Comisión de Enseñanza del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina, 2006), la evaluación como fuente de información de las dificultades de los alumnos y como reguladora del proceso de enseñanza – aprendizaje (Jorba y Casellas, 1997), la metacognición como ayuda a la enseñanza y al desarrollo de procesos de pensamiento (Flavell, 1993; Carretero 2001), la consideración de los errores como recurso para la enseñanza y el aprendizaje (Bachelard, 1985; Rico, 1995; Astolfi, 1999).

El análisis realizado permitió definir criterios para diseñar el conjunto de actividades de aprendizaje/enseñanza orientadas a desarrollar competencias de control, atender los requerimientos de un material significativo para los alumnos y guiar en su implementación.

### **Medición de la calidad del aprendizaje**

Para describir la calidad del aprendizaje de los alumnos, se definió la variable dependiente *Calidad del Aprendizaje*, la cual se interpretó en función de sus dimensiones que son variables más específicas y que pueden ser directamente evaluadas (Busab, 2004). Las dimensiones de la calidad del aprendizaje analizadas fueron: el “grado de corrección” y el “grado de reflexión” de las acciones que se realizan. La definición de cada una de estas dimensiones es:

*Grado de corrección:* grado en que las acciones ejecutadas se realizan en forma correcta.

*Grado de reflexión:* grado en que las fundamentaciones de las acciones se realizan en forma correcta.

Para medir el aprendizaje alcanzado por los alumnos, en cada una de estas dimensiones, se construyó una escala conceptual ordinal formada por cuatro categorías.

*Grado de corrección:*

- ❖ Muy Bueno (MB): el porcentaje de las acciones realizadas correctamente está comprendido entre el 80% y 100% (incluidos estos porcentajes).
  - ❖ Bueno (B): el porcentaje de las acciones realizadas correctamente está comprendido entre el 60% y 79% (incluido el 60%).
  - ❖ Regular (R): el porcentaje de las acciones realizadas correctamente está comprendido entre el 40% y 59% (incluido el 40%).
  - ❖ Malo (M): el porcentaje de las acciones realizadas correctamente es menor del 40%.
- ❖ *Grado de reflexión:*
- ❖ Muy Bien fundamentado (MB): el porcentaje de las fundamentaciones correctas está comprendido entre el 80% y 100% (incluidos estos porcentajes).
  - ❖ Bien fundamentado (B): el porcentaje de las fundamentaciones correctas está comprendido entre el 60% y 80% (incluido el 60%).
  - ❖ Regular fundamentado (R): el porcentaje de las fundamentaciones correctas está comprendido entre el 40% y 60% (incluido el 40%).
  - ❖ Mal fundamentado (M): el porcentaje de las fundamentaciones correctas es menor del 40%.

### **El instrumento de medición**

El instrumento diseñado para analizar la calidad del aprendizaje de los alumnos de Análisis Matemático III, con los cuales se realizó la experiencia fue la postprueba. Su objetivo, como se señaló arriba, fue describir la variable dependiente Calidad del Aprendizaje. Se compararon los resultados obtenidos por los alumnos que trabajaron con las actividades propuestas (grupo experimental, 2007), con los de los alumnos que trabajaron en forma tradicional (grupo control, 2006).

El instrumento estuvo formado por actividades del primer examen parcial relacionadas al tema seleccionado y fue administrado al finalizar el desarrollo de todos los contenidos del programa que formarían parte del primer parcial.

Para construir este instrumento (2007), se analizaron las actividades del parcial del año 2006 con el objetivo de que las actividades propuestas y evaluadas en el año 2007 tuvieran similar grado de dificultad en las dimensiones consideradas para que las mismas permitieran realizar comparaciones entre grupos.

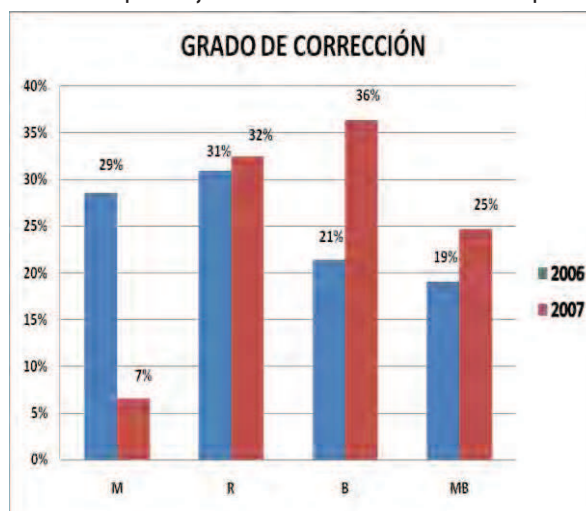
Para verificar los dos requisitos, confiabilidad y validez, que debe cumplir todo instrumento de medición (Nunnally, 1973; Camilloni, Celman, Litwin y Palou, 1998), se procedió como se detalla a continuación. Para la validez, el instrumento fue sometido a la opinión o juicio de la docente responsable de la asignatura, única experta en el tema en la Unidad Académica donde se realizó la investigación, quien opinó que a través de la postprueba, se podría emitir juicios de valor adecuados en cuanto a que la información recogida podía ser representativa de los aprendizajes alcanzados por los alumnos. Para favorecer la confiabilidad de las mediciones y facilitar la corrección del parcial, se elaboró, con anterioridad, una clave de corrección. Al calificar se optó por la evaluación referida a criterios, ya que se contrastó la prueba del alumno con una pauta establecida por el docente como objetivo a alcanzar.

### Resultados. Análisis e interpretación

Para la valoración de las producciones de los alumnos se compararon las respuestas a los ejercicios seleccionados en las pruebas administradas en los años 2006 y 2007.

Los resultados obtenidos en cada una de las dimensiones de la variable Calidad de Aprendizaje: grado de corrección y grado de reflexión se describen a continuación:

Gráfico 1: Distribución de frecuencias en porcentaje de la variable Grado de corrección para las poblaciones 2006 y 2007

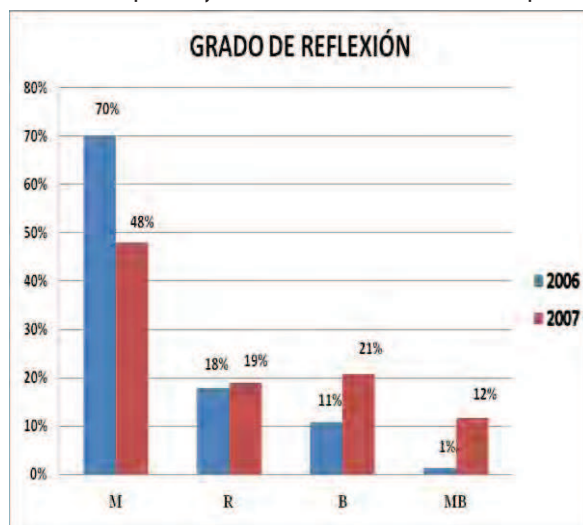


En el Gráfico 1, se observa:

Una mejora en el porcentaje de alumnos para las categorías “Bueno” y “Muy Bueno” correspondiente al año 2007 respecto del año 2006.

Una disminución considerable en el porcentaje de alumnos de la categoría “Malo” en el año 2007 respecto del año anterior.

Gráfico 2: Distribución de frecuencias en porcentaje de la variable Grado de reflexión para las poblaciones 2006 y 2007



En el Gráfico 2, se observa:

Leves diferencias en el porcentaje de alumnos en las categorías “Bien fundamentado” y “Muy bien fundamentado” a favor de los alumnos que cursaron en el año 2007.

Un decrecimiento del porcentaje de alumnos en la categoría “Mal fundamentado” en el año 2007.

### Pruebas estadísticas

Se emplearon la Prueba de Homogeneidad con el estadístico chi cuadrada ( $\chi^2$ ) (Walpole, 1999) para poder evaluar si había diferencias entre ambos grupos con respecto a las variables “Grado de corrección” y “Grado de reflexión” y el Método Partición de los grados de libertad en tablas de  $r \times 2$  (Siegel y Castellan, 1995) para saber en qué categorías de cada dimensión se encontraban las diferencias.

*Grado de corrección:* se aplicó la Prueba de Homogeneidad obteniendo como resultado  $\chi^2_{(3)} = 14,62$  ( $p=0,0022$ ), lo que indicó que las distribuciones de los puntajes alcanzados por los alumnos en las categorías de la dimensión “Grado de corrección”, fueron diferentes en los años 2006 y 2007.

Habiéndose determinado que existieron diferencias en la variable Grado de corrección en los años 2006 y 2007, se quiso saber en qué categorías de cada dimensión se encontraban las

diferencias. Para ello se aplicó el Método Partición de los grados de libertad en tablas de  $r \times 2$ . En el contexto de esta investigación se consideró adecuada la siguiente partición:

Año	Grado de Corrección		Total de alumnos por años	Test estadístico
	Malo o Regular	Bueno o Muy Bueno		
2006	50 (60%)	34 (40%)	84 (100%)	$\chi^2_1 = 6,416040$  p = 0,01130
2007	30 (39%)	47 (61%)	77 (100%)	
Total	80	81	161	

Tabla 1: Partición de los niveles Malo o Regular y Bueno o Muy Bueno con el total de los grupos

Las categorías “Malo o Regular” y “Bueno o Muy Bueno” del Grado de corrección presentaron diferencias significativas respecto de los años 2006 (no se aplica control) y 2007 (se aplica control). En el año 2007 aumenta el número de alumnos en la categoría “Bueno o Muy Bueno” respecto del año 2006 y disminuye en la categoría “Malo o Regular” respecto al año 2006.

*Grado de reflexión:* se aplicó la Prueba de Homogeneidad, obteniendo como resultado  $\chi^2_{(2)} = 11,19$  (p=0,0037) lo que indicó que existían diferencias significativas en ambos años respecto del “Grado de reflexión”, en el grupo de alumnos que trabajaron con actividades orientadas a desarrollar competencias de control (2007).

Establecido que existían diferencias en ambos años respecto del “Grado de reflexión”, se quiso saber en qué categorías se encontraban las diferencias. Para ello se aplicó el Método denominado Partición de los grados de libertad en tablas de  $r \times 2$ . En el contexto de esta investigación se consideró adecuada la siguiente partición:

Año	Grado de reflexión		Total de alumnos por años	Test estadístico
	Mal o Regular fundamentado	Bien o Muy Bien fundamentado		
2006	74 (88%)	10 (12%)	84 (100%)	$\chi^2_1 = 9,229048$  p = 0,0023
2007	52 (68%)	25 (32%)	77 (100%)	
Total	126	35	161	

Tabla 2: Partición de los niveles Mal o Regular fundamentado y Bien o Muy Bien fundamentado con el total de los grupos

Las categorías “Mal o Regular fundamentado” y “Bien o Muy Bien fundamentado” presentaron diferencias significativas respecto de los años 2006 (no se aplica el control) y 2007 (se aplica el control). En el año 2007 aumentó el número de alumnos en la categoría “Bien o Muy Bien

fundamentado” respecto del año 2006 y disminuyó en la categoría “Mal o Regular fundamentado” respecto al año 2006.

### Conclusiones

El aumento del porcentaje de alumnos en la categoría “Bueno o Muy Bueno” y la disminución en la categoría “Malo o Regular” del Grado de corrección en el año 2007 respecto del año 2006, y el aumento del porcentaje de alumnos en la categoría “Bien o Muy Bien fundamentado” y la consecuente disminución en la categoría “Mal o Regular fundamentado” del Grado de reflexión el año 2007 respecto del año 2006, permitieron respaldar la hipótesis del trabajo, respecto de que la implementación de un material didáctico, específicamente la nueva Guía de Trabajos Prácticos, basado en principios que se desprenden del marco conceptual, contribuye a mejorar la calidad del aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden.

### Referencias bibliográficas

- Astolfi, J. P. (1999). *El error, un medio para enseñar* (1ª ed.). Sevilla: Díada Editora.
- Bachelard, G. (1985). *La formación del espíritu científico* (13ª ed.). España: Siglo veintiuno editores.
- Busab, S. (2004). *Diseño de Actividades Superadoras del Modelo de Transmisión – Recepción en la Enseñanza del Cálculo para Ingeniería*. Tesis de Maestría no publicada. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Calatayud, M. L., Gil, D. y Gimeno, J. V. (1992). Cuestionando el pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario: ¿Las deficiencias en la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14, 71-81.
- Camilloni, A., Celman, S., Litwin, E. y Palou, M. (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Buenos Aires: Ed. Paidós.
- Carretero, M. (2001). Metacognición: un camino para aprender a aprender [Versión electrónica], *Estudios Pedagógicos*, 34 (1), 187-197. Recuperado el 20 de julio de 2008, de [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07052008000100011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07052008000100011&script=sci_arttext)
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179-192.



- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) (2006). *Primer acuerdo sobre Competencias genéricas*. Villa Carlos Paz, Argentina: Comisión de Enseñanza.
- De Guzmán, M. (1993). *Tendencias innovadoras en educación matemática*. Recuperado el 20 de noviembre de 2008, del sitio web de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura: <http://www.oei.org.co/oeivirt/edumat.htm#A>.
- Flavell, J.H. (1993). *El desarrollo cognitivo*. Madrid: Visor.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, L. (2006). *Metodología de la Investigación* (4ª ed.). México: Editorial McGraw-Hill.
- Irassar, L. y Juárez, A. (2007). *Guía de Trabajos Prácticos de Análisis Matemático III*. Material no publicado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Jorba, J. y Casellas, E. (1997). *Estrategias y técnicas para la gestión social en el aula. Vol. 1: La regulación y la autorregulación de los aprendizajes*. España: Síntesis.
- Nunnally, J. (1973). *Introducción a la medición psicológica*. Argentina: Editorial Paidós.
- Pozo, J. I. (2006). *Teorías Cognitivas del Aprendizaje* (9ª ed.). Madrid: Ediciones Morata. S.L.
- Rico, L. (1995). Errores y dificultades en el aprendizaje de las Matemáticas. En J. Kilpatrick, P. Gómez y L. Rico (Eds.) *Educación Matemática*, cap. 3 (pp. 69-108). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Siegel, S. y Castellan, N. (1995). *Estadística no paramétrica aplicada a la ciencia de la conducta*. México: Trillas.
- Villarini, A. (1988). Teoría y pedagogía del pensamiento crítico. *Perspectiva psicológica*, 3-4, 35-42.
- Walpole, R. (1999). *Probabilidad y Estadística para ingenieros*. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
- Zill, D. y Cullen, M. (2006). *Ecuaciones Diferenciales con problemas en la frontera* (6ª ed.). México: Thomson.