

# “METODOLOGÍA PARA EL TRABAJO PEDAGÓGICO EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA MEDIADA POR EL USO DE TIC PARA PROFESORES DE ENSEÑANZA BÁSICA”

Lorena Espinoza Salfate

Centro Felix Klein

Universidad de Santiago de Chile

## Resumen

*El trabajo presenta resultados de una investigación que indagó los efectos producidos sobre el aprendizaje de estudiantes de Educación Básica y las prácticas de sus profesores, al utilizar un software educativo de apoyo para la enseñanza de las matemáticas. El software fue desarrollado a partir de una modelación didáctica que articula nociones de Teoría Antropológica de lo Didáctico (Chevallard, 1999) y Teoría de Situaciones Didácticas (Brousseau, 1990). La investigación es de corte cuali – cuantitativo, con un diseño cuasi experimental que utiliza estudio clínico de casos (Leutegger, F, 2000; Flick, 2007). El marco teórico integra una modelización de la calidad de procesos de enseñanza con una modelización de la equidad (Gellert et al, 2013a). El uso sistemático del GREI mostró avances significativos respecto de niños y profesores que no lo utilizaron. Además, identificó variables institucionales clave para el éxito en el uso del software.*

**Palabras clave:** *aprendizaje matemático, prácticas docentes, modelación didáctica, software educativo, educación básica.*

## Abstract

*The paper presents results of a study that investigates the effects to use the educational software GREI on student learning of Primary Education and the practices of their teachers. The software was developed from an educational modeling articulates notions of Anthropological Theory of Didactic (Chevallard, 1999) and Theory of Didactic Situations (Brousseau, 1990). The research is qualitative - quantitative, with a quasi-experimental design using clinical studies (Leutegger, F, 2000; Flick, 2007). The framework integrates quality modeling of processes of teaching and modeling of equity (Gellert et al, 2013a). The systematic use of GREI showed significant progress on children and teachers who did not use. In addition, it identified key to success in using the software institutional variables.*

**Keywords:** *mathematics learning, teaching practices, didactic modelling, educational software, elementary education.*

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El problema que aborda este proyecto se inscribe dentro de la problemática general de los bajos resultados de aprendizaje matemático que logran una parte importante de estudiantes de educación básica chilenos, y se sitúa, más específicamente, sobre el desempeño docente asociado a dicha problemática. Numerosas investigaciones han puesto de manifiesto la débil formación, tanto en los niveles iniciales como continuos, que tiene un elevado porcentaje de docentes de educación general básica del país en matemática y en su didáctica (TEDS-M, 2010; Informe Prueba Inicia del

Ministerio de Educación, 2010), lo que se relaciona con las grandes dificultades que tienen para diseñar y gestionar procesos de enseñanza que promuevan el logro esperado de los aprendizajes matemáticos (Espinoza et al, 2011). Los profesores chilenos, particularmente de educación básica, tienen grandes dificultades para proponer a sus estudiantes actividades de aprendizaje matemático de calidad y, más allá, para organizar secuencias de actividades que promuevan el desarrollo de habilidades y competencias matemáticas. Sumado a ello, los profesores deben atender a una gran diversidad de ritmos, estilos e intereses de aprendizaje dentro del aula, en unas condiciones institucionales que en muchos casos es precaria.

La formación de profesores no ha contribuido suficientemente a que los docentes dispongan de criterios de selección de actividades eficaces para el aprendizaje, y mucho menos de criterios para la elaboración de actividades que incorporen el uso de TIC (OCDE, 2004). Así, difícilmente los profesores pueden revertir la situación antes descrita, la que hoy se considera más grave por las altas demandas que tienen los ciudadanos del siglo XXI para poder integrarse de manera activa y crítica a una sociedad cada vez más tecnologizada. De este modo, se pone en riesgo la efectividad de las políticas públicas que impulsan la integración de TIC a los procesos educativos, que requieren de una gran cantidad de recursos digitales pertinentes y de calidad.

En síntesis, el proyecto aborda el problema del insuficiente desempeño docente en la enseñanza de las matemáticas; la limitada preparación de los profesores para integrar las TIC a la enseñanza; y la escasez de software que apoye y retroalimente a los docentes en su tarea de planificación y elaboración de actividades de aprendizaje interactivas que promuevan el logro de aprendizajes matemáticos de calidad y desarrollo de competencias. Se trata de una problemática sistémica y altamente compleja.

## **LA PROPUESTA**

Se propuso el desarrollo del software on-line llamado “Generador de Recursos Educativos Interactivos GREI”, que permite a los docentes y a otros usuarios del ámbito educativo crear, asesorados por el Asistente del software, secuencias de actividades de aprendizaje matemático interactivas que promuevan el logro de aprendizajes de calidad y el desarrollo de competencias. Además, el software GREI permite monitorear sistemáticamente el desempeño de cada estudiante y evaluar su nivel de logro de aprendizaje.

Estas potencialidades del GREI son posibles gracias a que integra en su diseño un Modelo Didáctico consolidado sobre el aprendizaje del Campo de Problemas Aditivo, lo que permite desarrollar una solución innovadora al problema de su enseñanza. El software dispone de un Asistente de apoyo didáctico matemático que orienta a los docentes para que las secuencias de actividades interactivas que elaboren resulten coherentes con los lineamientos curriculares, articuladas y concatenadas progresivamente. El GREI integra, además, las potencialidades de distintos tipos de software, particularmente de manipulativos virtuales, LMS, LCMS, y generadores de actividades on-line que, sumados al modelo didáctico específico, resulta capaz de brindar una asesoría didáctica en el proceso de elaboración de secuencias, y en el análisis de resultados de los estudiantes.

## **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

### **Metodología de desarrollo**

En términos del desarrollo informático, la solución proponía el desarrollo de un software que permitiese a los docentes: crear secuencias de actividades interactivas, administrar la información sobre la utilización de tales secuencias por parte de los estudiantes, y evaluar los resultados de

aprendizaje. Una de las principales actividades llevada a cabo y que permitió la consecución de los objetivos de desarrollo del GREI y la componente de Asistencia didáctico-matemática, fue la construcción de un Modelo Didáctico del Campo de Problemas Aditivo en el primer ciclo básico, mediante la caracterización del currículo en base a Tareas Matemáticas, Técnicas, Tecnologías y Teorías, asociadas al tema en estudio. Dicho modelo quedó plasmado como producto, en un conjunto de matrices que constituyen el Modelo, que permitió relacionar los Objetivos de Aprendizaje con las Tareas Matemáticas y sus condiciones de realización junto con las Habilidades matemáticas que se desarrollan al resolver cada tarea. La información contenida en esas matrices sirvió de base para el desarrollo tanto de las actividades de aprendizaje interactivas, así como para definir la forma en que el software presta ayuda al profesor en el proceso de elaboración de sus secuencias de actividades y su evaluación.

Uno de los principales desafíos que se abordó en la ejecución del proyecto fue integrar en el diseño del GREI dicho Modelo Didáctico. Para ello, se utilizaron en las actividades de desarrollo de software, nociones de la Teoría de Situaciones Didácticas (TSD) y la Teoría Antropológica de los Didáctico (TAD), que permitieron definir las características del GREI tales como: los perfiles que se definieron para agrupar las actividades interactivas respondiendo a distintos tipos de situaciones didácticas; la definición de distintos fines para las secuencias, de acuerdo al propósito didáctico que perseguirá la implementación de cada secuencia; los parámetros modificables y decisiones que deben tomar los docentes para variar las distintas condiciones de realización de las Tareas Matemáticas; los criterios de evaluación de las secuencias que apoyan el proceso de construcción por parte de los docentes.

A su vez, sobre esta modelación didáctica, se llevó adelante la fase de Diseño Arquitectónico del software que generó como producto el Modelo de Datos, que permite al software organizar toda la información y funcionar otorgando a los docentes grados de libertad en el diseño de los procesos de enseñanza-aprendizaje, dejando en manos de ellos las decisiones que llevan a construir un recorrido de las actividades de aprendizaje, pero siempre sobre un entramado bien organizado que permite asegurar relaciones coherentes, combinaciones adecuadas de distintos tipos y una adecuada secuenciación de actividades.

Sobre el modelo de datos y la posterior gestión de información producida por la interacción entre el usuario y la interfaz, se llevó a cabo la programación de las funcionalidades del Asistente que evalúan las secuencias durante el proceso de elaboración, orientando a los docentes para que éstas cumplan con los criterios de calidad preestablecidos en términos didácticos y curriculares. Siguiendo el enfoque teórico, se definieron tres criterios a evaluar: coherencia, completitud y progresión basados en los perfiles de las actividades presentes en la secuencia y en el fin o propósito didáctico de dicha secuencia. Para ello fue necesario extender el Modelo Didáctico, definiendo un conjunto de matrices de relaciones que permitieran la implementación de los criterios de evaluación.

En definitiva, el desarrollo del GREI se llevó a cabo a través de un paradigma de tipo incremental en el desarrollo de los productos de software, de esta forma se generó una primera versión funcional a la que le sucedieron una serie de iteraciones que fueron siendo evaluadas, y que permitieron la refinación del producto y la incorporación de las funcionalidades definidas para cada subsistema y la descomposición en módulos propuesta, llegando a la obtención de una versión final, así como la incorporación de un conjunto cada vez mayor, de actividades de distinto tipo con características específicas sustentadas en la metodología pedagógica.

### **Metodología de Investigación**

La metodología de investigación es de corte cuali – cuantitativo; se aplican técnicas y procedimientos estadísticos inferenciales, técnicas de observación etnográficas y estudios clínicos de casos (Leutegger, F, 2000; Flick, 2007). Los fundamentos teóricos provienen de: Teoría

Antropológica de lo Didáctico (Chevallard, 1999); Teoría de Situaciones Didácticas (Brousseau, 1997); y Teoría de la reproducción de la desigualdad social en el aula (Berstein, 1996). Se configura un marco teórico que integra una modelización de la calidad de procesos de enseñanza con una modelización de la equidad en el acceso al conocimiento matemático (Gellert et al, 2013a; Gellert et al, 2013b).

La investigación postuló tres hipótesis científicas relacionadas con el aporte que podría realizar el GREI a los aprendizajes matemáticos de los estudiantes y al desempeño docente; una hipótesis tecnológica sobre la posibilidad de desarrollar un software con las características planteadas; una hipótesis de uso relacionada con el perfil de los usuarios que podrían utilizar eficazmente el GREI; y tres hipótesis de transferencia relacionadas con las características y efectividad del modelo de transferencia propuesto.

La población objetivo del proyecto son los profesores de Educación Básica, especialmente los que ejercen en Primer Ciclo Básico. El GREI se implementó en 20 establecimientos educacionales de la Región Metropolitana que pertenecían a las instituciones mandantes; 8 particulares subvencionados y 12 municipalizados. En total participaron 146 profesores de 1° a 4° básico, quienes elaboraron con el GREI 1.260 secuencias de actividades de aprendizaje interactivas en total.

La muestra de la investigación se focalizó en 3° año básico, controlando de este modo la variable “contenido curricular” para poder estudiar las variables de interés para el proyecto. Por el tipo de estudio requerido, sólo se abarcaron docentes pertenecientes a la Región Metropolitana. Sin embargo, las escuelas y docentes escogidos resultaron representativos del desempeño y perfil docente de los profesores del país.

Para contrastar las hipótesis científicas se realizaron tres estudios: de aprendizaje (APRE), de desempeño docente y de condiciones institucionales. La muestra quedó constituida por 1.680 estudiantes de 3° y sus respectivos profesores (36 profesores). El estudio APRE consideró un diseño experimental con grupo tratamiento (niños que estudiaron el campo aditivo con uso del GREI) y control (niños que estudiaron sin GREI), a los que se la aplicó un pre – post test. Los resultados de aprendizaje se analizaron a nivel de grupo curso. Se distinguieron tres grupos de docentes de acuerdo al uso del GREI y al tipo de capacitación que recibieron:

- G1: Profesores que Usan el GREI con Capacitación (42 cursos)
- G2: Profesores que Usan el GREI sin Capacitación (8 cursos)
- G3: Profesores que no Usan el GREI (11 cursos)

En total fueron 61 cursos provenientes de 33 colegios, 20 experimentales y 13 escuelas controles, lo que hace un total de 2.240 estudiantes.

Grupo	<i>Cantidad de estudiantes</i>
G1	1680
G2	320
G3	440

Como la participación en la investigación del Grupo Control (G3) era voluntaria, resultó complejo poder encontrar escuelas similares a las escuelas experimentales que aceptaran participar en la investigación. Así, las condiciones de entrada de los cursos de las escuelas que aceptaron ser controles, no fueron similares a las escuelas experimentales.

El estudio de desempeño docente consideró una muestra de profesores seleccionados aleatoriamente de las escuelas mandantes, privilegiando diferentes perfiles de adopción de TIC de manera balanceada. Los perfiles se determinaron a través de un cuestionario que permitió clasificar el nivel de competencias TIC de docentes en tres grupos: Grupo I: nivel básico; Grupo II: nivel intermedio; Grupo III: nivel avanzado. Los docentes realizaron previamente un curso de capacitación b-learning que contempló el estudio matemático-didáctico del campo de problemas aditivo, así como el uso eficaz del software.

El grupo control quedó conformado por profesores con similares características a las del grupo tratamiento, considerando como variables de control características de las escuelas a las que pertenecían. Se evaluaron sus conocimientos matemáticos y didácticos del campo de problemas aditivo, así como competencias TIC. Para efectos del estudio del Desempeño Docente, se escogió una sub muestra de acuerdo a los siguientes criterios:

- SG1: Profesores que Usan el GREI con Capacitación (10 docentes)
- SG2: Profesores que Usan el GREI sin Capacitación (10 docentes)
- SG3: Profesores que no Usan el GREI (10 docentes)

Para contrastar las hipótesis sobre el aporte del GREI al desempeño docente, y sobre el aporte del curso de capacitación, se construyó una pauta de observación de clases que permitió caracterizarlas según su contribución al aprendizaje de los estudiantes. Se analizaron las gestiones de los docentes de los tres grupos en cada uno de los momentos de las clases observadas. Complementariamente, se definieron criterios para analizar la calidad de las secuencias de actividades de aprendizaje construidas/propuestas por los docentes de cada grupo, en términos de su completitud, coherencia y progresión.

## PRINCIPALES RESULTADOS

### Sobre el estudio de Aprendizaje y verificación de hipótesis

Los resultados promedio en la Prueba Inicial y Final de las distintas escuelas fueron:

Grupo	Prueba Inicial	Prueba Final	Avance	% Avance
G1	41	66	25	40%
G2	49	65	16	27%
G3	58	73	15	26%

La diferencia de resultados se ratifica al efectuar un test de Kruskal-Wallis , que rechaza con significancia 0,042, la hipótesis nula que los resultados de la prueba inicial provenga de la misma distribución para los distintos grupos. Los mayores avances los logró el grupo tratamiento, asimismo si consideramos que la brecha de la prueba inicial del grupo tratamiento con el grupo control era de 19%, la brecha de la prueba final se redujo a menos de la mitad siendo de 7%. La brecha inicial del grupo tratamiento con respecto del grupo 2 desapareció en la prueba final. Esto se ve ratificado al realizar los mismo test de Kruskal-Wallis para la prueba final y el avance.

Se concluye que la distribución de resultados para el grupo tratamiento (que era inicialmente más deficitario) se logra llevar a la distribución del grupo control que tenía mejor rendimiento inicial. Como los grupos quedaron balanceados de tamaños similares y con más de 20 observaciones se realizó una ANOVA para determinar el efecto del tratamiento. Los resultados mostraron que el avance del grupo tratamiento es significativamente mayor que el grupo control. Como consecuencia, si bien los cursos del tratamiento parten significativamente de un nivel más bajo, no se diferencian del grupo control en la prueba final, con una leve diferencia a favor del grupo tratamiento, verificándose así la hipótesis H1 sobre el aporte del GREI al aprendizaje de los estudiantes.

### **Sobre el estudio de desempeño docente y verificación de hipótesis.**

A partir del análisis de la información recogida se observó una importante diferencia en la gestión de los momentos de desarrollo y cierre de las clases, que denotan mejoras significativas del grupo G1 con respecto al grupo G3, de modo que los estudiantes que utilizaron el software GREI vivieron procesos de estudio en los que jugaban un rol más protagónico en su aprendizaje. Ello tuvo como consecuencia una mejora en sus resultados de aprendizaje, tal como lo mostró la comprobación de H1. Con respecto al momento de inicio de las clases, no fue posible detectar un avance en la gestión de los docentes de G1 con respecto a los de G3, debido a que la mayoría de los docentes que utilizaron el GREI no incorporaron actividades de exploración o formulación al inicio de sus secuencias, y dedicaban este momento a explicar el propósito de la clase y/o recordar el trabajo realizado en la sesión anterior o en otras clases.

Por otra parte, en base a la caracterización de las secuencias de actividades de aprendizaje propuestas/elaboradas por los docentes con GREI y sin GREI, se constataron mejoras sustantivas del grupo G1 respecto del grupo G3, en cuanto a la planificación de la enseñanza del campo de problemas aditivo. Las secuencias de aprendizaje elaboradas con el GREI resultaron de una calidad considerablemente mayor que las secuencias de aprendizaje propuestas por los docentes en sus clases sin ayuda del GREI. De este modo, sobre la base de ambos resultados, se corrobora la hipótesis H2 sobre el aporte del GREI al desempeño docente.

En cuanto al aporte del curso de capacitación, sólo tres de los docentes que no fueron capacitados lograron construir secuencias de aprendizaje interactivas con el GREI e implementarlas en sus aulas, mientras que el total de docentes capacitados sí logro realizar dicha tarea. Analizando y comparando la calidad de las secuencias, la planificación de la enseñanza y la gestión de las clases entre ambos grupos G1 y G2, no se observa una diferencia significativa en la gestión de los momentos de inicio y desarrollo entre los docentes de ambos grupos. Sin embargo, sí se observa una importante diferencia en la gestión del momento de cierre que denota una mejora en la gestión de la clase del grupo G1 con respecto al grupo G2, medida en términos de la contribución al aprendizaje de los estudiantes. Esto tuvo como consecuencia avances superiores en los desempeños de los estudiantes de G1 respecto al G2.

Por otro lado, de las 7 secuencias elaboradas por los docentes del grupo G2, sólo una de ellas resultó una buena secuencia en términos de su grado de coherencia, completitud y progresión, mientras 4 de ellas no fueron siquiera coherentes con el fin declarado. Mientras que más del 60% de los docentes de G1 logró elaborar secuencias de calidad y gestionarlas adecuadamente con sus docentes. De este modo, se cumple la hipótesis H3.

## CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

A partir del trabajo realizado, las principales conclusiones obtenidas son:

- Fue posible construir el software GREI con las características deseadas y en los tiempos previstos.
- El software GREI logra aportes significativos al aprendizaje de las matemáticas de las y los estudiantes de Primer Ciclo de Enseñanza Básica.
- El software GREI aporta a las y los docentes para planificar, diseñar y construir secuencias de actividades de aprendizaje que resulten de calidad, y que estimulen la participación y acceso equitativo de las y los estudiantes al conocimiento matemático.
- Obtienen mejores secuencias de actividades de aprendizaje, y también mejores gestiones en aula, profesores con perfil de avanzada adopción de TIC. Esto puede explicarse porque el GREI pone a disposición de las y los docentes actividades de aprendizaje matemático de calidad, gracias a la modelación didáctica del campo aditivo que sirve de bases para su desarrollo. Asimismo, el GREI ofrece a los docentes herramientas, parámetros y criterios para construir buenas secuencias de aprendizaje matemático, y también una orientación específica en la elaboración de secuencias a través de su Asistente. Las y los docentes con perfil avanzado pueden sacarle provecho a todas estas bondades del software.
- Las mayores dificultades en el uso del GREI las presentaron profesores con perfil de adopción de TIC bajo. Sin capacitación previa, solo aquellos docentes con perfil de adopción de TIC avanzado logran un uso efectivo del GREI.
- Las condiciones institucionales y de infraestructura, sin ser categóricas para un buen funcionamiento del GREI en las escuelas, resultan ser imprescindibles para que pueda funcionar eficazmente.

Como Proyecciones del trabajo tenemos contemplado:

- Optimizar el Asistente del GREI.
- Asegurar un uso intensivo del GREI en los procesos de enseñanza aprendizaje.
- Afinar procesos de Transferencia del GREI, ya que en esta investigación se hizo solo un piloto.
- Asegurarse de una adecuada difusión del GREI a nivel nacional e internacional, abriéndonos especialmente hacia otros países de la Región.
- Ir ampliando el GREI hacia otras temáticas y ejes relevantes del currículum de matemática de Enseñanza Básica, tales como geometría y datos y azar.

## Referencias

- Agencia de Calidad de Educación (2014). SIMCE 2013, Síntesis de resultados 4° básico. Ministerio de Educación, Chile
- Beltran, Das y Fairlie, (2006). Do Home Computers Improve Computation Outcomes? Evidence from Matched Current Population Surveys", IZA Discussion Paper, Bon, Deutchland.
- Berstein, B (1996). Pedagogy, symbolic, control and identity: Theory, research, critique. Ed. Taylor Francis, London.

- Brousseau, G. (1997). *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. *Didactique des mathématiques*, 1970-1990. (N. Balacheff, R. Sutherland, & V. Warfield, Eds.) Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, 19(2), 22- 266.
- Espinoza L., Barbé, J., y Gálvez, G., (2009) Estudio de fenómenos didácticos vinculados a la enseñanza de la aritmética en la educación básica chilena. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 157–168
- Espinoza L., Barbé, J., y Gálvez, G., (2011) Limitaciones en el desarrollo de la actividad matemática en la escuela básica: el caso de la aritmética escolar. *Estudios Pedagógicos*. 37(1) pp105-125
- Gellert, U., J. Barbé and L. Espinoza (2013a), Towards a local integration of theories: Codes and praxeologies in the case of computer-based instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 82(2), 303-321.
- Gellert, U., L. Espinoza and J. Barbé, (2013b). Being a mathematics teacher in times of reform. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 45(4), 535-546.
- Pedró, F.(2006). *The new Millennium Learners: Challenging on view on ICT and learning*. OCDE, Centre for Education Research and Innovation, Paris, FRANCE
- Leutenegger, F. (2000), Construction d'une clinique pour le didactique: une étude des phénomènes temporels de l'enseignement, *Recherches en Didactique des Mathématiques* 18(1), pp 34-56
- Marshall, G. and Cox, M., (2008). Research Methods; *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, pp 983-1002. Voogt and Knezek Eds.
- OCDE (2011), *Mejores políticas para el desarrollo: Perspectivas OCDE sobre Chile* OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264095755-es>.
- Reeves, T, (2008). Design research from a technology perspective. *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, pp 1037-1051. Voogt and Knezek Eds.
- Ruz J., Olguín P., Espinoza L., Barbé J., (2013). En *Memorias del XVII Taller Internacional de Software Educativo TISE 2013*, 1-3 Diciembre, Santiago, Chile pp. 822-825..