

Cuaderno de Investigación en la Educación, número3, mayo 1991
Centro de Investigaciones Educativas
Facultad de Educación, Río Piedras
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras

LA ESTIMACION COMPUTACIONAL EN LOS ESTUDIANTES PUERTORRIQUEÑOS

Norberto R. Sanfiorenzo
Facultad de Educación, UPR-Río Piedras

La estimación es un proceso mental que se lleva a cabo rápidamente (sin instrumentos de escritura) y que produce una contestación razonablemente cerca del resultado real (Reys, 1986). La destreza de estimación es importante, ya que se utiliza en la vida diaria de todo ciudadano (Reys & Reys, 1986). Además, la enseñanza de esta destreza ha sido promovida por organizaciones profesionales tales como el National Council of Teachers of Mathematics (1989) y el Conference Board of the Mathematical Sciences (1982), las cuales la consideran como una de las diez destrezas matemáticas más importantes del currículo de K- 12.

A pesar de las recomendaciones para que se enseñe estimación en las escuelas, varios autores (Bestgen, Reys, Rybolt & Wyatt, 1980; Carpenter, Coburn, Reys & Wilson, 1976; Suydarn, 1984) han expresado que esta destreza es una de las más desatendidas en el currículo de matemáticas. La mayor parte de los libros de texto incluyen poco o nada sobre destrezas de estimación; los que la discuten incluyen, por lo general, una sola estrategia: el redondeo (Reys, Bestgen, Rybolt & Wyatt, 1982).

No puede resultar entonces sorprendente, el conocer que los estudiantes de los Estados Unidos (Carpenter et al., 1976); Lindquist, Carpenter, Silver & Mathews, 1983; Post, 1981; Suydarn, 1984) evidencian un bajo aprovechamiento en esta destreza. Los investigadores concluyeron que los estudiantes aparentaban estar adivinando las respuestas en los ejercicios de estimación.

La medición del aprovechamiento en ejercicios de estimación es difícil. Shryock (1980) indicó que cuando se le pedía a los estudiantes que estimaran, usualmente calculaban a mano el resultado exacto y luego escogían la alternativa redondeada más cercana. Investigadores como Reys y Bestgen (1981) han recomendado que se evalúen las destrezas de estimación por medio de transparencias o diapositivas presentadas al estudiante por espacio de 12 a 15 segundos y permitiendo cinco segundos para anotar la respuesta. A tono con estas sugerencias, Rubenstein (1983) desarrolló una Prueba de Estimación; la misma fue evaluada para validez de contenido y obtuvo un nivel de confiabilidad total de .83.

En el 1986, Benton concluyó que se necesitaban más estudios experimentales sobre la manera de enseñar estimación en el nivel intermedio. Los pocos estudios experimentales realizados hasta entonces indicaban que la enseñanza de esta destreza mejoraba la ejecución de los estudiantes en ejercicios de estimación.

No se ha determinado aún si hay o no diferencias de ejecución en estimación entre los sexos. Newman (1983) y Rubenstein (1983) encontraron que los niños ejecutaban mejor que las niñas en destrezas de estimación. Por otro lado, Benton (1986) citó tres estudios en los cuales no se encontró diferencias significativas. A estos estudios, se le añade el estudio realizado por Sanfiorenzo (1989).

Sanfiorenzo (1989) comparó dos estrategias de enseñanza de estimación computacional con números cardinales y decimales. Los 165 estudiantes norteamericanos de séptimo grado, que participaron en el estudio, se dividieron en tres grupos. Un grupo recibió las lecciones de estimación como una unidad, el segundo grupo recibió las lecciones diariamente por espacio de 10 a 15 minutos, y el tercer grupo de control no recibió lecciones. Las seis lecciones cubrieron las destrezas de estimar totales, diferencias y productos de números cardinales y decimales. Los resultados de la post-prueba de estimación no se incluyeron en las notas de los estudiantes.

No se encontró un efecto de aprendizaje en el estudio. Algunos factores que pudieron afectar los resultados de la investigación se mencionan a continuación:

1. El estudio combinó destrezas de estimar con números cardinales y decimales. Sowder (1989) indicó que el proceso de estimación computacional aparentaba ser mucho más complejo de lo antes comprendido. Es posible que los estudiantes se confundieran con esta variedad de destrezas.
2. Muchos estudiantes tienen la impresión de que se debe aprender sólo lo que cuenta para nota. Esta falta de motivación de los estudiantes pudo haber afectado los resultados del estudio.
3. El aprendizaje de estimación computacional toma tiempo. Posiblemente, seis lecciones no fueron suficientes para enseñar esta destreza.
4. La destreza de estimación computacional no se midió a cabalidad, ya que no se incluyeron lecciones de estimación con división (esto debido al orden del currículo de séptimo grado del distrito).

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

En la actualidad, se desconoce la habilidad que tienen los estudiantes puertorriqueños de escuela intermedia para estimar. Los estudios realizados han utilizado estudiantes norteamericanos y, recientemente, japoneses (Reys, Reys, Nohda, Ishida, Ypshikawa Shimizu, 1991). Por otra parte, en seminarios de estimación, ofrecidos a maestros de matemáticas de Puerto Rico. Se percibe un virtual desconocimiento de la importancia del tema y del modo de enseñarlo.

La forma de medir la destreza de estimar mediante transparencias presentadas con límite de tiempo, no se ha utilizado en Puerto Rico. Una prueba de estimación de este tipo no ha sido diseñada para estudiantes puertorriqueños. Además, no existen lecciones en español sobre estimación.

OBJETIVOS Y SIGNIFICADO DEL ESTUDIO

Los objetivos de este estudio fueron:

1. Diseñar una prueba de estimación de operaciones con los números cardinales en español, basada en la Prueba de Estimación de Rubenstein (1983), para estudiantes de sexto y séptimo grado.
2. Diseñar ocho lecciones que incorporen otras estrategias, además del redondeo, para enseñar a estimar totales, diferencias, productos y cocientes de números cardinales.
3. Recoger información básica sobre la habilidad de estimar resultados de operaciones con números cardinales, en los estudiantes puertorriqueños de séptimo grado.
4. Determinar si existe diferencia por sexo en la habilidad de estimar.
5. Determinar el nivel de confiabilidad de la prueba.
6. Determinar si las ocho lecciones diseñadas son suficientes para aumentar significativamente la habilidad de estimar de los estudiantes de séptimo grado.

Este estudio es importante por varias razones. Primero, cumple con una de las tendencias actuales de la investigación moderna: propiciar la formación del maestro como investigador en su salón de clases. Segundo, provee unas estadísticas básicas que pretenden determinar el nivel de ejecución de los estudiantes puertorriqueños en una de las destrezas básicas de las matemáticas. Tercero, de los estudiantes puertorriqueños reflejar una pobre ejecución en las destrezas de estimación computacional, el estudio serviría como base para demostrar al Departamento de Educación de Puerto Rico la necesidad de incluir y adjudicar una mayor importancia a esta destreza en el currículo de matemáticas de K-12. Cuarto, de resultar la la ejecución de los estudiantes en estimar, se provee la base para generar, en el futuro, materiales didácticos que ayuden a los maestros a enseñar el tópico de un modo adecuado.

Por último, en esta investigación se ha intentado subsanar los cuatro factores, previamente expuestos, que pudieron haber afectado los resultados del estudio de Sanfiorenzo (1989) . Para lograrlo, se tomaron las siguientes medidas:

1. La Prueba de Estimación se limitó a -medir la destreza de estimación computacional con números cardinales. De igual forma, las lecciones proveen enseñanza sobre este tema, exclusivamente. Además, incorporan un repaso de la unidad antes de realizar la post-prueba.
2. Las lecciones se aumentaron de seis a ocho.
3. A tenor con la realidad del salón de clases, los resultados de la post-prueba fueron incluidos como parte de la labor académica de los estudiantes.

4. Se incluyó la destreza de estimar cocientes de números cardinales. De esta forma, se obtuvo una medida global del nivel de ejecución de los estudiantes en estimación computacional con números cardinales.

METODOLOGIA

Los sujetos que participaron en el estudio fueron 99 estudiantes de séptimo grado (52 niñas y 47 niños) de la Escuela Secundaria de la Universidad lecciones efectivas en aumentar sinificativamente de Puerto Rico.

Instrumento

El instrumento utilizado para medir la destreza de estimación computacional fue la Prueba de Estimación con Números Cardinales. El formato y los ejercicios de la prueba son similares (pero no iguales) a la Prueba de Estimación diseñada por Rubenstein en 1983. Sin embargo, la Prueba de Estimación con Números Cardinales consta de la mitad (32) de los ejercicios de cada ocupación matemática (uno verbal y uno numérico). método utilizado para estimar el mismo). El contenido de las lecciones incluyó secciones de la serie de Computational Estimation (Reys, Trafton, Reys & Zawojewski, 1987) para los grados seis y siete, un artículo de Reys y Bestgen (1981) y varios repasos creados por el investigador. Por no contar con el permiso de los autores para traducir las lecciones, se reprodujeron gran parte de las mismas en inglés. El investigador se ocupó de traducir las lecciones a los estudiantes. De igual forma, las cinco tareas asignadas también fueron en inglés.

Materiales

Procedimiento

La Prueba de Estimación con Números Cardinales se administró mediante el uso de transparencias. En cada sección se incluyeron dos ejemplos (y su solución) para familiarizar a los estudiantes con el tipo de ejercicio que enfrentarían. Cada ejercicio se presentó por espacio de 15 segundos y los estudiantes tenían otros 5 segundos para anotar su respuesta.

La hoja de contestaciones tenía un tamaño aproximado a la mitad de una página de 8.5" x 11 ". El propósito era proveer el espacio en blanco procedimiento general fue administrar la Prueba de Estimación, enseñar las lecciones y administrar nuevamente la Prueba de Estimación como post-prueba. Las especificaciones del estudio fueron las siguientes:

1. La Prueba de Estimación con Números Cardinales (pre-prueba) fue administrada durante la primera semana de clases en agosto de 1989.
2. La Unidad de Estimación con Números Cardinales se comenzó a enseñar luego de discutir menor posible para que los estudiantes no realizaran | los conceptos básicos del sistema decimal y el tema cómputos escritos. Todas las respuestas, excepto 1 de redondeo (los cuales son requeridos para enseñar las de preguntas abiertas, eran de selección múltiple del tema), y antes de enseñar cómputos exactos de operaciones con números cardinales.

Ocho lecciones fueron diseñadas para enseñar a estimar totales, diferencias, productos y cocientes, 13. Las lecciones se llevaron a cabo como una de números cardinales. Las lecciones incluyeron I unidad. Comenzaron a finales de septiembre y tres estrategias: "frontend approach" (operar con los dígitos de la izquierda primero), redondeo y octava lección, se le indicó a los estudiantes que compensación (tratar de lograr una mejor aproximación al resultado exacto dependiendo del tendrían una prueba de estimación con números cardinales para nota. La post-prueba fue la misma que la pre-prueba y se llevó a cabo el próximo día de clases.

Análisis

El análisis estadístico del estudio fue una prueba de 't-test' (aplicada a toda la muestra) para medidas correlacionadas (pre-prueba y post-prueba). El nivel de significación seleccionado fue de $p < .05$. Se realizó una prueba de "t-test" para determinar si existían diferencias iniciales y finales en la ejecución por sexo. Además, se halló el coeficiente de consistencia interna de cada prueba, utilizando el coeficiente de alpha de Cronbach. Se utilizó el programa de SPSSX de la Universidad de Puerto Rico, para llevar a cabo el análisis estadístico.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Se debe ejercitar discreción en la generalización de los resultados de este estudio, ya que la muestra es limitada. Casi la mitad de la matrícula de la Escuela Secundaria de la Universidad de Puerto Rico se compone de estudiantes que provienen de que obtuvieron los mismos estudiantes en la Prueba de Ingreso y Evaluación para el Nivel Secundario [PIENSE] (College Board, 1989), la cual tuvo una forma inclinada negativa hacia las puntuaciones mayores. Una posible explicación sobre este hecho es que, aunque muchos estudiantes obtuvieron altos promedios en las secciones de matemáticas de PENSE, no habían desarrollado la habilidad para estimar durante la escuela elemental.

La Prueba de Estimación con Números Cardinales siguió el formato diseñado por Rubenstein (1983), pero se diferenció en que sólo se incluyeron destrezas de estimación computacional con números cardinales. Por lo tanto, la prueba se redujo de 4 ejercicios iniciales a 32. A pesar de esta reducción en el número de ejercicios de la prueba y de contar con una muestra (99 ests.) casi tres veces menor que el utilizado por Rubenstein en su disertación, se obtuvo un nivel de confiabilidad de .89 en la pre-prueba y de .72 en la post-prueba.

TABLA 1: Promedios por sexo en la Prueba de Estimación con Números Cardinales (Desviación estándar en paréntesis)

Sexo

Masculino

Pre-prueba

17.04 (3.47)

Femenino 17.75 (4.52)

Post-prueba

22.34 (5.78)

22.40 (4.55)

Los resultados de los "t-test", para las cuatro secciones (ocho ejercicios por cada sección) en que se dividió la prueba, mostraron un aumento significativo ($p < .001$) en la ejecución de los estudiantes entre la pre- y post-prueba. Esta información está presentada en la Tabla 2. Se puede observar que el aumento en ejecución (de 3.34 a 5.23), en la sección de preguntas abiertas, sobrepasó a los demás aumentos en las otras secciones.

TABLA 2: Promedio por cada sección en la Prueba de Estimación con Números Cardinales (Desviación estándar en paréntesis)

Sección

Preguntas abiertas

Razonable vs. Irraz.

Núm. de referencia

Orden de magnitud

Pre-prueb3

3.34 (1.66)

4.48 (1.62)

435 (1.58)

5.23 (1.54)

Post-prueba

5.23 (1.81)

5.60 (1.37)

5.44 (1.58)

6.10 (1.47)

Los 32 ejercicios incluidos en la prueba también se podían dividir en 16 ejercicios verbales y 16 ejercicios numéricos. De nuevo, los resultados de la prueba de "t-test" reflejaron un aumento significativo ($p < .001$) en la ejecución de los estudiantes. La Tabla 3 refleja un aumento similar en los promedios de ambas secciones.

TABLA 3: Promedios por tipo de problema en la Prueba de Estimación con Números Cardinales (Desviación estándar en paréntesis)

Tipo de

problema

Numérico

Verbal

Pre-prueba Post-Prueba

8.99 (2.57) 1133 (256)

8A2 (2.27) 11.04 (256)

Como se había indicado anteriormente, se midió la ejecución de los estudiantes con ejercicios de estimación computacional para las cuatro operaciones (ocho ejercicios por cada operación). La prueba de "t-test" reflejan un aumento significativo ($p < .001$) para cada operación. La Tabla 4 muestra los aumentos en promedio por cada operación. Se debe notar que el mayor aumento (3.36 a 5.11) correspondió a la operación de división. El mismo fue seguido por el aumento (4.45 a 5.78) en ejecución en la operación de multiplicación.

RESULTADOS POST-HOC

Los resultados altamente significativos encontrados en la investigación condujeron a una pregunta adicional al estudio. Si dividiésemos la muestra en tres niveles de habilidad para estimar cálculos con números cardinales, ¿cuál de los tres niveles aumentó más su ejecución?

IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Esta investigación provee una base para subsiguientes estudios en la materia. El estudio encontró que los estudiantes puertorriqueños de escuela elemental están pobremente equipados para realizar estimación mental. Sin embargo, luego de sólo ocho lecciones, los estudiantes mejoraron su ejecución a niveles satisfactorios.

Por otra parte, no se encontró diferencias significativas en la habilidad de estimar por sexo. Aparentemente, la ejecución de los niños y las niñas es similar. Otros estudios, con una muestra mayor serían necesarios para verificar esta conclusión.

Las lecciones parecen haber ayudado más a los estudiantes que tenían menos habilidad para estimar. Además, los estudiantes aumentaron más su ejecución en las destrezas más difíciles. Estos resultados muestran el valor educativo de las lecciones. Sin embargo, sería conveniente dedicar un estudio a corroborar estadísticamente si estos resultados son significativos y de así serlo, indagar las razones para esto y diseñar lecciones que puedan lograr una mejor ejecución en los "buenos" estimadores.

En este estudio no se exploró el impacto de las lecciones en el aprendizaje de cálculos exactos con operaciones con números cardinales. Investigaciones anteriores indican, que no ayudan ni perjudican. Futuros investigadores podrían estudiar este problema con estudiantes puertorriqueños.

Por último, los resultados de los que estudian señalan la necesidad de que el currículo de matemáticas de K-12 del Departamento de Educación de Puerto Rico adjudique una mayor importancia a la enseñanza de estimación computacional. Pero la acción no se debe quedar en papeles. Este investigador ha recopilado datos sobre el nivel de ejecución en estimación computacional (con números cardinales y decimales) de alrededor de 100 maestros de matemáticas de Puerto Rico. El promedio de contestaciones correctas en una prueba de estimación (en Inglés), fue de poco más de un 70%.

Esto indica que los maestros de matemáticas de Puerto Rico, ya sea de escuelas privadas, sectarias o públicas, necesitan adiestramiento en la enseñanza de esta destreza. En esta era en que se ha incorporado el uso de calculadoras y computadoras en el salón de clases, se hace imprescindible el que tanto los maestros como los estudiantes puedan realizar estimados rápidos de resultados presentados por estos instrumentos tecnológicos.

REFERENCIAS

- Benton, S. E. (1986). A summary of research on teaching and learning estimation. In H. L. Schoen and M. J. Zweng (Eds.), *Estimation and Mental Computation*, (pp. 239-248). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Bestgen, B. J., Reys, R. E., Rybolt, J. F., & Wyatt, J. W. (1980). Effectiveness of systematic instruction on attitudes and computational estimation skills of preservice elementary teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*. 11, 124-136.
- Carpenter, T. P., Coburn, T. G., Reys, R. E., & Wilson, J. W. (1976). Notes from national assessment: Estimation. *Arithmetic Teacher*. 296-302. - -
- College Board de Puerto Rico (1989). *Pruebas de Ingreso y Evaluación para el Nivel Secundario*. Hato Rey, Puerto Rico.
- Conference Board of the Mathematical Sciences (1982). *The Mathematical Sciences Curriculum K-12: What is still fundamental and what is not* Report present at the CBMS Meeting in Washington, DC, on September 25-26, 1982. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 225 806).
- Lindquist, M. M., Carpenter, T. P., Silver, E. A., & Mathews, W. (1983). The third national mathematics assessment results and implications for elementary and middle schools. *Arithmetic Teacher*. 31 (5), 25-27.
- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: Author.
- Newman, R. S. (1983). Children's skills and self-perception in mathematics. Dissertation Abstracts International. 2?. 4172A.
- Post, T. R. (1981). *Fractions: Results and*

- implications from national assessment.
 Arithmetic Teacher. 28 (9), 26-31.
- Reys, B. J. (1986). Teaching computational estimation: Concepts and strategies. In H. L. Schoen and M. J. Zweng (Eds.), Estimation and Mental Computation. (pp.31-44). Reston,
- Reys, R. E., Bestgen, B. J., Rybolt, J. F. & Wyatt, J. W. (1982). Processes used by good computational estimators. Journal for Research in Mathematics Education. 13. 183-201.
- Reys, B. J., & Reys, R. E. (1986). One point of view: Mental computation and estimation—their time has come. Arithmetic Teacher. 33 (7). 4-5.
- Reys, R. E., Reys, B. J., Nohda, N., Ishida, J., Yoshikawa, S., & Shimizu, K. (1991). Computational estimation performance and strategies used by fifth and eighth-grade Japanese students. Journal for Research in Mathematics Education. 22 (1), 39-58.
- Reys, R. E., Trafton, P. R., Reys, B. J. & Zawojewski, J. (1984). Developmental computational estimation materials for the middle grades: Final Report (Grant No. NSF81-13601). Washington, DC: National Science Foundation. (ERIC Document Reproduction Service No. Ed 242 525).
- Reys, R. E., Trafton, P. R., Reys, B. J. & Zawojewski, J. (1987). Computational Estimation: Grades 6-8. Palo Alto, CA: Dale.
- Rubenstein, R. E. (1983). Mathematical Variables Related to Computational Estimation. Dissertation Abstracts International. 44. 695 A. (University Microfilms No. 83-06, 935).
- Sanfiorenzo, N. R. (1989). A comparison of teaching strategies in computational estimation. (Doctoral dissertation, George Peabody College, Nashville, TN). Dissertation Abstracts International. 50, 3880A.