

## DESARROLLO Y VALIDACION DE PRUEBAS de conocimientos mínimos en Matemática y su aplicación en una muestra nacional de escuelas y colegios

Juan Manuel Esquivel, Teresita Peralta M.,  
Vilma E. Delgado.

### INTRODUCCION

Se pretendió en este trabajo desarrollar pruebas para medir los conocimientos mínimos dominados por niños y jóvenes, al finalizar los tres ciclos de la Educación General Básica y el 10° año de la Educación Diversificada. Asimismo, se preparó una prueba para los alumnos que finalizan el quinto año de la Educación General Básica. Estas pruebas fueron aplicadas a una muestra de escuelas y colegios oficiales del país. Sus resultados se compararon por región, tipo de escuela y modalidad de colegio. Además, se hizo un análisis de los objetivos dominados por los estudiantes.

Las pruebas se desarrollaron siguiendo el modelo de evaluación con referencia a criterios (Popham y Husek, 1969; Hambleton et al, 1978 Paggio et al 1981), ya que en ellas se intenta medir contenidos específicos y pueden interpretarse con respecto a mínimos de rendimiento preestablecidos.

La validez, confiabilidad y objetividad de los instrumentos elaborados para este estudio se efectuó siguiendo los siguientes criterios. Con respecto a la validez de contenido, se siguieron los procedi-

mientos recomendados por diversos autores (Brown, 1976, Thorndike y Hagen, 1977, Mahrens Lehmann 1982, y Grambart, 1978). En relación con la confiabilidad de pruebas con referencia a criterios, se ha dado una gran discusión (Hambleton y Swaminathan, 1978; Hynn y Saunders, 1980; Beck 1980; y Subkoviak, 1976, sobre los números índices para calcularla, muchos de los cuales requieren programas de computación que no están disponibles en Costa Rica. Por lo tanto, se decidió calcular índices de consistencia interna de acuerdo con lo establecido por Downing y Mehrens (1978). La objetividad se obtiene por el uso de preguntas de selección múltiple en las pruebas.

### Problemas

En este estudio se trata de dar respuestas a los siguientes problemas:

- 1 ¿Cuál es el rendimiento académico en Matemáticas de los estudiantes que finalizan los tres ciclos y el quinto año de la Educación General Básica (E.G.B.) y el décimo año de la Educación Diversificada (E.D.)?
- 2 ¿Existen diferencias en el rendimiento académico en Matemáticas entre las diversas regiones educativas del país?
- 3 ¿Existen diferencias en el rendimiento académico en matemáticas entre los diversas clases de escuela y modalidad de colegio?
- 4 ¿Cuáles son los objetivos que se dominan a

\* Esta investigación es parte del proyecto "Diagnóstico Evaluativo de la Enseñanza de las Matemáticas" que ha ejecutado el Instituto de Investigaciones para el Mejoramiento de la Educación Costarricense (IIMEC). Se contó, parcialmente, con la financiación de la U.N.E.D. y con personal destacado por el M.E.P.

**CUADRO N° I**  
**MEDIAS Y DESVIACIONES DE LAS PRUEBAS DE PRIMER CICLO**  
**Y SEXTO AÑO POR TIPO DE ESCUELA**

Tipo de escuela	NACIONAL		PEGB - 2		DEGB - 1		DEGB - 2 y 3		DEGB - 4 y 5	
	N	$\bar{X}$	N	$\bar{X}$	N	$\bar{X}$	N	$\bar{X}$	N	$\bar{X}$
4-	1205	36,21	71	26,85	199	30,42	461	36,41	482	39,40
6-	1555	28,24	38	17,68	233	24,50	505	28,25	599	30,53

**CUADRO N° 2**  
**MEDIAS Y DESVIACIONES DE LAS PRUEBAS DE SEGUNDO Y TERCER CICLO**  
**Y DECIMO AÑO POR MODALIDAD DE COLEGIO**

Modalidad de colegio Año	NACIONAL		ACADEMICO DIURNO		ACADEMICO NOCTURNO		TECNICO	
	N	$\bar{X}$	N	$\bar{X}$	N	$\bar{X}$	N	$\bar{X}$
7º	1516	34,26	930	36,64	208	31,47	378	29,95
10º	960	30,70	518	34,65	146	28,68	235	24,75
11º	951	28,04	516	33,34	211	22,71	224	20,85
								9,79

CUADRO N° 3

MEDIAS Y DESVIACIONES DE LAS PRUEBAS DE LOS TRES CICLOS,  
SEXTO Y DECIMO AÑOS A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL

AÑOS	NACIONAL		CENTRAL		ORIENTAL		OCCIDENTAL		CIBAOESTE		SINCECA		ATLANTICA		NOIESTE	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
4*	36.21	11.72	40.68	11.27	36.35	10.19	36.56	11.76	32.78	11.62	34.11	10.80	31.58	11.71	30.57	10.09
6*	28.23	9.34	31.81	9.56	25.99	7.75	30.14	9.00	22.99	9.08	28.01	9.00	26.95	7.89	22.51	8.53
7*	34.22	9.66	36.71	9.26	33.34	7.33	32.95	9.65	25.22	10.95	32.92	10.56	32.92	8.50	32.01	8.83
10*	30.70	12.05	34.65	11.70	30.51	9.95	28.83	11.62	21.00	8.48	34.56	10.91	24.89	11.07	31.00	11.59
11*	28.04	13.34	34.05	13.85	27.05	11.49	22.36	7.39	17.07	9.57	27.17	9.26	21.55	10.78	31.04	12.74



nivel nacional y regional según el tipo de escuela o modalidad de colegio, por los estudiantes que terminan los tres ciclos y el 5° año de la E.G.B. y el 10° año de la E.D.?

#### Hipótesis

De los cuatro problemas anteriores el segundo y tercero dan lugar a hipótesis estadísticas.

- 1 No hay diferencias significativas entre las diversas regiones en el rendimiento académico en matemáticas de los estudiantes que finalizan el 5° año y los tres ciclos de la E.G.B. y el 10° año de la E.D.
- 2 No hay diferencias significativas entre las escuelas de diferente clase y colegios de diferente modalidad, en el rendimiento académico en matemáticas de los estudiantes que finalizan el 5° año y los tres ciclos de la E.G.B. y el 10° año de la E.D.

#### PROCEDIMIENTOS

##### Población y Muestra

La población la constituyen todas las instituciones oficiales de la E.G.B. y E.D., según la actual división territorial administrativa del Plan de Regionalización del Sistema Educativo Costarricense. La muestra fue escogida mediante un procedimiento aleatorio y estratificado por región. El cálculo del tamaño de la muestra dio como resultado una muestra de 43 de los 206 instituciones de tercer ciclo y E. D. Por limitaciones geográficas, económicas, administrativas y de tiempo, de las instituciones de primero y segundo ciclo de E.G.B., fueron escogidas solamente aquellas localizadas en el mismo distrito administrativo en que se ubican los colegios seleccionados. Además, se tomó en cuenta el código de tipo de escuela con que el Ministerio de Educación Pública los clasifica. De un total de 521 escuelas de estos distritos, se escogieron al azar, en principio, 116 escuelas, correspondientes al 20% por código y región. Debido a las dificultades encontradas al recolectar la información, se escogieron 18 escuelas más; finalmente se recolectó información en 127 escuelas.

El primer paso en la elaboración de cada una de las cinco pruebas fue la especificación de las conductas que representan los conocimientos

mínimos. Con este fin, se pidió a cinco profesores o maestros que elaboraran una lista con un máximo de 30 objetivos que representaran, en su criterio, los conocimientos mínimos que un estudiante debe poseer al finalizar el ciclo respectivo de E.G.B. o el décimo año de la E.D. Seguidamente se reunió a estos grupos de docentes y se les pidió que discutieran sus listas y llegaran a un consenso sobre 30 objetivos. Cada una de estas listas se poligrafió y se solicitó la colaboración de docentes de San José, Limón, San Ramón y Santa Cruz para que hicieran con esos objetivos una lista en orden de prioridad. Grupos de 10 a 16 docentes juzgaron cada lista. A continuación, se calcularon medias aritméticas de las prioridades y se escogieron entre 21 y 24 objetivos con las más altas prioridades promedio: 21 objetivos para la prueba de Primer Ciclo y 24 para las demás pruebas, a excepción de la prueba de sexto año para la que se eliminaron cinco objetivos de la lista de 2° ciclo.

Se redactaron ítemes de selección correspondientes a estos objetivos por parte de los investigadores y de grupos de docentes contratados para tal efecto. Se obtuvo un grupo de al menos 10 ítemes por objetivo y se empleó al criterio de jueces para escoger tres ítemes por objetivo. De esta manera se evidenció la validez de contenido de las pruebas. Estas entonces, quedaron constituidas así: 62 ítemes para la prueba del Primer Ciclo; 54 ítemes para la de 6° año y 72 ítemes tanto para las del Segundo y Tercer Ciclos, como para la de décimo año.

La confiabilidad de las pruebas con referencia a criterios se calculó haciendo uso de la fórmula KR-2/ (Kuder y Richardson, 1967) tal y como lo recomiendan Downing y Mehrens (1978). Los índices de las pruebas fueron: 0,90 (I ciclo); 0,86 (sexto año), 0,82 (II ciclo), 0,90 (III ciclo) y 0,92 (décimo año).

##### Procedimiento de Aplicación de las Pruebas

Los investigadores y asistentes aplicaron las pruebas a grupos intactos de cuarto y sexto año en las escuelas, y de séptimo, décimo y de undécimo años de los colegios incluidos en la muestra. Se siguieron procedimientos tipificados en la administración y se emplearon hojas de respuesta en todas las pruebas, a excepción de las del Primer Ciclo que se contestaron directamente en la prueba.

**CUADRO N° 4**  
**RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO ACADEMICO**  
**DE PRIMER CICLO POR REGION Y TIPO DE ESCUELA**

A.- Por región:

Fuente de Variación	S.C.	g.l.	M.C.	F
Región	13897,72	6	2316,29	18,285*
Error	156568,97	1236	126,67	
Total	170466,69	1242		

\* Significativo a un alfa de 0.0001

B.- Por tipo de escuela:

Fuente de Variación	S.C.	g.l.	M.C.	F
Tipo de escuela	16347,89	6	2724,65	21,851*
Error	154118,80	1236	124,69	
Total	170466,69	1242		

\* Significativo a un alfa de 0,0001

**CUADRO N° 5**  
**CONTRASTES DE MEDIAS A POSTERIORI, SEGUN PROCEDIMIENTO DE SCHEFFE**  
**PARA EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE SEGUNDO CICLO**

A.- Por región:								
Región	Chorotega	Banca	Atlántico	Occidental	Norte	Oriental	Central	
Central	11.49*	3.79*	3.78*	3.75*	3.70*	3.56*	----	
Oriental	6.13*	0.45	0.42	0.36	0.34	----	----	
Norte	7.79*	0.09	0.09	0.05	----	----	----	
Occidental	7.63*	0.04	0.05	----	----	----	----	
Atlántico	7.71*	0.01	----	----	----	----	----	
Banca	7.70*	---	----	----	----	----	----	
Chorotega	----	----	----	----	----	----	----	

  

B.- Por tipo de escuela:				
Modalidad	Técnico	Académico	Académico	Académico
Académico diurno	6.72*	5.17*	----	----
Académico nocturno	1.55	----	----	----
Técnico	----	----	----	----

\* Diferencias significativas a un alfa de 0,05



#### • Análisis de los Datos

Para responder al problema uno, se analizó la información utilizando estadísticas descriptivas. Las pruebas de las hipótesis se efectuaron por medio de análisis de varianza y de las pruebas de Scheffé a posteriori. Para el análisis de número de objetivos dominados a nivel nacional, se establecieron los niveles críticos de dominio de objetivo, de acuerdo con el método empleado por Sheeham y Davis (1979) y estos se compararon con las medias aritméticas nacional, regional, por la clase de escuela y modalidad de colegio para cada objetivo en cada prueba. Todos estos análisis se hicieron empleando los programas del SPSS que se encuentran entre los servicios del Centro de Informática de la Universidad de Costa Rica.

#### RESULTADOS

Las medias aritméticas y desviaciones estándar de las pruebas por región, por tipo de escuela y por modalidad de colegio se presentan en los cuadros números 1, 2 y 3. Como se puede apreciar, las medias aritméticas corresponden a porcentajes muy bajos del total de puntos de las pruebas, y varían entre un 66,6% en la prueba de primer ciclo, región central, hasta el 23,7% en la prueba de décimo año en la región Chorotega. En general las pruebas dan resultados muy bajos, sobre todo considerando que estas son pruebas de conocimientos mínimos.

En el cuadro N° 4 se presenta el análisis de varianza hecho a los datos de la prueba de Primer Ciclo por región y tipo de escuela. Análisis similares se hicieron para los datos de las otras pruebas. Como en el caso que se ilustra, las "F" calculadas son significativas a un alfa de 0,0001, y por lo tanto las hipótesis de este estudio se rechazan. Con el propósito de conocer en cuáles regiones, tipos de escuela o modalidad de colegio se encuentran las diferencias, se hicieron pruebas de contrastes entre medias según el procedimiento de Scheffé (Ferguson, 1973). En el cuadro N°5 se muestra un ejemplo de los resultados de estos análisis, que se repitieron con las medias de todas las pruebas. En general se concluye que: 1) la región central es significativamente diferente en el rendimiento académico a todas las otras regiones; 2) las escuelas de mayor número de maestros (DEGB-4 y DEGB-5) tienen rendimiento significativamente diferente

a las escuelas de maestro único (PEGB-2) y a las escuelas de dos a cinco maestros (DEGB-1); 3) los colegios académicos diurnos tienen un rendimiento significativamente diferente a los académicos nocturnos y técnicos.

El nivel crítico de dominio para los objetivos de las pruebas del Primero y Segundo Ciclos y de sexto año se calculó en 2,63 y para el resto de las pruebas en 2,25. A nivel nacional para la prueba del Primer Ciclo, sólo se domina uno de los 21 objetivos, a saber: Sumar con números naturales de uno a dos dígitos. En la Región Central además se dominan los siguientes tres objetivos: 1) Sumar con números naturales hasta tres dígitos 2) Restar con números naturales de un dígito, 3) Escribir con números naturales hasta millares. En las demás regiones se alcanza únicamente el objetivo dominado a nivel nacional, a excepción de la Región Occidental en la que además se logra el primero de los tres que se dominan en la Región Central. En las escuelas grandes (DEGB-4 y 5) se muestra dominio de los dos objetivos que se refieren a la suma y en las demás escuelas (DEGB 1,2,3 y PEGE-2) solo el mismo objetivo que se indicó para el nivel nacional.

En la prueba de sexto año a nivel nacional solamente se evidencia logro del objetivo: "Multiplicar con números naturales de un dígito por otro de un dígito". Por región, en la Región Central se alcanzan además tres objetivos: 1) Sumar con números naturales hasta de tres dígitos y decimales hasta centésimos 2) Restar con números naturales hasta de tres dígitos, y 3) Multiplicar números naturales de un dígito por otro de un dígito. En las regiones Oriental y Occidental se domina el mismo objetivo que a nivel nacional y en esta última región, además, el primero de los tres que se dominan en la Región Central. En la Región Brunca se logra el objetivo de "Restar con números naturales hasta de tres dígitos". En las demás regiones no se obtiene dominio de ningún objetivo. Finalmente en las escuelas grandes se dominan los mismos tres objetivos antes señalados. Y en las escuelas DEGB 2-3, el mismo objetivo que se domina a nivel nacional. En las escuelas PEGB 2 y DEGB 1 no se presenta logro de ningún objetivo. A nivel nacional, en la prueba del Segundo Ciclo se muestra dominio de dos objetivos: 1) Sumar con números naturales hasta de tres dígitos y decimales hasta centésimos, 2) Multiplicar con números naturales de un dígito por otro de un dígito. En las regiones



Central y Atlántica se alcanza además el objetivo: "Restar con números naturales hasta de tres dígitos". En la Región Oriental se logra el primero de los objetivos, dominados a nivel nacional; en la Occidental, el segundo y en la Brunca, el primero. Además, al igual que en las Regiones Central y Atlántica, se alcanza el objetivo "Restar números naturales hasta de tres dígitos". En las regiones Chorotege y Norte no se domina ningún objetivo. En los liceos académicos diurnos se logra dominio de los mismos dos objetivos alcanzados a nivel nacional y "Restar con números naturales hasta de tres dígitos". En los académicos nocturnos, solamente el segundo y en los técnicos, ningún objetivo.

En la prueba del Tercer Ciclo se domina el objetivo: "Multiplicar con números enteros positivos y negativos", en los colegios académicos diurnos de las regiones Central, Oriental y Brunca. A nivel nacional y en las otras regiones o modalidades de colegio no se logra ningún objetivo.

En la prueba de décimo año, sólo se domina el objetivo: "Multiplicar números naturales y decimales hasta centésimos por múltiplos de 10" en la Región Central. A nivel nacional, no se muestra dominio de ningún objetivo y lo mismo sucede en las demás regiones o modalidades de colegio.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio hacen evidente el bajo rendimiento académico de Matemáticas a nivel nacional; asimismo se verifican resultados obtenidos en estudios anteriores por Vargas (1975), y Azofeifa (1978). El rendimiento académico es igualmente bajo en todas las regiones del país y existen algunas de ellas, en especial las regiones Chorotege y Atlántica, donde el mismo es sumamente bajo.

El análisis, hecho por tipo de escuela, muestra cómo aquellas escuelas de zonas rurales, las de maestro único y las de menos de seis maestros tienen rendimientos muy por debajo que el de las escuelas de centro de población mayores. Este hecho evidencia la desigualdad de oportunidades que ofrece el sistema educativo costarricense.

Los resultados del análisis del número de objetivos dominados por niños y jóvenes muestra una realidad aún más preocupante, pues los objetivos logrados son muy pocos y representan únicamente las conductas más simples. Además se nota que el rendimiento decrece al pasar de la escuela al colegio. Nuevos estudios cualitativos y cuasi-experimentales se deben llevar a cabo, para poder encontrar causas de este bajo rendimiento y para someter a prueba modificaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas, que mejoren el rendimiento académico de los estudiantes.

## REFERENCIAS

- Azofeifa, A. *Relación entre el rendimiento académico, habilidad general y algunos aspectos de la enseñanza de las matemáticas de estudiantes de undécimo año*. Tesis de Licenciatura en Administración Educativa. Facultad de Educación: Universidad de Costa Rica, 1978.
- Beck, R. A consumers guide to criterion - referenced test reliability. *Journal of Educational Measurement*, 17 (4), 1980: 323-349.
- Brown, F.G. *Principles of educational and psychological testing*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1976.
- Crambert, A.C. Estimation of validity for criterion - referenced test. *Washington D.C.U.S. office of Education*, E.R.I.C., 1978, ED 151 151148.
- Downing, S.M., y Mehrens, W.A. Six single administration reliability coefficients for criterion - referenced tests: A comparative study. Washington, D.C., *U.S. Office of Education*, E.R.I.C., 1978, ED 161929.
- Ferguson, D. *Statistical analysis in psychology and education*, 2nd. Ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc. 1971.
- Glass, D.V., y Stanley, J.C. *Statistical methods in education and psychology*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1970.
- Hambleton, R. K., et al. Criterion - referenced testing and measurement: A review of technical issues and developments. *Review of Education Research*, 48 (1), 1978: 1 - 47.
- Huynh, H. y Saunders, J. Accuracy of two procedures for estimating reliability of mastery test. *Journal of Educational Measurement*, 17 (4), 1980: 351 - 357.
- Kerlinger, F.N. *Investigación del comportamiento: técnicas y metodología*. México: Interamericana, 1975.
- Kuder, G.F., y Richardson, M.W. The Theory of the estimation of test reliability. En: N. Mehrens y R.L. Ebel. *Principles of educational and psychological measurements*. Chicago: Rand McNally and Co., 1967.
- Mehrens, W.A., y Lehmann, *Medición y Evaluación en la educación y en la psicología*. México: C.E.C.S.A., 1982.
- Paggio, J.P., et al. *Kansas competency based testing program, results interpretation manual*. The University of Kansas, 1980.
- Sheeham, D.S. y Davis. R.G. The development and validation of a criterion - referenced mathematics battery. *School Science and Mathematics*, 79, 1979: 125 - 132.
- Subkoviak, M. Estimating reliability from a single administration of criterion - referenced test. *Journal of Educational Measurement*, 13 (4), 1976.
- Thorndike, R.L. Hagen E. *Test y Técnicas de medición en psicología y educación*. México: Trillas, 1977.
- Vargas, G. *Evaluación del aprendizaje de algunos conceptos matemáticos básicos en estudiantes de undécimo año*. Tesis de Licenciatura en Administración Educativa. Facultad de Educación, Universidad de Costa Rica, 1975.
- Winer, B.J. *Statistical principles in experimental design*. 2nd Ed. New York: McGraw-Hill Book Co., 1971.