

TEST DE APTITUDES PARA PREDECIR EL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN MATEMÁTICA EN LA CARRERA DE ARQUITECTURA DE LA UNC

AUTORES; Gnavi Gerardo, Almada Pablo, Torres Alejandro, Crivello Patricia

Contacto: Gerardo Gnavi. gergnavi@hotmail.com- Pablo Almada: almada1970@yahoo.com.ar
Cátedra de Matemática IA. Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Av. Haya de la Torre s/n - Ciudad Universitaria - Tel: (54 351) 4334063.

PALABRAS CLAVE: Predictores de rendimiento, matemática, arquitectura.

EJE TEMÁTICO: Ingreso a las carreras de Arquitectura y/o Diseño y/o su articulación con el nivel medio. Reporte de investigación.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue encontrar la relación entre aptitudes matemáticas básicas en tres áreas que son: 1) álgebra y ecuaciones, 2) proporciones y 3) geometría y plano cartesiano, y el rendimiento posterior respecto de la asignatura Matemática I de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba. Se elaboró un instrumento diagnóstico que contemplara las competencias y habilidades matemáticas en las áreas citadas y que son esperables para un egresado de la escuela media de nuestro país, tomando como referencia las sugerencias emanadas por el Ministerio de Educación de la Nación a través del NAP (Núcleo de Aprendizajes Prioritarios- Ciclo Básico/Ciclo Orientado- Educación Secundaria). Las actividades propuestas en el test diagnóstico eran de resolución simple y sin necesidad de justificación, por medio de cuestionarios de opción múltiple donde se debía optar por una sola respuesta correcta sobre un total de 4 opciones. Las áreas del instrumento diagnóstico 1) álgebra y ecuaciones y 2) proporciones se corresponden con los ejes del NAP “en relación con el álgebra y funciones” y “en relación con el número y las operaciones”, mientras que la tercera sección del diagnóstico 3) geometría y plano cartesiano se corresponde al eje del NAP “en relación con la geometría y la medida”. El eje del NAP “en relación con la probabilidad y la estadística” no fue considerado en la confección del diagnóstico por cuanto no corresponde a ningún contenido del espacio curricular. El rendimiento en matemática fue evaluado posteriormente por medio de evaluaciones parciales durante el cursado de la asignatura. Los resultados muestran correlaciones moderadas entre las aptitudes evaluadas en el diagnóstico y el posterior rendimiento en la materia. Asimismo se procedió a evaluar las propiedades del test diagnóstico obteniendo resultados satisfactorios respecto a la sensibilidad, la especificidad y el poder predictivo total del instrumento.

Introducción

Una de las dimensiones más importantes del proceso de enseñanza-aprendizaje lo constituye el rendimiento académico (RA) del alumno. Su correcto análisis y la búsqueda de las causas que lo determinan constituye una de las áreas de mayor desarrollo de la psicología educacional, teniendo como objetivo fundamental el poder determinar con exactitud cuáles son estos factores y estudiar el grado de incidencia que tienen en el rendimiento posterior de un alumno. Numerosas teorías han investigado de modo generalizado el RA en los últimos años, destacándose los aportes desde la teoría social cognitiva de las carreras (SCCT) que pone énfasis en variables cognitivas y comportamentales llegando a la conclusión de que las creencias de autoeficacia, las expectativas de resultados y las metas de desempeño juegan un papel importante en el RA posterior (Lent Brown & Hackett, 1994). En el caso particular del rendimiento académico en matemática (RAM) existen una larga serie de estudios en las últimas décadas que vinculan el RAM con factores tan diversos como las actitudes a la asignatura (Anton & Klisch, 1995; Ashcraft, 2002; Fennema & Sherman, 1978; Jacobs, Watson, & Sutton, 1996; Stodolsky, 1985), la experiencia anterior en matemática (Bandura, 1987; Eccles, 1983), el género (Meece, Eccles Parsons, Kaczala, Goff, & Futterman, 1982) y el rol de los docentes (Del Siegle & Mc Coach, 2007). A pesar de que se observan en la actualidad diferentes investigaciones que pretenden evaluar modelos alternativos incluyendo, además de los factores citados, los rasgos de personalidad (Cupani & Martin, 2012), todos éstos destacan la importancia que tienen las aptitudes cognitivas, las habilidades y competencias matemáticas y el conocimiento previo, en el RAM.

El hecho de lograr habilidad y eficiencia en la generación de pruebas y evaluaciones diagnóstico juega un papel muy importante dentro del desarrollo profesional de los docentes de cualquier asignatura (Jiraro, Sujiva, & Wongwanich, 2013). En el caso de un test de diagnóstico bien confeccionado y administrado al principio de un ciclo lectivo sobre una población que mayoritariamente proviene de la escuela media, por una parte permite extraer información acerca del grado de conocimiento y del nivel de competencia y habilidad que poseen los estudiantes al ingresar a una carrera universitaria, y por otra parte funciona como un detector que habilita tempranamente a los estudiantes a saber cuáles son las áreas del espacio curricular que deben reforzar para afrontar con éxito la asignatura. Y sobre todas las cosas es un valioso instrumento para el cuerpo docente que de esta manera pueden dedicar un mayor esfuerzo a las áreas que evidencien un menor rendimiento.

A los fines de confeccionar dicho instrumento, fueron consideradas dentro de las competencias esperables para un recién egresado de la escuela media aquellas que mantuvieran alguna relación directa o indirecta con el programa de matemática I A de la carrera de arquitectura y que no fueran contenidos específicos de la asignatura. Además se priorizó la búsqueda de habilidades y competencias específicas tales como la verificación de soluciones en sistema de ecuaciones o la resolución de problemas de regla de 3 simple directa por encima de la indagación sobre contenidos teóricos y que implicaban el recuerdo o la definición de alguna propiedad o teorema.

La asignatura Matemática I A de la FAUD se dicta en un breve lapso de tiempo que abarca los meses de marzo y abril, con un encuentro semanal de 5 horas de duración que se distribuye en una clase teórica de aproximadamente una hora de duración, y el trabajo práctico en los talleres donde se aplican y articulan los conocimientos teóricos en la resolución de problemas de matemática relacionados con la arquitectura. El eje central de desarrollo es el estudio de la trigonometría aplicada fundamentalmente a la resolución de triángulos y polígonos en general. Se realizan trabajos prácticos de aplicación sobre geometría (teselados), razones y proporciones con énfasis en la proporción dinámica, y el estudio de geometría analítica plana con aplicaciones de sistemas de coordenadas y ecuación de la recta asociadas a tareas de replanteo.

Disponiendo de tiempos tan acotados, los docentes de la cátedra priorizamos que los estudiantes adquieran habilidades en la resolución de situaciones problemáticas que guarden una estrecha relación con la arquitectura. En el planteo y la solución de dichas situaciones “se intenta, a partir de un modelo que puede ser el plano de una planta, de una fachada o bien una obra en construcción y hasta una obra construida, tomar algunos de sus elementos para así generar una situación en la que haya que realizar algún cálculo.” (Gnavi en Lanzillotto y otros, 2015, P 17)

En consecuencia toda la ejercitación así como las evaluaciones parciales y finales poseen contenidos en forma de problemas de aplicación donde la transferencia se realiza por medio de cálculos para los cuales es necesario el desarrollo de habilidades de cálculo e interpretación, sin necesidad de memorizar fórmulas. Se puede utilizar calculadora y cuadernillo de fórmulas.

Dentro del amplio campo de factores ambientales, personales y motivacionales que determinan un buen rendimiento en matemática, nos centraremos en las aptitudes cognitivas, las habilidades preexistentes y competencias matemáticas, y el conocimiento previo (Byrnes & Miller, 2007) dejando de lado otros constructos de carácter social y motivacional tales como la creencia de autoeficacia, las expectativas de resultados y las metas de rendimiento (Lent Brown & Hackett, 1994) o los rasgos de personalidad (Cupani & Martin, 2012) intentando determinar dentro del

universo de aptitudes, conocimiento y habilidades preexistentes cuáles son las que tienen mayor incidencia a los fines de lograr un buen rendimiento en la asignatura matemática I A de la carrera de arquitectura de la FAUD-UNC. Partimos del supuesto que los ejes conceptuales elegidos (álgebra y ecuaciones, proporciones, geometría y plano cartesiano) que forman parte de la evaluación diagnóstica no pueden ser ajenos a un buen rendimiento posterior en la asignatura, por lo que el objetivo de este trabajo consiste en encontrar la incidencia y el peso relativo de cada uno de estos ejes conceptuales en la calificación final de la asignatura así como realizar un análisis de la validez del instrumento utilizado.

Método

Participantes

La muestra consistió en 963 alumnos con edades que iban de los 18 a los 40 años ($\bar{x} = 19,57$; $Mo = 19$; $sd = 2,40$) ingresantes a la carrera de Arquitectura de la Faud-UNC, de los cuales 384 (39,88%) eran varones y 579 (60,12%) mujeres.

Instrumentos

Se utilizó una evaluación diagnóstica dividida en 4 temas diferentes de similares características y dificultad. Cada prueba constaba de 12 ejercicios de opción múltiple y dividida en 3 secciones individualizadas con los títulos: 1) álgebra y ecuaciones, 2) proporciones, regla de tres, porcentaje y 3) geometría y plano cartesiano. Cada sección contenía 4 ejercicios, cada uno de los cuales tenía 4 respuestas siendo sólo una la correcta.

Se confeccionaron dos evaluaciones parciales, cada una constando de 6 ejercicios, de los cuales 5 requerían de un desarrollo explicativo debiéndose justificar los resultados y uno era una pregunta para completar o 4 afirmaciones para decidir entre V (verdadero) y F (falso). Los contenidos del primer parcial fueron: sistemas de ecuaciones, entes geométricos fundamentales, razones y proporciones, proporciones relacionadas a la arquitectura, sistema de medición de ángulos, trigonometría (resolución de triángulos rectángulos y oblicuángulos) y los contenidos del segundo parcial fueron: sistemas de coordenadas rectangulares y polares, ecuación de la recta, polígonos y polígonos regulares.

Procedimiento

La administración del diagnóstico se realizó al finalizar la primera clase, disponiendo de aproximadamente 45 minutos para la resolución. Siguió un período de 2 encuentros de dictado

de los contenidos propios de la asignatura a razón de una clase por semana registrándose la primera evaluación parcial en la cuarta clase que comprendía los temas desarrollados en esas primeras 3 clases. El proceso continuó con otras 3 clases evaluándose el último parcial en la clase siguiente, correspondiente a la 8ª semana y haciendo hincapié en los contenidos desarrollados en dichas semanas, aunque inevitablemente como ocurre con matemática algunos ejercicios requirieron para su resolución algunos de los contenidos correspondientes al primer parcial.

Los parciales constaban de 6 ejercicios, de los cuales 5 requerían de un desarrollo explicativo debiéndose justificar los resultados y uno era una pregunta para completar o 4 afirmaciones para decidir entre V (verdadero) y F (falso). El criterio de corrección sobre el que todos los docentes estuvieron de acuerdo fue de restar 2 puntos por cada respuesta incorrecta a partir de una hipotética calificación de 10 por lo que el parcial se consideraba aprobado con el 50% de la prueba bien realizado.

La corrección del diagnóstico se realizó asignando 1 punto a cada respuesta correcta por lo que el máximo puntaje posible era de 12 puntos. Los estudiantes que abandonaron la asignatura o no estuvieron presentes en el diagnóstico o en alguno de los parciales no fueron tenidos en cuenta para el presente estudio.

Resultados

El análisis de residuos por el método de Durbin-Watson permitió descartar un solo caso extraordinario fuera de 3 desviaciones típicas, el cual fue suprimido siendo así el número total de casos $N = 962$.

	Álgebra y ecuaciones	Proporciones	Geometría y plano cartesiano	Promedio del diagnóstico
	(D1)	(D2)	(D3)	
Primer parcial	0,35	0,34	0,34	0,47
Segundo parcial	0,37	0,31	0,33	0,47
Promedio de parciales	0,40(*)	0,37(*)	0,37(*)	0,52

(*) $p < 0,0001$

TABLA 1: Matriz de correlaciones de cada etapa del diagnóstico y su promedio con cada parcial y su promedio.

Debido a la falta de teoría conducente a conocer cuáles de los contenidos del diagnóstico son más o menos relevantes en la predicción del resultado en los parciales, se realizó un primer análisis de regresión múltiple por el método step-wise, el cual no arrojó como resultados la exclusión de ninguna de las hipotéticas variables predictoras. A continuación se verificaron los supuestos de independencia (DW =1,579 se encuentra entre 1,5 y 2,5 podemos asumir que los residuos son independientes), homocedasticidad, normalidad y linealidad de los residuos verificándose resultados satisfactorios compatibles con la validez del modelo de regresión.

MODELO	Coeficientes no estandarizados		Coef. tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
	B	Error típico	Beta			Límite inferior	Límite superior
Constante	0,462	0,258		1,793	0,073	-0,044	0,968
D1	0,571	0,064	0,264	8,954	0,000	0,446	0,696
D2	0,630	0,080	0,231	7,905	0,000	0,473	0,786
D3	0,514	0,063	0,237	8,149	0,000	0,390	0,638

TABLA 2: Matriz de coeficientes. Variable dependiente: parciales

	Aprobó el diagnóstico	No aprobó el diagnóstico	Total
Aprobó el parcial	467 (AP)	93 (FP)	560
No aprobó el parcial	221 (FN)	181 (AN)	402
Total	688	274	962

TABLA 3: Matriz dicotomizada de puntuaciones. AP = Aciertos positivos; AN = Aciertos negativos; FP = Falsos positivos; FN = Falsos negativos

Conclusiones

A pesar de haber realizado una exhaustiva búsqueda, no se encontró en la bibliografía consultada un estudio de características similares a éste. Como la mayoría de los diagnósticos, la evaluación se centra sobre aspectos cognitivos, aptitudes o habilidades preexistentes que según prevé la teoría son directamente responsables del rendimiento académico por ejemplo bajo el constructo de experiencias de dominio de actividades o percepción del rendimiento propio anterior (Bandura,

1987). Si bien estos constructos son fuertes predictores del RAM, existe evidencia teórica de que se relacionan de forma compleja con otros elementos tales como las creencias de autoeficacia de las cuales por ejemplo los logros de ejecución anterior constituyen una de sus fuentes (Bandura, 1993; Lent, Brown & Hackett, 1994). El inevitable sesgo inherente a este estudio da como resultado que, al no ser tenidas en cuenta un sinnúmero de variables personales, socioculturales y afectivas se obtuvieron correlaciones moderadas-bajas que van desde 0,31 hasta 0,37 entre los tres subtipos de diagnóstico tipificados y cada una de las evaluaciones parciales hasta moderadas-altas (entre 0,37 y 0,52) entre los respectivos promedios de las variables predictoras (D1, D2 y D3) y los parciales. Casualmente el valor más alto de correlación calculado corresponde a ambos promedios ($R = 0,52$) que explica un poco más del 27% del total de casos (Tabla 1)

Analizando los casos extremos, es decir estudiantes que consiguieron respectivamente muy bajos y muy altos resultados en los diagnósticos, el resultado es que los 29 alumnos que en el diagnóstico obtuvieron 12 puntos (percentil mayor a 97) obtuvieron en el parcial un promedio de 8,03 ($Mo = 8,5$) y sólo tres no alcanzaron a promover mientras que el promedio en el parcial de los 28 alumnos que sacaron 3 puntos o menos en el diagnóstico (percentil 3) fue de 2,74 ($Mo = 2$) y en su mayoría reprobaron ambas instancias evaluatorias, solamente 3 regularizaron y uno promocionó. La correlación fue para estos casos $R = 0,89$; $R^2 = 0,7921$. Esto evidencia que la prueba diagnóstico suministrada es sumamente efectiva para predecir el resultado futuro en la asignatura Matemática I de la FAUD en los casos extremos, es decir: alumnos que obtuvieron un mal desempeño en el diagnóstico tuvieron un rendimiento similar en las evaluaciones parciales; y alumnos que obtuvieron un buen desempeño en el diagnóstico lograron altos niveles de rendimiento en las evaluaciones posteriores logrando explicarse casi el 80% de los casos.

El análisis de correlación a su vez permitió por una parte no descartar ninguna de las variables inicialmente consideradas como predictoras, y por otra parte conocer la incidencia de cada variable independiente mientras se mantienen fijas las otras dos. La ecuación de regresión de coeficientes beta no estandarizados es (tabla 2):

$$\text{Promedio en los parciales} = 0,462 + 0,571 \cdot D1 + 0,63 \cdot D2 + 0,514 \cdot D3$$

Por otra parte, la tabla 3 recoge información dicotomizada sobre quienes aprobaron o no los parciales (punto de corte = 4 puntos sobre 10 que según los criterios de evaluación descriptos corresponde a un 50%) y quienes aprobaron o no el diagnóstico (considerando el promedio de los tres diagnósticos, con un punto de corte en 2 puntos sobre 4; 50%). Con estos datos puede

estimarse la sensibilidad, especificidad y poder predictivo total del instrumento para los puntos de corte estipulados (Tornimbeni, Pérez, Olaz, 2013).

La sensibilidad (SEN) es la capacidad del instrumento para identificar correctamente al grupo criterio, en este caso los alumnos con buen rendimiento en la asignatura siendo AP (Aciertos Positivos) = 467; AN (Aciertos Negativos) = 181; FP (Falsos Positivos) = 93 y FN (Falsos Negativos) = 221 (Tabla 3):

$$SEN = \frac{AP}{AP + FN} = \frac{467}{467 + 221} = 0,6788$$

La especificidad (SPE) es la capacidad del instrumento diagnóstico de identificar correctamente al grupo contraste, en este caso quienes no tuvieron buen rendimiento:

$$SPE = \frac{AN}{AN + FP} = \frac{181}{181 + 93} = 0,6606$$

Por último, el poder predictivo total (PPT) es la capacidad global para clasificar correctamente los casos, es decir:

$$PPT = \frac{AP + AN}{TOTAL DE CASOS} = \frac{467 + 181}{962} = 0,6736$$

Consideramos que los valores calculados son altamente satisfactorios Siendo notablemente menor la cantidad de falsos positivos (FP = 93) que los falsos negativos (FN = 221) podemos inferir que el instrumento diagnóstico tiende a sobreestimar las capacidades de los estudiantes en relación a su desempeño posterior, más que a subestimarlas.

Es un objetivo de este equipo de trabajo el poder elaborar un instrumento de diagnóstico eficaz que contemple otras variables además de las cognitivas, a tal fin está previsto continuar con estudios de este tipo en años posteriores, con una batería de tests un poco más abarcativa que la actual pero dirigida solamente a una muestra representativa de la población estudiantil.

Gnavi Gerardo. Licenciado en Psicología, UNC. Profesor asistente cátedras Matemática IA y II, Matemática IB y Física – FAUD- UNC.

Almada Pablo. Arquitecto, UNC. Profesor asistente cátedra Matemática IA y II, profesor adjunto, titular a cargo, cátedra Matemática IB – FAUD- UNC.

Torres Alejandro. Ingeniero agrónomo, UNC. Profesor asistente cátedra Matemática IA y II –FAUD-UNC

Crivello Patricia. Ingeniera civil, UNC. Profesora asistente cátedras Matemática IA y II, y Matemática IB – FAUD- UNC.

Referencias

Libros

Bandura, A. (1987). *Pensamiento y acción*. Barcelona: Martínez Roca

Lanzillotto, C; Ávila, M.C.; Agosto M. y otros (2015). *Matemática IA orientada a estudiantes de arquitectura*. Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.UNC, Córdoba.

Tornimbeni S, Pérez E, Olaz F (2013). *Introducción a la psicometría*. Paidós.

Artículos en revistas

Anton, W. D., & Klisch, M. C. (1995). Perspectives on mathematics anxiety and test anxiety. In C.D. Spielberger & P. R. Vagg (Eds.), *Test anxiety: Theory, assessment, and treatment* (pp. 93–106). Washington, DC: Taylor & Francis.

Ashcraft, M. H. (2002). *Math anxiety: Personal, educational and cognitive consequences*. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 181–185.

Bandura, A. (1987). *Pensamiento y acción*. Barcelona: Martínez Roca.

Bandura, A. (1993). *Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning*. *Educational psychologist*, 28, P 117-148.

Byrnes, James P , Miller, David C. (2007) *The relative importance of predictors of math and science achievement: An opportunity–propensity analysis*. *Contemporary Educational Psychology*, 32 P 599–629.

Cupani, M; Martin, A. (2012). *Rasgos de personalidad y factores contextuales que contribuyen a predecir el rendimiento académico en matemática*. *Anuario de Investigaciones de la Facultad de Psicología*. Vol. 1, N°1, P 229-247

Del Siegle; McCoach (2007). *Increasing Student Mathematics Self-Efficacy Through Teacher Training*. *Journal of advances academics*, 2, 278-312.

Eccles, J. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motives: Psychological and sociological approaches* (pp. 75–146). San Francisco: Freeman.

- Fennema, E., & Sherman, J. (1978). *Sex related differences in mathematics achievement and related factors: A further study*. Journal for Research in Mathematics Education, 9, 189–203.
- Jacobs, D., Watson, T. G., & Sutton, J. P. (1996). *Effects of a cooperative learning method on Evaluating change in attitude 485 mathematics achievement and affective outcomes of students in a private elementary school*. Journal of Research and Development in Education, 29, 195–202.
- Jiraro S, Sujiva S, Wongwanichc S, (2013). *An application of action research for teacher empowerment to develop teachers' test construction competency development models*. Procedia - Social and Behavioral Sciences 116 P-1263 – 1267
- Lent, R., Brown, S.& Hackett, G. (1994). *Toward a Unifying Social Cognitive Theory of Career and Academic Interest, Choice and Performance*. Journal of Vocational Behavior, 45, P 79-122.
- Meece, J. L., Eccles Parsons, J., Kaczala, C. M., Goff, S. B., & Futterman, R. (1982). *Sex differences in math achievement: Toward a model of academic choice*. Psychological Bulletin, 91, 324-348.
- NAP (*Núcleo de Aprendizajes Prioritarios- Ciclo Básico/Ciclo Orientado- Educación Secundaria*). Consejo Federal de Educación de la República Argentina, Resolución CFE N° 180/12.
- Stodolsky, S. S. (1985). *Telling math: Origins of math aversion and anxiety*. Educational Psychologist, 20, 125–133.