EFECTIVIDAD DE UN CURSO DE INGRESO UNIVERITARIO EN MATEMÁTICA

Ma. Emilce Barrozo(1, 2, 4), Nélida H. Pérez(1, 2, 4) y Julio Benegas(1, 3, 4)
(1) Centro para la Innovación Educativa en Ciencias Exactas y Naturales (CIECEyN)
(2) Departamento de Matemáticas
(3)Instituto de Matemática Aplicada San Luis (IMASL)- Departamento de Física, UNSL/CONICET.
(4) Facultad de Ciencias Fís.-Mat. y Naturales, Universidad Nacional de San Luis (UNSL), Argentina.
Ejercito de los Andes 950 – 5700 – San Luis.
mebarroz@unsl.edu.ar - nperez@unsl.edu.ar - jbenegas@unsl.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se evalúa la efectividad de un curso de ingreso universitario en matemáticas, tomado por ingresantes a carreras de ciencia e ingeniería de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales de la Universidad Nacional de San Luis, Argentina. Se postula que el conocimiento matemático al inicio de dicho Curso y la capacidad de razonamiento científico condicionan este aprendizaje. Para la determinación de dichos factores se utilizaron dos diagnósticos de respuestas múltiples: el Test de Conocimientos de Matemáticas, diseñado localmente para medir algunos conocimientos y aptitudes básicas en matemáticas (cuya validación se describe en este trabajo) y el Test de Aula de Razonamiento Científico de Lawson (LAWSON, 1995). Los resultados obtenidos indican que los alumnos ingresantes a las carreras científico-tecnológicas de la UNSL no tienen un conocimiento operativo de temas básicos del currículo de matemáticas de la escuela secundaria, confirmando, a nivel local, las enormes falencias en el aprendizaje significativo de la matemática detectados tanto en el relevamiento PISA 2003 (OECD –2003) como en los Operativos Nacionales Educativos. Se encuentra además que tienen un muy bajo nivel de desarrollo de sus habilidades de razonamiento científico. El rendimiento en el examen de ingreso al final del Curso de Apoyo Universitario fue bajo (42,3%). Esto muestra el fuerte condicionamiento de los resultados post instrucción con el conocimiento inicial y las habilidades de razonamiento, y que un curso de ingreso de este tipo es inadecuado para remediar las falencias de esta muestra estudiantil. En base a estos resultados se proponen estrategias remediales para afrontar el problema del ingreso universitario de esta región.

Palabras claves: ingreso universitario, conocimiento matemático, habilidades de razonamiento, pruebas objetivas.

EFECTIVIDAD DE UN CURSO DE INGRESO UNIVERITARIO EN MATEMÁTICA

I- Introducción

El problema de adaptar los egresados de la escuela secundaria argentina a los requisitos de las carreras universitarias, comúnmente denominado el problema del ingreso, es quizás el más difícil que afronta el sistema universitario argentino, resistente hasta ahora a las diversas estrategias de solución planteadas en las distintas universidades. Es claramente un problema sistémico que tiene múltiples facetas, desde las estrictamente económico-sociales, hasta las académicas y culturales, en una sociedad que ha relegado la educación a un mero rol de "proveedora de títulos", donde el aprendizaje significativo, aquel que puede ser transferido o utilizado en diversos contextos, sobre todo para sustentar futuros aprendizajes, no conforma una prioridad para los diversos actores del proceso enseñanza-aprendizaje (Jaim Etcheverry, 1999).
El resultado de esta deficitaria situación es que los ingresantes, sobre todo a carreras de ciencias experimentales e ingenierías, no cuentan con las capacidades básicas que están implícitas en las programaciones de los cursos universitarios, donde los contenidos tanto en profundidad como en extensión, están determinados por la tradición supranacional, reflejada en los libros de texto que generalmente, sobre todo en matemáticas y ciencias, provienen de traducciones de exitosos textos de los países más avanzados. El problema que enfrentan los docentes a cargo de los primeros cursos de cálculo y álgebra es que en el currículo "oculto" (es decir aquellas condiciones y conocimientos previos que están implícitos o sobreentendidos, Meltzer 2002) de esas materias están tanto el conocimiento conceptual y operativo de una variedad de temas de matemáticas (que supuestamente deben aprenderse en la escuela secundaria) como habilidades esenciales para nuevos aprendizajes, como las de razonamiento y lectura comprensiva.
A pesar de la enorme importancia de este problema educativo de la universidad Argentina, y seguramente también de otros países latinoamericanos, relativamente muy pocos estudios sistemáticos han sido realizados en esta región. Otero y colaboradores (2001) llevaron a cabo un seguimiento de los conocimientos matemáticos con que llegan a la universidad los estudiantes de ciencias e ingeniería de una universidad argentina de tamaño mediano-chico, similar a la UNSL. Encuentran que tan solo un 20% de estudiantes demuestra un nivel aceptable de conocimientos, y que, en los tres años consecutivos del estudio, el esfuerzo institucional para cambiar esta situación solo logró cambios positivos en temas simples, como operaciones aritméticas, mientras que otros más complejos, por ejemplo funciones y su representación gráfica y álgebra vectorial, mostraron resistencia a mejorar. Especulan que esto podría deberse a la complejidad cognitiva de estos temas y al escaso tratamiento que tienen en la escuela secundaria. Álvarez y colaboradores (2004, 2007) en una serie de trabajos han realizado un estudio comparativo del conocimiento matemático de los alumnos ingresantes a cuatro facultades de Montevideo, Uruguay. Utilizaron para ello una prueba de preguntas de respuestas de opción múltiple destinada a medir competencias estudiantiles, no solo con el objetivo de contribuir a una mejor planificación didáctica, sino también para buscar factores o indicadores que ayuden a diagramar una política de ingreso, como las diferencias de rendimiento de acuerdo a tipo de estudios secundarios, carga horaria de los planes de estudio, tipos de evaluación, etc. La prueba que utilizaron tiende, según sus autores "…no tanto a la determinación del conocimiento actual (de los estudiantes) como a averiguar acerca de su potencial para incorporarse (con éxito) a los estudios universitarios…", es decir apuntan, como en el presente caso, no solo al conocimiento disciplinar, sino a la habilidad para transferirlo a futuros estudios, condicionante fundamental para el éxito en los estudios universitarios y en la posterior vida profesional.
En general las distintas instituciones del sistema universitario argentino atacan este problema siguiendo estrategias de prueba y error, de acuerdo al parecer de las autoridades de turno, inclusive sin mantener los registros que permitan la evaluación necesaria para producir mejoras paulatinas. En este marco, nos proponemos la evaluación de un curso de ingreso universitario en matemáticas, de carácter intensivo y un mes de duración, quizás la estrategia remedial más seguida por las universidades nacionales estatales del país.
El trabajo consiste en un análisis de los conocimientos adquiridos y en un estudio correlacional entre el conocimiento matemático al inicio del Curso de Ingreso Universitario (CIU) y al final del mismo, y las habilidades de razonamiento de los alumnos ingresantes en el año académico 2008. Para ello se desarrollaron pruebas de conocimientos matemáticos, cuya calidad es evaluada como primer paso en el presente trabajo. Anticipando los resultados podemos decir que el conocimiento matemático con que llegan a la universidad estos ingresantes a carreras de ciencias e ingeniería es alarmantemente pobre, probablemente por debajo del referido por Otero y colaboradores (2001), y que esta situación no se modifica sustancialmente luego de cursar el CIU. Se determina además que sus capacidades de razonamiento científico son extremadamente

bajas, puesto que alrededor de tres cuartos de la muestra se sitúa en el estadio más bajo o concreto de la taxonomía de Piaget (Piaget e Inhelder, 1958). Encontramos por último que tanto el conocimiento matemático inicial como la habilidad de razonamiento están estrechamente correlacionados al conocimiento al final del CIU, cuestionando por lo tanto la efectividad de esta estrategia de ingreso.

II- Marco teórico e Hipótesis de trabajo

Es aceptado por docentes e investigadores que el aprendizaje significativo está íntimamente ligado con la comprensión de conceptos. Al respecto Sierpinska (1994), entre otros, afirma que la comprensión de un concepto matemático no es algo inmediato ni sencillo; es un proceso. Se logra no sólo frecuentándolo, sino viéndolo desde distintos puntos de vista, aplicado en diversas situaciones, ya sean teóricas o prácticas, percibiéndolo como instrumento eficaz para resolver problemas. Lo fundamental y clave del aprendizaje significativo es que es un proceso activo y personal y lo importante está, como afirma Ausubel (2001), en establecer una relación entre el nuevo material y las ideas ya existentes en la estructura cognitiva del alumno. En este proceso si además el estudiante muestra interés en las actividades propuestas por la instrucción, intentará dar sentido a lo que aprende, facilitando el aprendizaje significativo. Sierpinska sostiene que el conocimiento se logra mediante una reorganización de entendimientos previos y los obstáculos epistemológicos son inevitables, necesarios para lograr un buen entendimiento.

Parte de estas consideraciones dan sentido a esta investigación, ya que en el diseño del Test de Conocimientos de Matemáticas (TCM) se consideran los errores conceptuales y operativos más comunes, y se busca medir si los estudiantes tienen control y previsión sobre los mismos. Por ello en las consignas de los ítemes se hacen intervenir explícitamente diferentes representaciones, numéricas, gráficas y analíticas, utilizando el obstáculo epistemológico como elemento teórico. En este marco la hipótesis de este trabajo es que el conocimiento matemático inicial y las capacidades de razonamiento científico constituyen condicionantes a los aprendizajes obtenibles en el CIU.

III- Metodología

En este trabajo se realiza un estudio correlacional entre el desempeño del estudiante al final del CIU y el conocimiento matemático inicial y las habilidades de razonamiento científico. Los instrumentos de medición son, en todos los casos, test de respuestas de opción múltiple: el Test de Aula de Razonamiento Científico de Lawson (TARC, Lawson 1995, Coletta y Phillips, 2005), y el Test de Conocimientos Matemáticos (TCM).

<u>Población</u>

El estudio se realizó con los alumnos ingresantes en el año académico 2008 a las carreras Licenciaturas y Profesorados en Física, Matemáticas y Computación, así como las Ingenierías en Minas y Electrónica con orientación en Sistemas Digitales de la Fac. de Cs. Físico-Matemáticas y Naturales (FCFMyN) de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), Argentina. La política de ingreso de la Facultad establece que los alumnos deben demostrar conocimiento de algunos temas de matemáticas del currículo de la escuela secundaria. Esta certificación de conocimientos se logra aprobando un examen de ingreso consistente de 30 preguntas de respuestas de opción múltiple, tomado al final del CIU.

<u>Curso de Ingreso Universitario</u>. Descripción y Contenidos

El CIU tiene por objetivo proveer a los ingresantes de los conocimientos matemáticos básicos para los estudios a realizar, en particular, estos alumnos deben cursar en el primer cuatrimestre un primer curso de Cálculo (cálculo en una variable) y de Álgebra. Se dicta en forma intensiva, con tres horas diarias de clases teórico-prácticas y tiene un mes de duración, y se desarrollan los mismos temas de matemática incluidos en el examen de ingreso. Un libro con el material del CIU, como pruebas anteriores y ejercicios similares pueden ser encontrados en la página http://linux2-adv.unsl.edu.ar/~webfmn/ingresantes/index.php?id=27, de la FCFMyN. A continuación se describen los principales temas del CIU, indicando el año de instrucción preuniversitaria donde se deben enseñar, según lo prescripto por los Contenidos Básicos Comunes (CBC) de la Ley Federal de Educación, Ley vigente durante los años de instrucción pre-universitaria de la mayoría de los aspirantes a ingreso.

Las preguntas referidas al bloque *Números* (Num) son, en su totalidad, sobre temas del tercer ciclo de la Educación General Básica (EGB3), (7º, 8º y 9º año de instrucción). Los temas son: divisibilidad, números naturales y enteros y sus operaciones, que figuran en 7° año. También hay preguntas referidas a temas de 8° como Números racionales (equivalencia entre los distintos tipos de escritura de un mismo número (decimal, fracción), orden, ubicación en la recta,

potenciación y radicación), y notación científica. Hay además un ejercicio con números irracionales (9° año).
Al tema *Expresiones Algebraicas y Ecuaciones* (EAyE) pertenecen ecuaciones de primer grado con una incógnita (8° año) y sistemas de ecuaciones, factorización de polinomios y simplificación de expresiones algebraicas fraccionarias (9° año, retomados luego, en el 10° o 11º año de instrucción).
Dentro del bloque de *Geometría y Trigonometría* (GyT) están los temas Perímetro y Área (7°, 8° y 9° años), agregándole volumen, e incrementando su dificultad al incluir dentro de esos mismos ejercicios expresiones algebraicas. También aparecen preguntas referidas a ángulos entre rectas, teorema de Thales y semejanza de triángulos (8° año), y trabajo con razones trigonométricas y resolución de triángulos rectángulos (9° y 10° año de instrucción).
En el bloque temático *Funciones* (Func) hay dos tipos de ejercicios, unos referidos a función lineal (8° año) y otros a función cuadrática (9° año). En ambos casos estos se tratan de forma distinta, mediante análisis de gráficos, fórmulas y tablas (10º y 11º años de instrucción).
Se observa en la 3er columna de la Tabla I que los temas evaluados en el TCPM corresponden, en su gran mayoría, al currículo del ciclo secundario inferior (7°, 8° y 9° años de instrucción), y que solo algunos de ellos son retomados en el ciclo secundario superior.

<u>Instrumento de medición I</u>: Test de Conocimientos Previos de Matemática (TCPM): Contenidos y análisis estadístico
El análisis del test de conocimientos matemáticos que sigue, así como el posterior análisis de correlación, se realizó sobre los 364 aspirantes que tomaron el examen de ingreso en marzo 2008. La Tabla I resume las principales características del test, especificando, para cada pregunta, el tema principal, el año de escolaridad según los CBC, acción requerida en ese ejercicio, el nivel y el contenido del ítem según el relevamiento PISA 2003 (OECD, 2003b). La siguiente columna (Rend) indica el rendimiento medio de esta población en cada ítem. Finalmente las cuatro últimas columnas se refieren a los coeficientes estadísticos que caracterizan al ítem, calculados por el programa de análisis de pruebas de respuestas múltiples TestGraf (Ramsey, 1995), basado en la Teoría de Respuesta al Item. Ellos son el coeficiente de correlación Punto Biserial (Bis), de Discriminación (Disc), de Dificultad (Dific) y de Adivinación (Adiv). Los valores de la columna Dific corresponden al nivel de conocimientos (medidos en unidades del error estándar a partir del valor medio) para el cual el rendimiento está a mitad de camino entre el rendimiento mínimo y el rendimiento en ese ítem obtenido en ese item por los alumnos de menor rendimiento global, indicado como “Adiv” en la última columna a la derecha de la Tabla I.

							Parámetros estadísticos			
Item	**Tema**	**CBC**	**Acción**	**Nivel**	**Contenido**	**Rend**	**Bis**	**Disc**	**Dific**	**Adiv**
1	Num	8°	Op	**1**	Cantidad	65,9	0,34	0,47	-0,11	0,27
2	Num	7°	Int y Op	**2**	Cantidad	64,5	0,42	0,8	0	0,29
3	Num	8°	Ordenar	**3**	Esp y forma	41	0,22	1	1,65	0,33
4	Num	9°	Op	**2**	Cantidad	51	0,44	0,73	0,19	0,14
5	EAyE	9° 11°	Op y simp	**2**	Cam y relac	44	0,37	0,6	0,69	0,15
6	Num	8°	Int y Op	**2**	Cam y relac	57,3	0,35	0,63	0,25	0,25
7	Num	9°	Op	**1**	Cantidad	23,8	0,4	0,59	1,4	0
8	Num	8°	Int y Op	**1**	Cam y relac	64,8	0,41	0,65	-0,26	0,2
9	EAyE	9° 11°	Op y simp	**2**	Cam y relac	31,3	0,32	0,58	1,45	0,12
10	N	8°	Int y Op	**2**	Cam y relac	54	0,33	0,51	0,15	0,16
11	EAyE	9° 11°	Interpretar	**4**	Cam y relac	16,9	0,48	0,93	1,38	0
12	EAyE	8°, 10°	Op	**1**	Cantidad	30,2	0,28	0,67	1,58	0,14
13	EAyE	9° 11°	Op y simp	**2**	Cam y relac	20,3	0,15	0,28	3,8	0,06
14	EAyE	9° 11°	Op	**1**	Cam y relac	36	0,44	0,64	0,65	0,02
15	EAyE	9° 11°	Interpretar	**2**	Cam y relac	54,8	0,4	0,64	0,21	0,18
16	GyT	9° 10°	Int y Op	**3**	Cantidad	40,7	0,44	0,57	0,88	0,08
17	GyT	8°, 9°	Int y Op	**2**	Cantidad	23,3	0,43	0,61	1,65	0,03
18	GyT	9°,	Op	**2**	Cam y relac	46	0,37	0,64	0,53	0,14

		10°								
19	GyT	9° 10°	Int y Op	**3**	Esp y forma	42,1	0,5	0,78	0,76	0,11
20	GyT	8°	Int y Op	**2**	Cantidad	32,7	0,18	0,39	1,98	0,14
21	Func	8°	Interpretar	**1**	Cam y relac	43,2	0,52	0,72	0,39	0,03
22	GyT	9°, 10°	Interpretar	**1**	Cantidad	64,3	0,46	0,97	-0,01	0,3
23	GyT	8° 10°	Interpretar	**2**	Cantidad	36,3	0,25	0,52	1,82	0,21
24	GyT	7°, 8°, 9°	Int y Op	**3**	Esp y forma	34,3	0,29	0,54	1,49	0,15
25	Func	8°, 9°, 10°	Int gráf	**1**	Cam y relac	42,4	0,34	0,67	0,83	0,17
26	Func	9° 10° 11°	Int gráf	**1**	Cam y relac	34,3	0,36	0,68	1,12	0,11
27	Func	9° 10° 11°	Int Fórm	**1**	Cam y relac	44,3	0,44	0,73	0,53	0,09
28	Func	8° 10°	Interpretar	**2**	Cam y relac	32,4	0,32	0,49	1,5	0,06
29	Func	8°, 9°, 10°	Int gráf	**1**	Cam y relac	48,2	0,38	0,52	0,69	0,17
30	Func	8°, 9°, 10°	Interpretar	**1**	Cam y relac	49,6	0,46	0,79	0,61	0,21
					Media	**42,3**	**0,37**	**0,64**	**0,93**	**0,14**

Tabla I: *Caracterización del Test de Conocimientos de Matemática (TCM). Las columnas indican, de izquierda a derecha: pregunta No., tema, año de instrucción según CBC, acción requerida, nivel y contenido según el relevamiento PISA 2003, rendimiento medio en el ítem y finalmente los cuatro parámetros estadísticos calculados por TestGraf (Coeficientes Punto Biserial, de Discriminación, de Dificultad y de Adivinación).*

Para facilitar la comparación con estudios realizados en otras poblaciones y sistemas educativos se determinó para cada ítem un Nivel de dificultad, siguiendo los lineamientos de “La evaluación de la Cultura Matemática” del relevamiento PISA 2003 (OECD 2003b). Estos niveles están determinados por una combinación de las *situaciones o contextos* en que se sitúan los problemas; el *contenido matemático* del que hay que valerse para resolver los problemas, organizado según ciertas *ideas* principales; y, sobre todo, las *competencias* que deben activarse para vincular el mundo real en el que se generan los problemas con las matemáticas. En PISA 2003 se definen seis niveles de desempeño donde el Nivel 6 es el más exigente y Nivel 1 el más fácil. Cada uno de los seis niveles está caracterizado por la clase de procesos matemáticos que un estudiante necesita para resolver las preguntas del relevamiento (OECD 2003b). Se observa que el TCM contiene solo un ítem de Nivel 4, mientras que es resto corresponde a los niveles 1, 2 y 3, es decir los de menor dificultad relativa.

La calidad global del test se determina usualmente a través de dos atributos básicos: confiabilidad y validez. Validez es una estimación de cuan bien el diagnóstico mide lo que se propone medir. En general la validez se establece a través del uso y la opinión de docentes y alumnos. En este caso la validez fue establecida a través del análisis de los diferentes ítemes por otros docentes dedicados a la enseñanza de la matemática en cursos introductorios universitarios y/o de la escuela secundaria. También se utilizó la experiencia recogida en pruebas anteriores, en cursos de preparación de profesores y en distintas olimpiadas matemáticas. Las preguntas y sus distintas opciones de respuesta han sido usadas o sugeridas en este proceso y representan tanto la mayoría de los temas matemáticos como las dificultades más comunes de los alumnos de la región. La confiabilidad de un diagnóstico es una medida de cuan consistentemente el test reproducirá el mismo resultado bajo las mismas condiciones. O sea, si el instrumento de medición es confiable, dos alumnos con igual grado de conocimiento y habilidad deberían obtener el mismo resultado. Las técnicas para establecer la confiabilidad son de tipo estadístico y, en educación quizás las más utilizada es la determinación del coeficiente α de Cronbach (Aubrecht y Aubrecht, 1983), que determina la consistencia interna del diagnóstico, establecida en base a las correlaciones ítem-ítem. El coeficiente de confiabilidad varía entre 0 y 1. Su valor será mayor cuanto mayor sea el número de ítems y mayor la correlación (varianzas y covarianzas) entre los mismos y por lo tanto mayor será la confiabilidad de todo el diagnóstico. En el presente caso el análisis de confiabilidad se ha realizado mediante el programa estadístico SPSS (1999) y el valor calculado del coeficiente de confiabilidad Alpha de Cronbach es

=0,793 indicando que el TCPM mide de manera consistente el conocimiento matemático de estos estudiantes.
A continuación se muestran algunas preguntas del test, a los efectos de ilustrar el tipo de preguntas, resultados y dificultades de estos estudiantes, así como la metodología de análisis mediante TestGraf.
Item 11) **“***Una empresa aceitera ha envasado 3000 litros de aceite en 1200 botellas de dos y de cinco litros. El sistema que se debe resolver para calcular el número de botellas de cada tipo que se han utilizado es:”*

A) $\begin{cases} 2x+5y=1200 \\ x+y=3000 \end{cases}$ B) $\begin{cases} \frac{x+y}{1200}=1 \\ x+y=3000 \end{cases}$ C) $\begin{cases} \frac{x}{1500}+\frac{y}{600}=1 \\ x+y=1200 \end{cases}$ D) $\begin{cases} 3000x+1200y=2 \\ x+y=1200 \end{cases}$

El ejercicio no pide resolver el problema, sino elegir el sistema de ecuaciones que lo resuelve.
La opción A) (69% de aceptación) plantea un sistema sin identificar ni separar las variables que intervienen en el problema, suma cantidad de botellas de cada tipo y como resultado obtiene la cantidad de litros de aceite. La opción B) (7%) no tiene en cuenta que las botellas tenían diferente capacidad. La opción D) (4%) al igual que la A) no separa las variables y suma litros con botellas. La opción C) (17%) es la correcta, pero las ecuaciones no están escritas como probablemente la escribiría el alumno, sino como un sistema equivalente, al que hay que realizarle alguna operación sencilla (sumar fracciones) para llegar a la forma directa. Es el ítem con mayor nivel de dificultad del test, según la escala PISA, ya que exige pasar de una representación a otra, en un contexto razonablemente del mundo real, y además elaborar la información provista. El análisis mediante el programa TestGraf proporciona las curvas de probabilidad por opción en función del rendimiento promedio de toda la clase, según se muestra en la Figura 1. Las unidades del eje de las abscisas están expresadas en cantidades de la varianza de la distribución normal que representa el rendimiento de esta muestra en este test y esta centrada en el valor medio de dicha distribución. Las 5 líneas de trazos verticales indican que, a la izquierda de cada una de ellas se ubica, respectivamente, el 5%, 25%, 50%, 75% y 95% de los estudiantes de más bajo rendimiento global en todo el test. Vemos que el distractor A es el preferido por toda la población, excepto por el 5% de mayor rendimiento. Este ítem es difícil, pero tiene buen coeficiente punto biserial y discrimina bien los estudiantes del cuarto superior del rendimiento, donde la curva de probabilidad de la respuesta correcta es continuamente creciente. Los estudiantes parecen tener dos dificultades principales: interpretar variables, mezclando litros con botellas, y no identificar sistemas equivalentes. La opción A) además es muy atrayente porque permite utilizar todos los datos numéricos provistos, pero descuida las unidades u otras características fundamentales del problema, razonamiento superficial que caracteriza la resolución de problemas de novicios.

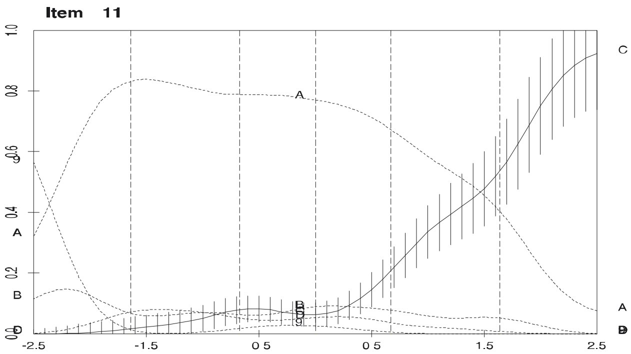
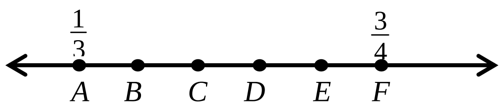


Figura 1: *Curvas de probabilidad de elegir cada una de las opciones de respuesta al Ítem 11. Las bandas verticales indican el intervalo de confianza para la probabilidad de la opción correcta (c).*

El ítem 3, sobre números, fue más accesible para esta población, ya que la opción correcta (B) obtuvo un 41% de aceptación.

Ítem 3) **“***Los puntos de A a F están marcados igualmente espaciados sobre la recta numérica. Al punto A le corresponde $\frac{1}{3}$ y al punto F le corresponde $\frac{3}{4}$. Entonces la fracción que representa al punto E, es:”*



A) $\frac{5}{12}$ B) $\frac{2}{3}$ C) $\frac{4}{12}$

D) $\frac{5}{3}$

Para resolver este ejercicio se debe trabajar con el concepto de distancia en la recta y tener en claro el sistema de referencia usado. La opción A) es el resultado que se encuentra al calcular la distancia entre A y F. Los que eligieron esta opción probablemente tenían cono objetivo llegar a algún resultado de los propuestos por el problema. La opción C) da la distancia de E a A, pero lo que se pide es la ubicación de E con respecto al 0 y no con respecto a A, es decir cambiaron el sistema de referencia, poniendo el origen en A. La opción D) ha sido elegida por aquellos que probablemente no entendieron bien el enunciado, interpretando que todos los puntos se encuentran a un tercio de distancia entre ellos. La opción correcta es la B). El análisis de TestGraf dice que este ítem ha sido difícil para esta población, discriminando aceptablemente solo a alumnos de rendimiento por encima de la media. Para los alumnos de la mitad inferior de rendimiento las opciones B), A) y D) son similarmente atractivas, indicando la bondad de los distractores propuestos.

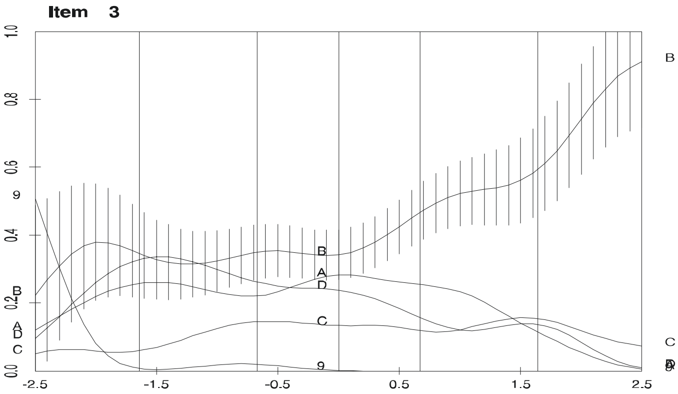


Figura 2: *Curvas de probabilidad de elegir cada una de las opciones de respuesta al Ítem 3. Opción correcta B)*

Estos dos ítemes muestran además que el porcentaje de alumnos que no contestaron fue bajo (opción 9 en las gráficas de TestGraf), y que además corresponden a los alumnos de más bajo rendimiento. Esta característica es importante, pues corrobora que los bajos resultados obtenidos son producto de deficiente conocimiento, y no de cansancio o poco tiempo para contestar el test. Un análisis similar con todos los ítemes del TCM permite el perfeccionamiento del test, cambiando las preguntas de baja calidad o las opciones que no representan el pensamiento de la población estudiantil.

<u>Instrumento de medición II:</u> Test de Aula para el Razonamiento Científico

El perfil cognitivo de los estudiantes ingresantes a la FCFMyN fue obtenido usando la “Prueba de Aula para el Razonamiento Científico”(PARC) diseñada y usada por primera vez por Anton E. Lawson (1995). La Prueba consta de 26 preguntas de respuesta de opción múltiple que requieren para su conclusión exitosa diferentes tipos de razonamiento científico. Este test ha sido validado para su uso en aula (Lawson, 1995) y en esta aplicación se utiliza la versión de respuestas de opción múltiple, publicada recientemente por Coletta y Phillips (2005). Esta versión es muy útil pues asegura una evaluación homogénea que facilita la rápida y eficiente comparación con otras poblaciones. Las 26 preguntas del test se agrupan en 13 pares, ya que cada pregunta es seguida de otra pregunta que pide justificar la respuesta dada, entre 3 o 4 opciones posibles. Por ello hemos considerado finalmente 13 preguntas distintas, considerándose correcta la respuesta solo si ella y su justificación son correctas, es decir la respuesta y su justificación deben ser coherentes y dar solución al problema plateado. En esencia, la Prueba de Lawson evalúa seis aspectos del razonamiento: conservación de magnitudes físicas, pensamiento de proporcionalidad, identificación y control de variables, pensamiento probabilístico, pensamiento combinatorio, y pensamiento correlacional. De acuerdo al número de aciertos obtenidos por un estudiante se le ubica en tres niveles de razonamiento siguiendo la taxonomía de Piaget:

Entre 0 y 4 aciertos, el nivel de razonamiento científico es Operacional Concreto, correspondiente a estudiantes que no son capaces de probar hipótesis que involucran agentes causales observables.

Entre 5 y 9 aciertos, el nivel de razonamiento científico es Operacional Formal, estadio o nivel en el cual los estudiantes pueden probar hipótesis que involucren objetos observables, pero de manera inconsistente.

Entre 10 y 13 aciertos se clasifica como Postformal, que corresponde a estudiantes capaces de controlar hipótesis que involucran a agentes causales no observables.

El test fue respondido por 264 estudiantes que realizaban el CIU. El primer dato es que 75% de los estudiantes están en el estadio concreto (C), mientras que el resto aparece en el estadio intermedio (formal), es decir que la gran mayoría de los estudiantes ingresantes están en un nivel primario de sus habilidades de razonamiento. Para comparación un relevamiento similar en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Ruiz Estrada y Slisko, 2007) encuentra que el 33% de los estudiantes ingresantes a esa Facultad están en el estadio concreto, un 49% en el formal y un 18% en el postformal, mientras que un relevamiento en alumnos de 2do. Año de Ingeniería en la Universidad Nacional de San Juan indica que un 44% de esos estudiantes están en el nivel concreto y un 56 % en el formal.

Arons y Karplus (1976), en un sistema educativo bastante diferente (universitario de los EEUU) encuentran que los estudiantes están repartidos equitativamente en las tres categorías.

IV- Resultados

Para determinar el conocimiento al inicio del CIU se administró a los estudiantes un test de 30 preguntas de respuestas de opción múltiple construida siguiendo las mismas consignas que el TCM. En el presente trabajo el primer test es considerado como el conocimiento inicial, adquirido durante los estudios preuniversitarios. El segundo test (TCM) fue tomado al final del CIU como examen de ingreso. Consideramos por último que la diferencia entre ambos constituye el conocimiento adquirido durante el CIU, y será utilizada para evaluar su eficiencia. El rendimiento medio pre-instrucción fue del 29,88±12,04% mientras que post instrucción fue del 42,41±18,0% (estadísticamente diferentes con p<0,001). En la Figura 3 se observa el rendimiento medio de esta muestra estudiantil, agrupadas las preguntas según cada uno de los cuatro grandes temas. Se observa que el tema de mejores resultados, tanto iniciales como finales, fue Números, que pasó del 43 al 53%, mientras que el más bajo rendimiento se obtuvo en Expresiones Algebraicas y Ecuaciones. En este tema solo se mejoró un diez por ciento luego del CIU (pasó del 30 al 33%), resultados que no son estadísticamente diferentes. En Geometría y Trigonometría y Funciones se obtuvo un rendimiento final apenas mejor (alrededor del 40%).

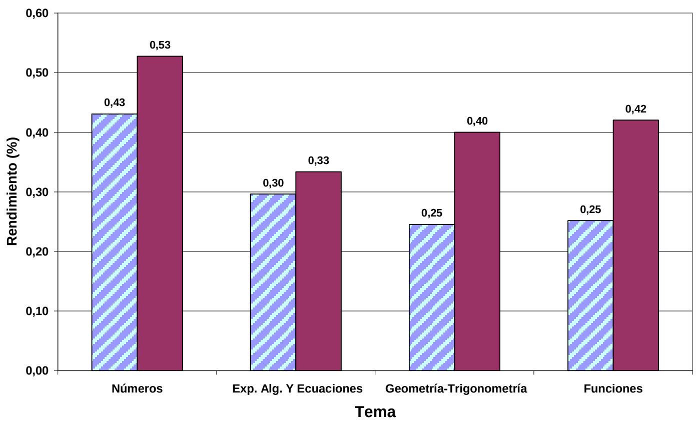


Figura 3: *Rendimiento medio pre y post instrucción en los cuatro grandes temas del CIU.*

La Figura 4 presenta el rendimiento de la muestra estudiantil en el examen post instrucción, agrupado según franjas de rendimiento en el test de razonamiento científico. Las barras rayadas, que representan el porcentual de población por nivel de razonamiento, ilustran la deficiencia del mismo. Las franjas oscuras muestran la incidencia de las habilidades de razonamiento en el rendimiento al final del CIU.

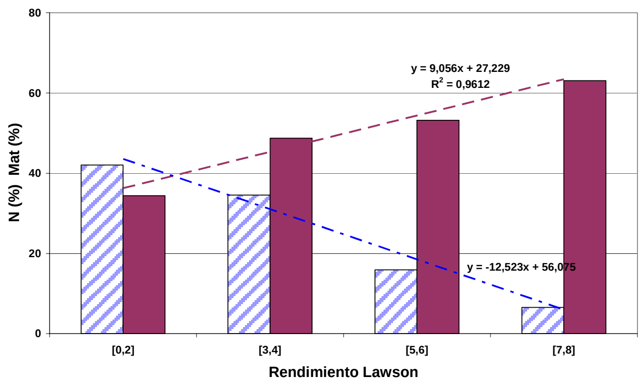


Figura 4: *Distribución de la población (en%, barras rayadas) y su rendimiento medio en el TCM (barras oscuras), según franjas de rendimiento en el PARC. Las líneas de trazos son los respectivos ajustes lineales.*

Vemos que, descontados los otros factores, para lograr un rendimiento mayor al 70% (puntaje requerido de aprobación) el desarrollo cognitivo de los estudiantes debería muy superior al actual.

Se realizó por último, utilizando SPSS (1999), un estudio correlacional entre el rendimiento estudiantil al final del CIU y el conocimiento matemático inicial y las habilidades de razonamiento científico. Los resultados indican que estas variables independientes predicen razonablemente el rendimiento final (df=2,70, F=32,715, p<0,001, R cuadrado ajustado = 0,468), con un tamaño del efecto importante, ligeramente mayor para la capacidad de razonamiento (r=0,493) que para el conocimiento matemático previo (r=0,444). Aunque la muestra en este caso se vio limitada a los alumnos que tomaron ambas pruebas, entendemos que es bastante representativa de la muestra total dado que el rendimiento medio pre/post test es muy similar a la todo el grupo. La Tabla II muestra los resultados de la regresión lineal obtenida mediante SPSS.

Coeficientes[a]

Modelo		Coeficientes No-Estándard B	Coeficientes No-Estándard Error Estd.	Coeficientes Estandarizados Beta	t	Sig.
1	(Constant)	4,629	1,362		3,398	,001
	Pre Mat	,680	,132	**,444**	5,143	,000
	LAWSON	1,312	,230	**,493**	5,711	,000

a. Variable Dependiente : Post Matemática

Tabla II: *Parámetros de la regresión lineal entre el conocimiento matemático al final del CIU (Post Matemática) y las variables predoctoras conocimiento inicial en matemáticas (pre Mat) y razonamiento científico (Lawson), obtenidos con el paquete estadístico SPSS*

V- Discusión y Conclusiones

El objetivo de este trabajo ha sido determinar el efecto de un Curso de Ingreso Universitario en matemática, destinado a remediar la escasez de conocimientos de estudiantes ingresantes a carreras de ciencias e ingeniería en la Facultad de Cs. Físico-Matemáticas y Naturales de la UNSL. Para ello hemos realizado un estudio de tipo correlacional entre los conocimientos matemáticos al final de curso y el conocimiento inicial y habilidades de razonamiento científico. Para evaluar el conocimiento matemático se desarrolló un test de respuestas de opción múltiple. El análisis estadístico de la primer parte de este trabajo mostró que esta prueba (TCM) es un test de buena confiabilidad, con ítemes fueron de variada dificultad, buena discriminación y coeficiente punto biserial, todo ello determinado mediante los programas estadísticos TestGraf y SPSS. Las habilidades de razonamiento fueron a su vez determinadas mediante el Test de Aula de Razonamiento Científico, desarrollado por A. Lawson, el cual ha sido oportunamente validado [Lawson, 1995] y utilizado para estudios similares [Coletta y Phillips, 2005].
Respecto de la preparación de esta muestra estudiantil en los principales temas evaluados, los resultados son:

- El rendimiento en el test diagnóstico administrado al comienzo del CIU fue extremadamente bajo (29,88±12,04%), ubicándose, en promedio, todos los grandes temas por debajo del 30%, excepto Números que alcanzó el 43%. Esto confirma, a nivel local, el bajo nivel de logro en matemáticas de los estudiantes argentinos no sólo en PISA 2003, donde un 75% estuvo ubicado en un bajo nivel de logro, sino también en el Operativo Nacional de Evaluación (ONE 2003), el cual concluye afirmando que "los alumnos responden relativamente bien a aspectos elementales como reconocimiento de información y aplicación de algoritmos, pero tienen un pobre desempeño en reconocimiento de conceptos y resolución de problemas, a pesar del énfasis del desarrollo de estas capacidades en los diseños curriculares".
- Se determinó un precario desarrollo de las habilidades de razonamiento científico. Un 75% de la muestra de ingresantes se sitúa en el estadio concreto de la taxonomía de Piaget, significativamente más bajo que los ingresantes a la Facultad de Ciencias de la Benemérita Universidad de Puebla, México y los de una universidad de Estados Unidos de América. Esto significa un claro desfasaje entre el diseño de los cursos universitarios de matemáticas y ciencias, cuyos libros de texto suponen una capacidad razonamiento abstracto, y la realidad del desarrollo cognitivo de nuestros estudiantes.
- El rendimiento al final del CIU (42,41±18,0%), si bien mejoró respecto del inicio de dicho curso, todavía es muy bajo en temas básicos, determinándose que en aquellos un poco más complejos, como Ecuaciones Algebraicas y Ecuaciones apenas se mejoró un 10% respecto del pobre estado inicial.

Si agregamos a lo anterior las enormes falencias en lectura comprensiva que demuestra sistemáticamente la encuesta estudiantil de ingresantes que lleva a cabo desde hace algunos años la UNSL, se puede afirmar entonces que nuestros ingresantes provienen de un sistema educativo que no ha sido capaz de incorporar conocimientos de manera significativa ni desarrollar las habilidades básicas imprescindibles para las carreras que ofrece la Facultad. Estos datos parecen confirmar que la instrucción en la escuela secundaria de la región es memorística y superficial, basada en evaluaciones algorítmicas que no incluyen procesos más avanzados como conocimiento conceptual y resolución de problemas.

En concordancia con estos hechos el análisis de regresión lineal realizado con el paquete estadístico SPSS (1999) encuentra que el conocimiento matemático inicial (pre-test) y las habilidades de razonamiento científico están estrechamente correlacionados con el rendimiento estudiantil al final del CIU, (R cuadrado ajustado = 0,468), con un tamaño del efecto importante, ligeramente mayor para la capacidad de razonamiento (r=0,493) que para el conocimiento matemático previo (r=0,444). Esto implica que la estrategia remedial planteada por la universidad (el curso de apoyo en matemáticas) no es adecuada para paliar el problema de esta muestra estudiantil. Su alta correlación con el conocimiento inicial indica que la población en mayor riesgo es la menos favorecida por el Curso. En estas condiciones el CIU solo puede ser pensado como una actividad para refrescar conocimientos ya adquiridos, y no para adquirir aquellos que no fueron aprendidos durante la escuela secundaria.

En definitiva los resultados sugieren fuertemente que esta muestra de estudiantes ingresantes a esta Facultad NO POSEEN el conocimiento matemático y habilidades de razonamiento científico necesarias para afrontar con éxito las exigencias académicas inherentes a las carreras elegidas. Estas carencias condicionaran seguramente su rendimiento académico en los cursos iniciales de Cálculo y Álgebra, normalmente diseñados siguiendo libros de textos desarrollados para alumnos de mejor preparación y nivel cognitivo. Bajo estas condiciones, y suponiendo la generalización de estos resultados, los inaceptablemente altos índices de fracaso estudiantil son la consecuencia lógica de una inadecuada política de ingreso universitario, entre otros aspectos.

Por último es importante señalar que, si bien el problema y los datos recogidos se refieren a la realidad educativa de la región centro-oeste de Argentina, los mismos pueden reflejar la realidad de otros lugares de América Latina. En efecto, tanto los datos del relevamiento PISA 2003 y Pisa 2007, como los más limitados, pero más específicos del Proyecto AECID: A/9261/07 “Nuevos Enfoques Metodológicos y de Diagnóstico en los Cursos Introductorios de Ciencias en la Universidad” muestran que el conocimiento conceptual en matemática y física de los ingresantes universitarios en cinco universidades de América Latina es extremadamente bajo y de una notable similitud de las muestras estudiadas (Benegas y colaboradores, 2008).

A los efectos remediales, creemos importante retomar a Sierpinska (1994) cuando afirma que la comprensión de un concepto matemático no es algo inmediato ni sencillo, que debe ser visto desde distintos puntos de vista, aplicado en diversas situaciones y contextos, ya sean teóricos o prácticos, y que el aprendizaje significativo es un proceso activo y personal (L.C. McDermott, 2001, pionera en física educativa, propone una posición concordante en el ámbito de la enseñanza de la física). Una instrucción basada en estos principios debería además, junto con la adquisición de los contenidos disciplinares, desarrollar explícitamente las habilidades de razonamiento y de lectura comprensiva, para fomentar que el estudiante no solo comprenda significativamente los nuevos contenidos, sino también que adquiera las competencias que le permitan desenvolverse como aprendiz autónomo, es decir, preparándolo para “aprender a aprender”, quizás la más importante de las capacidades que puede brindar la educación. Claramente una estrategia de este tipo demandará más tiempo que el asignado al presente Curso de Ingreso

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el auspicio de los Proyectos "El rol del Aprendizaje Conceptual de la Matemática y de la Física en el rendimiento de los alumnos ingresantes a carreras de Ciencias y de Ingeniería de la UNSL" (22/F506, PROICO 3-2-0102 de CyT de la UNSL y del Proyecto AECID: A/9261/07 Nuevos Enfoques Metodológicos y de Diagnóstico en los Cursos Introductorios de Ciencias en la Universidad.”

Referencias

ALVAREZ, W., LACUES E. y PAGANO M. (2004) "Diseño y validación de un instrumento predictor del éxito académico de los alumnos ingresantes a la universidad" Acta Lat. De Mat. Educativa 17º, p 116.

ALVAREZ, W., LACUES E. y PAGANO M. (2007) "La matemática al ingreso a la universidad. Un estudio comparativo de cuatro facultades en el Uruguay" Rev. Iberoamericana de Educación, 42/4, http://www.rieoei.org/1636.htm.

ARONS, A. B. y KARPLUS, R. (1976). Implications of accumulating data on levels of intellectual development, *Am. J. of Phys.*, 44, 396.

AUBRECHT G. y AUBRECHT J. (1983)“Constructing objective test” Am. J. of Phys. 51, 613-620.

AUSUBEL D., (2001) “*Adquisición y retención del conocimiento”* Paidós, Madrid, España.

BENEGAS J., VILLEGAS M., PÉREZ DE LANDAZÁBAL M. Y OTERO J. (2008). Conocimiento conceptual de física básica de ingresantes a carreras de ciencias en tres paises Iberoamericanos. Actas V Congreso Internacional “Didáctica de las Ciencias” La Habana, Cuba

COLETTA V. P. y PHILLIP J. A. (2005), Am. J. Phys. 73, 11-72-11-82.

FCFMyN (2008) Exámenes y ejercicios del TCPM:
http://linux2-adv.unsl.edu.ar/~webfmn/ingresantes/index.php?id=27

JAIM ETCHEVERRY, G. (1999), *“La tragedia educativa*”, Ed. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.

LAWSON, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CL: Wadsworth Publishing Company.
McDERMOTT, L.C. Oersted Medal Lecture 2001: “Physics education research: The key to student learning”, Am. J. Phys. 69 (11) 1127 (2001).
MELTZER D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning in physics: A posible hidden variable in diagnostic pretest scores. Am. J. of Phys., 70, 159 - 1268.

MINI M.A., PÉREZ N. y BENEGAS J.(2005) “Conocimientos algebraicos de los alumnos ingresantes a la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales de la UNSL” *Actas de* Relme 19, p.101, Uruguay, http://www.clame.org.mx/documentos/alme19.pdf.

OECD – PISA (2003a) Informe Nacional República Argentina PISA 2003 (Programme For International Student Assessment)
http://diniece.me.gov.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=10&Itemid=26.

OCDE- PISA (2003b) La evaluación de la cultura matemática en Pisa 2003. Marco conceptual y actividades de la prueba.
http://www.semur.edu.uy/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=36&Itemid=86.

ONE (2003) Operativo Nacional De Evaluación - DINIECE, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, 2003.
http://diniece.me.gov.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=7&Itemid=27

OTERO M.R., FANARO, M.A. y ELICHIRIBEHTY I.,(2001) "El conocimiento matemático de los estudiantes que ingresan a la universidad" RELIME 4 (3), 267-287.

PIAGET, J. e INHELDER, B. (1958). *Growth of Logical Thinking*. New York: Basic Books.

RAMSAY J.O., (1995) *TestGraf*, McGill University, Canada, disponible en :
http://www.psych.mcgill.ca/faculty/ramsay/ramsay.html.

RUIZ ESTRADA H. y SLISKO J. (2007) El desarrollo cognitivo del estudiante universitario y su éxito escolar, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, comunicación personal.

SIERPINSKA, A. (1994), *Understanding in mathematics*, London: The Falmer Press Ltd.

SPSS (1999) “Statistical Package for the Social Sciences”, SPSS Inc. Chicago, Il. USA.