

“LA ARTICULACIÓN DE LA DISCIPLINA MATEMÁTICA CON OTRAS DISCIPLINAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS. IMPLICANCIAS DE LA AUTOEVALUACIÓN”

Veliz, Margarita del Valle; Pérez, María Angélica y Ross, Sonia Patricia.
Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Tucumán (U.N.T.).
Argentina

mveliz@herrera.unt.edu.ar; cross@herrera.unt.edu.ar; mperez200@hotmail.com

Campo de investigación: Resolución de problemas; Nivel educativo: superior

RESUMEN

Presentamos en este trabajo el análisis y resultados logrados en una investigación realizada en Cálculo Diferencial con alumnos de primer año universitario, en el segundo cuatrimestre de 2004, trabajándose con una muestra de 215 alumnos sobre un total de 966 inscriptos. Consistió en la implementación de las heurísticas propuestas por Polya y sus seguidores para la resolución de problemas matemáticos, también aplicables a la resolución de problemas en otros dominios, y se impulsó a los alumnos a su autoevaluación permanente, ofreciéndoles metodología y guías para llevarla a cabo.

Analizamos cómo pudo el alumno transferir su experiencia de resolver problemas a contextos diferentes, y qué papel juegan los contenidos en la transferencia, al igual que la autoevaluación.

DESARROLLO

Fundamentación Teórica

A principios del siglo XX la teoría de la “disciplina mental” dominaba el panorama educativo. Se creía que la mente estaba compuesta por ciertas “facultades” que como músculos se fortalecen con la ejercitación. Esta teoría comenzó su declive cuando Thorndike presentó los resultados de su investigación con tests de inteligencia comparando estudiantes de educación física, con otros que habían estudiado “disciplinas”: las puntuaciones obtenidas eran similares. Este resultado llevó a Thorndike a formular su teoría de “los elementos idénticos” para la transferencia del conocimiento. En términos generales la palabra transferencia para este autor se refiere a la influencia del aprendizaje en una situación o contexto sobre un subsiguiente aprendizaje en otra situación o contexto. Si se produce la transferencia, la nueva situación de aprendizaje contiene una mayoría de elementos que son idénticos a aquéllos que se encuentran en la situación original del aprendizaje

Esto justifica a aquellos que piensan que no se debiera dedicar tiempo a aprendizajes que son estériles, y que la educación debiera atender solamente a aquellos aprendizajes que son idénticos a los que realmente uno va a necesitar, es decir, a aquellos aprendizajes que son socialmente útiles.

Más adelante, surgieron las ideas de Gagné sobre la jerarquía de aprendizaje y el análisis de las tareas que conforman la secuencia de instrucción. Se trata de planificar las lecciones bajo el criterio de que, para enseñar un concepto completo o destreza es necesario delimitar las componentes que constituyen el conocimiento que se persigue y organizarlas jerárquicamente en lo que él llama la “secuencia de instrucción”. Es algo así como una cadena o conjunto ordenado de capacidades o destrezas intelectuales ligadas y subordinadas a la capacidad superior que se pretende alcanzar. Las capacidades inferiores recogen el conocimiento que se pretende fragmentado en pequeñas unidades, que se enseñarán y evaluarán de modo separado y que generarán la transferencia de aprendizajes previamente adquiridos a otros de orden superior.

El problema con este tipo de jerarquías es que no siempre es fácil diseccionar un tema en las componentes subordinadas necesarias para la instrucción: ¿Por dónde se empieza, en cuántas unidades, en qué orden o cómo saber si está completa?

Cuando emerge la hipótesis constructivista, que tiene su origen en los trabajos de Piaget, Bruner y Ausubel entre otros, cobra fuerza la idea de que la experiencia, no en el sentido empírico de repetición, sino de actividad y el conocimiento preexistente juegan un papel fundamental en el aprendizaje. Se cree que el conocimiento conceptual no puede transferirse como un producto elaborado de una persona a otra, sino que debe ser construido activamente desde la propia experiencia.

La actividad de resolución de problemas en esta línea, es entendida no en un sentido de aplicación sino como una relación entre los conocimientos que se tienen y la manera particular de resolver la situación. Pero el hecho de que hayamos resuelto un determinado problema, no asegura que haya transferencia de lo aprendido en la resolución de un problema a otro, porque cada uno tiene su particularidad, su contexto y su contenido propios. Pero haya o no transferencia, preguntar a los alumnos de qué otra manera pueden obtener la solución, tiene efectos beneficiosos según Polya (citado en Gómez Alfonso, B. 1991: 87-88).

En el proceso de resolver problemas, Polya identifica etapas fundamentales en las que el uso de los métodos heurísticos juega un papel importante. De manera general estas etapas son: Entender el problema, Concebir un plan: buscar conexiones entre datos e incógnitas, analogías, dividirlo en submetas, Ejecutar el plan y Examinar la solución: ¿es correcta?, ¿hay otros medios para llegar a ella?

En la enseñanza de la Matemática, las ideas de Polya empezaron a implantarse significativamente alrededor de 1980. Las estrategias heurísticas como dibujar diagramas, buscar submetas, considerar casos particulares y resolver problemas más simples se consideraban como parte esencial en la instrucción matemática.

La relación entre heurísticas generales y el aprendizaje de un contenido específico ha sido asunto de discusión en varias disciplinas. “*El dilema se puede describir como: Si una idea aprendida es muy específica, entonces no se espera una transferencia de esta idea a otras situaciones; pero si ésta es presentada en forma muy general, entonces no parece claro cuándo esta idea o estrategia se ha aprendido*” (Santos Trigo, 1997: 17).

Las investigaciones en la línea de la transferencia sugieren que pensar efectivamente depende de un contexto específico, que las habilidades son acotadas contextualmente y que poseen poca aplicación en otros dominios. Por ejemplo Pressley, Zinder y Cariglia-Bull (1987) (citados en Santos Trigo, 1997: 19) “*reportaron que enseñar a los estudiantes el uso de estrategias generales independientes de un dominio específico no producía beneficios fuera del contexto en que eran enseñados*”.

Schoenfeld, profesor de la Universidad de Berkeley, California, 1985, ha mostrado que las heurísticas de Polya pueden ser importantes en el aprendizaje de los estudiantes si se discuten a un nivel contextualizado. Además, que el uso de estrategias metacognitivas ayuda al estudiante a utilizar estrategias generales eficientemente. Algunas preguntas que Schoenfeld recomienda a los estudiantes para reflexionar al resolver problemas son: ¿Qué estoy haciendo ahora?, ¿Me está llevando esto a algún lugar?, ¿Qué otra cosa puedo hacer en lugar de continuar con esto? Es importante entonces destacar la componente de monitoreo o control constante por parte de los estudiantes al trabajar los problemas.

“Algunos estudios muestran que cuando se enseñan principios generales conjuntamente con prácticas de autoevaluación y aplicaciones potenciales en una variedad de contextos, se logra la transferencia. Así, la transferencia ocurre cuando:

i. Se le muestra al alumno cómo se relacionan los problemas entre sí.

“La articulación de la disciplina matemática con otras disciplinas en la resolución de problemas...”

- ii. *La atención de los estudiantes es dirigida a resaltar la estructura de problemas comparables.*
- iii. *Los alumnos están familiarizados con los problemas del campo o dominio específico, es decir, matemática, física, química u otra disciplina.*
- iv. *Los ejemplos se acompañan de reglas (formuladas por los mismos estudiantes).*
- v. *El aprendizaje se lleva a cabo en un contexto social donde las justificaciones, los principios y las explicaciones son socialmente promovidas, generadas y contrastadas”* (Brown y Kane, 1988, citados en Santos Trigo 1997: 22).

OBJETIVOS

Los objetivos de la presente investigación son: analizar los factores perceptivos de los alumnos en cuanto a la resolución de problemas y analizar las variables más significativas de la transferencia en la resolución de problemas de la disciplina Matemática al área de Economía, en alumnos de primer año de la Facultad de Ciencias Económicas de la U.N.T.

METODOLOGÍA

Muestra: Los alumnos que participaron de la experiencia fueron 215 de un total de 966 inscriptos para cursar Cálculo Diferencial, seleccionados en forma aleatoria.

Instrumentos: Se efectuó la investigación en dos sentidos:

1.- La actuación práctica de los alumnos en la resolución de las situaciones problemáticas propuestas, para lo cual se controló la transferencia de los conceptos aprendidos, haciéndose un análisis de las pruebas parciales de la asignatura, lo que nos habla de la competencia lograda por ellos.

2.- Se requirió la opinión de los propios alumnos mediante la aplicación de una encuesta para analizar cuáles son los factores que influyen desde su percepción en la transferencia y cómo actuaron frente a las autoevaluaciones propuestas. Se utilizó una escala tipo Lickert para estas mediciones.

Se diseñó especialmente para esta investigación un instrumento compuesto de 18 ítems. En una primera fase, esta encuesta se aplicó a un grupo reducido de alumnos de la población, a fin de determinar si los ítems podían ser interpretados correctamente.

En una segunda fase, se sometió la encuesta al criterio de expertos para asegurar su validez, excluyendo finalmente 5 ítems considerados confusos quedando así la encuesta definitiva compuesta por 13 ítems.

Análisis de datos: En cuanto al estudio de las pruebas parciales, se analizó de qué manera resolvieron los problemas de aplicación a Economía. Se trabajó sobre las funciones de oferta, demanda, ingreso, costo y beneficio que en las clases prácticas habían estudiado, y en donde se les indicaron las heurísticas propuestas por Polya en el momento de la resolución de problemas.

Dentro del diseño de esta investigación estaba previsto que los problemas se confeccionaran con distinta complejidad, esto es, diferente número de elementos en la secuencia para el armado de las funciones y la interpretación de lo pedido. Se midió a través de variables que tienen que ver con los conocimientos matemáticos y su interpretación al transferirlos a problemas de Economía. La selección de los problemas se hizo en forma aleatoria.

En cuanto al análisis de las encuestas, se realizaron análisis descriptivos y correlacionados. Los datos fueron analizados por el paquete de programas estadísticos SPSS v.10, al igual que el cálculo del coeficiente Alpha de Cronbach para medir la fiabilidad del instrumento, y se trabajó con la Prueba de esfericidad de Barlett y el Coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para comprobar si la matriz de

correlaciones de las variables de la encuesta era apropiada para realizar un análisis factorial, obteniéndose resultados positivos.

RESULTADOS

a) Pruebas parciales

Cuadro N° 1: Descripción de la variable “Arma la función”

Problema	Proporción de alumnos de la muestra que “Arma la función”
1	0.43
2	0.22
3	0.71
4	0.45

En este cuadro se observa que en problema 2 es el que produjo mayores dificultades a los alumnos para realizar la transferencia pues el armado de la función dependía de un resultado previo. En cambio el problema 3 era sencillo (es el que un gran porcentaje de los alumnos resolvió bien) y los otros dos problemas (1 y 4) con situaciones intermedias de resolución. En estos últimos los alumnos trabajaron en proporciones similares.

El análisis se realizó con la prueba χ^2 para muestras independientes, encontrándose $\chi^2(3) = 17,435$ (p - value = 0,0004) y para las comparaciones múltiples con el procedimiento de Marascuillo. (Berenson. 1996: 629).

Para analizar el comportamiento de la variable “Interpretación de lo pedido” en los cuatro problemas, se realizó la prueba χ^2 para muestras independientes, encontrándose diferencias significativas a un nivel $\chi^2(3) = 16,517$ (p - value = 0,001). Se realizó una Prueba de Comparaciones Múltiples, detectándose que existen diferencias significativas, cuando los alumnos interpretan lo pedido, entre los diferentes problemas. Los resultados indican claramente el orden de complejidad en que fueron elaborados los problemas para observar que la transferencia se ve en muchos casos dificultada por problemas operacionales y algebraicos. De esto se desprende la siguiente reflexión: los alumnos en situaciones donde interpretar lo pedido requiere de procesos u operaciones secuenciales más complejas, tienen más dificultades en realizar la transferencia de los conocimientos.

Encuesta

Los indicadores de la adecuación de la muestra $KMO = 0,78$ y el Test de esfericidad de Barlett ($p < 0,00001$) permitieron la realización de un análisis factorial a partir de la matriz de correlaciones.

El análisis factorial realizado (método de componentes principales con rotación varimax) dio lugar a 4 factores con eigenvalores mayores que 1. Para la interpretación de los factores, se asignó a cada ítem el factor considerando una saturación de 0,58 como apropiada para incluir un ítem en un factor. A cada uno de los factores se le ha asignado la denominación que mejor refleja el contenido del mismo. A continuación, analizamos los resultados del análisis factorial de la encuesta, en donde exponemos las tablas correspondientes a algunos de los factores, el nombre del factor, la varianza explicada, la descripción de los ítems, así como la saturación de cada ítem en el factor.

Cuadro N °2 - Factor "Cuestiones afectivas”

Ítem	Contenido	Saturación
3	Me siento bien cuando tengo que resolver en forma independiente ejercicios y problemas matemáticos.	0.768
7	Siento seguridad cuando debo trabajar con ejercicios y/o problemas en matemática.	0.726

6	Me agrada el desafío que presenta un problema matemático.	0.582
5	Comprendo todo lo referente a ejercicios y/o problemas en Matemática.	0.612
1	El cursado de esta asignatura mejoró mi predisposición hacia la Matemática.	0.607
Varianza explicada 26,4 %		

Este factor denominado "Cuestiones afectivas ", registra el mayor porcentaje de varianza explicada, el 26,4% y hace referencia a la **percepción** de los alumnos frente al proceso que realizan cuando resuelven ejercicios y /o problemas y cómo éste influye en su predisposición hacia la Matemática.

Cuadro N °3: Factor "Acciones para concebir y ejecutar un plan"

Ítem	Contenido	Saturación
9	Trato de encontrar similitudes en la resolución de ejercicios y/o problemas con algunos resueltos anteriormente.	0.685
12	Para resolver un ejercicio y/o problemas, pienso en todo el conocimiento que se relaciona con él, es decir. definiciones , propiedades, etc.	0.699
8	Al resolver una situación problemática, verifico si la solución encontrada tiene sentido respecto de las condiciones del problema.	0.633
13	Reflexiono sobre los métodos que utilizo para solucionar un ejercicio y/o problema después de resolverlo.	0.639
Varianza explicada 13.1%		

Los demás factores, tienen una varianza explicada menores a los anteriores, y están relacionados con algunos de los alcances y beneficios que tiene el aprender Matemática y que conducen a motivar a los alumnos en sus aprendizajes, más precisamente en el área de Economía, y con los primeros pasos a seguir cuando se tiene que resolver un problema. Según estudios anteriores efectuados por docentes de la cátedra, “*los alumnos no están acostumbrados a utilizar estrategias como "realizar esquemas, o gráficos, ó tablas" para llevar a cabo el planteo del problema y/o ejercicio, lo que les dificulta determinar qué es lo que deben encontrar como solución de los mismos*”. Martín y Pérez (2003).

Práctica de autoevaluación

Considerando muy importante y necesaria la evaluación por parte de los propios estudiantes y como medio de introducirlos en esta práctica, se les ofrecieron Guías de autoevaluación y la Metodología para que pudieran autoevaluarse, una vez resueltos los Autoexámenes propuestos al final de cada unidad en las guías de estudio y en el libro de texto elaborados específicamente para atender al estudio y trabajo independiente.

En las respuestas de los alumnos sobre este tema, se puede observar que el 45,5% de ellos resolvieron todos o casi todos los autoexámenes. Luego el interés de la investigación fue conocer si estos alumnos habían realizado una autoevaluación, siguiendo la metodología propuesta para autoevaluarse, y si esta práctica les fue de utilidad a la hora de transferir sus conocimientos a otra disciplina.

Alrededor del 30% de los alumnos que resolvieron los autoexámenes tuvo el hábito de autoevaluarse, a pesar de que todo el grupo contaba con las herramientas necesarias para hacerlo: Guías de autoevaluación y Metodología para autoevaluarse. Evidentemente se resisten a estas prácticas, a las cuales no estuvieron acostumbrados ni en el nivel medio ni en cursos anteriores.

En cuanto a las calificaciones obtenidas (escala de 0 a 10 puntos), alrededor del 50% de los alumnos que manifestaron haberse autoevaluado siempre o casi siempre obtuvieron una calificación final de 7 (siete) puntos o más, y sólo el 7,4 % aplazos. Se piensa que

esta práctica de autoevaluación por parte de los alumnos debe incrementarse ya que es un modo de que autorregulen con eficacia su aprendizaje y puedan así lograr mejores resultados en este proceso. Se hace necesario por tanto, incentivarlos más en este sentido, de modo que vayan logrando el hábito de autocontrolar su propio aprendizaje. Lo importante de todo esto es la continuación de este proceso de autoevaluación que viene acompañado de interesantes elementos para lograrla, como lo determinaron los investigadores en la línea de la transferencia, en la cual se diseñó este trabajo. Para llevar a cabo este adiestramiento los docentes debemos pensar esto desde: lo afectivo, lo indispensable para concebir un plan que conduzca a la meta, la utilidad o sentido práctico de lo que se enseña, y de las estrategias de aprendizaje que promueven resultados interesantes tanto en el campo de la matemática como en el ámbito social.

CONCLUSIONES

- Los resultados muestran que existen alumnos donde el proceso que requiere poder realizar una transferencia está en sus comienzos, pero hay otros que han llegado a realizar ese proceso de manera satisfactoria.
- En el análisis factorial efectuado, se ven explicadas algunas de las acciones que se deben llevar a cabo en el proceso de la resolución de problemas y/o ejercicios y las cuales conducen a la autoevaluación de los aprendizajes. Estas acciones son componentes importantes que hacen a la transferencia de los conocimientos de un contexto a otro.
- Se observa que la transferencia se ve dificultada en situaciones donde los alumnos deben realizar secuencias operacionales que requieren un mayor razonamiento.
- La autoevaluación por parte de los alumnos, no es tenida en cuenta, es importante implementar actividades que conduzcan a su motivación pues en ella se ejercitan acciones que el alumno muestra resistencia a ponerlas en práctica.

BIBLIOGRAFÍA

Berenson, M.L. y Levine, D.M. (1996). *Estadística básica en Administración*, México: Prentice Hall.

Cabañas, M.G. (2000). *Los problemas. ¿Cómo Enseño a Resolverlos?* México, D.F.: Grupo Editorial Iberoamérica - S.A. de C.V.

Gómez, B. 1991. "Las Matemáticas y el Proceso Educativo", en Gutiérrez Rodríguez (ed.) 1991, *Matemáticas: cultura y aprendizaje*, España: Editorial Síntesis.

Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). "Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua", Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Cultura, Madrid.

Martín, L. y Pérez, M. (2003). "Ideas e Impulsos que necesita el alumno para resolver problemas: un estudio diagnóstico". Memorias de las XVIII Jornadas Nacionales de Docentes de Matemática de Facultades de Ciencias Económicas y Afines. Merlo, San Luis, Argentina.

Poggioli, L. (2002). "Estrategias de resolución de problemas", Serie Enseñando a aprender, en www.fpolar.org.ve/poggioli/poggio05.htm.

“La articulación de la disciplina matemática con otras disciplinas en la resolución de problemas...”

Pozo, J.I. (1999). *La Solución de Problemas*, Argentina: Santillana.

Santos, L.M. (1997). *Principios y métodos de la resolución de problemas en el aprendizaje de las matemáticas*, México: Grupo Editorial Iberoamérica.

Veliz, M. (2002). “Sistema de autorregulación y autoevaluación del aprendizaje del Cálculo Diferencial para estimular el trabajo independiente de los alumnos en las clases prácticas”. Tesis de Magíster. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.