

OBJETIVACIÓN DE INFORMACIÓN EN APRENDIZAJE MATEMÁTICO AUTORREGULADO

Validez empírica de constructo

DAVID MARTÍN SANTOS MELGOZA / SANDRA CASTAÑEDA FIGUEIRAS

Resumen:

El propósito de este trabajo es entender el proceso de apropiación de conocimiento que experimenta el estudiante en tareas de aprendizaje. Se probaron vías estructurales causales con variables de dos niveles autorregulatorios asociados con el *proceso de objetivación* de contenidos algebraicos con datos de 174 alumnos del primer año de bachillerato. Ellos respondieron al Inventory de Estilos de Argumentación y Autorregulación en matemáticas y con esos datos se hizo un análisis de trayectorias para establecer la validez de constructo del instrumento. El resultado permite confirmar los efectos causales de variables autorregulatorias del aprendizaje sobre *a) la solución a problemas algebraicos y b) las argumentaciones que el estudiante elabora para objetivar el conocimiento durante el episodio de aprendizaje utilizado*. La evidencia es suficiente para concluir que los constructos teóricos desarrollados para explicar el proceso de objetivación son válidos.

Abstract:

The purpose of this study is to understand the process of appropriating knowledge that students experience while learning. Causal structural models were tested with variables from two self-regulatory levels associated with the process of objetivizing algebraic content, based on data from 174 first-year high school students. The students responded to the Inventory of Styles of Argumentation and Self-regulation in mathematics. Their answers were used to carry out a trajectory analysis to establish the construct validity of the examination. The results confirmed the causal effects of the self-regulating variables of learning on a) solving algebraic problems, and b) students' arguments for objetivizing knowledge during the learning episode. The evidence is sufficient to conclude that the theoretical constructs developed to explain the process of objetivization are valid.

Palabras clave: estrategias de aprendizaje, metacognición, objetivación del conocimiento, educación media superior, álgebra, México.

Keywords: learning strategies, metacognition, objetivization of knowledge, high school education, algebra, Mexico.

David Martín Santos Melgoza es profesor-investigador de tiempo completo del departamento de Preparatoria Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco, 56230, Texcoco, Estado de México. CE: dmsm21@correo.chapingo.mx

Sandra Castañeda es profesora titular e investigadora del posgrado en Psicología, coordinadora del Lab. de Evaluación y Fomento del Desarrollo Cognitivo y el Aprendizaje Complejo, Facultad de Psicología-UNAM. CE: sandra@servidor.unam.mx

Se agradece al proyecto CONACyT 40608 el apoyo brindado a esta investigación.

Introducción

El presente trabajo se ubica en la línea de investigación que pone mayor atención en aquellos elementos que fomentan en los estudiantes comportamientos estratégicos y autorregulados en escenarios educativos. Esto es así porque se reconoce que el compromiso directo e intencional de los estudiantes en su proceso de aprendizaje mejora su desempeño (Weinstein *et al.*, 1998; Castañeda, 2004, entre otros).

La atención se ha centrado en entender la participación de las creencias de los estudiantes y, en particular, en lo que ellos creen que es el conocimiento, lo que en psicología se conoce como creencias epistemológicas (véase Schommer, 1994; Pintrich y Hofer, 1997). En este sentido, la investigación sobre aprendizaje autorregulado se ha concentrado en la identificación de componentes motivacionales, que tienen que ver, entre otras, con las apreciaciones de los estudiantes con respecto a su capacidad para enfrentar la situación y a las expectativas y valoraciones que hacen sobre la tarea (Pintrich, 1998; Castañeda *et al.*, 1998).

Es hasta fechas relativamente recientes que comienza la exploración de los componentes críticos que están presentes en el procesamiento de estructuras de metaconocimiento¹ –recurriendo a la distinción común en epistemología para distinguir el conocimiento objeto del conocimiento del conocimiento– durante episodios de aprendizaje (Bandura, 1985; Manassero y Vázquez, 1995; Pintrich y Schunk, 1996). En la literatura observamos que algunos autores centran su atención en la interacción entre las estructuras psicológicas de los individuos que aprenden y el conocimiento objeto de aprendizaje. La tendencia general en la investigación ha sido separar el análisis de los aspectos subjetivos de los objetivos involucrados en el proceso de apropiación del conocimiento. Por ejemplo, autores como Masterpasqua (1989) distinguen competencias subjetivas de objetivas, en donde las primeras se identifican con emociones y los significados motivacionales de valoraciones, así como con las expectativas sobre habilidades adaptativas, mientras que las segundas se identifican con habilidades y conocimientos en sí mismos. La tendencia más reciente, y que va ganando importancia, es aquella que integra en la investigación el análisis de la interacción de ambos componentes en el contexto del aprendizaje autorregulado. Interpretaciones como la de Smith y Siegel (2004), en la que se distinguen nueve aspectos del continuo creer-conocer, que aluden al problema del estudiante que dice “conocer” cuando la información es

subjetiva y del que dice “creer” cuando la base del conocimiento es bien razonada y justificada, vuelven más evidente la necesidad de profundizar el estudio de las estructuras metacognitivas implicadas.

No obstante, en los citados trabajos se analiza la relación y el impacto en el desempeño académico de los estudiantes tomando en cuenta los elementos accesibles por simple observación o inferencia, a partir de referentes objetivos, y los aspectos sólo accesibles por auto-reporte relativos a la subjetividad del mismo. Con estos trabajos se ha ido aclarando la diferencia entre creencia y conocimiento; sin embargo, falta investigar con mayor detenimiento en qué momento y cómo es que la información que procesa el estudiante es considerada por él mismo como conocimiento.

La presente investigación se ubica en esta última etapa y tiene como propósito entender el proceso de apropiación de conocimiento que experimenta el estudiante en tareas de aprendizaje, tomando como dominio de conocimiento las ecuaciones lineales de primer grado.

Por lo tanto, llamamos *cambio en el estatus epistemológico de las ideas* a la caracterización que el estudiante hace de la información en cuanto a la justicia con la que piensa que representa la realidad, ya sea considerándola creencia, valoración o conocimiento; mientras que a la autorregulación del mismo lo identificamos con la estructuración y ordenamiento al incorporar esquemas de información académica a través del uso de criterios de validación.

En particular, nos interesa entender cómo diferentes aspectos de la transformación del estatus epistemológico de la información intervienen en la apropiación del conocimiento. Por consiguiente, se asume que la cantidad de información de un mensaje está dada por su capacidad de organizarse según un orden particular. En este sentido, nuestras unidades de análisis son los mensajes y dos aspectos de la información: la cantidad y la calidad; la primera corresponde a la probabilidad de los acontecimientos y la segunda al valor; es decir, al interés personal por la información. Asimismo, consideramos objetivo un mensaje en función del orden dado de una manera científica de organización, y subjetivo cuando alude al interés que tenemos, personalmente, por la información.

Ahora bien, nuestra noción de objetividad coincide con la popperiana de conocimiento objetivo, en tanto se considera que:

[...] el conocimiento en este sentido objetivo, es del todo independiente de la pretensión de alguien de saber; también es independiente de la creencia de

alguien, o de su disposición a sentir, a afirmar algo o actuar. El conocimiento en el sentido objetivo, es conocimiento sin cognoscente: es conocimiento sin sujeto que conoce (cit. en Miller, 1995:63).

Dado que la estructura y orden del conocimiento matemático enseñado en torno a las ecuaciones lineales de primer grado es claramente distinguible de cualquier pretensión o interpretación personal, se elige este dominio de conocimiento como tarea para la evaluación empírica de las tesis planteadas. Por tal razón, se considera que la actividad del estudiante consiste en identificar los elementos argumentativos y la evidencia que formalmente permite la estructuración del conocimiento y le otorga carácter objetivo. Así, la objetivación de información es, en sí misma, el proceso de apropiación del conocimiento implicado en la solución de ecuaciones lineales de primer grado, e importa observar de qué manera interviene el conocimiento del estudiante sobre los mecanismos determinantes de la identificación de la estructura de la información sobre el proceso de aprendizaje autorregulado. En este sentido, se considera que el alumno será capaz de autorregular la apropiación del conocimiento a medida que pueda darse cuenta de que éste es un objeto conceptual independiente de las propias consideraciones, creencias o disposiciones, y que su validez como representación está dada en función de un sistema nomológico, pues es entonces cuando construye un saber objetivo de la información de sus propias estructuras cognitivas en función de su organización y criterios de validez.

En relación con la estrategia de evaluación se recurre la argumentación, pues ha mostrado ser útil para el estudio del desarrollo epistemológico del estudiante (Kuhn, 1992; Shapiro, 1998). Se observa que al argumentar, el estudiante combina elementos personales con científicos (Castañeda *et al.*, 1998) y que en el razonamiento cotidiano éstos se estructuran sobre una base inductiva (Heysse, 1997), pues para el sujeto este mecanismo le es útil para interrelacionar una gran cantidad de componentes de pensamiento (Holland y Nisbett, 1988). Por lo tanto, al ser los actos argumentativos procesos que facilitan la observación de los resultados del aprendizaje, representan la actividad justa para evaluar los criterios utilizados por los estudiantes y la conciencia de su origen.

Se eligió la enseñanza de ecuaciones de primer grado porque resolver un problema matemático implica dar respuestas en función de datos que mantienen una relación entre sí de acuerdo con restricciones impuestas por el problema mismo. Cumplir con estas restricciones es resolverlo, en

tanto que aprender implica dar cuenta de la interacción entre conceptos y situaciones. Lo que importa no es aprender a encontrar soluciones numéricas a problemas algebraicos sino entender la naturaleza y el poder del esquema teórico de solución del álgebra (Dettori, Garuti y Lemut, 2000).

El uso del recurso cognitivo de la argumentación en la autorregulación de la actividad cognitiva constructiva permitió explorar el proceso de apropiación del conocimiento. Se utilizaron, además de un problema algebraico, que es el dominio cognitivo en nuestro análisis, uno inductivo y otro deductivo (no matemáticos), con la finalidad de comparar el estatus epistemológico de conceptos implícitos en la solución de los problemas como son: función y relación causal y compararlo con el uso de algoritmos aplicados a problemas de razonamiento que implican conocimiento algebraico.

De esta manera los supuestos teóricos son:

- 1) Los sujetos autorregulados son conscientes, en alguna medida, de que el proceso de aprendizaje no es el mismo que el de solución de un problema.
- 2) En el proceso de solución de un problema los sujetos autorregulados deben hacer auto observaciones dirigidas a reconocer el estatus de sus ideas.
- 3) La conciencia o conocimiento inmediato que el estudiante tiene de su posición en el contexto de aprendizaje es una función de diferentes habilidades necesarias para la construcción de conocimiento académico, entre las que se encuentran las habilidades de objetivación, de argumentación, de identificación de evidencia y de auto monitoreo (o auto observación) que, en su conjunto, emergen del acto de reflexión que el estudiante hace de su actuar cuando aprende.
- 4) El proceso de autorregulación emerge cuando el estudiante problematiza la situación y la transforma en un objeto de análisis.

El problema

Dada la importancia que el procesamiento cognitivo autorregulado tiene en el proceso de objetivación de información, en este estudio interesó evaluar la validez de 22 constructos subyacentes al modelamiento teórico de tal proceso y durante un episodio de aprendizaje de ecuaciones lineales algebraicas. La validación utilizó la medición de las 22 variables de interés mediante un instrumento mixto que incluyó medidas de ejecución y autovaloración.

Se hipotetizó que las inferencias de los estudiantes, razonadas o intuitivas, respecto de su desempeño en el episodio de aprendizaje o del conocimiento,

interactúan con las conclusiones alcanzadas por teorías científicas durante un episodio de aprendizaje. De esta manera, se modeló la interacción entre las variables para determinar si efectivamente ésta existía y si las variables de objetivación de información, identificación de evidencia y validación de información constituirían la base del proceso de objetivación.

Objetivo del trabajo

Aportar sustento empírico para la validación de constructos teóricos que hipotéticamente subyacen al proceso de objetivación de información durante un episodio de aprendizaje. Es decir, interesó probar un modelo estructural de relaciones causales entre factores latentes y variables observadas (Bentler, 1995), compuesto por tres dimensiones: *a) la autorregulación del aprendizaje, b) la autorregulación de las soluciones intentadas ante problemas de diferente naturaleza matemática y c) la naturaleza de las argumentaciones elaboradas por los estudiantes para justificar la validez de las conclusiones acerca de los resultados de su propio aprendizaje*, tratando de identificar si las medidas utilizadas miden lo que en teoría deben medir.

Método

Participantes: 174 estudiantes, 38 mujeres y 136 hombres, seleccionados intencionalmente de cuatro grupos, previamente elegidos al azar del total de la población del primer año de preparatoria de una universidad agrícola en México. Su media de edad fue de 16 años.

Escenario: Salones de clases y sala de cómputo de la Universidad Autónoma Chapingo.

Materiales y equipo: inventario de estilos de argumentación de información matemática y motivacional (IDEAMATEMATICA) y 25 computadoras Pentium V con el programa Excel instalado.

El IDEAMATEMATICA es una prueba de lápiz y papel que evalúa tres componentes del proceso de objetivación del conocimiento en un episodio de aprendizaje, dos atañen a pensamientos autorreferenciales y ejecuciones en dos niveles del proceso de autorregulación, y uno a argumentaciones en aprendizaje de contenidos de dominio específico.

Los componentes relacionados con los dos niveles del proceso autorregulatorio son: *a) la autorregulación del aprendizaje y b) la de las soluciones intentadas ante problemas de diferente naturaleza matemática*. El primero es inducido en el instrumento mediante un conjunto de demandas que

solicitan al ejecutante establecer la validez y pertinencia, tanto de lo aprendido como de las estrategias utilizadas para lograr el aprendizaje; tales demandas dan oportunidad de evaluar la conciencia mediada por el proceso autorregulatorio del aprendizaje. Por su parte, la autorregulación de las soluciones intentadas es inducida por demandas diferenciales derivadas de la naturaleza del problema (lógica, probabilística y algebraica). De la misma manera que en la autorregulación del aprendizaje, las demandas dan oportunidad de evaluar la conciencia del ejecutante durante este episodio pero, en este caso, la naturaleza de la conciencia evaluada es la inmediata. Esto es, la referida a valoraciones, expectativas y creencias acerca de la solución intentada y su asociación con componentes de la tarea criterio. La tarea implica la solución de tres problemas, en el primero se solicita encontrar una cantidad desconocida pero que puede ser inferida a partir de los datos que ofrece el mismo planteamiento del problema o mediante un algoritmo algebraico; en el segundo, también se solicita una conclusión inferida deductivamente pero de razonamiento verbal; por último, la tercera implica la comprensión de las probabilidades de ocurrencia de eventos y a partir de su combinación, en un análisis también de carácter deductivo, inferir la respuesta correcta.

La tercera porción del IDEAMATEMATICA evalúa la naturaleza de las argumentaciones elaboradas por los estudiantes para justificar la validez de las conclusiones sobre los resultados de su propio aprendizaje. A diferencia de las otras dos porciones, en ésta el interés se enfoca a evaluar si el alumno identifica la estructura subyacente a las ideas del dominio específico que está trabajando, si es capaz de comunicar argumentos, por escrito, mediante ideas ordenadas y coherentes, si establece la relación entre la tarea solicitada y su desempeño como aprendiz, así como el establecimiento y seguimiento de expectativas plausibles referidas al episodio de aprendizaje particular.

Las tres dimensiones descritas son representadas en el instrumento por 22 variables, mismas que son medidas por 38 ítems, 13 de elección múltiple, 16 de respuesta construida y nueve combinados. La evaluación se hace en dos momentos: antes y después de un episodio de aprendizaje de ecuaciones lineales de primer grado, por lo que se consideran dos versiones del instrumento en las que sólo cambia el contexto temporal de los reactivos. El instrumento fue validado por seis jueces expertos independientes ($W = 0.626$, $p = 0.03$). En el anexo 1 se presenta la definición de las 22 variables.

Procedimiento

En la aplicación del IDEAMATEMATICA, la recolección de datos se llevó a cabo en los salones de clase de los estudiantes evaluados. El aplicador leyó las instrucciones y aclaró dudas.

Los datos recabados fueron calificados de manera independiente por dos investigadores, usando una clave previamente elaborada.

Con los valores obtenidos, se calcularon los índices de consistencia interna para cada una de las porciones del instrumento mediante el coeficiente alfa de Cronbach. El valor empírico de cada reactivo se sumó a los valores de los ítems que hipotéticamente pertenecían a cada una de las 22 variables que teóricamente subyacen a la estructura del IDEAMATEMATICA, para conformar los índices respectivos a ser usados como insumo del análisis de modelamiento estructural.

Especificación del modelo

El modelo teórico del proceso de objetivación de información, subyacente al instrumento IDEAMATEMATICA, asume que el estudiante, por una parte, toma decisiones y autorregula su aprendizaje en función del conocimiento y las estrategias autorregulatorias que se activan durante la ejecución solicitada y, por la otra, por el andamiaje provisto durante el episodio de aprendizaje. En él se evalúan tanto el desempeño en la tarea de aprendizaje como las autovaloraciones de los estudiantes sobre sus capacidades y comportamiento en la tarea actual de aprendizaje y en tareas previas similares.

El modelo a ser probado quedó definido por tres dimensiones que, a su vez, agrupan 22 variables, de la manera siguiente:

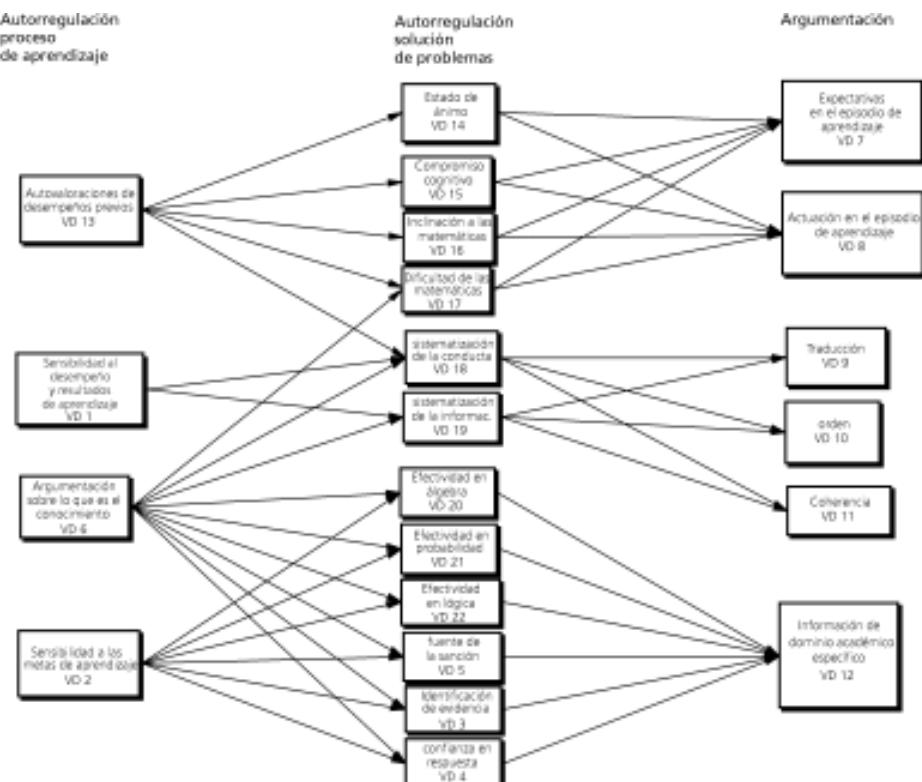
1^a dimensión “Autorregulación del aprendizaje”: fue conformada con cuatro variables teóricas que son: 1) capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento, 2) sensibilidad a las metas de aprendizaje, 3) sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella y 4) autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole.

2^a dimensión “Autorregulación en la solución de problemas”: fue conformada con doce variables teóricas: 1) estado de ánimo, 2) compromiso cognitivo con la tarea, 3) inclinación hacia las matemáticas, 4) dificultad atribuida a las matemáticas, 5) sistematización de la conducta, 6) sistematización de la información, 7) efectividad de la ejecución en álgebra, 8) efectividad de la ejecución en probabilidad, 9) efectividad de la ejecución en lógica, 10)

fuente de la sanción, 11) identificación de evidencia y 12) confianza en la respuesta.

3^a dimensión “*Naturaleza de la argumentación*”: se conformó con seis variables teóricas, habilidades para: 1) sustentar expectativas plausibles de aprendizaje antes del episodio, 2) argumentar la adecuación de la ejecución después del episodio de aprendizaje, 3) sustentar información de dominio académico específico, 4) traducir razonamiento e inferencias matemáticas en expresiones verbales y viceversa, 5) expresar ideas de manera ordenada y 6) expresar de manera coherente los argumentos. Las tres primeras variables atañen a contenidos de pensamiento durante el aprendizaje y las tres últimas a aspectos formales de la expresión. La representación gráfica del modelo sometido a prueba se muestra en la figura 1.

FIGURA 1
Interacciones entre dos niveles autorregulatorios y objetivación de información



Como puede verse en la figura 1, el modelo de objetivación de información hipotetizó que cuatro variables relacionadas con la autorregulación del aprendizaje tienen influencia directa sobre las de autorregulación en solución de problemas e indirecta con variables de objetivación de información. Así, por ejemplo, se hipotetizó que durante la autorregulación del aprendizaje, las autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole influyen directamente sobre el estado de ánimo, el compromiso cognitivo, la inclinación y la dificultad atribuida a las matemáticas así como la sistematización de la conducta; y de manera indirecta sobre la habilidad para argumentar acerca de expectativas y sobre la autovaloración que el sujeto hace de su desempeño en el episodio de aprendizaje.

En cuanto a la sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella, se hipotetizó que esta variable se asocia directamente con la sistematización de la conducta y de la información e, indirectamente, con la habilidad para traducir razonamientos e inferencias matemáticas en expresiones verbales y viceversa, además de con las habilidades para expresar ideas de manera coherente y ordenada. También, se consideró que la sensibilidad a las metas de aprendizaje tendría una influencia directa sobre la eficacia en el desempeño del estudiante en la solución de los problemas, en la identificación de la evidencia, la fuente de la sanción y la confianza en las respuestas, y una influencia indirecta sobre la habilidad para sustentar información de dominio académico específico. Finalmente, se hipotetizó que la capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento incide directamente en las variables que representan la eficacia, la organización y el agrado por la tarea e, indirectamente, en las seis variables relativas a la objetivación de la información mediante la argumentación.

Análisis estadístico

En primer lugar, se estableció la homogeneidad entre ítems para cada una de las tres dimensiones del instrumento mediante análisis de consistencia interna de alfa de Cronbach. Establecida su consistencia interna, se evaluó el ajuste estadístico del modelo teórico mediante un análisis de trayectorias. Finalmente, en función del modelo ajustado, se calcularon los coeficientes de senderos entre las variables.

Resultados

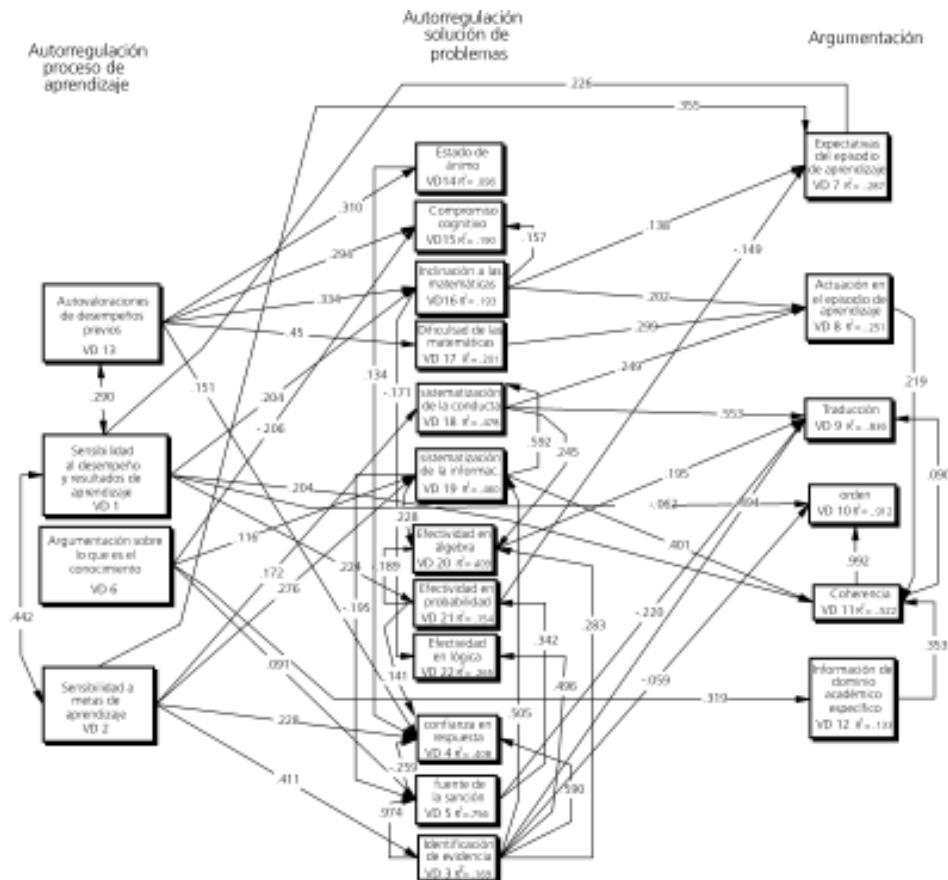
Análisis de consistencia interna. Para la dimensión que evalúa el proceso de autorregulación del aprendizaje se obtuvo un alfa = 0.557, con media de 36.11 y desviación estándar de 5.4 para 16 ítems; para la del proceso de ejecución de la solución de un problema, el alfa fue igual a 0.821, la media de 87.8 y la desviación estándar de 11.5 para 32 ítems; finalmente para la dimensión de la habilidad argumentativa se obtuvo un alfa de 0.868, con media de 23.9 y desviación estándar de 6.5 para 24 ítems.

Probamos el modelo estructural propuesto sobre los datos crudos con el programa EQS (Bentler, 1995). Debido a que en algunas de las variables los datos no tuvieron una distribución estadística normal, se utilizó el método robusto para la corrección de estimadores que no presentan este tipo de distribución. El modelo presentó buen ajuste, de acuerdo con método robusto se encontró una χ^2 cuadrada de 184.77 con 171 grados de libertad, con una probabilidad asociada de 0.223, el valor del Índice de Ajuste Comparativo (IAC) de 0.99, el del IBBAN de .90 y el IBBANN de 0.99 y el RMSEA un valor de .022. En la figura 2 se presenta el modelo ajustado con los resultados del análisis de trayectorias.

La influencia entre variables se representa mediante flechas uni y bidireccionales, donde las primeras representan coeficientes de regresión y las segundas de correlación. También se muestran los valores del coeficiente estimado. Todos los coeficientes que aparecen en la gráfica son valores estadísticamente significativos. Tocante a las ligas bidireccionales se observan sólo dos correlaciones, la primera entre las autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole y la sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella, y la segunda entre esta última y la sensibilidad a las metas de aprendizaje, con coeficientes de .290 y .442, respectivamente; la variable capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento no correlacionó con ninguna de las otras variables independientes.

En la figura 2 se muestran influencias directas e indirectas. La directa es representada por la liga que une dos variables sin que medie ninguna otra. La indirecta, por la relación entre dos variables pero mediada por, al menos, una más (Manzano, 2000). Sin embargo, la influencia total de una variable, que es la suma de todo el cambio atribuido a las influencias recibidas por ésta (Manzano, 2000), debe ser calculada para facilitar el análisis.

FIGURA 2
Modelo ajustado y resultados del análisis de trayectorias



En la figura pueden apreciarse las trayectorias de influencia de cada variable; no obstante, el análisis es más sencillo en términos de influencias totales, pues la presentación e interpretación de los datos en estos términos se simplifica. Por lo tanto, se presentan a continuación las influencias significativas totales que son recibidas por cada una de las variables, primero en cuanto a la solución de los problemas y, finalmente, en cuanto a la argumentación.

Influencias totales recibidas por las variables de autorregulación en la solución a los problemas. Las influencias significativas totales mostraron que:

- 1) El estado de ánimo es influido solamente por autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole, con un coeficiente de regresión de .315.
- 2) El compromiso cognitivo recibe influencia de autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole (.347), capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento (.206) y de inclinación hacia las matemáticas (.157).
- 3) La inclinación hacia las matemáticas recibe influencia de autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole (.334) y de sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella (.204).
- 4) La dificultad atribuida a las matemáticas recibe influencia solamente de autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole (.449).
- 5) La sistematización de la conducta recibe influencia de sistematización de la información (.592), sensibilidad a las metas de aprendizaje (.459), identificación de evidencia (.299) y capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento (.068).
- 6) La sistematización de la información recibe influencia de identificación de evidencia (.505), de sensibilidad a las metas de aprendizaje (.484) y de capacidad para argumentar lo que considera como conocimiento (.116).
- 7) La efectividad en la solución a problemas de naturaleza algebraica recibe influencia de identificación de evidencia (.429), sistematización de la información (.412), sensibilidad de los estudiantes a las metas de aprendizaje (.333), sistematización de la conducta (.245), sensibilidad a la relación entre desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje (.042) y de manera negativa de efectividad en la solución a los problemas de naturaleza probabilística (-.189).
- 8) La efectividad en la solución a problemas de naturaleza probabilística recibe influencia de fuente de la sanción (.342), identificación de evidencia (.229), sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella (.224) y de manera negativa de sistematización de la información (-.206).
- 9) La efectividad en la solución a los problemas de naturaleza lógica recibe influencia de identificación de evidencia (.496), sensibilidad a las metas de aprendizaje (.204), autovaloraciones de desempeños previos

en tareas de la misma índole (.057), y de manera negativa en sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella (-.035) y en inclinación hacia las matemáticas (-.171).

- 10) La confianza en la respuesta recibe influencia de sensibilidad a las metas de aprendizaje (.397), identificación de evidencia (.395), autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole (.193), efectividad en la solución a problemas de naturaleza probabilística (.141), estado de ánimo (.134) y sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella (.032).
- 11) La fuente de la sanción recibe influencia de identificación de evidencia (.876), sensibilidad a las metas de aprendizaje (.306), capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento (.091) y de manera negativa de sistematización de la información (-.195).
- 12) Finalmente, la identificación de evidencia solamente recibe influencia de la sensibilidad a las metas de aprendizaje (.411).

Influencias totales recibidas por las variables de argumentación. Las influencias significativas totales mostraron que la habilidad para:

- 1) argumentar información de dominio académico específico solamente es influida por la capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento, con un coeficiente de regresión de .336.
- 2) argumentar la ejecución después del episodio de aprendizaje recibe influencia de la dificultad atribuida a las matemáticas (.299), de la sistematización de la conducta (.249), de la inclinación hacia las matemáticas (.202), de las autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole (.202), de la sistematización de la información (.120), de la sensibilidad de los estudiantes a las metas de aprendizaje (.119), de la identificación de evidencia (.104), de la sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella (.070), y de la capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento (.018);
- 3) argumentar expectativas de aprendizaje antes del episodio recibe influencia de sensibilidad de los estudiantes a las metas de aprendizaje

- (.349), sensibilidad de los estudiantes a la relación entre su desempeño y los resultados de aprendizaje (.221), inclinación hacia las matemáticas (.138), identificación de evidencia (-.034), fuente de la sanción (-.051), y efectividad en probabilidad (-.149);
- 4) traducir razonamiento e inferencias matemáticas en expresiones verbales y viceversa recibe influencia de sistematización de la conducta (.606), identificación de evidencia (.542), sistematización de la información (.493), sensibilidad de los estudiantes a las metas de aprendizaje (.464), efectividad en álgebra (.195), autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole (.008), efectividad en probabilidad (-.034), y de la fuente de la sanción (-.231);
- 5) expresar ideas de manera ordenada recibe influencia de la habilidad para expresar de forma coherente los argumentos (.986), sistematización de la información (.452), habilidad para sustentar información de dominio académico específico (.348), habilidad para sustentar la ejecución después del episodio de aprendizaje (.273), la sensibilidad de los estudiantes a las metas de aprendizaje (.210) y a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella (.167), la capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento (.166), identificación de evidencia (.162), dificultad atribuida a las matemáticas (.082), inclinación hacia las matemáticas (.059), autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole (.056), y de la fuente de la sanción (.024);
- 6) la habilidad para expresar de manera coherente los argumentos recibe influencia de sistematización de la información (.478), habilidad para sustentar información de dominio académico específico (.353), identificación de evidencia (.251), sensibilidad de los estudiantes a las metas de aprendizaje (.244), la sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella (.219), habilidad para sustentar la ejecución después del episodio de aprendizaje (.219), la capacidad del estudiante para argumentar lo que considera como conocimiento (.169), dificultad atribuida a las matemáticas (.066), sistematización de la conducta (.055), inclinación hacia las matemáticas (.044), y de las autovaloraciones de desempeños previos en tareas de la misma índole (.044).

Discusión

Los resultados del análisis estadístico muestran índices significativos para la mayoría de las interacciones planteadas por el modelo y, dado que son bajas las interacciones observadas, consideramos necesario hacer el análisis en torno a tres aspectos: *a) la coherencia de los resultados de la presente investigación con los hallazgos previos, b) la evidencia que dé sustento a la existencia del proceso de objetivación y c) la perspectiva de la investigación en autorregulación relativa al proceso de objetivación de información de acuerdo con los resultados.*

Tocante a la investigación previa, se observa que los resultados son congruentes con los hallazgos de otros autores relativos al proceso autorregulatorio; variables como sensibilidad a las metas e inclinación hacia las matemáticas influyen en el desempeño de los estudiantes, pues podemos observar, por ejemplo, que la sensibilidad a las metas aumenta la efectividad en la solución de problemas de naturaleza algebraica con un índice de .333, mientras que la inclinación hacia las matemáticas se ve fortalecida por autovaloración de desempeños previos en tareas de la misma índole (.334) y por la sensibilidad a la relación entre el desempeño en la tarea y los resultados de aprendizaje derivados de ella (.204).

En lo concerniente al proceso de objetivación y su relación con la autorregulación, es digno de mención que en el nivel autorregulatorio del aprendizaje hay correlaciones significativas entre las variables propiamente autorregulatorias, pero no entre éstas y la capacidad para argumentar lo que se considera como conocimiento. Sin embargo, en lo que respecta al nivel autorregulatorio de la solución a los problemas, la capacidad para argumentar lo que se considera como conocimiento sí muestra influencia, principalmente sobre el compromiso cognitivo (.206). Y con respecto a las variables de argumentación su influencia recae sobre la habilidad para argumentar información de dominio académico específico (.336), siendo notorio que la argumentación de lo que se considera como conocimiento fue la única variable que mostró influencia sobre ésta.

De acuerdo con nuestro punto de vista teórico, el desarrollo de estructuras metacognitivas relativas al estatus epistemológico de las ideas que emergen de una situación del aprendizaje es fundamental en la autorregulación del proceso de apropiación del conocimiento; es importante destacar que, si bien es cierto que los resultados apoyan la relación según la cual *a mayor entendimiento de lo que se considera como conocimiento existe un mejor*

desempeño académico, también lo es que los estudiantes no son del todo conscientes de la relación entre el conocimiento en sí y el proceso de apropiación que experimentan. Esta última conclusión se desprende de la ausencia de influencia que se observa entre las variables del proceso de autorregulación del aprendizaje con la capacidad para argumentar lo que se considera como conocimiento; pero también se deriva de la falta de influencia de esta última sobre la confianza en la respuesta, pese a que esta confianza sí se ve influida por la identificación de evidencia (.395) y por la sensibilidad a las metas de aprendizaje (.397).

De esta manera, se concluye que la influencia de la capacidad para argumentar lo que se considera como conocimiento es diferencial durante el proceso autorregulatorio del aprendizaje para las diferentes variables involucradas; y en este sentido, dicha interacción aparece como una línea de investigación complementaria y fundamental en el entendimiento de la objetivación de la información durante un episodio de aprendizaje autorregulado.

Estado de ánimo, compromiso cognitivo, confianza en la respuesta y efectividad en lógica no presentaron influencias totales significativas en las variables de objetivación de información y su participación es marginal en el proceso de autorregulación en la solución de los problemas, lo que indica que estos aspectos meramente motivacionales no influyeron en la apropiación del conocimiento.

Respecto de la efectividad en lógica, que exige del estudiante un razonamiento deductivo semejante al que demanda el problema de naturaleza algebraica, concluimos que la falta de influencia sugiere que el aprendizaje del alumno respecto de cómo solucionar problemas con ecuaciones lineales de primer grado no lleva a la generalización de conclusiones de tipo causal implicadas por el razonamiento deductivo demandado al resolver problemas de diferente índole. Además, observamos que las influencias de las variables muestran una interacción diferencial entre el tipo de razonamiento requerido por los problemas según la naturaleza de cada uno. Con todo, se vuelve necesario investigar más en torno a estas variables para poder entender mejor cómo participa el entendimiento de las relaciones causales en el aprendizaje de contenidos matemáticos.

La sensibilidad hacia la evidencia representa un constructo que cobija diferentes dimensiones de la interpretación de una situación problemática en un episodio de aprendizaje y conforma un componente fundamen-

tal del estudio del proceso de objetivación de información. Lo confirma su influencia sobre la mayoría de las variables de desempeño en la solución de los problemas. Asimismo, la participación de la sensibilidad hacia las metas en los resultados de aprendizaje y sobre las variables de objetivación de información apoya la importancia del control voluntario del proceso de objetivación de información como proceso de apropiación de conocimiento.

En resumen, si bien la relación causal entre variables mostró diferencias entre el modelo postulado y su ajuste, ya que el modelo teórico no consideró todos los posibles efectos directos e indirectos entre variables que el modelo empírico mostró, en lo general y con base en los resultados obtenidos, es posible establecer que las variables autorregulatorias del aprendizaje tienen influencia causal sobre la autorregulación de la solución al problema planteado y sobre la naturaleza de las argumentaciones que el estudiante elabora para objetivar el conocimiento durante episodios de aprendizaje. Sin embargo, los datos apuntan a la necesidad de profundizar en el estudio de la conducción consciente y autorregulada del proceso de apropiación del conocimiento, pues los resultados muestran que falta entendimiento de los estudiantes de la comprensión del sistema nomológico que sustenta el carácter objetivo del conocimiento.

Ahora bien, si consideramos que en la presente tarea de aprendizaje, centrada en el álgebra de ecuaciones lineales de primer grado, aprender implica el entendimiento de la naturaleza de las relaciones causales y su diferenciación de las probabilísticas entre eventos en la solución de problemas, entonces debemos considerar que como parte de los objetivos didácticos de la enseñanza del álgebra debe enfatizarse la comprensión del tipo de razonamiento implicado para favorecer la comprensión más que la sola aplicación de algoritmos.

Finalmente, queda explícita la necesidad de ampliar la investigación de la autorregulación del aprendizaje a, por lo menos, cuatro aspectos que emergen del análisis de esta investigación en términos de la objetivación de la información: *a) la interacción de la capacidad para argumentar lo que se considera como conocimiento con los niveles autorregulatorios en un episodio de aprendizaje, b) la función de la sensibilidad a la evidencia en los diferentes niveles autorregulatorios, c) el proceso autorregulatorio de la apropiación del conocimiento y d) el proceso de objetivación de información metacognitiva.*

ANEXO 1

Definición de variables

Las variables de interés se clasificaron en:

- Capacidad para objetivar información –objetiva y autorreferencial–, entendida como *a) la sensibilidad de los estudiantes a los patrones de criterio de validación de la información y b) la habilidad para sustentar contenidos de pensamiento que surgen durante el proceso autorregulatorio, así como durante el procesamiento de información de dominio académico específico.*

a. Respecto de la sensibilidad a los patrones de criterio, se entiende que es la capacidad de los estudiantes para identificar las relaciones causales y probabilísticas entre los eventos que ocurren y son observables en un problema, concepto o relación matemática, así como en las situaciones que se presentan durante un episodio de aprendizaje. Las variables medidas son:

VD_1 Sensibilidad a la relación entre desempeño y resultados de aprendizaje. Ésta se entiende como la percepción del estudiante de su desempeño y la percepción de logro en función de los resultados obtenidos en el episodio de aprendizaje. Para tal fin, se evaluó la percepción del esfuerzo empeñado en la tarea y lo que denominamos memoria prospectiva, que es el grado de recuerdo de las metas planteadas y su relación con la percepción de haberlas conseguido. Ambas se evaluaron a partir de una escala de 5 puntos.

VD_2 Sensibilidad a las metas de aprendizaje. Es entendida como el grado de conocimiento que tienen los alumnos al final de la tarea del éxito obtenido en ésta, en función del planteamiento de las metas de aprendizaje que el mismo estudiante hizo al inicio del episodio de aprendizaje y la relación objetiva con las metas realmente alcanzadas. El establecimiento de metas se calificó en función de la claridad y especificidad de las metas propuestas; mientras que el autocontrol percibido se calificó de acuerdo con la percepción de cumplimiento y la relación entre esta percepción y lo que efectivamente se planteó en las metas.

VD_3 Sensibilidad a la evidencia para sustentar la solución de problemas. Ésta fue entendida como la capacidad del estudiante para dar cuenta del fundamento que subyacia a cada una de sus respuestas; para tal fin, se les pidió que explicaran si su respuesta era correcta y por qué creían eso en cada uno de los tres problemas planteados. En el modelo, la sensibilidad a la evidencia fue considerada para cada uno de los tipos de problemas.

VD_4 Confianza en la solución planteada a cada uno de los problemas. Ésta fue entendida como el grado de seguridad que el estudiante planteaba en la solución que ofrecía a cada

uno de los problemas. En el modelo también fueron consideradas las respuestas de manera independiente para cada uno de los problemas planteados.

VD₅ Origen de la sanción que dan los estudiantes a los argumentos expuestos sobre la correcta solución de los problemas. Ésta fue entendida como el origen interno o externo, objetivo o subjetivo de los argumentos planteados para defender la validez de las respuestas dadas para cada problema.

b. En lo que se refiere a la habilidad para sustentar contenidos de pensamiento que surgen durante el proceso autorregulatorio, así como durante el procesamiento de información de dominio académico específico, ésta es entendida como la capacidad de los estudiantes para analizar y sintetizar, mediante la expresión escrita, el curso de las ideas que surgen durante un episodio de aprendizaje. Las variables fueron definidas en torno a los siguientes contenidos de pensamiento:

VD₆ Habilidad para sustentar qué es el conocimiento. En esta variable interesó, por un lado, la caracterización que se hacía del conocimiento en función del tipo de palabra usada para tal caracterización, si era un verbo, un adjetivo, un sustantivo vacío o un sustantivo definitorio y, por el otro, el grado de reflexión respecto al ámbito –objetivo o subjetivo– manifiesto en los argumentos expuestos para sustentar lo que es el conocimiento.

VD₇ Habilidad para sustentar expectativas relacionadas con el episodio de aprendizaje. En esta variable interesó la argumentación que se hacía de lo esperado a lo largo del episodio de aprendizaje y la coherencia entre la argumentación y el desempeño observado durante el episodio de aprendizaje. Fue evaluada con un criterio de calificación que se daba en su conjunto a seis reactivos de respuesta abierta. Se calificaron conjuntamente estos reactivos, pues la argumentación que se daba en cada una por separado era validada con respecto a la relación que mantenían las respuestas entre sí, representando de esta manera un índice de claridad en las expectativas puestas en el episodio de aprendizaje. Los reactivos valoraron la argumentación de: a) las metas de aprendizaje, b) a qué se debía poner atención, y c) la influencia de sus habilidades en el episodio de aprendizaje.

VD₈ Habilidad para sustentar la actuación en el episodio de aprendizaje. La *habilidad para sustentar la actuación en el episodio de aprendizaje* fue evaluada a través de cinco reactivos de respuesta abierta. En este caso, también se dio una calificación a los cinco reactivos en función de la relación que mantenían las respuestas entre sí en términos de la claridad sobre el desempeño en el episodio de aprendizaje. Los reactivos evaluaron la argumentación sobre la dificultad experimentada durante el aprendizaje, sobre la eficacia que se

consideró que se tuvo en el desarrollo de la tarea, sobre la importancia de los resultados obtenidos, sobre las emociones experimentadas y sobre la habilidad que se tiene para aprender álgebra.

VD₉ Habilidad para traducir razonamiento e inferencias matemáticas en expresiones verbales y viceversa. Evaluó la capacidad de los estudiantes para representar y entender una misma situación problemática expresada tanto verbalmente como matemáticamente. Ésta fue evaluada mediante la argumentación del problema y su expresión matemática calificándose el entendimiento de la situación problemática y su representación matemática.

VD₁₀ Habilidad para expresar ideas de manera ordenada. Evaluó la estructura expositiva de los argumentos expuestos y se calificó la suficiencia de la exposición y la secuencia de las ideas en cada uno de los argumentos expuestos.

VD₁₁ Habilidad para expresar de manera coherente los argumentos. Evaluó la integración de las oraciones en ideas globales relacionadas pertinentemente entre sí, que dieran cabida a argumentos válidos en función de lo justificado a partir de hechos que pudieron ser corroborados con el desempeño objetivo y los resultados del episodio de aprendizaje.

VD₁₂ Habilidad para sustentar información de dominio académico específico. Ésta se evaluó con la misma estrategia de las dos variables anteriores, utilizando varios reactivos para contrastar la relación entre las respuestas. Para evaluar la argumentación sobre el contenido específico de conocimiento matemático se consideró la explicación que daban sobre lo que consideran que son las matemáticas, la importancia atribuida al conocimiento matemático y explicar si la naturaleza de las matemáticas es considerada artificial o natural.

- Con relación a la habilidad autorregulatoria entendida como: *a)* capacidad para estructurar conocimiento autorregulatorio y *b)* desarrollar estrategias autorregulatorias, se definieron las siguientes variables:

a. Habilidad para estructurar conocimiento autorregulatorio en torno a:

VD₁₃ La autovaloración de la relación emocional establecida con tareas de la misma índole. Evaluó el autorreporte del estudiante de cómo percibía su desempeño previo en tareas de aprendizaje matemático. Aquí se evaluó lo que el estudiante percibe de sí mismo de manera general al trabajar en el aprendizaje de contenidos algebraicos, como la autoeficacia, la capacidad para concentrarse, la necesidad de apoyo, la importancia del éxito en el aprendizaje matemático y la importancia de la tarea.

VD₁₄ La auto valoración del estado emocional presente en el episodio de aprendizaje. Aquí se evaluó el autorreporte del estado emocional del estudiante al iniciar y al terminar el episodio de aprendizaje.

VD₁₅ La autovaloración del compromiso cognitivo en el episodio de aprendizaje. Aquí se evalúa la fuerza atribuida al compromiso con el que se enfrentan a la situación de aprendizaje planteada.

VD₁₆ La autovaloración de la inclinación a las matemáticas. Aquí se evalúa el agrado o desagrado que reporta el estudiante experimentar cuando estudia matemáticas.

VD₁₇ La autovaloración de la dificultad percibida en el conocimiento matemático. Ésta considera la dificultad atribuida al aprendizaje matemático, el origen de esta dificultad, la confianza del uso de algoritmos matemáticos, la percepción de aptitudes y la necesidad de apoyo.

b. Desarrollo de estrategias autorregulatorias útiles para:

VD₁₈ Sistematizar la conducta. En esta variable se valoró qué tan ordenado era el comportamiento del estudiante en la consecución de la solución en los problemas planteados. Se evaluó mediante la revisión de lo escrito para plantear la respuesta a los tres problemas. Tomando en cuenta la ubicación, orden y secuencia seguida.

VD₁₉ Sistematizar la información. La *capacidad para sistematizar la información* valoró la clasificación de los datos en términos de la importancia que éstos mantenían con la solución del problema.

VD₂₀ Efectividad en la solución de problemas de naturaleza algebraica. Fue valorada a través de la combinación de dos criterios: el de la solución correcta y el del uso de algoritmos matemáticos. Dado que para resolver los problemas no es condición obligatoria usar el algoritmo, se calificó no sólo en función de que la respuesta fuera correcta o errónea, sino si los estudiantes usaban algoritmos algebraicos o sólo el razonamiento. De esta manera podíamos observar quiénes resolvían los problemas, puesto que entendían qué condiciones se debían satisfacer aunque no conocieran el procedimiento algebraico, y quiénes, además, conocían este procedimiento; también, se observó quiénes lograron la solución mediante el procedimiento y no entendieron por qué sí o no era correcta la respuesta. Además de distinguir de los que planteaban una respuesta incorrecta usando algoritmos algebraicos de los que fracasaban intuitivamente.

VD₂₁ Efectividad en la solución de problemas de naturaleza probabilística. Aquí también se evaluó la correcta solución al problema en función del uso o no uso de estrategia, no obstante, en la comprensión de la solución se consideró el entendimiento de la relación probabilística entre los eventos planteados en el problema.

VD₂₂ Efectividad en la solución de problemas de naturaleza lógica. Aquí se evaluó de igual manera que en los dos problemas anteriores y la comprensión evaluada fue la de las reglas implicadas en el razonamiento deductivo necesario para arribar a la solución.

Referencias bibliográficas

- Bandura, A. (1985). *Social foundations of thought and action*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bentler, P. M. (1995). "EQS structural equations, 7^a ed.", EUA: University of California.
- Castañeda, S. (2004). "Educación, aprendizaje y cognición", en S. Castañeda, *Educación, aprendizaje y cognición. Teoría en la práctica*. México: UNAM/UdeG/Manual Moderno.
- Castañeda, S.; Lugo, E.; Pineda, L. y Romero, N. (1998). "Evaluación y fomento del desarrollo intelectual en la Enseñanza de Ciencias, Artes y Técnicas: un estado del arte" En S. Castañeda (ed.), *Evaluación y fomento del desarrollo intelectual en la enseñanza de ciencias, artes y técnicas en el umbral del siglo XXI*, México, DF: UNAM/CONACyT//Miguel Ángel Porrúa.
- Dettori, G., Garuti R. y Lemut E. (2000) "From arithmetic to algebraic thinking by using a dspreadsheet", en Sutherland, R.; Rojano T.; Bell, A. y Lins, R. (eds.), *Perspectives on school álgebra*, Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Heysse, T. (1997). "Why logic doesn't matter in the (philosophical) study of argumentation", *Argumentation* (México), 11, 211-224.
- Holland, J. K. y Nisbet, R. E. (1988). "Induction", en J. R. Sternberg y E. E. Smith (comps.) *The psychology of human thought*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (1992) "Thinking as argument", *Harvard Educational Review*, 62 (2), 155-178.
- Manassero, M. A. y Vázquez, A. (1995). "Atribuciones causales de alumnado y profesorado sobre el rendimiento escolar: Consecuencias para la práctica educativa", *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24, sep.-dic., 125-141.
- Manzano Patiño, Abigail P., (2000). "Movilización de plomo en hueso durante el embarazo. Una aplicación de los modelos de ecuaciones estructurales", tesis de maestría, México: UNAM.
- Masterpasqua, F. (1989). "A competence paradigm for psychological practice", *American Psychologist*, 44 (11), 1366-1371.
- Miller, D. (comp.) (1995). *Popper. Escritos selectos*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Pintrich, P.R. (1998). "El papel de la motivación en el aprendizaje académico autorregulado"; en S. Castañeda (ed.) *Evaluación y fomento del desarrollo intelectual en la enseñanza de ciencias, artes y técnicas. Perspectiva internacional en el umbral del siglo xxi*, México, DF: UNAM/CONACyT//Miguel Ángel Porrúa.
- Pintrich, P.R., Schunk, D.H. (1996). *Motivation in education: Theory, research and applications*, New Jersey: Prentice-Hall.
- Pintrich, P. R. y Hoffer, B. K. (1997). "The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing", *Review of Educational Research*, 67, 1, 88-140.
- Schommer, M. (1994). "Synthesizing epistemological belief research: Tentative understandings and provocative confusions", *Educational Psychology Review*, 6, 293-319.
- Shapiro, B.P. (1998). "Toward a normative model of rational argumentation for critical accounting discussions", *Accounting, Organizations and Society*, 23, 7, 641-663.

- Smith, M. y Siegel, H. (2004). "Knowing, believing, and understanding: What goals for science education?", *Science & Education*, 13. 553-582.
- Weinstein, C. E.; Powdrill, L.; Husman, J.; Roska, L. A. y Dierking, D. R. (1998). "Aprendizaje estratégico: un modelo conceptual, instruccional y de evaluación", en S. Castañeda (ed.). *Evaluación y fomento del desarrollo intelectual en la enseñanza de ciencias, artes y técnicas. Perspectiva internacional en el umbral del siglo XXI*, México, DF: UNAM/CONACyT/Miguel Ángel Porrúa.

Artículo recibido: 11 de julio de 2007
Dictaminado: 15 de noviembre de 2007
Segunda versión: 15 de enero de 2008
Aceptado: 3 de marzo de 2008