

disciplina de acuerdo con la cual aprender Matemática consiste en apropiarse de modo idiosincrásico de los procesos que le son propios a esta disciplina e incrementar la experiencia personal en el manejo de los mismos.

En consecuencia, el desempeño en Matemática es interpretado desde un punto de vista cognitivo; en este sentido, se le considera asociado con la activación, por parte del aprendiz, de procesos intelectuales de orden superior demandados por las tareas propias de esta disciplina (especialmente por la resolución de problemas) y con la toma de conciencia en cuanto a dichos procesos, lo cual se manifiesta como el reconocimiento consciente de las formas, modalidades y procedimientos que utiliza para abordar las tareas y el control, regulación y supervisión que ejerce sobre su accionar cognitivo propio.

METACOGNICIÓN Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS

En la resolución de problemas, la Metacognición constituye un recurso intelectual íntimamente relacionado con el grado de conciencia, destreza, dominio y forma de llevar a cabo el control del proceso de búsqueda de la solución a problemas. Se manifiesta cuando una persona que está intentado resolver un problema, estudia detallada y concienzudamente tanto los elementos de éste como los pasos dados há-cia su solución, y es capaz de formularse y responder, entre otras, las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué necesito y con qué cuento para resolver el problema?
2. ¿Qué debo hacer cuando estoy resolviendo problemas?
3. ¿Qué conozco acerca del proceso de resolución de problemas?

En el caso de la resolución de un problema, coloquialmente, la Metacognición se pudiera describir como 'voces interiores' que le responden al resolutor cuando se formula a sí mismo, entre otras, las siguientes preguntas: ¿Qué estoy haciendo para resolver este problema? ¿por qué y para qué lo estoy haciendo?; las respuestas a estas interrogantes pueden servir como indicadores y alertas para detectar algún aspecto contraproducente durante el proceso de resolución.

Por consiguiente, estas voces internas no debe ser desestimadas; al contrario, debe prestárseles mucha atención porque ellas:

1. Ayudan a determinar el rumbo efectivo del proceso de resolución del problema; y, una vez iniciado éste, chequear si está correctamente orientado hacia la búsqueda de la solución.
2. Constituyen mecanismos de control y supervisión del proceso que hacen posible constatar o advertir cualquier error cometido durante el desarrollo de la resolución.
3. Ayudan en la búsqueda de estrategias de resolución concretas, efectivas y productivas.
4. Permiten hacer un seguimiento más concienzudo de la estrategia trazada y de sus resultados parciales.

Así que, la Metacognición implica un estado de alerta y vigilia en el que el resolutor permanece durante la realización de la actividad resolutoria, haciendo posible que él:

1. Mantenga autocontrol sobre las acciones realizadas.
2. Optimice la inversión de los recursos que posee.
3. Evalúe concurrentemente el proceso.

METACOGNICIONES ASOCIADAS CON LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Entre las metacogniciones asociadas con la resolución de problemas se cuentan:

1. Una noción acerca de lo que es un problema.
2. Una representación en torno a la secuencia de acciones que han de seguirse para resolver un problema.
3. Apreciaciones acerca de la intencionalidad de cada una de las instancias que han de cubrirse en el proceso de resolución de un problema.
4. Conocimiento acerca del tipo de problemas que se prefiere.

5. Conocimiento que la persona tiene acerca de si misma como resolvidor de problemas (información acerca de debilidades y fortalezas para desempeñar la tarea de resolver problemas).

6. Preconcepciones (ideas previas) acerca de lo que significa resolver un problema.

Esta información tiene carácter metacognitivo en la medida en que se trata de conocimiento que el sujeto tiene acerca de si mismo en cuanto a las respuestas que él da a las siguientes preguntas: (a) para mí, ¿qué es un problema?, (b) ¿cuál es la secuencia y cadencia de acciones que debo ejecutar para resolver un problema?, (c) ¿con cuál propósito debo ejecutar cada acción?, (d) ¿con cuáles tipos de problemas me siento más comfortable?, (e) ¿con cuáles recursos cuento para enfrentarme a la tarea?, y ¿qué pienso en torno al proceso resolutorio?.

En resumen, la actividad metacognoscitiva durante la resolución de problemas, se produce cuando el resolvidor transforma en objeto de reflexión: (a) las representaciones que él tiene acerca de si mismo (actitudes, valores, creencias, preferencias, concepciones acerca de la tarea); (b) las acciones que despliega durante el desarrollo de la tarea (comparar los logros intermedios obtenidos con la situación deseada final; en caso de que haya discrepancia, la actividad en si es detenida y transformada en objeto de reflexión; en este caso se autoformulan preguntas tales como: ¿qué estoy haciendo? ¿hacia dónde voy? ¿qué tanto me estoy alejando de la meta? ¿es necesario volver atrás y comenzar de nuevo? ¿debe buscarse otro plan de ataque?); (c) sus estados emocionales, su grado de satisfacción con la tarea que está realizando, el grado de dominio que está teniendo sobre el proceso, la pericia en realización de las operaciones que está efectuando. Todo ello se muestra en el Gráfico 2.

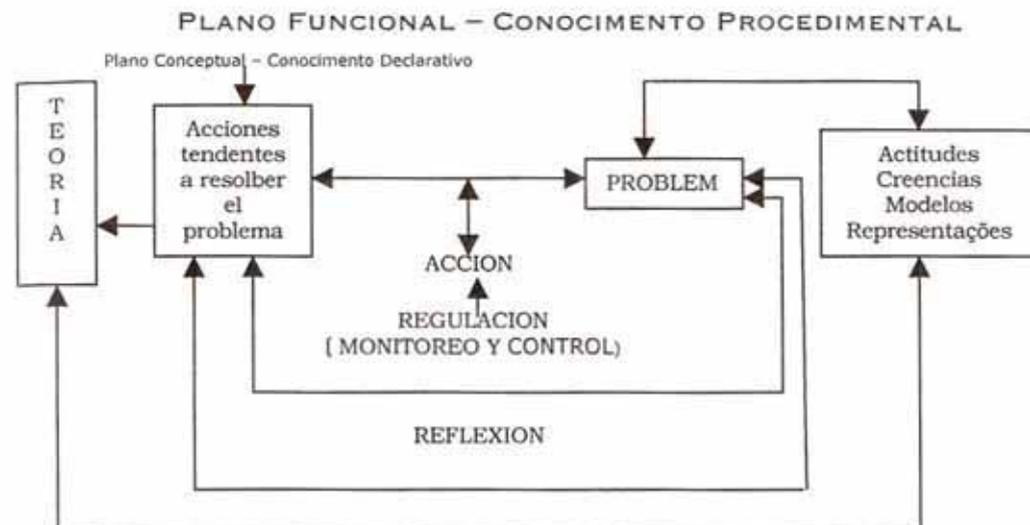


Gráfico 2: Planos de realización de la actividad metacognitiva durante el proceso de resolución de problemas

Además del conocimiento acerca de si mismo como resolvidor, la actividad metacognitiva asociada con el proceso de resolución de problemas también se expresa como 'conciencia de la intencionalidad de las acciones o exigencias cognitivas' que plantea cada una de las instancias de la actividad resolutoria. En efecto, en el plano cognitivo, la persona que está intentando resolver un problema ejerce una acción intelectual sobre un determinado objeto (v.g. el enunciado del problema); tal 'acción tiene una intención', de la cual está enterado y consciente el resolvidor; a su vez, esta intencionalidad se convierte en 'criterio para controlar' y supervisar, tanto la acción ejercida sobre el objeto, como la actividad resolutoria misma. La dinámica de este proceso se muestra en el Gráfico 3.

AMBITO DE LA METACOGNICION

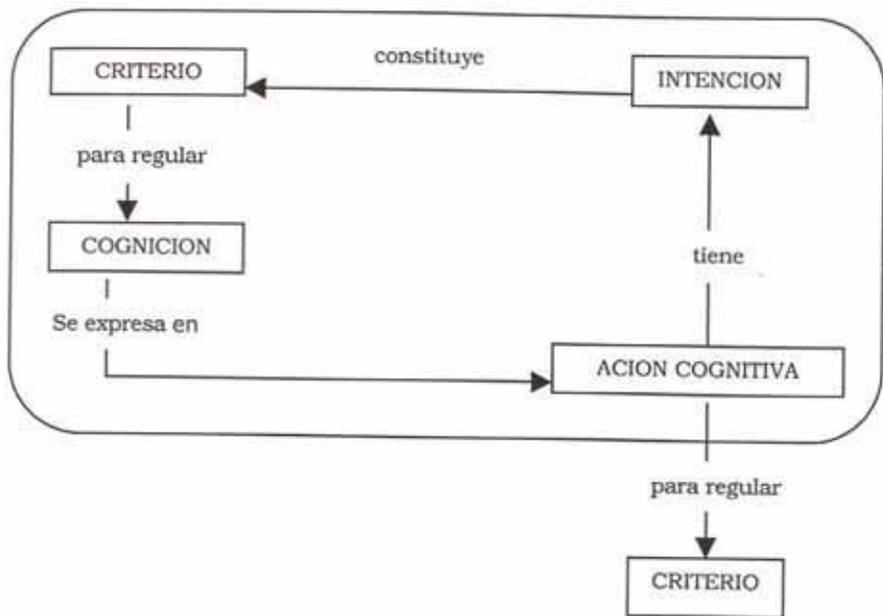


Gráfico 3: Esquema para interpretar el accionar metacognitivo durante la resolución de

EL MODELO MRP: METACOGNICIÓN Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La interpretación, desde el punto de vista metacognitivo, del esfuerzo intelectual demandado por la resolución de problemas dio lugar al Modelo MRP el cual comprende cuatro componentes fundamentales: Fines, Acciones, Conocimientos y Experiencias (ver Gráfico 4).

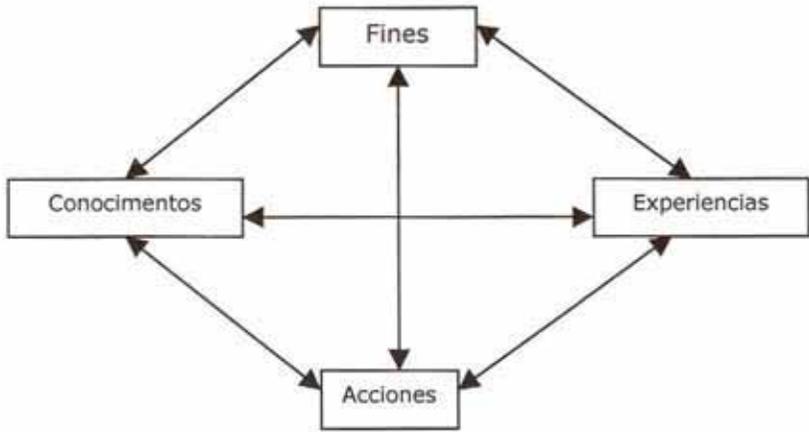


Gráfico 4: El modelo MRP [Metacognición y resolución de Problemas]

A continuación se ofrecerá una breve explicación de cada uno de los cuatro componentes del Modelo MRP.

'Fines'. Representados por el propósito o logro que se desea alcanzar y que constituye el factor desencadenante del accionar cognitivo; es la referencia hacia donde se orientan las diferentes acciones de pensamiento que el solucionador lleva a cabo; funcionan como criterio con base en el cual se evalúa o contrasta la actividad cognitiva; los fines son los que motivan las acciones cognitivas; en el caso de la resolución de problemas el fin está representado por el alcance de una solución.

ACCIONES

Estas abarcan todos los desplazamientos de orden intelectual que el resolutor hace con la intención de lograr los fines, en este caso, resolver un problema, o sea, hallar una solución; tales desplazamientos se manifiestan, en modos muy variados, a través de: (a) análisis minucioso de los datos y partes del problema con la intención de elaborar su correspondiente Modelo Matemático Subyacente; (b) evaluación de las posibles vías,

recursos o estrategias disponibles, en términos de su adecuación y (o) aplicabilidad a las demandas del proceso de búsqueda de solución al problema, y decisión en torno a cuál o cuáles de ellas aplicar; (c) realización efectiva de la decisión tomada, en términos de la puesta en marcha (consumación) de las operaciones y/o procedimientos correspondientes, sean de orden general o matemático específico; (d) contrastación entre resultados (parciales o finales) obtenidos, la estrategia implementada y las condiciones iniciales de la situación problema.

CONOCIMIENTOS

Estos comprenden: (a) la información que la persona posee acerca de sí misma como resolvidora de problemas; (b) la que tiene en relación con las demandas y exigencias cognitivas de cada una de las fases del proceso de resolución y de los factores que las condicionan haciéndolas más o menos difíciles; y, (c) la que se relaciona con las especificidades de las estrategias, generales o particulares, aplicables a la tarea de resolver problemas. Como se observa, este aspecto tiene que ver con el reconocimiento y (o) conciencia que el resolvidor tiene de su propio acervo cognitivo, abarcando tanto sus creencias y representaciones acerca de sí mismo y del proceso de resolución ((a) y (b)), como los recursos de los que dispone para abordarlo ((c)).

EXPERIENCIAS

Estas se refieren a las vivencias acumuladas por el resolvidor con base en su involucramiento en tareas análogas llevadas a cabo en diferentes momentos de su ciclo vital; abarcan la conciencia del éxito o fracaso experimentado al aplicar conveniente o inadecuadamente alguna estrategia; así como las sensaciones de placer o incomodidad que le suscita la tarea. De alguna manera ayudan a decidir qué hacer cuando se reconoce que se está en una situación análoga a alguna que ya se ha abordado con anterioridad y en la cual se ha tenido éxito utilizando alguna estrategia.

Las acciones cognitivas se orientan hacia el logro de los fines de la tarea (hallar la solución de un problema); la ejecución de aquellas se apoya en los conocimientos que el resolvidor tiene acerca de sí mismo, de la tarea en sí y de los recursos disponibles para abordarla; la acometida de la tarea incrementa el acervo experiencial y vivencial del resolvidor, lo cual retroactúa sobre todos los demás componentes y recíprocamente.

La naturaleza metacognitiva del Modelo MRP se manifiesta del modo siguiente: el resolvidor toma conciencia de la necesidad de hallar la solución del problema (fines) y de los recursos de los que dispone para ello (conocimientos); luego, se pone en marcha hacia el fin, chequeando continua y concurrentemente la medida en que progresa hacia la meta (acciones); con frecuencia, evalúa su accionar a los fines de incrementar sus vivencias como resolvidor (experiencias); en este caso, enjuicia las estrategias aplicadas con el propósito de establecer su grado de eficacia o efectividad tanto en relación con el logro de la solución como con el grado de pericia que él siente que tiene en cuanto a su manejo.

Cuando se aplica la Metacognición al proceso de resolver problemas se está haciendo referencia al conocimiento, consciente, que el resolvidor tiene acerca de la naturaleza de dicho proceso, y a la autorregulación, también consciente y deliberada, que éste hace del mismo.

Lo primero tiene que ver con la conciencia del resolvidor en torno a los factores implicados en el proceso de resolución, y lo segundo se actualiza cuando el sujeto, frente a un problema que debe resolver, toma en cuenta los factores que la condicionan, planifica sus acciones, las ejecuta y luego evalúa lo realizado. Esta capacidad para hacerse cargo de su propio proceso de resolución marca la diferencia entre los resolvidores exitosos y quienes no lo son. Y, yendo más allá, entre quienes han 'aprendido a aprender' y quienes no son capaces de gerenciar su propio aprendizaje.

De modo que el resolvidor exitoso de problemas, así como el aprendiz autónomo, tienen conciencia y son capaces de regular su propio accionar cognitivo cuando resuelven problemas o se abocan a alguna tarea de aprendizaje: (a) captan la exigencia o demanda de la tarea (dónde hay que llegar); (b) recuperan información previa relevante; (c) identifican aspectos esenciales de la situación y descartan los que no lo son; (d)

evalúan la plausibilidad de la situación; (e) supervisan su propio accionar cognitivo, revisando periódicamente lo hecho y autoformulándose preguntas de control.

En síntesis, la Metacognición sirve como plataforma para explicar el desempeño de los estudiantes como resolvedores de problemas y, a posteriori, su desempeño académico general. Tal empresa requiere de una reformulación de algunos conceptos claves tales como 'aprendizaje' y 'competencia matemática'.

El primero está vinculado con acciones propias del procesamiento de información cuya ejecución demanda una participación constructiva de quien aprende. En cuanto a lo segundo, tal competencia se asocia, no sólo con la capacidad para manipular símbolos y ejecutar algoritmos, sino con la pericia en el manejo de procesos propios del quehacer matemático; de modo que para aprender Matemática se requiere la posibilidad de comportarse como lo hacen los productores de esta disciplina y llevar a cabo la tarea básica que éstos acometen para desarrollar su saber, es decir, resolver problemas.

Para explicitar las relaciones existentes entre la actividad metacognitiva y la resolución de problemas pueden utilizarse las fases del modelo propuesto por POLYA (1975), las cuales permiten considerar tanto a la tarea resolutoria, en relación con la estrategia desarrollada, como el accionar del propio resolutor, quien concurrentemente con la realización del proceso de búsqueda de la solución, se autoformula interrogantes que tienen como contenido los pormenores propios de cada una de las fases; estas relaciones son mostradas en el Gráfico 5.

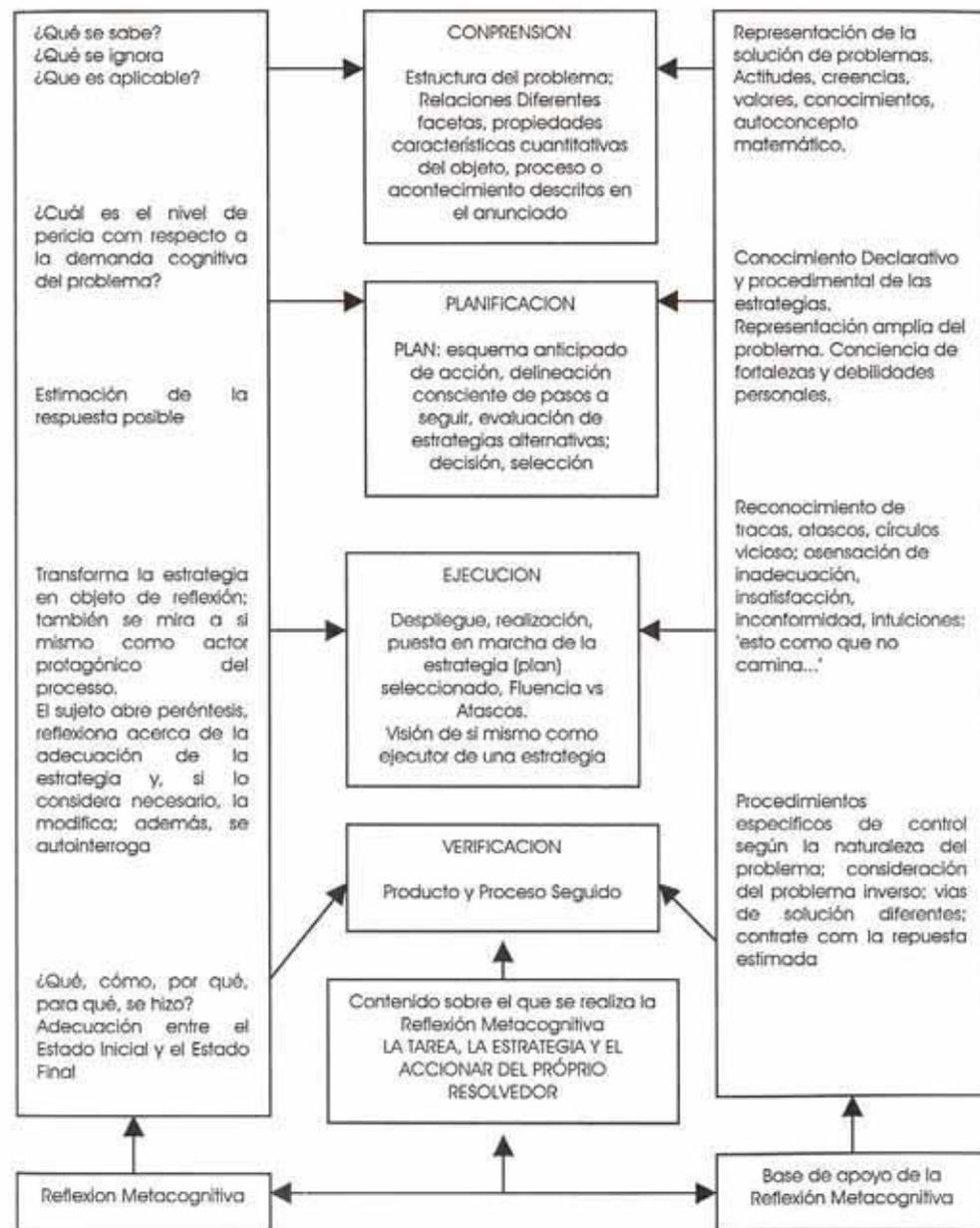


Gráfico 5: Relación entre Reflexión Metacognitiva y el Proceso de Resolución de Problemas

En este trabajo se han dilucidado los vínculos entre procesamiento de información y Metacognición (Mc), y cómo ésta última constituye, a su vez, un elemento energizador de la actividad cognitiva durante la resolución de problemas, al hacer posible que el resolutor tome conciencia de los recursos heurísticos que posee y de su capacidad para autogobernarse durante el proceso mismo de resolución.

Como evento propiciatorio de un razonamiento esforzado, los problemas son vistos como Tareas Intelectualmente Exigentes (TIE), éste es un constructo teórico que el autor desarrolla para referirse a tareas que no son resolubles mediante la aplicación mecánica de algoritmos o recetas, ni con sólo la apelación al recuerdo memorístico; tal es el caso de los problemas matemáticos auténticos.

Para el abordaje de las TI el autor propone el Modelo MRP el cual plantea que la realización de las tareas de este tipo requieren de quien las realiza: (a) construirse una representación de la tarea; (b) seleccionar la información aplicable entre el reservorio cognitivo del que dispone; (c) diseñar una estrategia de acción que probablemente conduzca a la realización exitosa de la tarea; (d) ejecutar la estrategia diseñada; y, (e) evaluar como un todo armónico el proceso seguido para llevar a cabo la tarea.

Una vez caracterizadas las TIE, el autor pone de manifiesto el papel que la Mc juega en la posibilidad de convertir la realización de tareas de este tipo en una experiencia auténtica de aprendizaje; en efecto, la Mc le permite al realizador: (a) hacer conscientes los beneficios a obtener con la ejecución de la tarea; (b) las vías disponibles para llevarla a cabo; y, (c) los aspectos estratégicos favorecedores u obstaculizadores de la acción, lo cual es básico para la generalización o transferencia.

Con base en todo lo anterior se procede a caracterizar la resolución de problemas como una TIE. A partir de una concepción situacional de lo que es un problema, se dilucidan los vínculos entre éstos y la Matemática y se explicitan las metacogniciones asociadas con la resolución de problemas matemáticos, con base en lo cual se propone un esquema para interpretar el accionar metacognitivo durante la resolución de problemas;

a partir de dicha visión se desarrolla el Modelo MRP que se formula con la intención de mostrar que la actividad resolutoria de problemas compromete integralmente al resolutor al movilizar sus aspiraciones, acciones, conocimientos y experiencias.

Por último, para integrar todo el proceso de relación entre la reflexión metacognitiva y el proceso de resolución de problemas, se recurre al Modelo de POLYA (1975) y las cuatro fases que éste propone para abordar la solución de un problema sirven de base para identificar el contenido sobre el que se realiza la actividad metacognitiva; así, durante cada fase, según el modelo poliano, el resolutor se formula a sí mismo un conjunto de interrogantes pertinentes (columna de la izquierda en el Gráfico 5) cuyo contenido tiene que ver tanto con la tarea misma como con la estrategia empleada y con el propio accionar cognitivo del resolutor (columna de la derecha en el Gráfico 5).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, J. Algunas contribuciones de la teoría cognitiva a la educación. *Tecnología y Comunicación Educativas*, 24, 69-81. Jul./Sep., 1994.
- BECERRA, A. *Problema, Problemática y Problematización*. Caracas: Ediciones del Instituto Pedagógico de Caracas (Subdirección de Investigación y Postgrado), 1989.
- BLANCO, L. *Resolución de Problemas y Formación Inicial, Técnica y Práctica de Profesores*. Ponencia presentada en el 8vo Congreso Internacional de Educación Matemática (ICME 8), Sevilla, España, 1996.
- CASTELLI, Bruno de, E. Metacognición y Aprendizaje. *Revista de Pedagogía*, XV (40), 17-32, 1994.
- CONTRERAS, L. C. La Resolución de Problemas: ¿una panacea metodológica? *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (1), 49-52, 1987.
- CRUZ, C. Cómo desarrollar en los estudiantes habilidades para resolver problemas. *Educación Matemática en las Américas VII: Actas de la*

Séptima Conferencia Interamericana de Educación Matemática, París: UNESCO, 156-169, 1990.

D'AMBROSIO, U. Etnomatemática: un Programa. *A Educação Matemática*, 1(1), 5-18, 1993.

GARCÍA, M. La solución de problemas como estrategia para el desarrollo de la actividad cognoscitiva en el aprendiz: una revisión bibliográfica. *Revista de Prácticas Docentes*, 4 (1), Caracas : Instituto Pedagógico de Caracas, Departamento de Prácticas Docentes, p. 95-124, Jun., 1994.

GÓMEZ, P. Riesgos de la Innovación Curricular en Matemática. Colombia. *Ciencia & Tecnología*, 14 (4), 25-35, Oct./Dic., 1995.

GONZÁLEZ F. Acerca de la Metacognición. *Paradigma XIV al XVII*, (1-2), 109-135, 1996.

GONZÁLEZ, F. *Procesos Cognitivos y Metacognitivos que Activan los Estudiantes Universitarios Venezolanos cuando Resuelven Problemas Matemáticos*, Tesis Doctoral no publicada, Valencia, Venezuela : Universidad de Carabobo, 1997.

GUTIÉRREZ, Fco. y Alonso-Tapia, J. *Enseñar a Razonar: un enfoque metacognitivo*, *Tarbiya*, 9, 7-46, 1995.

PÉREZ Gómez, A. Los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje: Análisis didáctico de las principales teorías del aprendizaje. En: J. Gimeno Sacristán y A. Pérez Gómez. *Comprender y Transformar la Enseñanza*, (3a. Ed.) . Madrid: Ediciones Morata, S. L., Cap. II, 34-62, 1994b.

PRADA, M [de]. *Matemática Moderna: nuevo modo de pensar y arte nuevo para transmitirla*. En Equipo de Didáctica de las Matemáticas del I.E.P.S. *Matemáticas: un nuevo modo de pensar*, Madrid: Narcea, S.A., 1979.

POLYA, G. *Como Plantear y Resolver Problemas*. México: Editorial Trillas, 1975.

POZO, J. I. *Aprendices y Maestros: la nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1996.

SÁNCHEZ, L. El proceso de enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas desde la perspectiva cognoscitivista. *Revista de Pedagogía XV* (37), 21-30, 1995.

SANTOS, M. *Principios y Métodos de la Resolución de Problemas en el Aprendizaje de las Matemáticas*. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1996.

SANTOS, M. ¿Qué significa el aprender Matemáticas?: una experiencia con estudiantes de Cálculo. *Educación Matemática*, México : 7 (1), 46-61. 1995.

SCHOENFELD, A. Problem Solving in Context (s). En R. Charles & E. Silver. *The Teaching and Assessing of Mathematical Problem Solving*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates & National Council of Teachers of Mathematics, 82-92, 1989.

SCHOENFELD, A. H. What's all the fuss about metacognition. En A. H. Schoenfeld (Ed.) *Cognitive Science and Mathematics Education*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 189-215, 1987.

SERRANO Gómez, I. Reseña del libro *Learnig and Doing Mathematics* de J. H. Mason, publicado por MacMillan Education Ltd. en 1989. *Epsilon*, 33, 301-302, 1995.

VALENZUELA, R. Resolución de Problemas Matemáticos: un enfoque Psicológico. *Educación Matemática* 4 (3, Dic.), 19-29, 1992.