

Educación en matemática y procesos metacognitivos en el aprendizaje

Carlos Silva Córdova
Universidad de Playa Ancha
Valparaíso Chile
E-mail: csilva@upa.cl

[Recibido : Abril de 2006. Aceptado: Mayo de 2006](#)

RESUMEN

Esta reflexión está centrada en hacer un análisis y algunas proyecciones que tiene un enfoque metacognitivo, colocando énfasis en los procesos internos del sujeto que aprende, destacando el papel activo – participativo y responsable del mismo en su propio proceso de aprendizaje, particularmente en el área denominada como “Educación Matemática”. La perspectiva cognitiva estudia las operaciones, procesos o estrategias que realiza el sujeto cuando aprende, es decir, cuando adquiere, organiza, elabora y recupera conocimientos, mirado desde una perspectiva de la información. La metacognición es entendida como un componente del sistema ejecutivo de la inteligencia: nos referiremos al conocimiento introspectivo sobre el estado de cognición y su operación (1), la conciencia de lo que uno sabe sobre la manera de cómo lo sabe. Es por ello que la función de la metacognición es dar forma y regular las rutinas y estrategias cognitivas.

El estado del arte de la interrelación entre metacognición y enseñanza se ha dividido en tres partes. La primera tiene que ver con una revisión sobre el concepto de *metacognición* en términos generales, y particularmente en Educación Matemática, incluyendo los dominios, los campos de investigación actuales y los referentes conceptuales que fundamentan, hoy por hoy, la investigación metacognitiva (2). La segunda presenta los aportes de la investigación metacognitiva, tanto en la enseñanza con escolares del sistema educativo, como en la formación inicial del profesorado (3). En cuanto a la tercera parte, en ella se presenta lo realizado en el campo de la lectura comprensiva y en el desarrollo de las competencias en la resolución de problemas matemáticos y la metacognición.

Palabras claves: metacognición, enseñanza-aprendizaje, lectura comprensiva

ABSTRACT

This paper is focused in making an analysis and some projections within a meta-cognitive perspective, emphasizing internal processes of the learning individual highlighting the active – participative role and responsible in his or her own learning process, particularly in Mathematical education. The cognitive perspective studies the operations, processes and strategies the learning individual puts into practice while learning, that's to say when acquires, organizes, elaborates, and recuperates knowledge, from an information perspective. Meta-cognition is understood as an introspective component of the executive system of intelligence: we are referring to the introspective knowledge over the cognition state and its operation, the awareness of what one knows over the way on how one knows it. Due to it meta-cognition function is providing shape and regulating cognitive routines and strategies.

The state of the art of interrelation between meta-cognition and teaching has been divided in three parts. The first one is related to a revision over the meta-cognition concept under general terms, and particularly in Mathematical education, including the domains, the current research fields and the conceptual referents where current meta-cognitive research is based (2). The second presents the contributions made by meta-cognitive research both, among students of the education system and among teachers initial formation (3). In the third part the comprehension reading field, and competences development in mathematical problem solving and meta-cognition are presented.
Key words: Meta-cognition, teaching-learning, comprehension reading.

ASPECTOS GENERALES DE LA METACOGNICIÓN

A. CONCEPTO DE METACOGNICIÓN

El concepto de la metacognición enmarca la indagación sobre cómo los seres humanos piensan y controlan sus propios procesos de pensamiento. En la literatura internacional se puede encontrar material sobre el particular, en el que se hace uso de los términos *metacognition* o *metacognitive*, como términos —un sustantivo y un adjetivo— relacionados, bajo los cuales se enmarca la presentación que aquí se establece con el nombre de metacognición.

No obstante, ha sido tan amplia la investigación en este campo, que también es factible realizar búsquedas bajo los términos metamemoria, metaaprendizaje, metacomprensión, metaatención, metarrepresentación, metaimitación, entre otros. Lo anterior, en cierta forma, está llevando a un desdibujamiento de la investigación metacognitiva, e incluso a que ésta sea puesta en entredicho. A pesar de esta polifonía de rótulos bajo los cuales descansa el concepto de metacognición, es posible establecer dos grandes clasificaciones del mismo (4).

La primera clasificación ubica la metacognición como asociada con dos componentes, que son: el conocimiento sobre los procesos cognitivos y la regulación de los procesos cognitivos. El primer componente se refiere al conocimiento que una persona tiene (o elabora) en una situación determinada sobre los propios procesos cognitivos, los cuales se diferencian según el aspecto de la cognición al que se haga referencia.

Es posible clasificar los conocimientos en tres categorías: los conocimientos sobre los sujetos (personas), los conocimientos sobre tareas y los conocimientos sobre estrategias. Así, lo metacognitivo puede ser referido al conocimiento de la amplitud de la propia memoria ante temas y tareas determinadas al conocimiento sobre la complejidad de las tareas, campo en el que se establecen jerarquías que van de menor a mayor complejidad, y determinación de estrategias más útiles para determinados aprendizajes, respectivamente.

El segundo componente de esta primera clasificación está referido a los tres procesos esenciales cuya función es regular los procesos cognitivos. Estos procesos son: la planificación, que es la actividad previa a la ejecución de una determinada tarea y que incluye el diseño de una heurística que prevea el posible rumbo de las acciones y estrategias que se desea seguir; el control, que se establece desde el momento en que se inicia la ejecución de las acciones o tareas y que puede manifestarse en actividades de verificación, rectificación y revisión de la estrategia empleada; y la evaluación, que permite contrastar los resultados con los propósitos definidos previamente. Aquí la evaluación también implica la valoración de los resultados de la estrategia utilizada en términos de su eficacia, lo que en varios países de Latinoamérica están denominando “competencias”.

La segunda clasificación del campo de la metacognición resulta de considerar dos tipos de investigaciones que se encuentran reseñadas constantemente en la literatura: la investigación sobre el monitoreo metacognitivo y la investigación sobre el control metacognitivo. El primer tipo de investigación se refiere al monitoreo sobre los procesos de pensamiento y los estados de conocimiento propios del individuo; aquí la investigación empírica se ha enfocado a determinar si la gente acierta a predecir su propia memoria y obtiene éxito en su desempeño al resolver problemas, lo que se plantea como modelamiento metacognitivo de la resolución de problemas (5).

En cuanto a la investigación sobre el control metacognitivo, generalmente es definida como la voluntad para dirigir los propios procesos de pensamiento y de recuperación de memoria. El control metacognitivo, en combinación con los juicios de monitoreo metacognitivo, tales como el juicio sobre necesidad o carencia de conocimiento, determinan factores como la planeación y la asignación del tiempo de estudio, el uso de estrategias de aprendizaje y el tiempo que es necesario destinar para recuperar una información de la memoria.

Aspectos más generales sobre el estudio del control metacognitivo involucran preguntas sobre **cuánto control** se debe tener para seleccionar las estrategias cognitivas, y sobre el estado de interés y los primeros conocimientos sobre las estrategias de control metacognitivo.

Estas dos clasificaciones, en su esencia, son similares y llevan a contemplar dos tipos de posibilidades en el trabajo sobre la metacognición. La primera posibilidad está ligada a los aspectos declarativos del conocimiento que interrogan el saber qué, el cual les permite a los individuos preguntarse por sus propios conocimientos y su particular manera de adquirirlos (6).

Estos aspectos declarativos del conocimiento son relativamente estables para el individuo, en la medida en que el conocimiento que el sujeto tiene sobre su cognición no es algo que cambie repentinamente. No obstante, el conocimiento que se tiene sobre cómo se aborda un problema, una lectura, la recuperación de una información almacenada en la memoria, etc., es algo que hace parte del individuo y que sólo él es capaz de manipular.

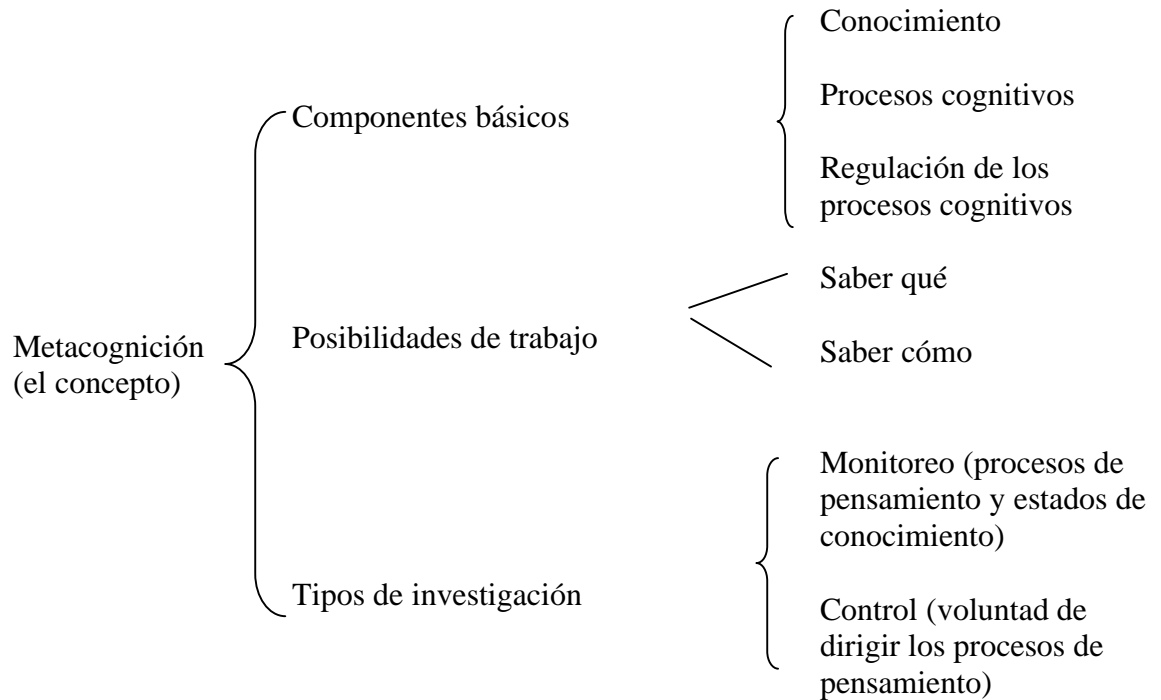
Al mismo tiempo, este tipo de información es fácilmente tematizable; es posible comunicarla en un diálogo con otros, lo mismo que conocer sus alcances y vacíos. La restricción básica en su manejo se deriva del hecho de que este tipo de conocimientos se fortalece con la madurez intelectual de los individuos, de tal modo que puede hablarse de *niveles* del mismo (7).

La segunda posibilidad de trabajo sobre la metacognición está relacionada con la pregunta sobre el **saber cómo**, es decir, sobre los aspectos procedimentales del conocimiento que le permiten al individuo tener éxito al desarrollar una tarea y al enfrentarse a un nuevo problema, y alcanzar eficiencia en sus formas rutinarias de abordar los retos propios del medio circundante.

Este tipo de conocimiento, a diferencia del anterior, no es fácilmente tematizable, en la medida en que los sujetos presentan dificultades al explicar sus propias acciones, tal vez por cuanto del desarrollo de éstas es dependiente del tipo de tarea por realizar. O existe restricción en su manejo: niños de diferentes edades, e incluso adultos, presentan habilidades para regular sus formas de aprendizaje.

En síntesis, para ubicar una primera discusión sobre la metacognición, es posible plantear que este campo de investigación centra su preocupación sobre la toma de

conciencia por parte de los individuos, sobre sus propios procesos de pensamiento y conocimiento y sobre la formas de cualificarlos y delimitarlos. El cuadro siguiente presenta un resumen de lo planteado.



B. DOMINIOS METACOGNITIVOS

Dado que lo metacognitivo está referido a un enfoque holista de la conciencia en cuanto al *saber qué*, al *saber cómo*, correlativamente es posible identificar dos dominios desde los que opera lo metacognitivo: el conocimiento metacognitivo y la experiencia metacognitiva (8).

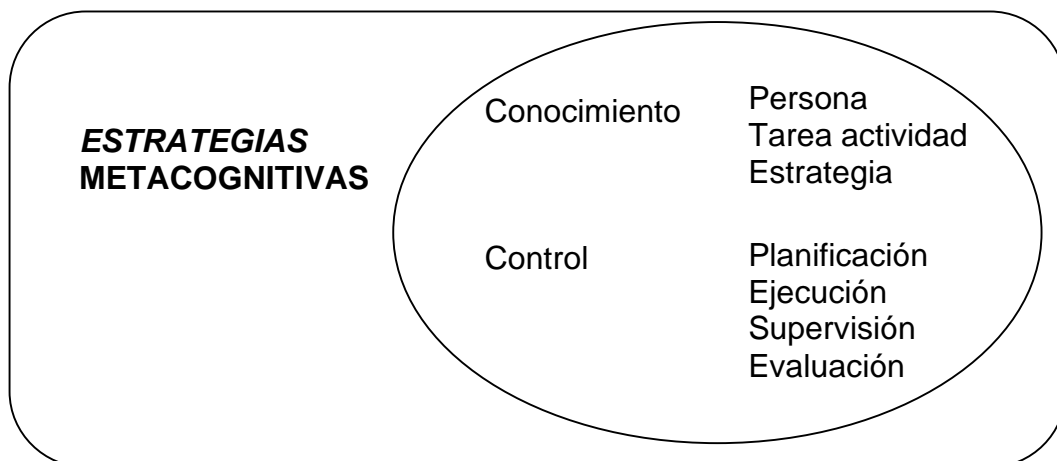
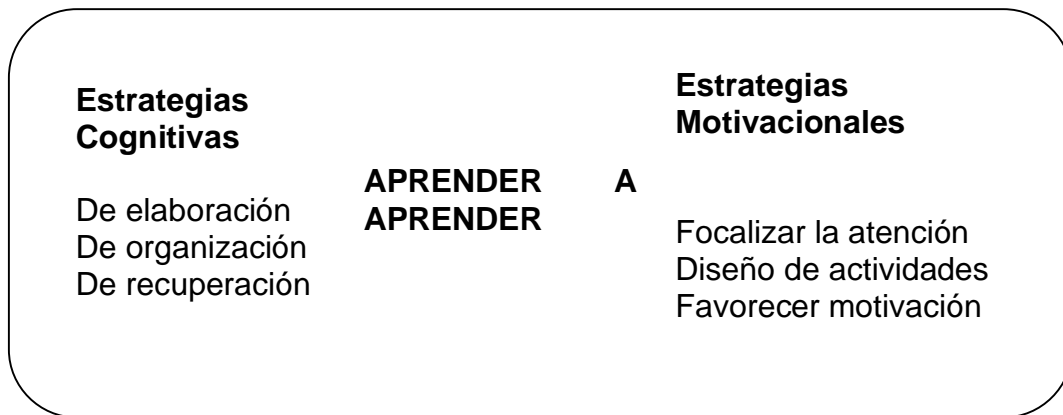
El primer dominio, el del conocimiento metacognitivo, se refiere al conocimiento que los sujetos tienen sobre la cognición, materializado en tres dimensiones:

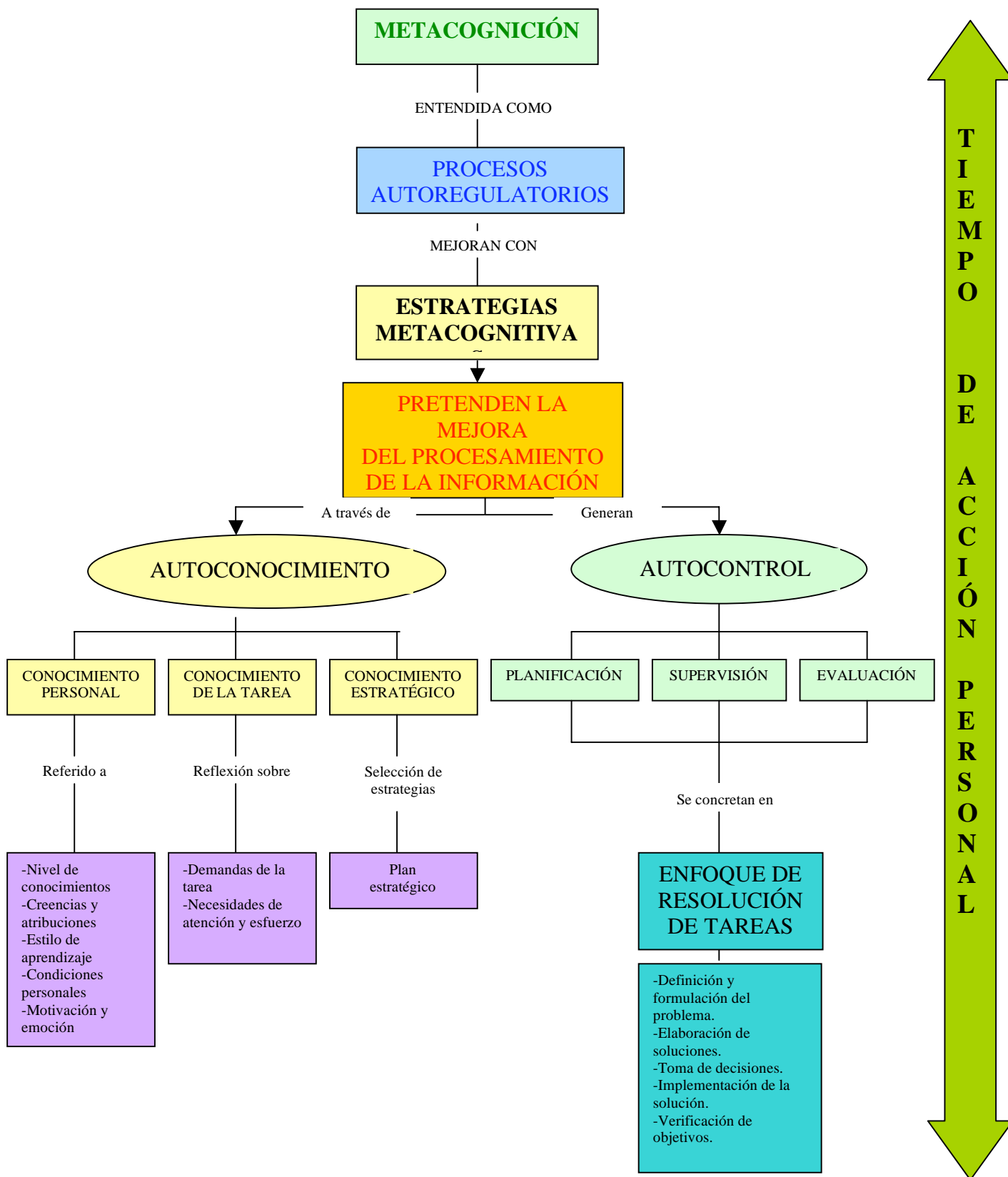
1. **Conocimientos relativos a personas**, es decir, conocimientos que implican características cognitivas de las personas. Tener conciencia de la habilidad que uno, como individuo, tiene sobre el dominio de procesos para abordar tareas particulares es un tipo de conocimiento metacognitivo intraindividual. Desde la perspectiva social, ser consciente de las habilidades de una persona, en relación con las habilidades de otra, en la resolución de ciertas tareas, se constituye en un tipo de conocimiento metacognitivo interindividual.
2. **Conocimientos relativos a la exigencia de las tareas**, las cuales suministran información sobre los aspectos que interesan o que más fácilmente se aprenden cuando se asume una tarea cualquiera.
3. **Conocimientos relativos a estrategias empleadas para resolver tareas** determinadas. Aquí, el individuo desarrolla estrategias que le permiten ser más

productivo y eficaz frente a una determinada situación de aprendizaje. Por ejemplo, rectificar el procedimiento utilizado en la resolución de un problema (9).

Estos tipos de conocimientos metacognitivos involucran acciones referidas a las características de las personas, las tareas y las estrategias. No se ubican en un simple plano cognitivo sino mas bien en un plano reflexivo sobre lo cognitivo.

El segundo dominio, el de las experiencias metacognitivas, hace referencia a las sensaciones de conocimiento que experimenta conscientemente un sujeto que está llevando a caso un proceso cognitivo: conocer sobre la complejidad del problema que se aborda; distinguir una ruta y sus diferencias con otras saber qué tan cerca o tal lejos se está de tener éxito. La madurez del individuo permite que esta dimensión se enriquezca con el paso de los años y con la necesidad permanente de estar involucrado en situaciones de metaaprendizaje, existiendo la posibilidad de revertir este tipo de experiencias de nuevo al campo interindividual.





C. ESTRATEGIAS METACOGNITIVAS

En la actualidad en el marco del paradigma socio-cognitivo los contenidos y los métodos para desarrollar capacidades, valores (10). No obstante también hemos de reconocer que emergen nuevos planteamientos con una fuerte base de valores comunes a todas las organizaciones educativas, diferenciándose entre ellas, sobre todo, por los metavalores o criterios interpretativos de los valores (axiológicos, filosóficos, teológicos, éticos-morales, trascendentes entre otros).

C.1. CONOCIMIENTO

Desde la perspectiva del conocimiento, consideraremos los hechos, conceptos, lenguaje, algoritmos, principios, resolución de problemas, como parte importante del quehacer matemático.

- **Persona:** alumno con características particulares, con actitudes tales como imaginación, pensamiento lógico, comunicación, cooperación, expresión oral y capacidad crítica.
- **Actividad:** que estimulen su imaginación y creatividad, desarrollen su espíritu crítico, constituyan un desafío, sin llegar a causarle frustración.
- **Estrategia:** utilizar el juego como estrategia de aprendizaje. Propiciar una metodología de la actividad que asocie los momentos en que el niño descubre y elabora progresivamente su saber, con aquellos en que el maestro explica y aporta directamente información.

C.2. CONTROL

- **Planificación:** considerar acciones que tiendan a desarrollar la capacidad de pensar utilizando la matemática como un medio eficaz para el crecimiento de la inteligencia.
- **Ejecución:** aportar exigencias de rigor en el pensamiento y en la precisión de la expresión, acorde con la etapa evolutiva que vive el niño, encaminada hacia la estructura, más que hacia la forma.
- **Supervisión:** estar en constante seguimiento de los progresos del educando.
- **Evaluación:** tiene una función primordial en el proceso de la enseñanza aprendizaje, pues por medio de ella se retroalimenta dicho proceso. En la evaluación es necesario reunir todas las evidencias objetivas posibles acerca de cada una de las actividades que se están desarrollando en el tratamiento de una determinada unidad (11). Como ayuda a los propósitos de evaluación se señalan a continuación algunos aspectos del aprendizaje de matemática para observar y registrar en el transcurso de las clases.
 1. Resolución de problemas
 2. Razonamiento.
 3. Comunicación.
 4. Conceptos matemáticos.
 5. Procedimientos.
 6. Actitudes.

D. ÁREAS INVESTIGATIVAS EN METACOGNICIÓN

Consideraremos la propuesta de Brown identificando cuatro áreas de la investigación metacognitiva, las cuales hacen énfasis en:

1. Análisis de los protocolos.
2. Estudio del control ejecutivo.
3. Estudio de la regulación interindividual y
4. Estudio de la autorregulación (intraindividual).

Presentemos una breve descripción de cada una de las áreas:

- **Análisis de los protocolos.** Esta área de investigación se fundamenta en el criterio extendido de que, para ver si un sujeto ha comprendido o ha accedido a un aprendizaje, una forma contundente de evidenciarlo es examinar su capacidad de acceso consciente y reflexivo a sus propios conocimientos y estrategias de aprendizaje, lo cual, en la mayoría de los casos, se realiza de forma verbal. De esta manera, el análisis de protocolos está relacionado con los procesos de interpretación de tareas de corte piagetiano que brindan información sobre lo que piensa un sujeto ante determinadas tareas.
- **Estudios sobre el control ejecutivo.** Este tipo de estudios está ligado a la descripción de la cognición a partir de los modelos del procesamiento de la información. El principio básico de estos modelos es postular la existencia de un procesador central que supervisa y controla el desarrollo de cualquier actividad cognitiva.

En este nivel se encuentran dos tipos de procesos: los procesos automáticos y los procesos controlados. Los primeros están caracterizados por su rapidez, no están limitados por la memoria a corto plazo, están sujetos a poco control por parte del sujeto. Los segundos, son lentos, están limitados por la memoria a corto plazo, requieren un gran esfuerzo mental y están sujetos a mucho control por parte del sujeto. La tendencia evolutiva general consiste en pasar de procesos intencionalmente controlados a procesos automáticos activos y a procesos automáticos conscientes.

- **Estudios sobre la regulación realizada por otras personas.** Se considera a los adultos, expertos, profesores, otros niños o niñas. En este campo son importantes los aportes de Vygotsky (12) sobre la transferencia de control que le hace un adulto al niño en múltiples situaciones interactivas de la vida cotidiana y en la mayoría de situaciones de enseñanza – aprendizaje. Investigaciones con niños y aprendices llegan a mostrar la existencia de destrezas autorreguladoras después de que los niños han interiorizado destrezas autorreguladoras propias de personas de mayor experiencia o de expertos en campos disciplinarios. Lo anterior es la principal razón que permite afirmar que la metacognición tiene una base social.
- **Estudios sobre la autorregulación.** Este tipo de estudios está relacionado con los procesos que indican que buena parte del aprendizaje tiene lugar y se organiza en ausencia de agentes externos. En este campo se han determinado diferentes niveles de autorregulación, que van desde las autorregulaciones netamente automáticas, presentes en cualquier actividad cognitiva e independientes de la edad, hasta las autorregulaciones conscientes, que aparecen tarde en el desarrollo, pasando por las autorregulaciones activas que representan un nivel intermedio de conciencia y que están presentes en los procesos de evaluación que permiten la formulación de hipótesis susceptibles de ser evaluadas.

E. OBJETIVOS DE UN MODELO DE APRENDIZAJE FUNDAMENTADO EN LA METACOGNICIÓN

Si bien es cierto que, en un modelo de aprendizaje, interactúan profesores y a estudiantes, la definición de los roles, tanto de unos como de los otros, determina la naturaleza del modelo. En la perspectiva de establecer un modelo metacognitivo, es decisivo definir los roles, permitiendo con esto que los procesos de aprendizaje sean cada vez más asumidos por los estudiantes; el rol de los docentes radicaría en favorecer este tipo de aprendizaje.

En este sentido, los estudiantes tendrían los siguientes objetivos, dentro del modelo de instrucción metacognitivo (5):

- Incrementar la conciencia de la naturaleza y propósitos de las tareas;
- aumentar el control sobre el aprendizaje a través de una toma de decisiones más efectiva y consciente;
- desarrollar una actitud más favorable hacia el aprendizaje;
- desarrollar estándares más altos de confianza para entender y actuar, junto con una mejor autoevaluación de sus logros;
- preocuparse por acrecentar sus conocimientos sobre los elementos de la metacognición (planificación, monitoreo, control y evaluación);
- aumentar la conciencia de sus propios estilos de aprendizaje;
- favorecer, cada vez más, un aprendizaje independiente, no sujeto a la normalidad de los tiempos y espacios escolares, que se constituye en una actividad permanente.

En cuanto al profesor, los principales objetivos que deben animar su trabajo como educador son:

- Asumir la responsabilidad que le corresponde en el proceso educativo, principalmente cuando ha decidido respecto a los objetivos esperados;
- preocuparse por desarrollar la toma de conciencia y entendimiento de los procesos de aprendizaje de sus alumnos;
- asumir una actitud favorable hacia el proceso metacognitivo y buscar permanentemente que el alumno sea responsable por el desarrollo del control de su propio aprendizaje;
- adoptar mecanismos que permitan la toma del control del aprendizaje por parte del alumno en el aula de clase (13).

No obstante, a pesar de que gran parte de la investigación metacognitiva se ha enfocado hacia los anteriores objetivos, tanto para estudiantes como para profesores, una conclusión que sobresale en estas investigaciones es que los cambios en los procesos de aprendizaje de los estudiantes, desde la perspectiva metacognitiva, deben involucrar, primero, cambios en las actitudes, percepciones, y concepciones y habilidades de los profesores.

F. ALGUNAS CONCLUSIONES

- La toma de decisiones de quien aprende determina si se da o no se da el aprendizaje.
- El aprendizaje no es gratuito ni se da espontáneamente: quien aprende debe efectuar un trabajo para aprender significativamente, lo mismo que para desaprender una concepción.
- El aprendizaje es el resultado de una acción voluntaria por parte de quien aprende. Esta toma de decisión está fuertemente influenciada por el contexto, es decir, por las interpretaciones y percepciones previamente existentes en el individuo.
- El incremento en la toma de conciencia de quien aprende, sobre la naturaleza y los procesos involucrados en el aprendizaje, permite el cambio de las actitudes hacia el conocimiento, lo mismo que de los procedimientos utilizados en el aprendizaje.
- Quien aprende, frecuentemente, no es consciente de sus carencias, tanto en el plano conceptual como en el de las habilidades de aprendizaje.

Cada una de las anteriores cinco afirmaciones sobre el aprendizaje está relacionada con la metacognición: el conocimiento, el monitoreo, el control y la evaluación del propio aprendizaje. Con el fin de introducir la metacognición dentro de lo esbozado aquí, es posible plantear tres niveles para el aprendizaje. En un primer nivel se encuentra el procesamiento de la información; en un segundo esta la evaluación de este procesamiento, y en tercer lugar se ubica la toma de decisiones con respecto al conocimiento (14). El monitoreo y el control, dos aspectos de la metacognición, comprenden los resultados de los dos últimos niveles y se concentran en la aplicación consciente de las estrategias cognitivas particulares. Las estrategias cognitivas son concebidas como habilidades que permiten la exploración de muchos tipos de información, no solamente de carácter técnico ni limitadas a ciertas áreas del conocimiento.

Dependiendo del nivel de conciencia del aprendizaje, es posible caracterizar las estrategias cognitivas. Si el aprendizaje es un proceso con un bajo nivel de conciencia, se está hablando del primer nivel del aprendizaje (el procesamiento); ejemplos de estas estrategias tienen que ver con los procedimientos para ganar acceso a la memoria, buscar y recuperar información, fraccionar la información con un criterio espacial, semántico o afectivo; mantener fracciones de información en la memoria de trabajo y manipularla, y aplicar reglas automáticas o de inferencia. Si se trata de niveles que implican una mayor conciencia (monitoreo y control), el tipo de estrategias debe ser de corte evaluativo: formas de valorar, apreciar, establecer, identificar y chequear el conocimiento. En este modelo, la enseñanza está determinada por el contenido y el contexto, los cuales interactúan entre sí. El procesamiento activo involucra el trabajo del aprendiz en la dirección de hacer significativa la enseñanza. La conciencia del aprendiz incluye un reconocimiento de la naturaleza y los procesos de aprendizaje, así como de los estilos personales de aprendizaje y sus deficiencias particulares (15). De esta manera, el aprendiz controla, mediante evaluaciones y autoevaluaciones conscientes, la toma de decisiones sobre el aprendizaje efectivo.

REFERENCIAS

1. Coll, C., Pozo, I., Sarabia, B., Valls, E. *Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid. Aula. XXI/ Santillana, 1992.
2. Silva, C. "Metacognición: Aprendizaje en las matemáticas". *Congreso de Pedagogía 99*. Cuba, 1999a.
3. Cruz González, C. "El uso de estrategias metacognitivas en la enseñanza de la matemática". *Serie Estudios en Educación Matemática. Sociedad chilena de Educación Matemática*, núm 1, pp. 1-19, 1995.
4. Silva, C. "Variables metacognitivas en el aprendizaje matemático". *Memorias de la V Conferencia Internacional de Ciencias de la Educación*. Camagüey – CGI/CD ROM. Cuba, 1999b.
5. Silva, C. "Variables metacognitivas en el aprendizaje". V Congreso Internacional de la Docencia en el Perú, Huancayo, 2004.
6. Laval, C. *La escuela no es una empresa. El ataque neoliberal a la enseñanza pública*. Barcelona. Paidós, 2004.
7. Escudero, J.M. *La Reforma de la Reforma. ¿Qué calidad y para quienes?*, Barcelona. Paidós, 2002.
8. Flavell, J. H. "Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive developmental inquiry". *American Psychologist*, núm. 34, pp. 90-911, 1979.
9. Duell, O. K. Metacognitive skills. En Phye, G. D. Y Andre, T. (editores), *Cognitive classroom learning: understanding, thinking and problem solving*. New York: Academic Press, 1986.
10. Román, M. *Sociedad del conocimiento y refundación de la escuela desde el aula*. Madrid. Indexa, 2004.
11. Feuerstein, R. y Hoffman, M.B. *Programa de enriquecimiento instrumental*. Madrid. Bruño, 1995.
12. Vygotsky, L. S. *Obras escogidas III*. Visor. Editorial Pedagógica, Moscú /Madrid, 1995.
13. Tebar, L. *El perfil del profesor mediador*, Madrid, Santillana, 2003.
14. Soto, C. *Metacognición, cambio conceptual y enseñanza de las ciencias*, Bogota. Didácticas Magisterio, 2002.
15. Chevallard, Y. "Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche anthropologique", *Recherches en Didactique des Mathématiques*. (12,1), pp. 73-112, 1992.