

En español

## ¿Cómo desarrollar la metacognición en la educación superior mediante la resolución de problemas?

Hernán Paz Penagos<sup>1</sup>

### RESUMEN

Cuando se trata de resolver problemas del área de comunicaciones digitales en ingeniería electrónica, las actividades académicas realizadas por los estudiantes y orientadas por el profesor enfatizan en las estrategias cognitivas y en los procedimientos necesarios para su correcta resolución. Sin embargo, falta propiciar el acercamiento al conocimiento de las habilidades de aprendizaje propias del estudiante (metacognición), de tal manera que se favorezcan el autoconocimiento y el desarrollo de la capacidad de valoración y control de las propias aptitudes y limitaciones a la hora de orientar su aprendizaje. El artículo presenta algunos rasgos metacognitivos que se identifican en los estudiantes cuando se aplican estrategias sobre resolución de problemas (RP) en la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de la ingeniería.

**Palabras claves:** metacognición, regulación del aprendizaje, resolución de problemas.

**Recibido:** octubre 9 de 2009

**Aceptado:** enero 30 de 2011

### Introducción

Los estudiantes de ingeniería enfrentan diversas dificultades en el aprendizaje de las asignaturas del núcleo de básicas y de la ingeniería aplicada. Esta situación invita a la reflexión sobre nuevas estrategias de enseñanza que faciliten el aprendizaje, no sólo por medio de la construcción del conocimiento, sino también, de la comprensión y autogestión conscientes del propio aprendizaje (Burón, 1996).

El enfoque RP, que ha sido reconocido desde sus orígenes como actividad mediadora en el desarrollo de funciones cognitivas (Mayer, 1986), tiene en la actualidad dos focos de interés: el desarrollo de los procesos metacognitivos en los estudiantes, y la formación integral (Bower et al., 2004; Litzinger et al., 2005; Xavier et al., 2001). Los objetivos educativos relacionados con el primero, que interesan para la presente investigación documental, se fundamentan en la premisa de que nuestro pensamiento no ocurre únicamente como un reflejo, sino que lo produce un ser pensante y que se puede supervisar y regular deliberadamente.

El propósito de esta investigación consiste en identificar rasgos metacognitivos de los estudiantes, propiciados por la metodología de enseñanza centrada en RP de ingeniería. Para ello se partió de una revisión histórica y epistemológica a la enseñanza, el

In English

## How can metacognition be developed through problem-solving in higher education?

Hernán Paz Penagos<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Teacher-guided academic activities undertaken by students emphasise the cognitive strategies and procedures necessary for their successful resolution when problem-solving in electronic engineering's digital communications area. However, students do not approach knowledge regarding their learning abilities (metacognition) in such a way that self-knowledge, skills development assessment and controlling their own abilities and limitations are favoured when guiding their learning. This article presents some meta-cognitive features which have been identified in students regarding problem-solving strategies in teaching, learning and evaluating engineering.

**Keywords:** meta-cognition, learning regulation, problem-solving.

**Received:** October 09th 2009

**Accepted:** January 30th 2011

### Introduction

Engineering students confront many difficulties in learning subjects in the basic and applied engineering area. This situation invites us to reflect on new teaching strategies making learning easier, not only through knowledge construction but also understanding and self-management of their own learning (Burón, 1996).

Problem-solving has been recognised from the start as being an activity mediator in cognitive function development (Mayer, 1986); it currently has two focuses of interest: developing meta-cognitive processes in students and their integral formation (Bower et al., 2004; Litzinger et al., 2005; Xavier et al., 2001). The educational objectives related to the former which were of interest for the present investigation were based on the premise that our thoughts do not only happen as reflection but rather that a thinking being produced them and that one can deliberately supervise and regulate them.

This investigation was aimed at identifying students' metacognitive features by using problem-solving methodology in teaching engineering. It began with a historical and epistemological review of teaching, learning and evaluation in engineering regard-

<sup>1</sup> M.Sc. En Teleinformática, Universidad Distrital. Estudiante de Ph.D., en Educación de la Universidad Pedagógica de Colombia. Profesor, Escuela Colombiana de Ingeniería. herman.paz@escuelaing.edu.co

<sup>2</sup> M.Sc. in Teleinformatics. Student Ph.D. in Education, Universidad Pedagógica de Colombia. Professor, Escuela Colombiana de Ingeniería. herman.paz@escuelaing.edu.co

aprendizaje y la evaluación en ingeniería respecto de algunas tendencias de RP, metacognición y sus implicaciones.

## Antecedentes en metacognición

El estudio de la metacognición, desde una perspectiva histórica, empezó en la década de los setenta con estudios de casos sobre los procesos de memorización en niños (Flavell & Wellman, 1977). Estas investigaciones tenían como objetivo comprender las operaciones implicadas en el aprendizaje escolar y pretendían identificar las estrategias de enseñanza que favorecían un aprendizaje eficaz en los alumnos. Los resultados obtenidos permitieron distinguir entre el conocimiento que tiene el niño de sus propios procesos cognitivos (dominio del conocimiento metacognitivo) y el nivel de regulación de dichos procesos para ser eficiente en determinadas tareas (dominio de la experiencia metacognitiva). Al final se concluyó que ambos aspectos eran complementarios; se identificó el primero con el conocimiento declarativo y el segundo con el conocimiento procedimental.

Años después se reportaron estudios sobre experiencias metacognitivas vinculadas a algunos campos específicos del conocimiento. En escritura: Camps y Castelló (1996); en comprensión de lectura: Babbs *et al.* (1983), Alonso y Carriedo (1996); en ciencias naturales: Jorba y Sanmartí (1994); Pozo y Gómez (1996); y en matemáticas: Barberá y Gómez-Granell (1996). Todos ellos reflexionan sobre los procesos cognitivos y metacognitivos involucrados en la atención, comprensión, memoria, lectura, RP y recursividad de los estudiantes eficientes, e identifican las actividades estratégicas de éstos como elemento clave a la hora de enfrentarse a una tarea.

En lo que respecta a la educación superior, los procesos de RP se relacionan con la formación de conceptos científicos y el desarrollo de la capacidad de autorregulación del aprendizaje (Lacasa y Herranz, 1995; Rogoff, 1993; ABET, 2005; Tuning América Latina, 2007). Se insta a resolver problemas desde diversas formas de interacción social con el propósito de favorecer el desarrollo de habilidades metacognitivas de los propios procesos de pensamiento de los estudiantes (Resnick, 1999). Así mismo, se explicitan modelos de aprendizaje autorregulado que tratan de integrar los aspectos cognitivos, afectivo-motivacionales y comportamentales del estudiante (Boekaerts, 1996; Nikerson *et al.*, 1990 y Pintrich, 1995).

Según estos últimos autores, existen dos rasgos esenciales de la metacognición: las apreciaciones de sí mismo que constituyen reflexiones sobre el estado de los conocimientos y las habilidades y los estados afectivos relacionados con el conocimiento, las habilidades, la motivación y sus características como aprehendientes; y por otra parte, el manejo personal de la cognición o la metacognición en acción; es decir, los procesos mentales que ayudan a activar simultáneamente los distintos aspectos de la solución de problemas. Desde este punto de vista los estudiantes se conciben como personas que están activamente involucradas en la construcción de su conocimiento.

Las experiencias metacognitivas de la motivación, ejecución (Metcalf, 1986; Metcalf & Wiebe, 1987) y dificultad al resolver problemas (Efklides, Samara & Petropoulou, 1999; Efklides, 2002; Efklides, 2006) son algunas de las investigaciones realizadas sobre procesos metacognitivos en RP. La motivación continua del proceso RP, la facilitación de recursos y medios, así co

ing some trends in problem-solving, metacognition and their implications.

## The background for metacognition

Metacognition began to be studied formally in the 1970s through cases studies on memorisation in children (Flavell & Wellman, 1977); these were aimed at understanding the operations involved in school-based learning and sought to identify teaching strategies favouring students' effective learning. The results allowed distinguishing children's knowledge of their own cognitive processes (metacognitive knowledge control) and regulating them to be efficient/self-sufficient in certain tasks (metacognitive experience/feeling control). It was concluded that both aspects were complementary; the former was identified with declarative knowledge and the latter with procedural knowledge.

Meta-cognitive experience/feeling studies linked to some specific fields' knowledge were reported quite a few years later: Camps and Castelló (1996) in writing, Babbs, *et al.*, (1983), Alonso and Carriedo (1996) in reading understanding, Jorba and Sanmartí (1994), Pozo and Gómez (1996) in Natural Sciences and Barberá and Gómez-Granell (1996) in Mathematics. All of them reflected on the cognitive and metacognitive processes involved in attention, understanding, memory, reading, RP and students' efficient resourcefulness and identified the strategic activities involved in them as being key elements when facing a particular task.

Regarding higher education, problem-solving was seen to be related to forming scientific concepts and developing learning self-regulation ability (Lacasa and Herranz, 1995; Rogoff, 1993; ABET, 2005; Tuning América Latina, 2007). They urged solving problems through many forms of social interaction to promote developing metacognitive abilities in the students' own thinking (Resnick, 1999). Likewise, self-regulated learning models were explained which tried to integrate students' cognitive, affective-motivational and behavioural aspects (Boekaerts, 1996; Nikerson *et al.*, 1990 and Pintrich, 1995).

According to the last mentioned authors, meta-cognition has two essential features: appreciations of self (constituting reflections on the state of knowledge and abilities and affective states related to knowledge, abilities, motivation and their related learner-like characteristics) and personal handling of cognition or meta-cognition in action (i.e. mental processes helping simultaneously activate different aspects problem-solving). Students would thus be conceived of as people who are actively involved in constructing their own knowledge.

Metacognitive experience/feeling regarding motivation, execution (Metcalf, 1986; Metcalf & Wiebe, 1987) and difficulty when solving problems (Efklides, Samara & Petropoulou, 1999; Efklides, 2002; Efklides, 2006) formed the basis for some investigations carried out on the metacognitive processes involved in problem-solving. Continuous motivation of problem-solving,

mo los refuerzos y compensaciones, benefician el autoconcepto académico y estimula el desarrollo de estrategias metacognitivas. La idea fundamental que subyace a estas teorías y modelos es que la dimensión afectiva interacciona significativamente con la dimensión motivacional en la determinación del esfuerzo que el alumno esté dispuesto a emplear para la puesta en marcha de las variables de orden cognitivo y metacognitivo, con el objeto de lograr un aprendizaje óptimo y significativo (Boekaerts, 1996; Borkowski, 1992; García & Pintrich, 1994; McCombs, 1988; Zimmerman *et al.*, 1996).

Metcalfé ha estudiado la cercanía a la respuesta correcta (experiencia metacognitiva de ejecución) a lo largo de la RP de *insight* y de no *insight* para estudiar con mayor detalle el proceso subyacente en la obtención de la respuesta exitosa de los problemas. Este autor y su colaborador hallaron que la sensación de ejecución del estudiante es alta cuando consigue resolver exitosamente un problema del tipo *insight*, mientras que en los problemas más lógicos la sensación de ejecución va disminuyendo paulatinamente a lo largo de la resolución.

Por su parte, Efklides y otros evaluaron la experiencia metacognitiva de dificultad (*FOD: Feeling of difficulty*) en estudiantes de secundaria, al resolver problemas matemáticos; para conocer la evolución de la experiencia metacognitiva a lo largo de todo el proceso resolutivo dividieron la RP en cuatro fases: inmediatamente después de presentar el problema, durante la planificación pero antes de la resolución y después de la resolución y general. Los resultados mostraron que la experiencia metacognitiva de dificultad afecta el control de las ideas y que ambos están relacionados con el cambio de naturaleza del procesamiento cognitivo a medida que se avanza en la RP. Este resultado, según los autores, sugiere una relación directamente proporcional entre la falta de éxito en la ejecución con la experiencia metacognitiva de dificultad del problema; sin embargo, se observa una mayor conciencia de lo que se necesita hacer para poder enfrentarse a la dificultad.

El estudio de las experiencias metacognitivas de la motivación, ejecución y dificultad aportan información complementaria al proceso metacognitivo de RP, ya que el conocer las sensaciones del resolutor antes, durante y después de la RP, permite configurar un marco global de resolución, donde no se tiene en cuenta sólo la ejecución real del problema, sino también la experiencia metacognitiva del resolutor.

Desde una perspectiva más actual, algunos educadores se enfocan en la incidencia que los sentimientos, sensaciones y juicios subjetivos tienen en la realización de las tareas cognitivas, metacognitivas y en el aprendizaje. Son de especial interés los trabajos adelantados en este sentido por Anastasia Efklides, de la Universidad de Salónica (Efklides, 2006), y de Petros Georghiades, del Ministerio de Educación y Cultura de Chipre (High & Dockers, 2007).

## Enfoque teórico

### Resolución de problemas

Los problemas tradicionalmente propuestos en ingeniería tienen características específicas en cuanto a que, en la mayoría de los casos, los profesores presentan situaciones didácticas que asumen, en mayor o menor grado, una forma compleja, y cuyo

facilitating resources and means and reinforcements and compensations promote an academic self-concept and stimulate developing metacognitive strategies. The fundamental idea underlying these theories and models is that the affective dimension significantly interacts with the motivational dimension in determining the effort that a student is willing to make in putting cognitive and metacognitive variables into operation to achieve optimal and significant learning (Boekaerts, 1996; Borkowski, 1992; García & Pintrich, 1994; McCombs, 1988; Zimmerman *et al.*, 1996).

Metcalfé has studied approaching a correct answer (metacognitive execution experience/feeling) through insightful and non-insightful problem-solving in studying the underlying process in obtaining a successful answer to problems in more detail. He found that a student's sensation of execution was high when *insight* successfully managed to solve a person's problem; by contrast, the sensation of execution became gradually reduced through resolution in most logical problems.

On the other hand, Efklides *et al.*, evaluated the metacognitive feeling of difficulty (FOD) in secondary-school students when solving mathematical problems to ascertain the evolution of metacognitive experience throughout the whole problem-solving process. They divided problem-solving into four phases: immediately after a problem was presented, during planning but before resolution, after resolution and general. The results showed that metacognitive FOD affected controlling ideas and that both were related to a change in the nature of cognitive processing as advances were made in problem-solving. The authors suggested a directly proportional relationship between lack of success in execution and FOD regarding metacognitive experience; however, greater awareness of what was needed to be able to face such difficulty was observed.

Studying metacognitive feelings of motivation, execution and difficulty contribute complementary information to metacognitive problem-solving since knowing students' sensations before, during and after problem-solving allows an overall resolution benchmark to be configured where one not only keeps the real execution of a problem in mind but also a student's metacognitive experience.

Some educators have focused on incidence rather than feelings in more current work; sensations and subjective trials involve cognitive and metacognitive tasks in learning. Work by Anastasia Efklides from Salonika University (Efklides, 2006) and Petros Georghiades from the Cyprus Ministry of Education and Culture (High & Dockers, 2007) are of special interest here.

## Theoretical framework

### Problem-solving

Engineering problems have traditionally had specific characteristics as, in most cases, a teacher presents complex ideas through didactic situations whose main objective is the retention or application of the discipline's contents. Such didactic behaviour

objetivo principal es la retención o aplicación de los contenidos de la disciplina. Tales actuaciones didácticas aparecen regularmente en el contexto de los temas que se trabajan. Los procedimientos para su solución son, generalmente, conocidos por los alumnos. Con lo anterior se evidencia una concepción heurística del problema que no tiene en cuenta, al menos de manera explícita, el desarrollo metacognitivo de los estudiantes.

Definir el problema involucra la explicación de los principales aspectos que lo constituyen, al igual que las relaciones entre ellos. Por tanto deben quedar explícitos sus elementos generadores, así como las contradicciones fundamentales que, en última instancia, son el núcleo del problema. Eso lleva a plantear que para lograr una formulación apropiada se parte del análisis de la fundamentación conceptual y metodológica pertinente (presupuestos del problema, en un contexto específico en el cual tiene sentido e importancia su abordaje, pues se logran evidenciar inconsistencias entre lo que se sabe y la situación materia de reflexión), configurándose de esta manera un proceso reiterativo y enriquecedor de revisión teórica y trabajo práctico que tiene implicaciones diversas según sean las etapas del proceso de investigación en curso.

Para los efectos de este trabajo, se entiende por problema una situación significativa, compleja, contextualizada y real dentro de la cual se formulan preguntas que no tienen una única respuesta y cuyo abordaje requiere la generación de nuevos conocimientos interdisciplinarios. Según esta definición, se infiere que en todo problema verdadero el sujeto desconoce la vía de solución y, al posicionarse frente a tal situación, adopta un carácter activo y reflexivo. Por otra parte, resolver un problema significa evaluar las posibles soluciones, seleccionar aquella o aquellas que en mayor medida satisfacen las especificaciones planteadas, implementar la solución y posiblemente hacer una nueva revisión de las soluciones. Por lo tanto, resolver un problema implica la realización de tareas que suponen procesos de razonamiento más o menos complejos, y no solamente una actividad asociativa y rutinaria.

En ingeniería se pueden identificar tres tipos de problemas vinculados con la realidad: analíticos, explicativos y los que proponen soluciones. Los últimos se caracterizan por ser abiertos, poco estructurados: así mismo, sus conceptos para entender las posibilidades de solución y sus restricciones no están previamente dados. Como se indicó arriba, no son los que más abundan en contextos de ingeniería; sin embargo, son los más útiles para propiciar procesos metacognitivos, puesto que pueden adoptar múltiples procedimientos y permiten tomar posicionamientos teóricos con respecto a la forma de entender el problema (Barbey & Barsalou, 2009). Además, favorecen en el estudiante la toma de decisiones, el involucramiento, la activación del razonamiento, el desarrollo de habilidades y competencias de mayor relevancia que cuando trabajan con problemas bien definidos (Jonassen, 2000; Schoenfeld, 1992).

Los problemas que proponen soluciones y que podrían favorecer el desarrollo de estrategias metacognitivas presentan varias características. De un lado, para la autocrítica: problemas con datos insuficientes, superfluos o contradictorios; presentación de soluciones de problemas con errores difíciles de detectar *a priori* o diferentes a un mismo problema; de otro parte, para la toma de decisiones: problemas que no exijan cálculos en su solución, que requieran de una sólida fundamentación teórica; presenta

appears regularly regarding the set topics. The procedures for resolving them are usually already known by the students. The above presupposes a heuristic concept of the problem which does not explicitly take students' meta-cognitive development into account.

Defining the problem involves an explanation of the main aspects constituting it, as well as the relationships between them. The elements involved and their fundamental contradictions should be explicit as they are the nucleus of the problem. The pertinent conceptual and methodological foundations must be analysed to outline an appropriate formulation (suppositions regarding a problem within a specific context which has meaning and importance in its approach because there may be inconsistency between what is known and the situation to be reflected upon). An iterative and enriching theoretical revision and practical work should thus be configured having implications according to the stages of an investigation.

For the effects of this work, a problem is understood to be a significant situation, in context, complex and real, having not just one answer and whose approach requires producing new interdisciplinary knowledge. According to this definition, it is inferred that in all true problems a person ignores direct solution and, when being confronted by such situation, adopts an active and reflexive approach. Solving a problem means evaluating possible solutions, selecting those that most satisfy the specifications, implementing a particular solution and possibly reviewing such solutions again. Problem-solving therefore involves tasks presupposing more or less complex reasoning and not just an associative and routine activity.

Three types of problem can be identified in engineering which are linked to reality: analytical, explanatory and problems proposing solutions. The latter are characterised as being open and are not very structured; likewise, concepts for understanding possible solutions and restrictions have not been previously given. They may not provide the most plentiful examples in engineering; however, they are most useful for dealing with meta-cognitive ideas since multiple procedures can be adopted and they imply taking up theoretical positions regarding how to understand problems (Barbey & Barsalou, 2009). They also promote student decision-making, activate reasoning and lead to more relevant abilities and skills being developed when working on closely defined problems (Jonassen, 2000; Schoenfeld, 1992).

Problems proposing solutions and which would promote developing metacognitive strategies present several characteristics. Self-criticism involves problems having insufficient, superfluous and/or contradictory data, presenting solutions to problems having difficult to detect errors *a priori* and/or different to the same problem. Decision-making involves problems which do not demand calculations to find their solution but do require a solid theoretical foundation. Problems may be presented having a

ción de soluciones de problemas con una vía de solución correcta y otra incorrecta; problemas cuya respuesta requiera un análisis complementario (estimar valores negativos, fraccionarios, etc.) y problemas en los cuales se le ofrezca al estudiante un conjunto de posibles respuestas para que él seleccione la correcta y justifique el por qué de su elección.

### Metacognición

El concepto de metacognición, según Flavell (1976) y Brown (1987), tiene dos significados que se encuentran estrechamente vinculados: conciben la metacognición como producto, o bien como proceso. El primer significado es declarativo y alude al conocimiento de la actividad cognitiva, mientras que el segundo se refiere al conocimiento de los procedimientos de supervisión y regulación que se implementan sobre la actividad cognitiva al enfrentar una tarea de aprendizaje. Además, está constituida por dos componentes generales: el conocimiento del aprendizaje (general, específico y relacionado) y los procedimientos metacognitivos. El primero contempla tres tipos de conocimiento: el de las personas en cuanto a procesadoras de conocimiento, el conocimiento sobre la realización de tareas en cuanto a las exigencias cognitivas y procedimentales, y el conocimiento de las estrategias y el momento de usarlas; mientras que los segundos se refieren a la habilidad para utilizar, organizar, revisar y modificar las estrategias en función de las demandas de la tarea de aprendizaje y de los resultados obtenidos.

Los procesos metacognitivos tienen una importancia capital en el aprendizaje; son los sistemas de alerta y de conciencia que han de acompañar a toda labor intelectual. Su escasa presencia en los estudiantes provoca grandes pérdidas de tiempo en el estudio, con pobres resultados. Su desarrollo se correlaciona con una alta capacidad intelectual, eficacia y eficiencia en el trabajo (Flavell, 1976; Brown *et al.*, 1983).

### Condiciones psicopedagógicas que promueven la resolución de problemas y que facilitan la metacognición.

a) La implicación activa del estudiante en el proceso de aprendizaje aumenta cuando se siente autocompetente, es decir, cuando confía en sus propias capacidades y tiene altas expectativas de autoeficacia, valora las tareas y se siente responsable de los objetivos de aprendizaje (Miller y cols., 1993; Zimmerman *et al.*, 1992); esto influye tanto sobre las estrategias cognitivas y metacognitivas que pone en marcha a la hora de abordar las tareas, como sobre la regulación del esfuerzo y la persistencia, lo que a su vez incide de forma directa y positiva sobre el rendimiento académico de los alumnos (González-Pienda y cols., 1997; Núñez y cols., 1995).

b) La representación del enunciado de la situación problemática, que es favorecida en todas las estrategias RP, es un detonante de desarrollos metacognitivos porque implica procesos de pensamiento de completar o desechar información, e interpretar y relacionar información con las concepciones personales previas (Chi y Glaser, 1986). Sin embargo, un obstáculo que los estudiantes encuentran en la RP suele estar en la dificultad de hacer consciente y explícito cuál es el sistema bajo estudio y cómo éste puede ser modelado. En la medida en que todos los procesos involucrados en la RP se hagan conscientes y explícitos, el estudiante estará en condiciones de reflexionar sobre ellos y de realizar procesos metacognitivos.

correct way to resolve them and an incorrect one. Some problems resolution may require complementary analysis (estimating negative and fractional values) and some problems may offer a student a set of possible answers so that the correct one may be selected but its choice has to be justified.

### Metacognition

The concept of metacognition, according to Flavell (1976) and Brown (1987), has two closely-linked meanings: they conceive metacognition as being product or process. The first meaning is declarative and refers to knowledge of cognitive activity while the second one refers to knowledge of supervisory procedures and regulations which are implemented regarding cognitive activity when facing a learning task. It also consist of two components: the learner's existent knowledge (general, specific and related) and metacognitive procedures. The first one contemplates three types of knowledge: people as knowledge processing agents, knowledge regarding how to do tasks and cognitive and procedural requirements and knowledge regarding strategies and when to use them. The seconds refers to the ability to use, organise, review and modify strategies in terms of learning task demands and related results.

Metacognitive processes have supreme importance in learning; they are the alert and awareness systems which must accompany all intellectual work. When students lack them, this causes a great loss of time spent studying, with subsequently poor results. Developing them is correlated to high intellectual ability, effectiveness and efficiency/self-sufficiency in work (Flavell, 1976; Brown *et al.*, 1983).

### Psycho-pedagogical conditions promoting problem-solving and facilitating metacognition

a) A student's active involvement in learning increases when feeling competent (i.e. when trusting her/his own abilities and having high expectations regarding self-sufficiency, valuing the tasks set and feeling responsible for the learning objectives) (Miller *et al.*, 1993; Zimmerman *et al.*, 1992). This has a great influence on cognitive and metacognitive strategies engaged in when approaching tasks, like regulating effort and persistence, in turn, directly and positively affecting students' academic performance (González-Pienda *et al.*, 1997; Núñez *et al.*, 1995).

b) Representing a problematic situation (which is promoted in all problem-solving strategies) triggers metacognitive development because it implies thought leading to completing or discarding information, interpreting and relating information to prior personal concepts (Chi and Glaser, 1986). However, students often find difficulty in consciously and explicitly representing a system being studied and how this can be modelled when problem-solving. As all processes involved in problem-solving become conscious and explicit, a student will be able to reflect on them and engage in metacognitive processes.

c) Además, si el planteamiento, la representación y la RP se acompañan de una evaluación reflexiva y explícita, por medio de la verbalización en la clase, se provoca conocimiento metacognitivo y estratégico del estudiante. La verbalización de los pasos y razonamientos que se siguen o dan al resolver problemas, fue seguido por primera vez por Gagné & Smith (1962); después fue aplicado por Hatton (1967), más tarde por Greenfield (1979) y recientemente utilizado por Sauren y Van Genderen (2002) en Eindhoven/Maastricht (Holanda). Gagné & Smith (1962) estudiaron el efecto de la verbalización durante la resolución de la torre de Hanoi de dos hasta cinco discos y hallaron que cuando se permite al resolutor verbalizar con sus propias palabras y dirigiéndose a sí mismo (y no al experimentador) se facilita el poder llegar a formular los principios generales que permiten resolver el problema, lo que provoca que éste se resuelva mejor y, por lo tanto, se llegue al estado final empleando un menor número de movimientos.

d) El autoconcepto positivo favorece la utilización de procedimientos estratégicos de aprendizaje, en el sentido de que cuanto mayor sea el autoconcepto del estudiante más estrategias de aprendizaje utiliza el alumno, las cuales le facilitan un procesamiento profundo de la información (Núñez y cols., 1995).

e) La familia: las conductas de inducción a la autorregulación académica desplegadas por los padres en sus tareas habituales en el hogar, en general, deben incidir significativa y positivamente sobre la percepción de competencia como estudiantes que van desarrollando los hijos, y ésta, a su vez, sobre el rendimiento académico obtenido en las diversas áreas curriculares. En opinión de Armando Rugarcía, los padres "no enseñamos a nuestros hijos y escolares a tomar decisiones sobre su vida, a ejercer su libertad con responsabilidad. Es a todas luces necesario atender este aspecto educativo, para lo cual el pensamiento crítico es crucial, pues evita o reduce la toma de decisiones superficiales" (Rugarcía, 2001). Kreutzer y otros muestran, por su parte, que este tipo de implicación parental se manifiesta mediante cuatro tipos de conductas: 1) modelado: cuando la conducta de los padres ofrece ejemplos de autorregulación en sus diversas fases y formas para poder ser observados e imitados por sus hijos, éstos perciben que sus padres cotidianamente muestran motivación para aprender, fijan objetivos a alcanzar, utilizan estrategias para su logro; dirigen, revisan y ajustan su comportamiento; 2) estimulación o apoyo motivacional: cuando los padres favorecen la persistencia de los hijos ante condiciones adversas, por ejemplo ante el fracaso; 3) facilitación o ayuda: cuando los padres facilitan el aprendizaje aportando recursos y medios para poder realizar un comportamiento autorregulado: modos de organizarse, materiales, estrategias, etc.; y 4) refuerzo: cuando los padres recompensan aquellas conductas o secuencias que impliquen algún grado de autorregulación (Kreutzer y cols., 1975). La percepción por parte del estudiante del comportamiento de los padres, en relación con las cuatro áreas de la autorregulación (modelado, estimulación, facilitación y refuerzo), incide significativa y positivamente sobre su autoconcepto académico.

Borkowski & Turner (1990) afirman que las condiciones psicológicas que facilitan la metacognición se vertebran a partir de dos presupuestos fundamentales: 1) que cualquier acto cognitivo importante tiene consecuencias motivacionales y 2) que, además, tales consecuencias potencian futuras conductas de autorregulación, tales como ser capaces de dirigir el proceso de aprendizaje, controlar el esfuerzo que se tiene que poner en juego y ma-

c) If position, representation and problem-solving accompany reflexive and explicit evaluation through verbalisation in class, then this will provoke students' metacognitive and strategic knowledge itself. Verbalising the steps and reasoning given when solving problems was first dealt with by Gagné & Smith (1962); it was later applied by Hatton (1967), then Greenfield (1979) and more recently by Sauren and Van Genderen (2002) in Eindhoven/Maastricht (Holland). Gagné & Smith (1962) studied the effect of verbalisation when resolving the Tower of Hanoi problem using two to five pegs and found that when a learner was allowed to verbalise in her/his own words and to herself/himself (and not to the experimenter) that this facilitated formulating general principles leading to problem-solving, causing the problem to be solved better and, therefore, arriving at the final step by using a smaller number of movements.

d) A positive self-concept promotes using strategic learning because as a student's self-concept/confidence improves so more learning strategies are used by a student (just as in adults receiving positive reinforcement), facilitating more in-depth pursuit of information (Núñez *et al.*, 1995).

e) The family: Inducing behaviour in line with academic self-regulation used by parents in their habitual tasks at home should have a significant and positive impact on students' skills perception which are developed in children and this, in turn, on their academic performance in differing curricular areas. Armando Rugarcía has stated that parents and schools, "Don't teach children to make decisions about their lives, to exercise their freedom with responsibility. Such educational aspect must clearly be supported, as critical thought is crucial because it avoids or reduces taking superficial decisions" (Rugarcía, 2001). Kreutzer *et al.*, have shown that such parental implication becomes apparent through four types of behaviour: 1) Modelling is when parents' behaviour offers self-regulation examples in many phases and forms so as to be able to be observed and imitated by their children. They perceive that their parents' show motivation to learn daily, fix objectives to be reached, use strategies for achieving them, direct, revise and adjust their behaviour; 2) Stimulation or motivational support is when parents promote persistence in children when faced with adverse conditions, for example before failure; 3) Facilitation or help is when parents facilitate learning by contributing resources and means to be able to carry out a self-regulated behaviour, i.e. ways of being organised, materials, strategies, etc; and 4) Reinforcement is when parents reward behaviour or patterns implying some degree of self-regulation (Kreutzer *et al.*, 1975). Students' perception of their parents' behaviour regarding the four self-regulation areas (modelling, stimulation, facilitation and reinforcement) have a significant and positive impact on their academic self-concept.

Borkowski & Turner (1990) stated that two fundamental premises link the psychological conditions facilitating metacognition: any cognitive act has motivational consequences and such consequences increase future self-regulation behaviours such as being able to direct learning, controlling the effort that has to be put at stake and efficiently managing emotions (Pintrich, 1995). The fundamental idea underlying these theories and models is

## En español

nejar eficazmente las emociones (Pintrich, 1995). La idea fundamental que subyace a estas teorías y modelos es que la dimensión afectiva interacciona significativamente con la dimensión motivacional en la determinación del esfuerzo que el alumno esté dispuesto a emplear para la puesta en marcha de las variables de orden cognitivo y metacognitivo con el objeto de lograr un aprendizaje óptimo y significativo (Boekaerts, 1996; Borkowski & Muthukrishna, 1992; Borkowski & Thorpe, 1994; García & Pintrich, 1994; McCombs, 1988; Zimmerman y cols., 1996).

La información es mejor comprendida y recordada si el estudiante tiene la oportunidad de discutirla con otros, hacer preguntas, formular hipótesis, analizar, etc. Cuando realizan estas actividades es más difícil que olviden. El intercambio de información entre compañeros que tienen diferentes niveles de conocimiento provoca una modificación de los esquemas del individuo y así se produce un aprendizaje (Baker, 1991). Los estudiantes efectúan un esfuerzo cognitivo continuamente al explorar su conocimiento hasta sus límites, así identifican lo que saben y también lo que ignoran, por lo que se construye sobre lo que realmente saben. La interacción social de los estudiantes en el aula aportan al profesor información útil y necesaria para identificar el estado y las maneras con las cuales los estudiantes están aprendiendo, y al estudiante le permite saber qué y cómo aprende determinado contenido.

## Reflexiones

En la experiencia educativa realizada en el aula se identifican algunas características del conocimiento de los estudiantes sobre los recursos para aprender y la compatibilidad existente entre las demandas de la situación de aprendizaje y esos recursos: 1) Es un conocimiento estable en el tiempo: los estudiantes expresan, en tiempo pasado y presente, desenvolverse mejor en el laboratorio, en la simulación o en el desarrollo de talleres; 2) No es un conocimiento (declarativo y condicional) muy preciso en el momento de expresarlo verbalmente: les resulta difícil dar cuenta de ellos mismos como aprendices (del cuándo y el por qué utilizar X o Y recurso) y de los factores que influyen en el momento de resolver un problema; 3) Se desarrolla tardíamente, generalmente los estudiantes de mayor edad tienen más conocimiento metacognitivo y lo pueden describir mejor que los estudiantes más jóvenes.

El rastreo histórico y epistemológico que se hizo sobre la resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias (precursora de la enseñanza en ingeniería) la candidatiza como una estrategia que favorece la metacognición, por las siguientes razones: 1) Da la posibilidad al estudiante de seleccionar, organizar y relacionar críticamente los contenidos a aprender, utilizando adecuadamente los recursos de que dispone en el diseño de estrategias para lograr el aprendizaje, y a través de éstos crea un vínculo fuerte entre el conocimiento y el estudiante. 2) Propicia individual y grupalmente la reflexión de las propias ideas y las de otros, de manera que pueda pensarlas y expresar una opinión.

Algunas experiencias académicas de trabajos en grupos colaborativos, desarrolladas en la clase de comunicaciones electrónicas, en el programa de ingeniería electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, demostraron que estrategias de enseñanza que involucren la interacción social de los estudiantes

## In English

that the affective dimension significantly interacts with the motivational dimension in determining the effort that a student is willing to use for cognitively and meta-cognitively stating/identifying the variables needed for achieving optimal and significant learning (Boekaerts, 1996; Borkowski & Muthukrishna, 1992; Borkowski & Thorpe, 1994; García & Pintrich, 1994; McCombs, 1988; Zimmerman *et al.*, 1996).

Information is better understood and remembered if a student has the opportunity to discuss it with others, ask questions, formulate hypotheses, analyse, etc.; when they engage in such activities, it becomes more difficult to forget. Exchanging information with partners having different levels of knowledge modifies an individual's sketches and learning takes place this way (Baker, 1991). Students make a continuous cognitive effort when exploring their knowledge until reaching their limits; this is how they identify what to know and also what to ignore, as they build on what they really know. Students' social interaction in the classroom contributes towards teachers' identifying the state and ways through which students learn, and allows students to know what to learn and how certain content can be learned.

## Reflections

Educational experience in the classroom involves some characteristics regarding students' knowledge being identified in terms of their resourcefulness/resources in learning and compatibility between a learning situation's demands and such resources: 1) Stable knowledge. Students express this better in laboratories, in simulations or during workshops; 2) Not very precise knowledge (declarative and conditional) when being expressed verbally. Students find difficulty in accounting for themselves as learners (when and why using X or Y resources) and the factors directly influencing problem-solving; and 3) Knowledge developed too late. Older students generally have more metacognitive knowledge and they can describe it better than younger students.

Historic and epistemological trawling in resolving problems in teaching science (precursor of engineering teaching) chose strategies promoting metacognition for the following reasons: 1) Enabling students to select, organise and relate content which must be critically learned by appropriately using student-prepared resources in designing strategies for effective learning and thereby creating a strong bond with such knowledge; 2) Promoting reflection on their own ideas as well as those of other people in groups and individually so that they can think for themselves and express their own opinions.

Some academic experiences of collaborative group work during electronic communications' classes in the Julio Garavito Colombian School of Engineering's electronic engineering programme have demonstrated that teaching strategies involving students' social interaction are a good method for promoting their

es un buen método para promover el desarrollo metacognitivo de ellos, ya que da la oportunidad a los participantes para participar, escuchar y aportar en una variedad de perspectivas; sin embargo, la carencia de pensamiento reflexivo en otros estudiantes, las opiniones superficiales, el miedo al error, la no identificación de ideas relevantes, etc., también son signos de una metacognición inadecuada que se convierten en una barrera para el aprendizaje; generalmente los estudiantes poseen las capacidades necesarias para aplicar destrezas metacognitivas, pero con frecuencia no son capaces de hacerlo de manera espontánea. La interacción social entre profesor y estudiante, y entre los propios estudiantes, es clave, ya que si se orienta adecuadamente crea un ambiente de confianza, de colaboración y de conversación evaluativa (Duschl, 1994) que posibilita aprender de los demás, dando lugar a la reflexión, a la argumentación, a la negociación de criterios y a la valoración de procedimientos. 3) Favorece la creación de espacios de discusión para que los estudiantes asuman posturas críticas frente a sus propias ideas. 4) La concepción de la evaluación flexible en resolución de problemas tiene una función pedagógica y metacognitiva en cuanto le aporta al profesor información para adecuar su actuación a las necesidades y dificultades del estudiante; y a éste, le sirve para contrastar la realización de sus tareas y con los objetivos que el profesor pretende que alcance.

Los obstáculos más frecuentes de los estudiantes y el profesor para el desarrollo de procesos metacognitivos en el aula son la carencia de una posición crítica por parte de los estudiantes para valorar sus concepciones de aprendizaje y reconocer que en la correlación existe una imagen personal de la ciencia; por parte del profesor, la falta de revisión, reflexión y evaluación de su práctica educativa, la cual lo conduce al camino más fácil de abordar la asignatura a enseñar, desde su experiencia como estudiante; es decir, de continuar con visiones simplistas y persistentes de lo que es enseñar y aprender.

Una forma posible de desarrollar la metacognición en el marco del cambio conceptual consiste, según Gunstone & Northfield (1994), en el empleo de actividades que siguen el esquema predecir-observar-explicar; llegar a comprender que los conocimientos previos guían la observación ya es un objetivo valioso en sí mismo y lo es más si contribuye a que sean conscientes de que sus concepciones sobre el conocimiento científico suelen ser inadecuadas; precisamente la puesta en práctica de actividades en las cuales los estudiantes predecían ciertos fenómenos físicos y después explicitaban las razones de sus predicciones, revelaron que la regulación que tienen los estudiantes de sus procesos de aprendizaje se caracteriza por ser inestable en el tiempo, algunas veces automática, difícil de verbalizar (hacer un reporte de las actividades) e independiente de la edad.

## Discusión

Si el conocimiento metacognitivo aparece a temprana edad y se desarrolla hasta la adolescencia (Garner & Alexander, 1987), se puede afirmar, según lo evidenciado en la experiencia académica, que existen estudiantes metacognitivamente inmaduros; para que el alumno madure en este aspecto es fundamental que en su enseñanza el docente sea capaz de darle un enfoque interdisciplinario, propicie espacios para que los estudiantes reflexionen en forma oral y escrita sobre las experiencias prácticas y sobre el propio aprendizaje, expliciten las percepciones que tienen sobre

metacognitive development, since all-comers are given the opportunity to participate, listen and contribute. However, a lack of reflexive thought in other students, superficial opinions, fear of making mistakes, hampering outstanding ideas being identified, etc., are also signs of inadequate metacognition which becomes a barrier for learning. Students generally have the necessary abilities for applying metacognitive skills, but are frequently not able to apply them spontaneously. Social interaction between teacher and students and amongst students is a key element as, if appropriately guided, it creates an atmosphere of trust, collaboration and promotes conversation (Duschl, 1994) facilitating others learning, giving place to reflection, argument, negotiating criteria and assessing procedures; 3) Promoting the creation of spaces for discussion so that students assume critical postures regarding their own ideas; and 4) The concept of flexible evaluation in problem-solving has a pedagogic and metacognitive function as teachers receive information/feed-back for adapting their performance to students' needs and difficulties. This is good for contrasting how students carry out their tasks with the objectives that a teacher has set them.

The most frequent obstacles facing students and teachers in developing metacognitive processes in the classroom are the lack of students adopting a critical position from which to evaluate their learning concepts and recognise that a personal scientific image is involved in such correlation. Teachers lack revision, reflection and evaluation of their educational practice, leading them to an easier way of approaching the subject to be taught, from their own experience as students (i.e. continuing with simplistic and persistent visions about what is taught and what to learn).

Gunstone & Northfield (1994) have stated that a possible way of developing metacognition within the framework of conceptual change consists of activities following a predict-observe-explain pattern. This implies understanding that previous knowledge guides observation, which is already a valuable objective in itself, and becomes more so if it contributes to students becoming more aware that their concepts regarding scientific knowledge are usually inadequate. In fact, putting activities into practice in which students predict certain physical phenomena and then have to explain the reasons for making their predictions has revealed that students' perception of their own learning is characterised as being unstable, sometimes automatic, difficult to verbalise (reporting activities) and is not related to age.

## Discussion

If cognitive knowledge appears at an early age and is developed until adolescence (Garner & Alexander, 1987), then it can be stated (according to evidence in academic experience) that students are metacognitively immature. So that students mature in this aspect, it then becomes fundamental that teachers can provide them with an interdisciplinary focus, provide spaces for students to reflect orally and in writing on their practical experiences and on their own learning, explain their perceptions regarding their own learning or that of others, use conceptual



su propio aprendizaje o sobre el de otros, utilicen mapas conceptuales para incrementar la comprensión de los contenidos, y formulen preguntas de reflexión sobre la práctica para que sean analizadas individualmente y discutidas en los grupos.

Diversos autores coinciden en afirmar que el tipo de conocimiento involucrado en la resolución de un problema depende del conocimiento específico que tenga el estudiante del área en cuestión (Duell, 1986; Owings y cols., 1980); en este sentido, se concluye que son necesarios los conocimientos declarativos, lingüísticos, semánticos, esquemáticos, procedimentales y estratégicos específicos, para resolver eficientemente los problemas (Carrasco, 1997).

La interacción social de los estudiantes en el aula aportan al profesor información útil y necesaria para identificar el estado y las maneras mediante las cuales los estudiantes están aprendiendo, y a éstos le informan sobre el qué y cómo aprende determinado contenido.

## Conclusiones

A menudo el aprendizaje que da lugar a ideas y creencias metacognitivas es de tipo inconsciente, y se deben diseñar y aplicar metas educativas y enfoques de enseñanza que ayuden a los estudiantes a ser más conscientes de su propia metacognición.

Se destaca que un buen uso del diálogo, de los métodos participativos y del modelamiento del profesor de ingeniería son condiciones necesarias para el desarrollo de estrategias metacognitivas. Además, también son condiciones la precisión en el diseño curricular de las intenciones por medio de la metodología, el análisis del contenido, los objetivos propuestos, entre otros; es decir, tener claros los fines que se proyectan en lo educativo y diseñar la realización del proceso de formación. La pedagogía en metacognición tiene su propia significación y lógica, y, de lo que se trata es de incorporarla como elemento educativo. En este sentido el profesor debe prepararse y dirigir el proceso en esa dirección, intención que no depende de la casualidad, ni de los criterios particulares de éste, sino de todo el proceso de formación.

La habilidad del aprendizaje para toda la vida resulta medular en la estrategia RP. Dicha habilidad se evidencia por el nivel de autodirección alcanzado por los alumnos; es decir, por la forma en que cada individuo es capaz de diagnosticar, planear y ejecutar sus metas de aprendizaje de manera individual o con la ayuda de otros (Knowles, 1975; Schraw, 1994).

## Referencias / References

- ABET., Criteria for accrediting engineering programs., 2005.
- Alonso Tapia, J., Carriedo, N., Problemas de comprensión lectora: evaluación e intervención., En C. Monereo e I. Solé (Coords.), El asesoramiento psicopedagógico: una perspectiva profesional y constructivista. Madrid: Alianza Psicología, 1996.
- Babbs, P.J., Moe, A.J., Metacognition: A key for independent learning from text., *The Reading Teacher*, 36, 1983, pp. 422-426.

maps to increase understanding of content and formulate reflection questions regarding practice for individual analysis and group discussion.

Many authors coincide in affirming that the type of knowledge involved in problem-solving depends on a student's specific knowledge regarding the area in question (Duell, 1986; Owings *et al.*, 1980). It can thus be concluded that specific declarative, linguistic, semantic, schematic, procedural and strategic knowledge is needed for efficient problem-solving (Carrasco, 1997).

Students' social interaction in the classroom contributes towards a teacher obtaining useful and necessary information for identifying the state and ways through which students are learning and informing students about what content to learn and how.

## Conclusions

Learning which produces ideas and metacognitive beliefs is often unconscious and should be designed and applied as should educational goals and teaching focus helping students to be more consciences of their own metacognition.

It should be emphasised that the necessary conditions for developing metacognition strategies would include an engineering teacher's good use of dialogue, participative methods and modelling. Such conditions would also include precision in curricular design, clear intentions through methodology, content analysis, proposed objectives, etc. Goals projected in education have to be clear and designed to promote student (and teacher) formation. Pedagogy in metacognition has its own significance and logic and should be incorporated as an educational element. Teachers should thus also be prepared (in all senses) to address such matters; this represents an intention that does not depend on chance or particular criteria but on the whole integral formation/educational process.

Whole life learning ability is fundamental to problem-solving strategy. Such ability is shown by students' level of self-awareness, i.e. by the way that each individual is able to diagnose, guide and execute his/her individual learning goals or with the help of others (Knowles, 1975; Schraw, 1994).

- Barberá, E., Gómez-Granell, C., Las estrategias de enseñanza y evaluación en matemática., En C. Monereo e I. Solé (Coords.), El asesoramiento psicopedagógico: una perspectiva profesional y constructivista. Madrid: Alianza Psicología, 1996.
- Barbey, A. K., Barsalou, L. W., Reasoning and problem solving models., L. R. Squire (Ed.): *Encyclopedia of Neuroscience*. La Jolla (CA): Elsevier Science, 2009, pp. 35-43.
- Baker, L., Metacognition, reading, and science education., En C. Santa y D. Alvermann (Eds.), *Science learning: Processes and applications*. Newark, DE: I.R.A., 1991.

- Boekaerts, M., Self-regulated learning at the junction of cognition and motivation., *European Psychologist*, 1996, pp. 1, 2, 100-112.
- Borkowski, J.G., Metacognitive theory: A framework for teaching literacy, writing, and math skills., *Journal of Learning Disabilities*, 25, 4, 1992, pp. 253-257.
- Borkowski, J.G., Turner, L.A., Transituational characteristics of metacognition., En W. Schneider y F.E. Weinert (Eds.), *Interactions among aptitudes, strategies, and knowledge in cognitive performance*. New York: Springer-Verlag, 1990.
- Borkowski, J.G., Muthukrishna, N., Moving metacognition into the classroom: "Working models" and effective strategy teaching., En M. Pressley, K.R. Harris y J.T. Guthrie (eds.): *Promoting academic competence and literacy in school*, San Diego: Academic Press, 1992.
- Borkowski, J.G., Thorpe, P.K., Self-regulation and motivation: A life-span perspective on underachievement., En D.H. Schunk y B.J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance. Issues and educational applications*. Hillsdale, NJ.: LEA, 1994.
- Bower, K. C., Ways, T. W., Miller C. M., Small group, self-directed problem based learning development in a traditional engineering program., *Frontiers in Education*, 3(34th Annual). Charleston, SC, Estados Unidos, 2004, pp. S1B/16-S1B/21.
- Brown, A. L., Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms., F. Weinert & R. Kluwe (Ed.): *Metacognition, motivation, and understanding*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1987.
- Brown, A. L., Bransford, J. D., Ferrara, R. A., Campione, J.C., Learning, remembering, and understanding., En J.H. Flavell y E.M. Markman (Eds.), *Cognitive development (Vol. III)*. Handbook of child psychology. New York: Wiley., 1983.
- Burón, J., Enseñar a aprender: Introducción a la metacognición., Bilbao: Ediciones Mensajero, 1996.
- Camps, A., Castelló, M., Las estrategias de enseñanza-aprendizaje en la escritura., En C. Monereo e I. Solé (Coords.), *El asesoramiento psicopedagógico: una perspectiva profesional y constructivista*, Madrid: Alianza Psicología, 1996.
- Carrasco, J.B., *Hacia una enseñanza eficaz.*, Madrid: Ediciones Rialp, 1997.
- Chi, M., Glaser, R., Capacidad de resolución de problemas., En: J. Sternberg, *Las capacidades humanas: un enfoque desde el procesamiento de la información*, Labor, Barcelona, 1986, pp. 293-324.
- Duell, O.K., Metacognitive skills., En G.D. Pyle y T. Andre (Eds.), *Cognitive classroom learning: Understanding, thinking and problem solving*. New York: Academic Press, 1986.
- Duschl, R., Research on the history and philosophy of science., En: D. Gabel (ed.), *Handbook of research on Science Teaching and Learning*. MacMillan, New York, 1994, pp.443-465.
- Efklides, A., Metacognition and Affect: What can Metacognitive Experiences Tell us about the Learning Process? *School of Psychology.*, Aristotle University of Thessaloniki, *Educational Research Review* (1), 2006, pp. 3-14.
- Efklides, A., The systemic nature of metacognitive experiences. Feelings, judgments, and their interrelations., In: P. Chambres, M. Izaute & P.J. Marescaux (Eds.), *Metacognition. Process, function and use*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002, pp. 19-34.
- Efklides, A., Samara, A., Petropoulou, M., Feeling of difficulty: An aspect of monitoring that influence control., *European journal of psychology of education*, XIV(4), 1999, pp. 461-176.
- Flavell, J. H., Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive developmental inquiry., *American Psychologist*, 34. *American Psychologist*, 1976, pp. 906-911.
- Flavell, J.H., Wellman, H.M., Metamemory., En R.V. Kail, Jr. y W. Hagen (Eds.), *Perspectives on the development of memory and cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1977.
- García, T., Pintich, P.R., Regulating motivation and cognition in the classroom: The role of self-schemas and self-regulatory strategies., En D.H. Schunk y B.J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance. Issues and educational applications*. Hillsdale, NJ.: LEA, 1994.
- Gagné, R.M., Smith, E.C., A study of the effects of verbalization on problem solving., *Journal of experimental psychology*, 63, 1962, pp. 12-18.
- Garner, R., Alexander, P.A., Metacognition: Answered and unanswered questions., *Educational Psychologist*, 24, 1987, pp. 143-158.
- González-Pienda, J.A., Núñez, J.C., González-Pumariega, S., García, M., Autoconcepto, autoestima y aprendizaje escolar., *Psicothema*, 9, 2, (1997), pp. 271-289.
- Greenfield, L. B., Student Problem Solving., *Engineering Education*. College of Engineering, 1979, pp. 709-712
- Gunstone, R.F., Northfield, J., Metacognition and learning to teach., *International Journal of science Education*, 16, 1994, pp. 523-537.
- Hatton, M., Developing an Engineering Problem Solving Strategy., *Engineering Education*, New York, 1967, pp. 148-156.
- High, K.A., Dockers, J.E., Perceptions of education students of engineering., *Frontiers in education conference - global engineering: knowledge without borders, opportunities without passports*, 2007. FIE '07. 37th annual. 10-13 Oct. 2007, pp. F2B-13-F2B-14.
- Jonassen, D., Toward a design theory of problem solving., *Educational Technology Research and Development*, Universidad de Pennsylvania, Estados Unidos, 48(4), 2000, pp. 63-85.
- Jorba, J., Sanmartí, N., Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua., *Propuesta didáctica para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*, MEC, Madrid, 1994.
- Knowles, M., *Self-directed learning*. Chicago, Estados Unidos: Association Press., 1975.
- Kreutzer, M.A., Leonard, C., Flavell, J.H., An interview study of children's knowledge about memory., *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 40, 1, Serial N° 159, 1975.
- Lacasa, P., Herranz, P., Aprendiendo a aprender: resolver problemas entre iguales., Madrid: M.E.C., (CIDE), 1995.
- Liztinger, T., Wise, J., Lee, S., Self-directed learning readiness among engineering undergraduate students., *Journal of Engineering Education*, Vol. 2, No. 94, 2005, pp. 215-222.
- Mayer, R., *Pensamiento resolución de problemas y cognición.*, España. Paídos, 1986.
- McCombs, B.L., Motivational skills training: Combining metacognitive, cognitive, and affective learning strategies., En C.E. Weinstein, E.T. Goetz y P.A. Alexander editores. *Learning and study strategies: Issues in assessment, instruction and evaluation*, New York: Academic Press, 1988.

- Metcalf, J., Feeling of knowing in memory and problem solving., *Journal of experimental psychology: learning, memory and cognition*, 12(2), 1986, pp. 288-294.
- Metcalf, J., Wiebe, D., Intuition in insight and noninsight problem solving., *Memory & cognition*, 15(3), 1987, pp.238-246
- Miller, R.B., Behrens, J.T., Greene, B.A., Goals and perceived ability: Impact on student valuing, self-regulation and persistence., *Contemporary Educational Psychology*, 1993, pp. 18, 2-14.
- Monereo, C., Estrategias de enseñanza y aprendizaje., Barcelona: GAÓ, 1994.
- Nickerson, R. S., Perkins, D. N., Smith, E. E., Enseñar a pensar., Aspectos de la actitud intelectual. Barcelona: Paidós, 1990.
- Novak, J.D., Gowin, D.B., Aprendiendo a aprender., Barcelona: Martínez Roca, 1988.
- Núñez, J.C., González-Pumariega, S., Procesos motivacionales y aprendizaje., En J.A. González-Pienda, J. Escoriza, R. González y A. Barca Editores, *Psicología de la instrucción.*, Vol.2: Componentes cognitivos y afectivos del aprendizaje escolar. Barcelona: EUB., 1996.
- Núñez, J.C., González-Pienda, J.A., García, M.S., González, S., García, S.I., Estrategias de aprendizaje en estudiantes de 10 a 14 años y su relación con los procesos de atribución causal, el autoconcepto y las metas de estudio., *Revista Galega de Psicopedagogía*, 1995, pp. 10/11 219-242.
- Owings, R.A., Peterson, G.A., Bransford, J.D., Morris, C.D., Stein, B.S., Spontaneous monitoring and regulation of learning. A comparison of successful and less successful fifth graders., *Journal of Educational Psychology*, 72, 1980, pp. 250-256.
- Pozo, J.I., Gómez, M.A., El asesoramiento curricular en Ciencias de la Naturaleza., En C., 1996.
- Pintrich, P., Understanding self-regulated learning., San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1995.
- Resnick, L., La educación y el aprendizaje del pensamiento., Argentina, Aique,1999.
- Rogoff, B., Aprendices del pensamiento., El desarrollo cognitivo en el contexto social, Barcelona: Paidós, 1993.
- Rugarcía, A., El futuro de la educación en ingeniería, Universidad Iberoamericana-Golfo Centro/Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, UPAEP, México, 2001, p. 46.
- Sauren, A., Van Genderen, M., Problem-based learning at the Eindhoven/Maastricht BME program., *Engineering in Medicine and Biology*\_24th Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society., Proceedings of the Second Joint, (3). Eindhoven/Maastricht, Netherlands, 2002, pp. 65-66.
- Schoenfeld, A., Learning to think mathematically: problem solving, metacognition and sense making in mathematics., *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Macmillan, 1992, pp. 32-45.
- Schraw, G., The effect of metacognitive knowledge on local and global monitoring., *Contemporary Educational Psychology*, 19, 1994, pp. 143-154.
- Tuning América Latina Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina., Universidad de Deusto, Bilbao, 2007.
- Xavier, F., López, A. M., Rosado, L., Cognitive and metacognitive model in electronics engineering teaching., 31th ASEE/IEEE frontiers in education conference, Reno, 10-13 October, 2001.
- Zimmerman, B.J., Bonner, S., Kovach, R., Developing self-regulated learners., *Beyond achievement to self-efficacy*. Washington, D.C.: APA., 1996.
- Zimmerman, B.J., Bandura, A., Matínez-Pons, M., Self-motivation for academic attainment: The role of self-efficacy beliefs and personal goal setting., *American Educational Research Journal*, 29, 1992, pp. 663-76.