

## UNA POSIBLE DEFINICIÓN DE METACOGNICIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

*A Possible definition of metacognition for the teaching of sciences*

**Gastón Pérez** [gastonperezbio@gmail.com]

*Instituto de investigaciones CeFIEC. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
Universidad de Buenos Aires. Argentina.  
Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.*

**Leonardo Martín González Galli** [leomgalli@gmail.com]

*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).  
Instituto de investigaciones CeFIEC. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
Universidad de Buenos Aires. Argentina.  
Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.*

### Resumo

Existe consenso en la comunidad académica en que la metacognición influye en los aprendizajes de los sujetos, así como en su constitución como ciudadanos críticos. No obstante, al ser diversas las áreas que investigan este fenómeno es difícil tener una caracterización consensuada del mismo. El objetivo de este artículo es presentar una posible definición de este constructo que sea útil para la construcción de actividades en ciencias. Desde las investigaciones en enseñanza de las ciencias, y en particular de la biología, presentaremos ejemplos concretos relacionados con la lectura de textos científicos, la resolución de problemas y los obstáculos epistemológicos.

**Palavras-Chave:** Metacognición; obstáculos epistemológicos; didáctica de la biología.

### Abstract

There is consensus in the academic community that metacognition influences the learning of subjects, as well as their constitution as critical citizens. However, since the areas that investigate this phenomenon are diverse, it is difficult to have a consensual characterization of it. The objective of this article is to present a possible definition of this construct that is useful for the construction of science activities. From research in science education, and in particular biology, we will present concrete examples related to the reading of scientific texts, problem solving and epistemological obstacles.

**Keywords:** Metacognition; epistemological obstacles; didactics of biology.

## INTRODUCCIÓN

Existe un acuerdo general entre los didactas de la ciencia sobre la importancia del desarrollo de la metacognición en el aula. Por un lado porque desarrollar conocimientos y habilidades metacognitivas permite a los estudiantes apropiarse de aquellos modelos científicos que son contra-intuitivos para ellos (Kampourakis, 2014; Gelman & Legare, 2011; Grotzer & Mittlefehldt, 2012; Joshua & Dupin, 2005; Malmberg, Järvelä, Järvenoja, & Panadero, 2015; Saab, van Joolingen, & van Hout-Wolters, 2012). Por otro lado porque fomentar procesos metacognitivos en el aula de ciencias aportaría a desarrollar una ciudadanía crítica, en tanto que un sujeto que posee capacidades metacognitivas, podrá tender a la autorregulación de sus propios modos de pensar y tomar decisiones fundamentadas en las cuestiones científicas que se le presenten (Gaskins & Elliot, 2005; Pozo, 2016; Tamayo Alzate, Zona López, & Loaiza Zuluaga, 2017; Vázquez Alonso & Manassero-Mas, 2018).

Sin embargo, si bien hay un acuerdo sobre la importancia de fomentar la metacognición, no hay un consenso sobre la definición del constructo y esto puede traer inconvenientes a la hora de pensar en actividades concretas para el aula. Proust (2013) propone que la no existencia de consenso puede deberse a que la metacognición ha sido estudiada por diversas áreas del conocimiento tales como las neurociencias (Peña Ayala, 2015), la psicología (Brown, 1977; de la Fuente, Zapata, Martínez-Vicente, Sander, & Putwain, 2015; Fletcher & Carruthers, 2012), la psicología social (Briñol & DeMarree, 2012), la educación (Arndt, 2015; Hartman, 2001a; Justi & Maia, 2009; Larson, 2009; Peña Ayala, 2015; Schraw e Impara, 2000; Zohar, 2012), la medicina (Moulin, 2002), la biología animal (Beran *et al.*, 2009), entre otras. Cada una de estas áreas tiene como objeto de estudio el mismo fenómeno: el conocimiento y la regulación de la cognición. No obstante disponen de supuestos, métodos y contextos diferentes lo que implica que la definición del término metacognición será distinta.

Frente a este panorama complejo, como indica Martí (1995), será necesario especificar en cada estudio a qué tipo de conocimientos o de procesos nos referimos al habla de metacognición. De aquí se desprende el objetivo central del presente trabajo: Presentar una posible definición de metacognición que posea utilidad para la enseñanza de las ciencias. Consideramos de valor este emprendimiento dadas diversas cuestiones: la importancia que conceden los investigadores a la metacognición en la enseñanza, la necesidad de consensuar definiciones útiles para problemáticas particulares de la didáctica de las ciencias y la escasa bibliografía en castellano que se encuentra sobre esta temática en nuestra área. Además, creemos que el escrito puede servir de referencia para investigadores principiantes en área o bien, como material de apoyo para las disciplinas asociadas al área.

El artículo estará organizado de la siguiente manera: En primera instancia, presentaremos brevemente los orígenes del término metacognición en el área de la educación para comenzar a delimitar una posible definición que sea útil en pos de la construcción de actividades concretas. Esta delimitación incluirá la articulación de nuestra definición con el concepto de autorregulación y la introducción de las ideas de la metacognición social. Luego, presentaremos algunos tópicos de debate en el área de la metacognición, sobre los que será necesario tomar partido en función de las implicancias didácticas que poseen. Posteriormente, presentaremos algunas ideas sobre la enseñanza de las ciencias con respecto a la metacognición y nos centraremos en tres tópicos relevantes: la lectura de textos científicos, la resolución de problemas y los obstáculos epistemológicos. Sobre cada uno de ellos presentaremos algunas actividades concretas, así como referencias específicas que poseen ejemplos concretos de nuestras propias investigaciones. Particularmente de la didáctica de la biología evolutiva. Finalizaremos el artículo con algunas nociones de índole general que permitan seguir pensando en futuros trabajos.

## **ORÍGENES DE LA METACOGNICIÓN EN LA EDUCACIÓN**

La emergencia de la metacognición como campo de investigación y de aplicación en las instituciones educativas posiblemente respondió a dos cuestiones: (1) Una crisis en el sistema educativo durante los setenta, en la que la escuela no cumplía con las necesidades impuestas por el modo de producción capitalista en plena crisis del Estado de bienestar (González de Requena Farré, 2010; Pozo, 2016); (2) La revolución cognitiva de la psicología que dio impulso y fundamento al desarrollo de las investigaciones en metacognición. Particularmente, a partir de tres marcos teóricos: el procesamiento de la información, la teoría de Piaget y la teoría de Vygotsky (Martí, 1995; Soto Lombana, 2002; González de Requena Farré, 2010).

Hacia finales de los setenta surgen dos líneas de investigación que guiaron la mayoría de las investigaciones sobre metacognición en educación: la propuesta por el psicólogo del desarrollo John H. Flavell y la propuesta por la psicóloga educativa Ann Brown. Para ambos autores todo acto metacognitivo es, en esencia, un acto de reflexión del sujeto acerca de la actividad personal cognitiva que está teniendo lugar o que será posible realizar.

En la época en que Flavell (1979) y Brown (1977) escriben sus artículos paradigmáticos, la mayor parte de las investigaciones sobre el desarrollo metacognitivo eran confinadas al estudio de los mecanismos de la "meta-memoria". Dichos estudios evaluaban las capacidades memorísticas de adultos y niños a partir de juicios como "*Ease-of-learning*" (EOL) o "*Feeling-of-knowing*" (FOK) (Jost, Kruglanski, & Nelson, 1998; Kuhn, 2000; Proust, 2013). Una de las limitaciones de estos test es que evalúan un conocimiento de tipo estático, dejando por fuera muchos otros aspectos de la actividad personal cognitiva.

Es así como, los modelos de Flavell y Brown, se instalan en la investigación considerando otros aspectos, además de la “meta-memoria”, que no se habían tenido en cuenta hasta el momento. Ambos modelos se caracterizan por su flexibilidad y dinamismo, ya que permiten a los investigadores incorporar nuevas y distintas dimensiones a sus preguntas sobre la metacognición.

Para Ann Brown (1977) la metacognición involucra el conocimiento sobre la propia cognición, lo que incluye múltiples habilidades (meta-memoria, meta-atención, meta-aprendizaje, entre otras), así como un control consciente sobre ella. Para esta autora, muchas de las habilidades metacognitivas son transversales, ya que son aplicadas de diversas maneras a diferentes situaciones de resolución de problemas. Chequear los resultados de una operación para saber su efectividad, auto-preguntarse sobre lo que se está haciendo, son ejemplos de estas habilidades. Esta autora distingue como fenómenos metacognitivos al conocimiento y a la regulación sobre la cognición. Retomaremos esta distinción en el próximo apartado.

Por su parte, Flavell (1979) define metacognición como la cognición sobre los fenómenos cognitivos. Para este autor el monitoreo de la cognición ocurre a partir de la acción e interacción entre 4 elementos: (1) El conocimiento metacognitivo, (2) Las experiencias metacognitivas, (3) Los objetivos de las tareas y (4) las acciones o estrategias utilizadas. El “Conocimiento metacognitivo” consiste en el conocimiento o las creencias sobre qué factores actúan e interactúan para afectar el curso y los resultados de las actividades cognitivas. Cabrían destacar tres factores mayoritarios: la persona, la tarea y las estrategias. Ejemplos de “Conocimiento metacognitivo” podrían ser: conocer que existen varios grados y tipos de entendimiento (atender, recordar, comunicar, resolver problemas); asumir que se puede no entender y a veces entender mal, entre otros. Las “Experiencias metacognitivas” corresponderían a aquellas situaciones donde se pone en juego el conocimiento metacognitivo. De esta manera, las primeras pueden retroalimentar al segundo, así como tener efectos sobre los objetivos y el desempeño en las tareas cognitivas. Durante una “Experiencia metacognitiva” se es consciente sobre el conocimiento metacognitivo asociado a una determinada tarea, de tal manera que se pueda seleccionar entre varias estrategias cognitivas para resolverla. Y así, mientras se va resolviendo se puede ir monitoreando el progreso en la concreción del objetivo de dicha tarea.

Cada uno de estos dos marcos releva aspectos de la metacognición que son diferentes. En este sentido, los investigadores del área optan por tomar como referencia a alguno de ellos. Es por ello, que consideramos importante, tal como aclarábamos en la introducción, especificar aún más la definición del concepto de metacognición que utilizaremos, según los objetivos que queremos alcanzar. Los aportes de estos dos investigadores son lo suficientemente flexibles como para permitirnos enfocar en una posible definición útil para la enseñanza de las ciencias, y particularmente de la biología.

## **UNA POSIBLE DEFINICIÓN DE METACOGNICIÓN**

Un modo de definir el concepto de metacognición, de utilidad para la enseñanza de las ciencias como mencionaremos en el resto del artículo, es caracterizarlo a partir de dos dimensiones: Conocimiento metacognitivo y regulación metacognitiva (Brown, 1977; Eldar & Miedijensky, 2015; Ford & Yore, 2012; Grotzer & Mittlefehldt, 2012; Martí, 1995; Monereo, Castelló, Clariana, Palma, & Pérez, 2012; Muria Vila, 1994; Pintrich, 2002; Pozo, 2016; Schraw, 2001; Schraw & Moshman, 1995; Schraw, Olafson, Weibel, & Sewing, 2012; Schraw & Gutierrez, 2015; Soto Lombana, 2002; White, Frederiksen & Collins, 2009). Es importante destacar, que lo que presentamos es sólo un modo posible de definir la metacognición. Existen otros modos que rescatan otros aspectos del fenómeno, según sus propios objetivos de investigación (Ver por ejemplo, Anderson y Nashon, 2007 o Eldar y Miedijensky, 2015). No obstante, consideramos que este modo, además de contar con consenso entre diversos investigadores del área, es útil para pensar en actividades concretas para el aula de ciencias.

### **Conocimiento metacognitivo**

Es el conocimiento que tienen los sujetos sobre la cognición propia, de otros o en general. Estos conocimientos suelen ser relativamente estables (lo que se sabe sobre la propia cognición no suele variar de una situación a otra), tematizables y verbalizables (uno puede reflexionar y discutir con los otros lo que sabe sobre la cognición, siendo capaces de verbalizarlo), a menudo falibles (se pueden tener ideas o creencias equivocadas sobre la cognición) y de desarrollo tardío (requiere que la persona considere como objeto de conocimiento los procesos cognitivos y que pueda reflexionar sobre ellos).

Pueden distinguirse tres componentes dentro del conocimiento metacognitivo:

(1) Conocimiento declarativo. Es un saber qué. Corresponde a todo aquel conocimiento que pueda explicitarse sobre lo que se sabe y lo que no se sabe: sobre uno como aprendiz, sobre los factores que influyen en su desempeño, etc. Ejemplos: Sé qué es un gen, sé cuáles son las limitaciones de la memoria, no sé qué es un alelo.

(2) Conocimiento procedimental. Es un saber cómo. Implica el conocimiento que se tiene sobre cómo utilizar diversas estrategias para abordar una tarea. Ejemplos: Sé como tomar apuntes, sé cómo usar una analogía cuando aprendo, sé como confeccionar un cuadro de Punnet.

(3) Conocimiento condicional. Es un saber cuándo y por qué. Es el conocimiento sobre cuándo y por qué utilizar una determinada estrategia. Ejemplo: Sé qué para el examen de la semana que viene me conviene hacer un resumen porque yo aprendo haciéndolo.

Estos dos últimos componentes se asocian a lo que Flavell denominó “conocimiento sobre la tarea” y “conocimiento sobre las estrategias”. Y también son parte fundamental del modelo MSK (*Metastrategic Knowledge*) propuesto por Anat Zohar (2012).

### **Regulación metacognitiva**

Son los procesos de control ejecutivo de la propia cognición que ayudan al desarrollo de la tarea y el aprendizaje. A diferencia del conocimiento metacognitivo, la regulación es entendida de manera dinámica. Algunos autores denominan a esta dimensión como “*Metacognitive Skills*” (Ben-David & Orion, 2013; Efklides, 2006; Zohar, 2012). Los aspectos relacionados con la regulación de la cognición suelen ser relativamente inestables (el sujeto los puede ir modificando, desarrollando y ampliando a través de la tarea lo que los hace dependiente del tipo de tarea), no necesariamente tematizables o verbalizables (la persona puede guiar y controlar sus propios procesos cognitivos sin ser capaz de describirlos o de reflexionar sobre ellos) y relativamente independientes de la edad (niños de diferentes edades y adultos muestran todos ellos procesos de regulación).

También se distinguen tres componentes dentro de la regulación metacognitiva:

(1) Planeación. Son los procesos que se realizan antes de abordar la tarea y refiere a aquellas actividades anticipatorias necesarias para abordarla. Por ejemplo definir objetivos, establecer qué pide la consigna y para qué, seleccionar estrategias que se utilizarán para resolverla, activar el conocimiento previo, hacer predicciones, asignar recursos, planificar el trayecto, consensuar los criterios de evaluación.

(2) Monitoreo. Son procesos de regulación que ocurren mientras se está realizando la tarea y que refieren a la propia consciencia sobre la comprensión o la performance en una tarea. Por ejemplo revisar el plan a medida que se avanza, monitorear y chequear el progreso según los objetivos, controlar el manejo del tiempo.

(3) Evaluación. Son procesos que ocurren luego de finalizada la tarea y refieren a la valoración de los productos y procesos regulatorios del aprendizaje. Por ejemplo evaluar el trabajo a partir de los objetivos propuestos en el momento de la planeación, interpretar el resultado, discutir y reflexionar sobre el proceso de aprendizaje.

Monereo *et al.* (2012) proponen que la aplicación consciente y eficaz de este sistema de regulación es el origen del conocimiento metacognitivo condicional. En este sentido los autores afirman que toda actuación estratégica se efectuaría en función de un conocimiento condicional que el alumno construye para la ocasión o re-actualiza parcialmente si las circunstancias tienen elementos parecidos a los de otra situación en las que se utilizó eficazmente la estrategia.

A continuación, enmarcaremos la definición propuesta en el panorama más amplio del campo de investigación en metacognición. Propondremos como se articula con los marcos teóricos de la autorregulación y de la metacognición social.

## HACIA EL CONCEPTO DE AUTORREGULACIÓN

Algunos autores proponen que las dimensiones que hemos utilizado para la definición de la metacognición (conocimiento y regulación de la cognición) dejan por fuera otros aspectos involucrados en los procesos de aprendizaje, tales como los asociados a la afectividad. Frente a esto es que plantean una tercera dimensión denominada “experiencias metacognitivas” (Ben-David & Orion, 2013; Efklides, 2006, 2009; Pintrich, 2002; Pintrich, Wolters, & Baxter, 2000; Saldaña & Aguilera, 2003). Si bien Flavell (1979) hizo referencia a esta idea, la realidad es que en estos otros autores toma fuerza la incorporación de una dimensión ligada a lo afectivo. En este sentido, es que las “experiencias metacognitivas” aluden a situaciones donde se reflexiona de manera consciente sobre la propia cognición en el desarrollo de una tarea en determinados escenarios y en relación con los sentimientos que esta tarea produce: sentimientos de familiaridad, dificultad, confianza, satisfacción o voluntad. Puede pensarse que esta dimensión de las “experiencias metacognitivas” es parte del conocimiento metacognitivo declarativo, sin embargo estos autores insisten en distinguirlos para darle más peso al papel de lo afectivo en la metacognición. Es así como Pintrich *et al.* (2000) distinguen entre lo que denominan una cognición fría (Ejemplo: conocer que es necesario prestar atención para entender algo) y una cognición caliente que implica aquellas ideas relacionadas con lo motivacional, el autoestima (Ejemplo: Conocer que uno es mejor en tareas de monitorización cuando le interesa la temática; Conocer que uno es mejor en resolver problemas que un compañero).

Las experiencias metacognitivas transmiten información de la tarea de manera cognitiva y afectiva, lo que dispara una regulación dual que guía el proceso regulatorio. Por ejemplo, los sentimientos de familiaridad (*Feeling of familiarity*), que refiere al sentimiento sobre la familiaridad de la actividad y la fluidez del procesamiento se asocian a un efecto positivo que permite la fluidez en la accesibilidad de la información. Por su lado los sentimientos de dificultad (*Feeling of difficulty*) permiten la interrupción del proceso si hay un error o falta de respuesta a la tarea, asociándose a un efecto negativo en los sujetos que aprenden. Generalmente la precisión de estos juicios suele ser baja, pero suele mejorar con la práctica, lo que permite un mejor control sobre los aspectos motivacionales, de esfuerzo o voluntad que pueden funcionar como facilitadores o como inhibidores del aprendizaje (Efklides, 2006; Gaskins y Elliot, 2005; Hartman, 2001a; Pintrich, 2002; Pintrich *et al.*, 2000; Velayutham, Aldridge, & Fraser, 2011).

En función de lo anterior es que, además de la regulación de la dimensión cognitiva, puede existir una regulación emocional voluntaria. De esta manera el uso del término autorregulación corresponderían a procesos más amplios a los que tradicionalmente hizo referencia la metacognición en tanto que involucraría además procesos asociados al control, monitoreo y regulación de otros factores que pueden influenciar el aprendizaje como la motivación, el esfuerzo o la voluntad (Efklides, 2009; Hofmann, Schmeichel & Baddeley, 2012; Klimenko & Alvares, 2009; Panadero & Alonso-Tapia, 2014; Pintrich *et al.*, 2000; Zimmerman, 2000). Incluso aparecen otras dimensiones como ser el conocimiento y la regulación sobre el contexto en el que se genera la actividad (recursos disponibles, ambiente de la clase, características del docente) (Maximo Pereira & Andrade, 2012; Monereo *et al.*, 2012; Gaskins & Elliot, 2005; Whitebread & Grau Cárdenas, 2012), o sobre la conciencia y regulación del comportamiento (De la Fuente *et al.*, 2015; Hofmann *et al.*, 2012; Hogan, Dwyer, Harney, Noone, & Conway, 2015). Estas distinciones dan cuenta de procesos muchos más amplios y complejos, que también pueden ser tenidos en cuenta cuando se está fomentando la metacognición en un aula de ciencias.

Lo que puede concluirse entonces, a partir de los autores citados, es que nuestra definición de metacognición está enmarcada en procesos más amplios de autorregulación que, además, implican una conciencia y regulación de procesos motivacionales y afectivos. Es así que se define a un estudiante autorregulado como aquel que puede regular el proceso de aprendizaje de forma intencional, en tanto que conoce sus habilidades, los conocimientos que posee, sabe qué deben hacer para aprender, ha aprendido a monitorizar sus formas de estudiar, ajusta sus conductas y actividades a las demandas de estudio, es capaz de evaluar su propio progreso en relación con los objetivos que se propuso y acomodar su actividad según los resultados de esta autoevaluación; está motivado para aprender y es capaz de regular su motivación o las frustraciones, entre otras. Por todo ello, la autorregulación del aprendizaje, resulta fundamental en la comprensión de los modelos científicos (Campanario *et al.*, 1998; Jorba & Casellas, 1997; Klimenko & Alvares, 2009; Núñez, Solano, González-Pienda & Rosário, 2006; Whitebread & Grau Cárdenas, 2012).

## EL CONCEPTO DE METACOGNICIÓN SOCIAL

Hasta el momento hemos dado un marco a nuestra definición de metacognición, en un fenómeno más complejo y amplio como es la autorregulación. En este sentido, podemos mencionar que la definición que propusimos tiene un sesgo más bien de tipo racional. Por otro lado, es importante considerar que tradicionalmente la metacognición se ha entendido de manera individual. En tal sentido, cuando pensamos en el aula de ciencias, es interesante considerar a los procesos metacognitivos dentro de un ambiente social (Grau & Whitebread, 2012; Jost *et al.*, 1998). Así, hace algunos años surge el concepto de metacognición social que, al igual que para el caso de la metacognición individual, tampoco posee por consenso un significado unívoco.

Rogat y Linnenbrink-Garcia (2011) proponen que para hablar de este tipo de regulaciones es necesario distinguir qué es lo que se está regulando y quiénes son los que están regulando. En el primer caso, retomado por Saab *et al.* (2012), se debe distinguir si lo que se regula es la tarea a resolver (*task regulation*) o a los miembros del grupo (*team regulation*). El primero tiene como objetivo regular las actividades cognitivas durante el aprendizaje y el segundo implica la coordinación de la colaboración entre los estudiantes para chequear las opiniones de los otros.

Con respecto a quiénes son los que están regulando diferentes autores proponen distintos niveles (Chan, 2012; DiDonato, 2013; Iiskala, Vauras, & Lehtinen, 2004; Iiskala, Vauras, Lehtinen, & Salonen, 2011; Malmberg *et al.*, 2015; Panadero & Alonso-Tapia, 2014; Panadero & Järvelä, 2015; Ramírez & Onrubia, 2016; Ramos & Verde, 2006; Rogat & Linnenbrink-Garcia, 2011; Saab *et al.*, 2012). Podemos agruparlos en tres:

- Nivel individual. La regulación se entiende como un proceso intra-personal que tiene como objetivo regular los procesos cognitivos individuales durante el aprendizaje en grupos. Se asocia a los estudios de metacognición tradicionales que hemos comentado antes. En la investigación en este nivel, aunque se tiene en cuenta el contexto, el foco está en cómo el alumno reflexiona sobre su propia cognición.
- Nivel diádico. Corresponde a una co-regulación (*co-regulation*) entre dos o más actores (alumno, profesor, etc.), quienes comparten la resolución de la tarea. El foco está en la intervención de un miembro del grupo que se dirige a otro de forma estratégica para conseguir las metas. En la co-regulación se enfatiza que la regulación la hace un otro, de esta manera hará preguntas de monitorización, de evaluación a su compañero quien se enfocará en la tarea. Cuando la regulación se realiza en una única dirección se denomina “regulación a otro” (*other regulation*) (DiDonato, 2013; Rogat & Linnenbrink-Garcia, 2011). En este caso, el objetivo de este tipo de co-regulación es que el miembro menos regulado transite hacia un estado más autónomo de regulación acompañado por un miembro más regulado.
- Nivel grupal. Corresponde a una regulación interpersonal que es denominada de diferente manera según los autores: *Social metacognition* (Jost *et al.*, 1998), *Metacognitive collaboration* (Hogan *et al.*, 2015), *Socially-shared metacognition* (Iiskala *et al.*, 2004, 2011), *Socially shared regulation of learning* (Panadero & Alonso-Tapia, 2014; Panadero & Järvelä, 2015). En este caso son múltiples otros los que regulan la actividad colectiva, lo que facilita una gestión compartida por todos los miembros del grupo en pos de unos objetivos, planes y estrategias negociadas. Implica un nivel social de conciencia y regulación metacognitiva sobre los procesos cognitivos de todos los miembros del grupo durante la resolución de la actividad. También sobre los procesos afectivos, manteniendo interacciones socioemocionales positivas durante la colaboración, escuchando y considerando las opiniones de todos (Chiu & Kuo, 2009; Malmberg *et al.*, 2015).

Cualquiera de estos niveles no debe considerarse como aislados o reducirse uno a otro, sino que deben entenderse en una sinergia que permite la emergencia de diversos tipos de regulaciones durante la resolución de una tarea en la clase (Grau & Whitebread, 2012; Iiskala *et al.*, 2011; Siegel, 2012).

El surgimiento de los procesos involucrados en la metacognición social en una clase depende, entre otras cosas, de los tipos de tareas que se les propongan a los estudiantes. Dichas tareas deben ser más demandantes que las tradicionales (Grau & Whitebread, 2012; Iiskala *et al.*, 2004, 2011; Volet, Summers, & Thurman, 2009); debe existir un feedback e instrucciones explícitas con respecto al trabajo colaborativo y a los objetivos, promoviendo la cooperación en la resolución de la tarea (Hogan *et al.*, 2015; Järvelä *et al.*, 2015; Thompson & Cohen, 2012); se deben propiciar espacios para que los estudiantes puedan hacer

explícitos sus pensamientos con oportunidades de compartir y revisar lo que se entiende (Chan, 2012; Järvelä & Järvenoja, 2011; Volet *et al.*, 2009).

Para finalizar, consideramos de importancia mencionar que esta perspectiva de la metacognición social permite tener una mirada diferente tanto en la investigación en el área, así como en las propuestas didácticas que se llevan a cabo en el aula. En los trabajos tradicionales sobre metacognición, la unidad de análisis es el individuo, con lo que los aspectos sociales de la regulación o bien están ausentes de la recolección de datos o se examinan por separado en las investigaciones. En términos de las clases de ciencias, las actividades suelen centrarse en la regulación individual (Grau & Whitebread, 2012; Hogan *et al.*, 2015). No obstante, en el otro extremo se encuentra también las perspectivas socio-culturales que dejan en segundo plano lo individual absorbido por lo colectivo, convirtiéndose también en una representación reduccionista de la realidad (Salomon, 1993).

## **ALGUNOS TÓPICOS DE DEBATE EN EL ÁREA**

De la misma manera que pensar en términos individuales repercute en los modos de investigar la metacognición o bien en la construcción de propuestas didácticas concretas, es que existen otros supuestos que también podrían estar influyendo. Los que mencionaremos se encuentran en debate en la investigación sobre metacognición, pero consideramos importante estar atentos a ellos por las implicancias didácticas que poseen.

### **La distinción entre cognitivo y metacognitivo**

Al resolver un problema de genética, posiblemente se analice de forma consciente el enunciado para saber con cuál de las llamadas “Leyes de Mendel” se corresponde el problema. Esto permite planificar los tipos de procedimientos cognitivos a emplear para resolver el problema, así como los conocimientos que son necesarios para poner en juego. El empleo de estos procedimientos constituye una actividad cognitiva, mientras que la planificación de los mismos en función de los objetivos del problema es una clara actividad metacognitiva. Se podrían encontrar otros muchos ejemplos como éstos, que muestran la diferencia entre una actividad metacognitiva y una actividad cognitiva. Pero son numerosos también los ejemplos en los que la frontera se desdibuja y en los que una misma conducta puede desempeñar, según el caso, funciones cognitivas o metacognitivas. En el ámbito de la comprensión lectora, que retomaremos más adelante, una serie de actividades del lector (establecer el objetivo de la lectura, identificar ideas importantes, activar conocimientos previos, evaluar su nivel de comprensión, etc.) suelen ser consideradas por muchos autores como “estrategias metacognitivas”, mientras que por otros como meras estrategias cognitivas. Una determinada conducta (por ejemplo buscar los puntos principales de un texto) puede ser considerada como una manera de alcanzar un objetivo (actividad cognitiva) o como una manera de controlar el proceso de lectura (actividad metacognitiva de tipo regulador) (Gaskins y Elliot, 2005; Martí, 1995).

El punto de vista adoptado influye tanto en la caracterización del proceso como en el tipo de actividades que se propone a los estudiantes. Para autores como Flavell (1979) o Schraw y Moshman (1995), los procesos de regulación que tienden a planificar, monitorear y evaluar la tarea son metacognitivos, mientras que para autores como Kuhn (2000, 2012) son meros procesos cognitivos. Frente a esta distinción diferentes autoras (Iiskala *et al.*, 2011; Zohar, 2012) proponen salvar la discusión aclarando el contexto en el que se está evaluando el proceso. Es por ello que se considera que la diferencia entre metacognición y cognición es relativa más que absoluta. Sin embargo es importante entender la interdependencia existente entre las habilidades metacognitivas y las cognitivas (Corrêa, Passos, & Arruda, 2018; Ley Fuentes, 2014; Maturano, Macías, & Soliveres, 2002; Ritchhart, Church, & Morrison, 2014; Swanson, 1990).

Según la definición de metacognición que aportamos en apartados anteriores, podemos mencionar que las habilidades metacognitivas, en gran medida, se basan en los procesos cognitivos de orden inferior. Por ejemplo, la monitorización mientras se lee requiere de procesos verbales y vocabulario, la evaluación o reflexión requiere de procesos cognitivos como el hacer comparaciones (Correa Zamora, Castro Rubilar, & Lira Ramos, 2004; Iiskala *et al.*, 2011; Klimentko y Alvares, 2009; Veenman, 2012). Teniendo en cuenta esto, una posibilidad es entender que habilidades como registrar información, inferir, comparar, analizar, codificar información, recuperar información, prestar atención o resolver problemas, son habilidades de tipo cognitivas. Mientras que habilidades tales como planear, monitorear, evaluar, chequear, recapitular, reflexionar, identificar dificultades o autoevaluar son de tipo metacognitivas.

A su vez, dentro de las que denominamos habilidades metacognitivas también existe debate sobre aquellas que podrían considerarse simples o de bajo orden y aquellas complejas o de alto orden (Veenman, 2012; Zohar, 2012). Por ejemplo, para Kuhn (2000, 2012) las habilidades de alto orden corresponden a lo que ella denomina pensamiento científico que implicaría que los sujetos puedan hacerse consciente de como saben lo que saben, de examinar relaciones entre afirmaciones y pruebas; de formular juicios sobre esas relaciones.

Consideramos que el posicionamiento sobre la distinción cognitivo-metacognitivo se torna útil para pensar en una progresión en la enseñanza de las habilidades metacognitivas. Esto implicaría revisar distintos tipos de actividades metacognitivas y organizar su implementación en relación con la demanda metacognitiva que genera. Recordando siempre en los contextos en que estamos planificando la actividad. Ejemplos de esta progresión pueden encontrarse en Pérez & González Galli (en prensa).

### **Generalidad vs. especificidad de las habilidades metacognitivas**

Para algunos autores, la especificidad de las habilidades se relaciona con que están asociadas a un determinado conocimiento dominio-específico que activa y regula las actividades de resolución de problemas (Martí, 1995; Mayer, 2001; Sternberg, 2001; Veenman, Elshout, & Meijer, 1997; Veenman, 2012; Whitebread & Grau Cárdenas, 2012). En la otra posición, se encuentran los autores que consideran que las habilidades metacognitivas como planear, monitorear o evaluar son de dominio general. La generalidad aparecería cuando luego de haber aprendido estrategias específicas en muchos dominios, éstas se abstraen y generalizan. Para lograr esto es clave una mayor conciencia metacognitiva sobre la estrategia de manera que ésta se encuentre más disponible al realizar una tarea y, por lo tanto, aumentar la probabilidad de que el usuario reconozca la aplicabilidad de la estrategia en otros contextos (Pintrich, 2002; Grotzer & Mittlefehldt, 2012). No obstante, cabe aclarar que, los casos de transferencia no suelen estar bien documentados en la investigación científica, y los pocos ejemplos que hay muestran más bien una baja probabilidad de transferencia (Baker & Cerro, 2000; Gaskins & Elliot, 2005).

Desde la psicología cognitiva, asociada a los procesos biológicos evolutivos, Cosmides y Tooby (2002) apoyan la idea de una cognición dominio-específica a partir del modelo de evolución por selección natural. Dichos autores plantean que es equivocado suponer mecanismos de dominio general, y que la biología evolutiva puede aportar razones por las cuales resulta poco plausible y poco económico pensar que la mente humana sea una máquina equipotencial, dotada para todos los propósitos. Pero frente a esto, algunos autores (García, 1998; Monereo *et al.*, 2012) aún admitiendo lo propuesto por los autores anteriores, proponen posible la construcción de habilidades de carácter general si en el aprendizaje se potencian la metacognición y los procesos de transferencia de las adquisiciones de unos dominios a otros y de unas situaciones a otras.

En cualquier caso, la tendencia en este último tiempo es asumir que lo que un sujeto puede pensar está restringido por el propio conocimiento del contenido, y por tanto son interdependientes (Arndt, 2015; Gaskins & Elliot, 2005; Monereo *et al.*, 2012). En este sentido las investigaciones relevadas por Zohar & Barzilai (2013) en su review, proponen que tanto el conocimiento metacognitivo como la regulación metacognitiva son ambos de dominio general pero también específico. Y sustentan la hipótesis de que la regulación metacognitiva se desarrolla dentro de tareas específicas y gradualmente se generaliza a múltiples dominios.

Pensar sobre la posible generalidad o especificidad de las estrategias metacognitivas influirá directamente en los aspectos didácticos de su enseñanza. En este sentido, se abren dos cuestiones para las cuales la investigación todavía no ha llegado a un consenso. Por un lado, si nos posicionamos en que los estudiantes construyen estrategias metacognitivas dominio-específicas y que éstas son difíciles de transferir a otros contextos, cabe preguntarse en qué medida los estudiantes son competentes en dichas estrategias. Por otro lado, en cuanto al modo de enseñarlas, influye fuertemente la caracterización que de ellas hagamos. Si se considera que las estrategias metacognitivas son de carácter general bastará con enseñarlas en algún curso aparte de cualquier asignatura tradicional. Se esperará entonces que al aprender dichas estrategias, los estudiantes las transfieran a cada área del conocimiento en las clases que se enfoquen en enseñar contenidos solamente. Si se considera a las estrategias metacognitivas como dominio específicas, entonces será necesario enseñarlas dentro de las asignaturas, como parte indisoluble de la enseñanza de los contenidos (Arndt, 2015; Gaskins & Elliot, 2005).

## **IMPLICANCIAS PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS**

Hasta el momento hemos planteado una posible definición de metacognición. Luego, la hemos enmarcado mostrando su articulación con conceptos como autorregulación y metacognición social. Posteriormente, consideramos algunos supuestos que son útiles para pensar en la enseñanza. En este apartado retomaremos lo mencionados, para precisar algunas implicancias para la didáctica de las ciencias.

Lo primero que consideramos importante mencionar, es que diversos autores acuerdan en la potencialidad de fomentar la metacognición en las clases de ciencias por diversos motivos. El más general es que permitirá a los estudiantes transitar desde un aprendizaje implícito (característico de un alumno novato), donde las decisiones tomadas no son conscientes ni reflexivas, a un aprendizaje explícito (de carácter experto), caracterizado por la conciencia y regulación sobre el uso de estrategias de aprendizaje, así como de sus modos de pensar, fomentando así una mirada crítica sobre el mundo que los rodea. En última instancia, un sujeto que posee capacidades metacognitivas, podrá tender a la autorregulación de sus propios modos de aprender y tomar decisiones fundamentadas en las cuestiones científicas que se le presenten (Gaskins & Elliot, 2005; Pozo, 2016; Alzate *et al.*, 2017).

Un motivo más específico, asociado al desarrollo de la conciencia “experta” sobre el uso de estrategias, es que fomentar la metacognición en el aula de ciencias permite a los sujetos mejorar los caminos de resolución de la tarea e incluso encontrar nuevos (Gaskins & Elliot, 2005; Hartman, 2001b; Monereo *et al.*, 2012; Muria Vila, 1994; Núñez *et al.*, 2006; Ritchhart *et al.*, 2014; Swanson, 1990). A su vez, las actividades metacognitivas permiten alcanzar una mayor comprensión de los contenidos (Blank, 2000; Tobias & Everson, 2009; Zohar & Barzilai, 2013). Además, tienden a aumentar la motivación a partir de la reflexión sobre los propios modos de aprendizaje (Gaskins & Elliot, 2005) e incluso permiten construir un grado mayor de autonomía, autoestima y seguridad (Arndt, 2015). Esto último está relacionado con la construcción de un pensamiento crítico a partir de la auto-corrección y la reflexión sobre el conocimiento que está implícito en la acción (Tamayo Alzate *et al.*, 2017). Sobre esto último plantearemos ejemplos con respecto a la enseñanza de la biología evolutiva.

La tarea de fomentar la metacognición en las clases para acercarnos a estos objetivos antes mencionados, no está exenta de dificultades. Una de ellas reside en la enseñanza tradicional a la que fueron sometidos los estudiantes durante años, basada en la transmisión-recepción de información, que auspicia un aprendizaje predominantemente conceptual, memorístico, descontextualizado, acrítico e irreflexivo. En la escuela se dedica poco tiempo a aprender a aprender, porque en nuestra tradición escolar se asume que, por un lado, no es necesario ya que basta con acumular saberes para que estos transmuten y generen la capacidad de usarlos (Pozo, 2016) y, por otro, que la reflexión sobre las concepciones de los estudiantes o sus experiencias no es importante (Tamayo Alzate, 2006b). Esta situación pone a los estudiantes en un rol pasivo frente a su propio aprendizaje. De esta manera consideran (incluso al igual que muchos docentes) la instrucción metacognitiva como irrelevante (Ben-David & Orion, 2013; Campanario *et al.*, 1998; García Carmona, 2012; Kuhn, 2012; Sternberg, 2001; Tamayo Alzate, 2006b).

Para hacer frente a esta situación, y alcanzar los objetivos anteriormente mencionados, la enseñanza basada en metacognición, debería cumplir con ciertas características:

(1) Se debe informar a los alumnos de su beneficio, explicitando los propósitos de este tipo de enseñanza no tradicional, así como de las estrategias en particular (Arndt, 2015; García Carmona, 2012; Gaskins & Elliot, 2005; Jorba & Casellas, 1997; Veenman, 2012; Zohar & Barzilai, 2013).

(2) La enseñanza de las estrategias metacognitivas debe ser explícita, haciendo conscientes a los estudiantes de sus propios procesos de pensamiento cuando se está resolviendo una tarea (Arndt, 2015; Hartman, 2001a; McKeown & Beck, 2009; Muria Vila, 1994; Ritchhart *et al.*, 2014).

(3) Esta forma de enseñanza debe ser mantenida en el tiempo y ser transversal a todas las asignaturas (Veenman, 2012; Zohar, 2012).

(4) El docente debe modelar las estrategias metacognitivas, esto es verbalizarlas haciendo visible su pensamiento en la clase ofreciendo la oportunidad a los estudiantes de oír y aprender sobre cómo utilizar las estrategias (Gaskins & Elliot, 2005; Hartman, 2001a; Monereo, 2003; Muria Vila, 1994; Schraw, 2001; Ritchhart *et al.*, 2014; Zohar & Barzilai, 2013).

(5) Las actividades presentadas para activar la metacognición deben ser desafiantes para los estudiantes (Arndt, 2015; Dye & Stanton, 2017).

Para distintos autores (Gaskins & Elliot, 2005; Monereo *et al.*, 2012; Monereo, 2003; Zohar & Barzilai, 2013) el descubrimiento en solitario que puede efectuar el alumno cuando reflexiona sobre sus procesos mentales de aprendizaje es limitado. Es por ello que consideran necesaria una enseñanza de forma explícita que permita fomentar esta reflexión. Por ejemplo, a partir del establecimiento de metas o de planes de acción para abordar una tarea, la identificación de las dificultades durante el aprendizaje y su formulación como un problema, la autoevaluación del grado de comprensión, el autocuestionamiento para comprobar en qué medida se domina un tema, la evaluación de las probables dificultades al responder las preguntas de un examen, la justificación del uso de cierta estrategia frente a otras en términos de su eficacia (Blank, 2000; Gaskins & Elliot, 2005; Hartman, 2001c; Kuhn, 2012; Monereo *et al.*, 2012).

Dentro de la enseñanza explícita que plantean estos autores, queda claro que si los estudiantes fallan en diferenciar que saben o aprendieron de lo que no saben o necesitan aprender, no puede esperarse que empleen estrategias metacognitivas más avanzadas como planificar, evaluar su aprendizaje o emplear estrategias más eficientes de aprendizaje (Tobias & Everson, 2009; Ritchhart *et al.*, 2014). García (1998) plantea, dentro de su propuesta de progresión en el aprendizaje, que la transición de un pensamiento simple a un pensamiento complejo involucra, entre otros, el desarrollo de habilidades metacognitivas. Particularmente habla de un pasaje desde lo implícito a lo explícito, a partir de la toma de conciencia o reflexión sobre el propio conocimiento; el incremento de la capacidad de control y gestión del contenido del aprendizaje y de los propios procesos de aprendizaje; el aumento de la capacidad para el intercambio de ideas y para la elaboración de significados compartidos. Soto Lombana (2002) también adhiere a esta línea de progresión desde habilidades netamente automáticas e implícitas, presentes en cualquier actividad cognitiva e independientes de la edad, hasta las autorregulaciones conscientes, que aparecen tarde en el desarrollo.

Un posible modo de entender esta progresión, en función de la actividad docente, es el progresivo cambio en el control sobre el aprendizaje desde el docente hacia el alumno (Arndt, 2015; Chiu & Kuo, 2009; Gómez Crespo, 2017; Monereo *et al.*, 2012). Lo que se espera es que además de ceder el control al alumno sobre sus propios modos de aprendizaje, éstos logren que las estrategias utilizadas sean internalizarlas y utilizadas de manera independiente, y hasta cierto punto, descontextualizadas en otras asignaturas, su vida diaria, etc. Esta automatización de las estrategias permitirá habilitar un espacio en la cognición para poner en juego estrategias más complejas y de mayor demanda (Ben-David & Orion, 2013; Gaskins & Elliot, 2005; Monereo *et al.*, 2012), como podría ser la regulación de los obstáculos epistemológicos que se esbozará más adelante.

A continuación, hemos seleccionado tres aspectos posibles sobre el trabajo metacognitivo en el aula de ciencias: la lectura de textos científicos, la resolución de problemas y la regulación de los obstáculos epistemológicos. Estos aspectos corresponden a áreas de investigación numerosas en el ámbito de la didáctica de la biología y sobre las cuáles hemos desarrollado algunas investigaciones o propuestas didácticas. La selección no es más que un recorte del amplio campo de investigación, pero que se relaciona directamente con la definición de metacognición que hemos propuesto.

### **Metacognición en la lectura de textos científicos**

La lectura implica un proceso iterativo, en tanto que es moverse entre un plano cognitivo y uno metacognitivo, e interactivo entre la información del texto, el conocimiento de los lectores y sus interpretaciones. Para lograr la comprensión, el sujeto debe buscar relaciones entre las partes, distinguir puntos secundarios y principales, pensar ejemplos y buscar aplicaciones. Por su lado, el conocimiento metacognitivo permite al lector seleccionar, emplear, controlar y evaluar el uso de estrategias lectoras. Éstas implican, entre otras cosas, ser conscientes de lo que se comprende o no del texto, utilizar estrategias de aprendizaje que varían con la naturaleza del material a aprender y las demandas de la situación de aprendizaje, predecir como continuará el texto, reconocer palabras desconocidas e inferir su definición a partir del contexto del texto, entre otras (Maturano *et al.*, 2002; McKeown & Beck, 2009; Norris & Phillips, 2012).

Lograr que los estudiantes se apropien de las estrategias metacognitivas durante la lectura puede mejorar su comprensión lectora ayudándolos a enfocarse en la información relevante y en crear conexiones y representaciones con aquellos conocimientos que se tienen (Hartman, 2001c). Este tipo de conexiones y representaciones son características propias de los lectores denominados expertos (caracterización frecuente en las investigaciones que comparan novatos y expertos, que son mayoría en este área), así como otras múltiples estrategias que no poseen los lectores novatos.

Norris y Phillips (2012) proponen que los novatos poseen una “visión simple de la lectura”, que implicaría una falta de estrategias metacognitivas de monitoreo de la lectura, ya que reducen la lectura a reconocer palabras ó localizar información, pero no logran hacer inferencias a partir de lo que leen. Esta última capacidad es fundamental en la lectura de textos científicos. Los resultados de su estudio mostraron que tanto los estudiantes de secundaria como los de licenciatura en biología tienden a interpretar como verdadero un enunciado a pesar de que el autor exprese que podría ser verdadero ó aún falso; son menos capaces de interpretar el rol de los enunciados que sólo pueden ser reconocidos asociando otros enunciados que interpretando enunciados sueltos. Estos resultados se condicen con otros encontrados por Maturano *et al.* (2002).

Por su parte, los lectores expertos proponen objetivos y planes de lectura dependiendo del tipo de actividad que se les propone hacer con el texto; conectan el nuevo material con el conocimiento previo; monitorean su comprensión mientras leen; cuando no saben una palabra tratan de inferirla a partir de lo que dice el texto; crean imágenes mentales sobre lo que se lee; hacen inferencias; elaboran pensando ejemplos, contraejemplos, analogías, comparaciones; parafrasean o resumen para representar lo sustancial de la información; identifican relaciones; organizan ideas clave; luego de la lectura evalúan los objetivos y recapitulan las ideas principales (Baker & Cerro, 2000; Hartman, 2001a; Gaskins & Elliot, 2005; McKeown & Beck, 2009; Pressley, 2000; Soto Lombana, 2002; Veenman, 2012). Estas estrategias que caracterizan a los lectores expertos son la base para construir posibles actividades para desarrollar la metacognición en la lectura de textos científicos. Esto es, pensar en términos de una progresión desde lectores novatos a lectores expertos. Un ejemplo de esto puede encontrarse en Gaskins y Elliot (2005). A continuación, mencionamos algunas actividades para lograr esto.

Una posible actividad, es aquella en la que el docente propone una lista de estrategias a los estudiantes antes de leer. Esta lista incluye actividades tales como: predecir, imaginar, chequear comprensión, clarificar, autoevaluarse, revisar, resumir, activar conocimiento previo, conectar conocimiento previo con nueva información, entre otras. Al finalizar la lectura se solicita a los estudiantes indicar si usaron dichas estrategias y en qué momentos de la lectura. El objetivo de esta actividad es que los estudiantes se concienticen sobre las estrategias que ponen en juego al momento de la lectura de un texto y que puedan compararlas con sus compañeros. Por otro lado, escribir las estrategias permite ponerlas en discusión de manera de mejorarlas para próximas lecturas (Hartman, 2001a).

Otra actividad implica enseñar a los estudiantes a crear organizadores gráficos que resuman los puntos centrales del texto, tales como mapas conceptuales o diagramas en V. Estos organizadores pueden ayudar a los estudiantes a analizar los textos que leen e identificar su estructura. Además, las relaciones que establezcan en el organizador, pueden servir para discutir dónde estuvieron las dificultades en la comprensión del texto y cómo las resolvieron (Hartman, 2001a; Soto Lombana, 2002).

Una última posible actividad, implica la monitorización de la lectura a medida que se está leyendo un texto. Esta monitorización la realiza el docente a partir de preguntas tales como ¿cuán bien entiendo este párrafo?, ¿Qué quiso decir el autor con esto?, ¿Qué pasará ahora?, ¿Cómo se conecta esto con el párrafo anterior? ¿Cuál es la evidencia que sustenta esta conclusión? Estas preguntas permiten que el estudiante construya conexiones entre las ideas claves del texto para generar una coherencia en su entendimiento. Se intenta ayudar al estudiante a seleccionar la información importante y conectarla con lo que sabe, haciéndolo consciente de ello (Gourgey, 2001; Hartman, 2001a; McKeown & Beck, 2009; Norris & Phillips, 2012). Un ejemplo concreto sobre el uso de esta estrategia, puede verse en Czernikier, Lukin, Pedetta, Kohen, y Pérez (2016).

## **Metacognición y resolución de problemas**

La relación entre las estrategias metacognitivas y la resolución de problemas es de gran importancia en tanto que permite a quien resuelve reconocer que hay que un problema para resolver, entender de qué tipo de problema se trata y reflexionar como se debe llegar a la solución favoreciendo la capacidad de decisión ante el problema planteado y, por ende, el rendimiento y el conocimiento de los propios procesos de aprendizaje (Davidson, Deuser, & Sternberg, 1994; Ley Fuentes, 2014; Ritchhart *et al.*, 2014; Rosa & Ghiggi, 2018; Siegel, 2012).

Al igual que en la investigación en metacognición y lectura, en este caso la gran mayoría de los trabajos distingue las estrategias utilizadas por expertos y novatos en la resolución de un problema. Nuevamente subyace a estas investigaciones el supuesto de que los expertos en resolver problemas utilizan más estrategias metacognitivas que los nóveles, y que con la enseñanza se espera un desarrollo tendiente a la experticia en los estudiantes (ver por ejemplo Swanson, 1990).

Según las distintas investigaciones los expertos tienen grandes y ricos esquemas con gran cantidad de conocimiento declarativo sobre el campo; tienen bien organizado e interconectados estos esquemas conceptuales; gastan proporcionalmente más tiempo determinando como representar el problema que lo que gastan en buscar y aplicar una estrategia de resolución; desarrollan representaciones sofisticadas basadas en problemas de estructuras similar; generalmente eligen estrategias basadas en los esquemas elaborados; tienen esquemas que contienen gran cantidad de conocimiento procedimental sobre las estrategias relevantes del campo; tienen automatizadas muchas secuencias de pasos en las estrategias; predicen la dificultad del problema; monitorean sus procesos de resolución; tienen gran precisión para alcanzar soluciones apropiadas a los problemas; realizan evaluaciones para detectar fallas o errores a la luz del plan de acción (Mayer, 2001; Siegel, 2012; Sternberg, 2001; Veenman *et al.*, 1997; Veenman, 2012). Todas estas estrategias metacognitivas ayudan a resolver el problema pero también proveen de un contexto para transferir el aprendizaje a otro tipo de problemas similares (Mayer, 2001; Veenman *et al.*, 1997).

Davidson *et al.* (1994) proponen caracterizar cuatro procesos metacognitivos que contribuyen en la resolución de problemas dentro de un amplio dominio. Estos procedimientos ordenan, de una cierta manera, las estrategias que ponen en juego los expertos y que fueron mencionadas en el párrafo anterior. La aplicación exitosa de estos procesos depende de las características del problema, del sujeto que resuelve y del contexto en el que el problema es presentado.

El primer proceso corresponde a la identificación del problema, esto es determinar que se sabe, que no se sabe, que es lo que se pregunta. El segundo corresponde a la representación mental del problema. Los sujetos realizan un “mapa mental” de los elementos, las relaciones entre los elementos y los objetivos del problema. Estas representaciones mentales ayudan a pensar en una posible solución. En este proceso es clave la identificación de posibles obstáculos como los epistemológicos que comentaremos más adelante. El tercer proceso corresponde a una planificación donde el sujeto que resuelve debe decidir qué pasos seguir y recursos utilizar para resolver el problema. A veces planear involucra dividir el problema en varios sub-problemas e ir resolviéndolos. El último proceso corresponde a la evaluación de la solución en tanto control que ejerce el sujeto sobre su desempeño.

La caracterización exhaustiva de Davidson *et al.* (1994) tiene sus correlatos en otros autores como Gourgey (2001) o Siegel (2012). Consideramos que esta caracterización puede ser útil para la elaboración de actividades metacognitivas que permitan a los estudiantes concientizarse sobre sus propios modos de resolución de problemas, mejorarlos e integrar nuevas estrategias.

Una posible instancia en el aula de ciencias para lograr esto que mencionábamos antes, implica que el docente pueda modelizar las estrategias metacognitivas de resolución de problemas a partir de hacer explícitos todos los pensamientos que ocurren cuando resuelve un problema modelo. El docente sirve como experto así los estudiantes pueden encontrar maneras efectivas de basarse en él para construir sus propios modos de resolver problemas (Hartman, 2001a; Gaskins & Elliot, 2005; Monereo *et al.*, 2012).

Otra actividad que puede llevarse adelante es la “Estrategia de pensamiento en voz alta” o “*Think Aloud*”. Esta es una actividad de resolución de problemas en la que los estudiantes trabajan en pares, donde cada uno de los integrantes del par tendrá un rol asignado: Uno de ellos debe resolver el problema asignado en voz alta, haciendo explícitos todos sus pensamientos. Mientras tanto el otro estudiante toma nota de cómo su compañero resuelve el problema. La actividad consta de dos momentos. El primero de ellos implica la resolución del problema asignado. El segundo momento implica una reflexión metacognitiva sobre los registros escritos que realizó el segundo alumno. Este tipo de estrategias promueve la propia monitorización y la autoevaluación, dando a los estudiantes un feedback en qué saben y qué todavía no. Mejora las habilidades reflexivas, pueden descubrirse errores, problemas organizacionales, concepciones alternativas y otros impedimentos en la performance académica tanto para quien resuelve como para quien observa la resolución (Baker & Cerro, 2000; Hartman, 2001c; Pintrich *et al.*, 2000; Pressley, 2000). Un ejemplo concreto de la puesta en juego de esta actividad para resolver problemas de evolución biológica, puede encontrarse en Pérez, Gómez Galindo & González Galli (2017). Allí hemos mostrado, que la actividad “*Think Aloud*” promueve una mayor cantidad de verbalizaciones en relación a la regulación metacognitiva que en relación al conocimiento metacognitivo. Dentro de la regulación la mayor cantidad de habilidades verbalizadas son aquellas que corresponderían a la monitorización del trabajo. Además, consideramos que la actividad promueve la propia monitorización y la autoevaluación, dando a los estudiantes una retroalimentación efectiva sobre aquello que saben y lo que les falta saber. Ya que los registros escritos facilitan la identificación de errores, problemas organizacionales o las concepciones alternativas puestas en juego al momento de resolver el problema.

Por último, mencionaremos la estrategia “*I DREAM of A*”. Esta es una actividad que ayuda a pensar sistemáticamente sobre la regulación metacognitiva que se pone en juego al resolver un problema en el área de las ciencias. Particularmente se trabaja sobre la planeación, el monitoreo y la evaluación. Las letras del nombre indican las actividades que se les propone realizar a los estudiantes cuando están resolviendo el problema: (I) identificar y definir el problema; (D) diagramar; (R) revisar; (E) explorar alternativas; (AM) aplicar y monitorear el plan; (A) evaluar la solución. Este método ayuda a los estudiantes a organizar la labor de manera sistemática. No es un enfoque rígido, sino un método que ayuda a recordar planear, monitorear y evaluar la solución de un problema (Hartman, 2001c).

### **Metacognición y obstáculos epistemológicos**

Históricamente el estudio sobre las concepciones alternativas permitió identificar un vasto número de ideas que sostienen los sujetos en diversos campos del saber científico enseñado (corrientes eléctricas, reacciones químicas, genética, evolución biológica) y que tienden a perdurar a pesar de la fuerte instrucción, incluso hasta el nivel de enseñanza superior. A medida que se ha ido avanzando en el conocimiento de las concepciones alternativas, se constituyó una línea de investigación con el objetivo de inferir las formas de razonamiento que subyacen a las argumentaciones de los estudiantes. Dichas formas de razonamiento se denominaron obstáculos epistemológicos, siguiendo las ideas del epistemólogo Gastón Bachelard (Astolfi, 1999).

Esta propuesta se constituye como superadora tanto en la investigación en didáctica sobre ideas previas como en el tratamiento didáctico de éstas. En el primer caso se propone mover el foco de la investigación en la construcción de un catálogo de concepciones alternativas, para ponerlo en la descripción y caracterización de estas formas de razonamiento más generales. Sin una caracterización satisfactoria de los obstáculos, las representaciones sólo pueden ser comprendidas en términos de “cartografía estadística”, como simples catálogos de las ideas encontradas en los alumnos (Astolfi, 1994). En el segundo caso, la existencia de estos modos o patrones de razonamiento da pautas para comprender la resistencia de las concepciones alternativas y por tanto, para encarar el trabajo didáctico en el aula. Los obstáculos presentan efectivamente un carácter más general y transversal que las concepciones, y son ellos los que las explican y las estabilizan en lo más profundo. Se constituyen en el “núcleo duro” de las concepciones y corresponden a lo que se resiste fuertemente a los aprendizajes y razonamientos científicos (Astolfi, 1994; 1999a, 1999b; Pintó, Aliberas, & Gómez, 1996).

En el marco de las investigaciones didácticas francesas, Astolfi (1994, 1999a, 1999b, 2003) propone que el obstáculo es un tipo de conocimiento ya disponible, a menudo instalado desde hace mucho tiempo en la mente de los sujetos y que, lejos de ser una dificultad como proponía Bachelard, resulta de una facilidad intelectual que se otorga, muy a menudo, sin ser conscientes de ello. El obstáculo corresponde a un funcionamiento económico del cerebro que pone en juego un sistema de explicación rústico y sencillo, pero inmediatamente disponible, cómodo y funcional para los sujetos.

Se pueden caracterizar a los obstáculos epistemológicos como modos de razonar que tienen las siguientes cualidades:

(1) Transversalidad. Son modos de razonar que surgen al explicar distintos fenómenos en diferentes dominios del conocimiento, por lo que tienen un cierto grado de generalidad.

(2) Funcionalidad. Las explicaciones que surgen de estos modos de razonar son útiles para describir, explicar y predecir el mundo.

(3) Conflictividad. A pesar de ser útiles en ciertas instancias dificultan el aprendizaje y/o aceptación del modelo científico que se quiere enseñar, en tanto que permiten explicar el mismo fenómeno que explica el modelo científico de referencia (Astolfi, 1994, 2003; González Galli, 2011; González Galli & Meinardi, 2015, 2016, 2017).

Por ejemplo, para el caso de la enseñanza y el aprendizaje de la biología evolutiva pueden hallarse hasta ocho posibles obstáculos epistemológicos entre los que se encuentran la teleología del sentido común, el esencialismo, el determinismo, el razonamiento causal lineal entre otros (González Galli & Meinardi, 2016).

Solo para comprender un poco mejor el concepto, explicitaremos algunos aspectos del obstáculo teleológico. Este modo de razonamiento implica aludir a un objetivo, una finalidad, en los procesos y/o en el origen de las estructuras biológicas. Por ejemplo cuando los estudiantes proponen que “Las cucarachas

mutan para hacerse resistentes” o “La glucosa entra a la célula para que fabrique energía”, subyace a esas explicaciones el obstáculo teleológico. En el primero de los ejemplos es clara la contradicción con el modelo científico, sin embargo en el segundo caso es más ambigua (para una discusión sobre esto ver González Galli, 2019).

Si bien el razonamiento teleológico puede ser útil en la vida cotidiana de cualquier sujeto, en el caso del aprendizaje de la biología evolutiva impide comprender que los cambios evolutivos obedecen a causas precedentes (y no a fines predeterminados o a necesidades) y que el origen de las variaciones heredables no está ligado a su valor adaptativo (azar).

El tratamiento didáctico que sugieren los autores implica el desarrollo de una “vigilancia metacognitiva” (Astolfi, 1999; Peterfalvi, 2001; González Galli, 2011). Se espera que los estudiantes logren identificar y posteriormente controlar el obstáculo epistemológico cuando están construyendo o utilizando un modelo científico.

Por un lado, implica el desarrollo de un conocimiento metacognitivo explícito por parte de los estudiantes sobre los propios obstáculos. Esto implica saber sobre la existencia de determinados marcos de pensamiento como la teleología (Conocimiento metacognitivo declarativo); Saber que se debe estar atento a dichos marcos de pensamiento, reflexionando sobre cómo estos influyen en las formas de pensar y en cómo se abordan las tareas, y por tanto en la necesidad de regularlos (Conocimiento metacognitivo procedimental); Saber que ante situaciones asociadas a la construcción de modelos en biología evolutiva o a su uso, pueden aparecer estos obstáculos (Conocimiento metacognitivo condicional).

Por otro lado la vigilancia implica también el desarrollo de una capacidad de regulación de los obstáculos, a partir de las actividades de planeación, monitorización y evaluación. Estas refieren al monitoreo sobre los obstáculos cuando se resuelve alguna situación o se construye algún modelo, pero también a la evaluación de la solución dada estando atento a los obstáculos que podrían haber dificultado o intervenido en la resolución (Pérez *et al.*, 2017).

El desarrollo de la capacidad de distinguir entre un modo de razonamiento y otro más acorde al contexto puede estar relacionado con lo que autores de la psicología cognitiva moderna denominan modelo de procesamiento dual de la mente (Evans & Rosengren, 2018; Fletcher & Carruthers, 2012; Hogan *et al.*, 2015). Este modelo implica que la toma de decisiones frente a una actividad, está sujeta a dos sistemas: una ruta intuitiva de la toma de decisiones y una razonada. La ruta intuitiva implica un procesamiento de rápida respuesta a las entradas perceptivas en una manera que es inconsciente, automática y guiada por principios que son, en gran medida, innatos y universalmente fijados entre los humanos. En esta ruta pueden encontrarse los obstáculos epistemológicos. La otra ruta corresponde al juicio reflexivo de carácter lento, consciente y asociado con altos niveles de control cognitivo. Posee principios que varían entre los individuos y las culturas. Ambos tipos de razonamiento trabajan en paralelo, y por lo tanto son capaces de llegar a decisiones diferentes. Teniendo en cuenta que el juicio intuitivo (los obstáculos epistemológicos) funciona automáticamente, los errores asociados y prejuicios sólo pueden ser prevenidos a través de la cuidadosa regulación que permite el juicio reflexivo. Por lo tanto, un desafío clave del desarrollo implica el cultivo de habilidades de autorregulación que apoyan la conciencia metacognitiva y el control que a menudo son necesarias para el juicio reflexivo de alto nivel, así como el pensamiento crítico y colaborativo. Dentro de los procesos metacognitivos que se involucran está el de la “inhibición” que implica la supresión deliberada de pensamientos o respuestas y el mantenimiento de la atención hacia el objetivo de la tarea.

Con el objetivo de que los estudiantes aprendan a regular los obstáculos epistemológicos, se pueden realizar diversas actividades. Por ejemplo, será necesario habilitar espacios para la identificación, por parte de los estudiantes, de los obstáculos epistemológicos en producciones propias o ajenas. En algunos casos, luego de identificar estos modos de razonar, se puede consensuar con la clase una etiqueta lingüística que permitiera evocar los obstáculos siempre que fuera necesario (Peterfalvi, 2001). Esta propuesta se relaciona con lo que Ritchhart *et al.* (2014) llaman “hacer el pensamiento visible”. La discusión explícita sobre el obstáculo, así como su representación gráfica, ayudan a valorar el pensamiento de los estudiantes y a no olvidar el discurso construido en la clase.

Por otro lado, pueden establecerse instancias en las que los estudiantes deben reformular las explicaciones, elaboradas por ellos mismos, en las que los obstáculos epistemológicos implicaban alguna contradicción con el modelo científico. También se puede volver sobre las producciones anteriores, de manera de hacerse conscientes sobre los obstáculos epistemológicos presentes y poder regularlos utilizando los modelos científicos construidos como una referencia teórica para dicha regulación. Un mayor

detalle de una secuencia didáctica basada en la regulación sobre los obstáculos epistemológicos puede encontrarse en Pérez, Gómez Galindo, y González Galli (2018).

## **CONSIDERACIONES FINALES**

En este trabajo hemos presentado una posible definición de metacognición que consideramos útil para pensar en la enseñanza de las ciencias. Esta definición, es un recorte de la investigación que se realiza en múltiples áreas sobre este fenómeno. Realizamos una introducción teórica distinguiendo los orígenes del concepto metacognición para luego definirlo en función de dos dimensiones. Articulamos esta definición con el concepto de autorregulación, mostrando que incluía otras dimensiones. Además, entendiendo que tradicionalmente se ha enfocado en el carácter individual se propuso la idea de metacognición social para pensar en aquellos procesos más cercanos al aula de clases. Propusimos algunos tópicos de debate en el área que, a su vez, abren preguntas para seguir investigando ¿cómo enseñar una estrategia metacognitiva dominio específica? ¿Cómo desarrollar la transferencia de estrategias dominio generales? Por último, nos centramos en rescatar cuáles fueron los aportes del marco de la metacognición para pensar tres aspectos claves en la enseñanza de las ciencias como son la lectura de textos científicos, la resolución de problemas y los obstáculos epistemológicos. Brindamos algunos ejemplos concretos de actividades y ofrecimos caminos para seguir profundizando en la literatura.

En función de todo lo expuesto creemos que queda clara la importancia de fomentar la metacognición en el aula de ciencias. Sobretudo porque, como indica Pozo (2016), la mayoría de los sujetos ignora como funciona su mente, por lo que no es capaz de controlarla. Pero quienes diseñan los mensajes publicitarios, quienes difunden ideología o consignas políticas sí están al tanto de cómo funciona la mente y se valen de ello para instalar ideas xenófobas, sexistas, clasistas. Si desde la enseñanza de las ciencias comenzamos a desarrollar en los estudiantes la capacidad de conocer cómo funciona su cognición, y habilitamos espacios para controlarla, estaremos brindando herramientas para que se defiendan de los discursos hegemónicos en los que viven inmersos.

## **REFERÊNCIAS**

- Anderson, D., & Nashon, S. (2007). Predators of knowledge construction: Interpreting students' metacognition in an amusement park physics program. *Science Education*, 91(2), 298-320.
- Arndt, S. (2015). *Metacognición y reflexión. Experiencias metacognitivas en el nivel inicial*. Buenos Aires, Argentina: Aique.
- Astolfi, J. P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 206-216.
- Astolfi, J. P. (1999a). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista Educación y Pedagogía*, 11(25), 151-171.
- Astolfi, J. P. (1999b). *El "error", un medio para enseñar*. Sevilla, España: Díada.
- Astolfi, J. P. (2003). *Aprender en la escuela* (2a ed.). Santiago, Chile: Comunicaciones Noreste Ltda.
- Baker, L., & Cerro, L. (2000). Assessing Metacognition in Children and Adults. En G. Schraw & J. Impara (Eds.). *Issues in the Measurement of Metacognition* (pp. 99-145). Nebraska, EE.UU.: Buros Institute of Mental Measurements.
- Ben-David, A., & Orion, N. (2013). Teachers' voices on integrating metacognition into science education. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3161-3193.
- Beran, M., Coutinho, M., Couchman, J., Boomer, J., Washburn, D., & Smith, D. (2009). Metacognition in animals. En C. Larson (Ed.). *Metacognition: New reaserch developments* (pp. 23-41). New York, EE.UU.: Nova Science Publishers.
- Blank, L. (2000). A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding?. *Science Education*, 84(4), 486-506.

- Briñol, P., & DeMarree, K. (2012). Social Metacognition Thinking About Thinking in Social Psychology. En P. Briñol, & K. DeMarree (Eds.). *Social Metacognition* (pp. 1-18). New York, EE.UU.: Psychology Press.
- Brown, A. (1977). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. En R. Glaser (Ed.). *Advances in instructional psychology* (pp. 77-165). Hillsdale, Michigan: Erlbaum.
- Campanario, J., Cuerva, J., Moya, A., & Gutiérrez, J. (1998). La metacognición y el aprendizaje de las ciencias. En E. Banet, & A. De Pro (Coords.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias* (pp. 36-44). España: DM.
- Chan, C. (2012). Co-regulation of learning in computer-supported collaborative learning environments: a discussion. *Metacognition and learning*, 7(1), 63-73. <https://doi.org/10.1007/s11409-012-9086-z>
- Chiu, M. M., & Kuo, S. W. (2009). Social metacognition in groups: benefits, difficulties, learning and teaching. En C. Larson (Ed.). *Metacognition: New reaserch developments* (pp. 116-136). New York, EE.UU.: Nova Science Publishers.
- Corrêa, N., Passos, M., & Arruda, S. (2018). Perfil metacognitivo (parte II): Aplicação de instrumento de análise. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(1), 230-244.
- Correa Zamora, M., Castro Rubilar, F., & Lira Ramos, H. (2004). Estudio descriptivo de las estrategias cognitivas y metacognitivas de los alumnos y alumnas de primer año de Pedagogía en enseñanza media de la universidad del Bío-Bío. *Theoria*, 13(1), 103-110
- Cosmides, L., & Tooby, J. (2002). Orígenes de la especificidad de dominio: la evolución de la organización funcional. En L. Hirschfeld, & S. Gelman (Comps.). *Cartografía de la mente: la especificidad de dominio en la cognición y en la cultura* (pp.132-171). Barcelona, España: Gedisa.
- Czernikier, A., Lukin, J., Pedetta, S., Kohen, M., & Pérez, G. (2016). Estereotipos al descubierto. Una propuesta didáctica para problematizar lo masculino y lo femenino en el aula. *Revista Bio-grafía, Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 9(16), 168-176. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.9num.16bio-grafia169.176>
- Davidson, J., Deuser, R., & Sternberg, R. (1994). The Role of Metacognition in Problem Solving. En J. Metcalfe, & A. Shimamura (Eds.). *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 207-226). Massachusetts, EE.UU.: The MIT Press.
- de la Fuente, J., Zapata, L., Martínez-Vicente, J., Sander, P., & Putwain, D. (2015). Personal Self-regulation, Self-regulated Learning and Coping Strategies, in University Context with Stress. En A. Peña-Ayala (Ed.). *Metacognition: Fundaments, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art* (pp. 223-255). Suiza: Springer.
- DiDonato, N. (2013). Effective self-and co-regulation in collaborative learning groups: An analysis of how students regulate problem solving of authentic interdisciplinary tasks. *Instructional science*, 41(1), 25-47.
- Dye, K., & Stanton, J. (2017). Metacognition in Upper-Division Biology Students: Awareness Does Not Always Lead to Control. *CBE-Life Sciences Education*, 16(2), 1-14.
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process?. *Educational Research Review*, 1(1), 3-14.
- Efklides, A. (2009). The new look in metacognition: from individual to social, from cognitive to affective. En C. Larson (Ed.). *Metaconition: New reaserch developments* (pp. 137-151). New York, EE.UU.: Nova Science Publishers.
- Eldar, O., & Miedijensky, S. (2015). Designing a Metacognitive Approach to the Professional Development of Experienced Science Teachers. En A. Peña-Ayala (Ed.). *Metacognition: Fundaments, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art* (pp. 299-319). Suiza: Springer.
- Evans, E., & Rosengren, K. (2018). Cognitive biases or cognitive bridges? En K. Kampurakis (Ed.). *Teaching Biology in Schools* (pp. 9-21). New York, EE.UU.: Routledge.
- Flavell, J. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive—Developmental Inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Fletcher, L., & Carruthers, P. (2012). Metacognition and reasoning. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1594), 1366-1378.

- Ford, C., & Yore, L. (2012). Toward convergence of critical thinking, metacognition, and reflection: illustrations from natural and social science, teacher education and classroom practice. En A. Zohar, & Y. Dori (Eds.). *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 251-271). New York, EE.UU.: Springer.
- García Carmona, A. (2012). ¿Qué he comprendido? ¿Qué sigo sin entender?: promoviendo la autorreflexión en clase de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 231-240.
- García, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla, España: Díada.
- Gaskins, I., & Elliot, T. (2005). *Como enseñar estrategias cognitivas en la escuela. El manual Benchmark para docentes*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Gelman, S., & Legare, C. (2011). Concepts and folk theories. *Annual review of anthropology*, 40, 379-398. <https://dx.doi.org/10.1146%2Fannurev-anthro-081309-145822>
- Gómez Crespo, M. A. (2017). *¿Por qué enseño como enseño? Tres actividades para aprender Ciencias*. Madrid, España: Morata.
- González de Requena Farré, J. (2010). Para una reconstrucción genealógica y epistemológica del concepto de metacognición. *Revista de Psicología*, 19(1), 129-153.
- González Galli, L. (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural* (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, Argentina. Recuperado en:  
[https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis\\_n4961\\_GonzalezGalli](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis_n4961_GonzalezGalli)
- González Galli, L. (2019). Permitido decir 'para': crítica de la perspectiva tradicional frente al problema de la teleología en la enseñanza de la biología. *Revista Científica*, 34. <https://doi.org/10.14483/23448350.13710>
- González Galli, L., & Meinardi, E. (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina. *Ciência & Educação*, 21(1), 101-122. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320150010007>
- González Galli, L., & Meinardi, E. (2016). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. En N. Cuvi; E. Sevilla; R. Ruiz, & M. Puig-Samper (Eds.). *Evolucionismo en América y Europa* (pp. 463-476). Ecuador: Centro Publicaciones PUCE.
- González Galli, L., & Meinardi, E. (2017). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes universitarios de biología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 435-449.
- Gourgey, A. (2001). *Metacognition in basic skills instruction*. En Hartman, H. (Ed.), *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice* (pp. 17-32). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Grau, V., & Whitebread, D. (2012). Self and social regulation of learning during collaborative activities in the classroom: The interplay of individual and group cognition. *Learning and Instruction*, 22(6), 401-412.
- Grotzer, T., & Mittlefehldt, S. (2012). The role of metacognition in students' understanding and transfer of explanatory structures in science. En A. Zohar, & Y. Dori (Eds.). *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 79-99). New York, EE.UU.: Springer
- Hartman, H. (2001a). Developing students' metacognitive knowledge and skills. En H. Hartman (Ed.). *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice* (pp. 33-68). Dordrecht, Netherlands: Springer
- Hartman, H. (2001b). Teaching metacognitively. En H. Hartman (Ed.). *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice* (pp. 149-164). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Hartman, H. (2001c). Metacognition in science teaching and learning. En H. Hartman (Ed.). *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice* (pp. 173-201). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Hofmann, W., Schmeichel, B., & Baddeley, A. (2012). Executive functions and self-regulation. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(3), 174-180.

- Hogan, M., Dwyer, C., Harney, O., Noone, C., & Conway, R. (2015). Metacognitive Skill Development and Applied Systems Science: A Framework of Metacognitive Skills, Self-regulatory Functions and Real-World Applications. En A. Peña-Ayala (Ed.). *Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art* (pp. 75-106). Suiza: Springer.
- Iiskala, T., Vauras, M., & Lehtinen, E. (2004). Socially-shared metacognition in peer learning? *Hellenic Journal of Psychology*, 1, 147-178.
- Iiskala, T., Vauras, M., Lehtinen, E., & Salonen, P. (2011). Socially shared metacognition of dyads of pupils in collaborative mathematical problem-solving processes. *Learning and instruction*, 21(3), 379-393. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.05.002>
- Järvelä, S., & Järvenoja, H. (2011). Socially constructed self-regulated learning and motivation regulation in collaborative learning groups. *Teachers College Record*, 113(2), 350-374.
- Järvelä, S., Kirschner, P., Panadero, E., Malmberg, J., Phielix, C., Jaspers, J., Koivuniemi, M., & Järvenoja, H. (2015). Enhancing socially shared regulation in collaborative learning groups: designing for CSCL regulation tools. *Educational Technology Research and Development*, 63(1), 125-142.
- Johsua, S., & Dupin, J. (2005). *Introducción a la didáctica de las ciencias y la matemática*. Buenos Aires, Argentina: Colihue.
- Jorba, J., & Casellas, E. (1997). *La regulación y la autorregulación de los aprendizajes*. Madrid, España: Editorial Síntesis.
- Jost, J., Kruglanski, A., & Nelson, T. (1998). Social metacognition: An expansionist review. *Personality and Social Psychology Review*, 2(2), 137-154. [https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0202\\_6](https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0202_6)
- Justi, R., & Maia, P. (2009). Metacognição em modelagem desenvolvendo conhecimentos sobre ciência. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, España, 534-537.
- Kampourakis, K. (2014). *Understanding Evolution*. New York, EE.UU.: Cambridge University Press.
- Klimenko, O., & Alvares, J. L. (2009). Aprender cómo aprendo: la enseñanza de estrategias metacognitivas. *Educación y Educadores*, 12(2), 11-28.
- Kuhn, D. (2000). Metacognitive Development. *Current Directions in Psychological Science*, 9(5), pp. 178-181.
- Kuhn, D. (2012). *Enseñar a pensar*. Buenos Aires, Argentina: Amorrortu.
- Larson, C. (2009). *Metaconition: New reaserch developments*. New York, EE.UU.: Nova Science Publishers.
- Ley Fuentes, M. (2014). El Aprendizaje Basado en la Resolución de Problemas y su efectividad en el Desarrollo de la Metacognición. *Educatio Siglo XXI*, 32(3), 211-230.
- Malmberg, J., Järvelä, S., Järvenoja, H., & Panadero, E. (2015). Promoting socially shared regulation of learning in CSCL: Progress of socially shared regulation among high-and low-performing groups. *Computers in Human Behavior*, 52, 562-572.
- Martí, E. (1995). Metacognición: entre la fascinación y el desencanto. *Infancia y aprendizaje*, 18(72), 9-32.
- Maturano, C., Macías, A., & Soliveres, M. (2002). Estrategias cognitivas y metacognitivas en la comprensión de un texto de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 415-425.
- Maximo Pereira, M., & Andrade, V. (2012). Autoavaliação como estratégia para o desenvolvimento da metacognição em aulas de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(3), 663-674.
- Mayer, R. (2001). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. En H. Hartman (Ed.). *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice* (pp. 87-101). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- McKeown, M., & Beck, I. (2009). The Role of Metacognition in Understanding and Supporting Reading Comprehension. En D. Hacker, J. Dunlosky, & A. Graesser (Eds.). *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 7-25). New York, EE.UU.: Routledge.
- Monereo, C., Castelló, M., Clariana, M., Palma, M., & Pérez, M. (2012). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje* (2º ed). Barcelona, España: Grao.

- Moulin, C. (2002). Sense and sensitivity: Metacognition in Alzheimer's disease. *Applied metacognition*, 197-223.
- Muria Vila, I. (1994). La enseñanza de las estrategias de aprendizaje y las habilidades metacognitivas. *Perfiles Educativos*, 65, 1-11.
- Norris, S., & Phillips, L. (2012). Reading Science: How a naive view of reading hinders so much else. En A. Zohar, & Y. Dori, (Eds.). *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 37-56). New York, EE.UU.: Springer.
- Núñez, J., Solano, P., González-Pienda, J., & Rosário, P. (2006). Evaluación de los procesos de autorregulación mediante autoinforme. *Psicothema*, 18(3), 353-358.
- Panadero, E., & Alonso-Tapia, J. (2014). ¿Cómo autorregulan nuestros alumnos? Revisión del modelo cíclico de Zimmerman sobre autorregulación del aprendizaje. *Anales de Psicología*, 30(2), 450-462.
- Panadero, E., & Järvelä, S. (2015). Socially shared regulation of learning: A review. *European Psychologist*, 20, 190-203.
- Peña-Ayala (2015). *Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art*. Suiza: Springer.
- Peterfalvi, B. (2001). Identificación de los obstáculos por parte de los alumnos. En A. Camilloni (Comp.). *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza* (pp. 127-168). Barcelona, España: Gedisa.
- Pérez, G., & González Galli, L. (no prelo).
- Pérez, G., Gómez Galindo, A., & González Galli, L. (2017). Estrategias metacognitivas usadas por alumnos en la resolución de problemas de biología evolutiva. En *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Educación Científica y del I Seminario de Inclusión Educativa y Sociodigital (CIEDUC 2017)*. Mendoza, Argentina. Recuperado de:  
<http://www.cieduc.org/2017/LibroCIEDUC2017-Volumen1.pdf>
- Pérez G., Gómez Galindo, A., & González Galli, L. (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2102. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2018.v15.i2.2102](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2102)
- Pintó, R., Aliberas, J., & Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 221-232.
- Pintrich, P. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory into practice*, 41(4), 219-225.
- Pintrich, P., Wolters, C., & Baxter, G. (2000). Assessing Metacognition and Self-Regulated Learning. En G. Schraw, & J. Impara (Eds.). *Issues in the Measurement of Metacognition* (pp. 43-97). Nebraska, EE.UU.: Buros Institute of Mental Measurements.
- Pozo, J. (2016) *Aprender en tiempos revueltos. La nueva ciencia del aprendizaje*. Madrid, España: Alianza.
- Pressley, M. (2000). Development of Grounded Theories of Complex Cognitive Processing: Exhaustive Withinand Between-Study Analyses of Think-Aloud Data. En G. Schraw, & J. Impara (Eds.). *Issues in the Measurement of Metacognition* (pp. 261-296). Nebraska, EE.UU.: Buros Institute of Mental Measurements.
- Proust, J. (2013). *The Philosophy of Metacognition. Mental Agency and Self-Awareness*. Ney York, EE.UU.: Oxford University Press.
- Ramírez, J., & Onrubia, J. (2016). La importancia de los procesos de regulación compartida en CSCL: rasgos teóricos y empíricos para su estudio. *Revista Iberoamericana de Educación*, 70(1), 29-46.
- Ramos, I., & Verde, R. (2006). De la reflexión a la correulación en el aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38(2), 1-7.
- Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2014). *Hacer visible el pensamiento*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Rogat, T., & Linnenbrink-Garcia, L. (2011). Socially shared regulation in collaborative groups: An analysis of the interplay between quality of social regulation and group processes. *Cognition and Instruction*, 29 (4), 375-415.

- Rosa, C., & Ghiggi, C. (2018). Resolución de problemas em física envolvendo estratégias metacognitivas: análise de propostas didáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(3), 30-59.
- Saab, N., van Joolingen, W., & van Hout-Wolters, B. (2012). Support of the collaborative inquiry learning process: influence of support on task and team regulation. *Metacognition and Learning*, 7(1), 7-23.
- Saldaña, D., & Aguilera, A. (2003). La evaluación de los procesos metacognitivos: estrategias y problemática actuales. *Estudios de Psicología*, 24(2), 189-204. <https://doi.org/10.1174/021093903765762901>
- Salomon, G. (1993). *Cogniciones distribuidas. Consideraciones psicológicas y educativas*. Buenos Aires, Argentina: Amorrortu.
- Schraw, G. (2001). Promoting general metacognitive awareness. En H. Hartman (Ed.). *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice* (pp. 3-16). Dordrecht, Netherlands: Springer
- Schraw, G., e Impara, J. (2000). *Issues in the Measurement of Metacognition*. Nebraska, EE.UU.: Buros Institute of Mental Measurements.
- Schraw, G., & Gutierrez, A. (2015). Metacognitive Strategy Instruction that Highlights the Role of Monitoring and Control Processes. En A. Peña-Ayala (Ed.). *Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art* (pp. 3-16). Suiza: Springer.
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational psychology review*, 7(4), 351-371.
- Schraw, G., Olafson, L., Weibel, M., & Sewing, D. (2012). Metacognitive Knowledge and Field-based science learning in outdoor environmental education program. En A. Zohar, & Y. Dori (Eds.). *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 57-77). New York, EE.UU.: Springer.
- Siegel, M. (2012). Filling in the distance between us: Group metacognition during problem solving in a secondary education course. *Journal of Science Education and Technology*, 21(3), 325-341.
- Soto Lombana, C. (2002). *Metacognición: Cambio conceptual y enseñanza de las ciencias*. Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Sternberg, R. (2001). Metacognition, abilities and developing expertise: What makes an expert student?. En H. Hartman (Ed.). *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice* (pp. 173-201). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Swanson, H. (1990). Influence of metacognitive knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of educational psychology*, 82(2), 306-314.
- Tamayo Alzate, O. (2006). La metacognición en los modelos para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En A. Martínez Boom (Ed.). *Los bordes de la pedagogía: del modelo a la ruptura* (pp. 275-306). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Tamayo Alzate, O., Zona López, J., & Loaiza Zuluaga, Y. (2017). La metacognición como constituyente del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis*, Número extraordinario, 1031-1036
- Thompson, L., & Cohen, T. (2012). Metacognition in Teams and Organizations. En P. Briñol, & K. DeMarree (Eds.). *Social Metacognition* (pp. 283-302). Ney York, EE.UU.: Psychology Press.
- Tobias, S., & Everson, H. (2009). The Importance of Knowing What You Know. A Knowledge Monitoring Framework for Studying Metacognition in Education. En D. Hacker, J. Dunlosky, & A. Graesser (Eds.). *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 107-127). New York, EE.UU.: Routledge.
- Vázquez-Alonso, A., & Manassero-Mas, A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336.
- Veenman, M. (2012). Metacognition in Science Education: Definitions, Constituents and Their Intricate Relation with Cognition. En A. Zohar, & Y. Dori (Eds.). *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 21-36). New York, EE.UU.: Springer.
- Veenman, M., Elshout, J., & Meijer, J. (1997). The generality vs domain-specificity of metacognitive skills in novice learning across domains. *Learning and instruction*, 7(2), 187-209.

- Velayutham, S., Aldridge, J., & Fraser, B. (2011). Development and validation of an instrument to measure Students' Motivation and Self-Regulation in Science Learning. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2159-2179.
- Volet, S., Summers, M., & Thurman, J. (2009). High-level co-regulation in collaborative learning: How does it emerge and how is it sustained? *Learning and Instruction*, 19(2), 128-143.
- Whitebread, D., & Grau Cárdenas, V. (2012). Self-regulated learning and conceptual development in young children: the development of biological understanding. En A. Zohar & Y. Dori (Eds.). *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 101-132). New York, EE.UU.: Springer.
- White, B., Frederiksen, J., & Collins, A. (2009). The Interplay of Scientific Inquiry and Metacognition. More than a Marriage of Convenience. En D. Hacker, J. Dunlosky, & A. Graesser (Eds.). *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 175-205). New York, EE.UU.: Routledge.
- Zimmermann, E. (2000). The Structure and Development of Science Teachers' Pedagogical Models: Implications for Teacher Education. En J. Gilbert y C. Boulter (Eds.). *Developing Models in Science Education* (pp. 325-341). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Zohar, A. (2012). Explicit teaching of metastrategic knowledge: definitions, student's learning, and teachers' professional development. En A. Zohar, & Y. Dori (Eds.). *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 197-223). New York, EE.UU.: Springer.
- Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, 49(2), 121-169. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261>

**Recebido em:** 17.06.2019

**Aceito em:** 14.02.2020