



Actividades para fomentar la metacognición en las clases de biología

- **Activities to Promote Metacognition in Biology Classes**
- **Atividades para promover a metacognição em aulas de biologia**

Resumen

La metacognición es un campo con un desarrollo reciente y una creciente importancia en la investigación en didáctica de las ciencias naturales. Muchos autores y autoras coinciden en su valor para la comprensión de los contenidos, así como para el desarrollo de estrategias de aprendizaje y de pensamiento crítico en los estudiantes. Sin embargo, estas investigaciones han tenido poco impacto en las aulas, debido a múltiples causas, entre ellas la ausencia de propuestas específicas para fomentar el desarrollo de las capacidades metacognitivas en los estudiantes. El presente artículo de revisión tiene como objetivo ofrecer criterios para clasificar actividades que fomenten la metacognición en el aula. Presentaremos algunos tipos de actividades con ejemplos que han sido puestos en juego en la tesis doctoral del primero de los autores y brindaremos además un ejemplo específico sobre la enseñanza de la biología evolutiva que permita pensar en el abordaje de los obstáculos epistemológicos.

Palabras clave

metacognición; enseñanza de la evolución; actividades escolares; obstáculos epistemológicos; educación científica

Gastón Mariano Pérez*
Leonardo Martín González Galli**

* Profesor de Enseñanza Media y Superior en Biología (Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales), becario doctoral, Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CeFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

gastonperezbio@gmail.com
ORCID: orcid.org/0000-0001-9751-2042

** Doctor en Biología (Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales), investigador asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CeFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

leomgalli@gmail.com
ORCID: orcid.org/0000-0002-0713-164X



Abstract

Metacognition is a field with a recent development and a growing importance in the research in didactics of the natural sciences. Many authors agree on their value for understanding the contents, as well as for the development of learning strategies and critical thinking in students. However, these investigations have had little impact in the classrooms. This is due to multiple causes, including the absence of specific proposals to encourage the development of metacognitive skills in students. The objective of this article is to offer criteria for classifying activities that promote metacognition in the classroom. We will present some types of activities with examples that have been put into play in the doctoral thesis of the first of the authors, and we will also provide a specific example on the teaching of evolutionary biology that allows thinking about the approach to epistemological obstacles.

Keywords

metacognition; teaching of evolution; activities; epistemological obstacles

Resumo

Metacognição é um campo com um desenvolvimento recente e uma crescente importância na pesquisa em didática das ciências naturais. Muitos autores concordam em seu valor para entender os conteúdos, assim como para o desenvolvimento de estratégias de aprendizagem e pensamento crítico nos estudantes. No entanto, essas investigações tiveram pouco impacto nas salas de aula. Isso se deve a múltiplas causas, incluindo a ausência de propostas específicas para incentivar o desenvolvimento de habilidades metacognitivas dos alunos. O objetivo deste artigo é oferecer critérios para classificar as atividades que promovem a metacognição em sala de aula. Apresentaremos alguns tipos de atividades com exemplos que foram trazidos em jogo na tese de doutorado do primeiro autor e também forneceremos um exemplo específico do ensino da biologia evolutiva que permite pensar em a abordagem dos obstáculos epistemológicos.

Palavras-chave

metacognição; ensino da evolução; atividades; obstáculos epistemológicos

Introducción

Son diversos los autores que consideran que la metacognición (MC) es un concepto de suma importancia para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. La MC le permite al sujeto que las pone en juego concientizarse y mejorar las propias estrategias de aprendizaje y de resolución de problemas (Gaskins y Elliot, 2005; Hartman, 2001; Monereo et ál., 2012; Ritchhart, Church y Morrison, 2014; Swanson, 1990); fomentar el pensamiento crítico por cuanto implica autocorregirse y reflexionar sobre los propios modos de pensar (Ritchhart, Church y Morrison, 2014; Tamayo, Zona y Loaliza, 2017); construir un mayor grado de autonomía, autoestima y seguridad (Arndt, 2015; Klimenko y Alvares, 2009; Monereo et ál., 2012); alcanzar una mayor comprensión de los contenidos (Blank, 2000; Tobias y Everson, 2009; Zohar y Barzilai, 2013), entre otras cuestiones. Sin embargo, esto parece no verse reflejado en las aulas. Autores como Georghiades (2004) o Thomas (2012) (citados en Zohar y Barzilai, 2013) sugieren que a pesar de que los docentes están familiarizados con la noción de MC, no poseen los recursos para favorecerla en sus aulas, tanto en relación con los materiales como al tiempo. Estos autores proponen entonces que hay un fuerte distanciamiento entre teoría y práctica: los estudios académicos resaltan el valor de la MC en el aprendizaje de las ciencias, pero los intentos por realizar en las clases actividades que la fomenten son raros.

Este distanciamiento, general a toda la investigación didáctica, encuentra sus agravantes en el área de la MC debido al carácter reciente de las investigaciones al respecto, la complejidad del concepto, la poca presencia en la formación inicial de los docentes y el poco material de lectura, en general y en castellano en particular. A esto se suma que en la escuela se dedica poco tiempo a aprender a aprender, porque en nuestra tradición escolar se asume que no es necesario, ya que para aprender bastaría una acumulación de saberes que, de modo automático, generaría la capacidad de usarlos (Pozo, 2016).

El objetivo del presente artículo es ofrecer criterios para clasificar actividades que fomenten la MC en el aula y presentar algunos ejemplos que cumplan estos criterios. Para esto, esbozaremos un concepto de MC que sea útil para analizar actividades; luego, propondremos dos criterios para analizar actividades con algunos ejemplos que han sido puestos en juego en la tesis doctoral del primero de los autores; por último, nos centraremos en la didáctica de la biología evolutiva donde la MC ayuda a pensar en la enseñanza y el aprendizaje de aquella.

El concepto de metacognición y su relación con la enseñanza de las ciencias

La metacognición ha sido estudiada, en estas últimas décadas, desde diversas áreas del conocimiento, como las neurociencias (Beran et ál., 2009; Fleming y Frith, 2014; Peña-Ayala y Cárdenas, 2015); la psicología (Brown, 1977; De la Fuente et ál., 2015; Fletcher y Carruthers, 2012); la psicología social (Briñol y DeMarree, 2012); la educación (Arndt, 2015; Hacker, Dunlosky y Graesser, 2009; Hartman, 2001; Kuhn, 2012; Larson, 2009; Novak, 1991; Peña-Ayala y Cárdenas, 2015; Schraw e Impara, 2000; Zohar y Dori, 2012); la medicina (Moulin, 2002); la biología animal (Beran et ál., 2009); la neurología (Shimamura, 1994), y la sociología (Yzerbyt, Lories y Dardenne, 1998). Cada una de estas áreas tiene como objeto de estudio el mismo fenómeno: la metacognición; sin embargo, disponen de supuestos, métodos y contextos diferentes lo que implica que la definición del término será distinta. Proust (2013) propone que esto puede ser una posible explicación a por qué no se llega a establecer un concepto consensuado de metacognición.

No obstante estas diferencias, la mayoría de los investigadores del área caracterizan la MC a partir de dos dimensiones: conocimiento metacognitivo y regulación metacognitiva (Eldar y Miedijensky, 2015; Ford y Yore, 2012; Grotzer y Mittlefehldt, 2012; Monereo

et ál., 2012; Muria, 1994; Pintrich, 2002; Pozo, 2016; Schraw, 2001; Schraw, 2009; Schraw y Moshman, 1995; Schraw, Olafson, Weibel y Sewing, 2012; Schraw y Gutierrez, 2015; Soto, 2002; White, Frederiksen y Collins, 2009).

El conocimiento metacognitivo (CM) es aquel que tienen los sujetos sobre la cognición propia, de otros o general. Estos conocimientos suelen ser relativamente estables (lo que se sabe sobre la propia cognición no suele variar de una situación a la otra), tematizables y verbalizables (uno puede reflexionar y discutir con los otros lo que sabe sobre la cognición, y está en la capacidad 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) (Martí, 1995). Pueden distinguirse tres componentes:

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 (por ejemplo: saber las limitaciones de la memoria, saber de qué manera uno se desempeña mejor ante una tarea).
2. Conocimiento procedimental. Es un saber cómo. Implica el conocimiento que se tiene sobre cómo utilizar diversas estrategias para abordar una tarea (por ejemplo: conocer cómo tomar nota, usar nemotécnicas, hacer resúmenes).
3. Conocimiento condicional. Es un saber cuándo y por qué. Es el conocimiento sobre cuándo y por qué utilizar una determinada estrategia.

La dimensión de la regulación metacognitiva (RM) involucra los procesos de control ejecutivo de la propia cognición que ayudan al desarrollo de la tarea y al aprendizaje. A diferencia del CM, la regulación se la entiende de manera dinámica en cuanto depende más bien de las situaciones y tareas de aprendizaje. 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) (Martí 1995). Al igual que en el caso anterior, pueden distinguirse tres componentes:

1. Planeación. Se realiza 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. Es un proceso de regulación que ocurre mientras se está realizando la tarea y se refiere 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. Se da luego de finalizada la tarea y se refiere 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.

¿Por qué sería importante fomentar la MC en el aula? Según Pozo (2016), nos encontramos hoy ante una nueva cultura del aprendizaje. Estamos inmersos en la sociedad de la información, sin embargo, solo unos pocos poseen conocimiento. Los futuros ciudadanos (así como los actuales) requieren tomar decisiones sobre los agrotóxicos, los alimentos transgénicos, la salud, la pérdida de biodiversidad, entre muchas otras cuestiones, y consideramos que los modelos científicos que se aprenden en la escuela son una buena herramienta para tomar dichas decisiones. Sin embargo, varios autores enfatizan en que los modelos científicos son contraintuitivos y que para su aprendizaje se requiere de una reflexión consciente sobre los modos de pensar intuitivos (Pozo, 2014; Vosniadou, 2013). Para pasar entonces de una sociedad de la información a una sociedad del conocimiento, es necesario reflexionar sobre los propios modos de pensar del *sentido común*, por lo que la capacidad metacognitiva se constituye en una condición necesaria para hacerlo.

Para llevar adelante una enseñanza que fomente y tenga en cuenta la MC se deberá cumplir con ciertas características:

1. Se debe informar a los alumnos de su beneficio, explicitando los propósitos de este tipo de enseñanza no tradicional (Campanario, 2000; Jorba y Casellas, 1997; Veenman, 2012).
2. La enseñanza de las estrategias metacognitivas debe ser explícita, haciendo cons-

cientes a los estudiantes de sus propios procesos de pensamiento cuando se está resolviendo una tarea (Hartman, 2001; McKeown y Beck, 2009; Pozo, 2016; Ritchhart, Church y Morrison, 2014).

3. Esta forma de enseñanza debe ser mantenida en el tiempo y ser transversal a todas las asignaturas (Veenman, 2012; Zohar y Dori, 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 (Hartman, 2001; Muria, 1994; Schraw, 2001; Ritchhart, Church y Morrison, 2014).

Enmarcados en esta nueva cultura del aprendizaje de la que habla Pozo (2016), fomentar la MC en las clases de ciencias permitirá a los estudiantes transitar desde un aprendizaje implícito, característico de un alumno novato –donde las decisiones tomadas para la resolución de una tarea no son conscientes–, a un aprendizaje explícito, de carácter experto –caracterizado por la conciencia y regulación del 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 altamente desarrolladas podrá regular sus propios modos de aprender y pensar para tomar decisiones fundamentadas en las cuestiones científicas que se le presenten (García, 1998; Gaskins y Elliot, 2005; Pozo, 2016; Tamayo, Zona y Loaiza, 2017).

Propuestas de actividades que fomentan la metacognición

García (1998) propone que las actividades que se llevan a cabo en las clases de ciencia deben estar pensadas desde una progresión de lo simple a lo complejo, donde una de sus dimensiones corresponde al paso de formas

de actuación y de pensamiento implícitas a formas de actuación y razonamiento cada vez más explícitas. Pensar actividades que fomenten la MC desde esta perspectiva, implica pensar además en una graduación de la demanda cognitiva que se solicita a los estudiantes.

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, pasando por las autorregulaciones activas que representan un nivel intermedio de conciencia.

El pasaje de lo implícito a lo explícito puede considerarse como un posible criterio para la organización de las actividades que fomenten la metacognición. Queda claro que si los estudiantes no pueden diferenciar qué saben o aprendieron de lo que no saben o necesitan aprender, no sería posible que emplearan estrategias metacognitivas más avanzadas como planificar, evaluar su aprendizaje o emplear estrategias más eficientes y explícitas de aprendizaje (Tobias y Everson, 2009; Ritchhart, Church y Morrison, 2014).

Otros autores acuerdan en que otro modo de pensar la progresión debería implicar un avance gradual en la transferencia del control del aprendizaje desde el docente al alumno. En unas primeras instancias, el rol del profesor implica hacer consciente a los alumnos de sus propios modos de pensar, y explicitar las regulaciones que lleva adelante al resolver una tarea. Más luego se espera que dichas explicitaciones y controles logren realizarlas los estudiantes (Arndt, 2015; Chiu y Kuo, 2009; Gómez Crespo, 2017) y que además internalicen las estrategias utilizadas y las pongan en juego de manera independiente, y hasta cierto punto, descontextualizadas en otras asignaturas, su vida diaria, etc. La automatización de estrategias permitirá demandar menos a la cognición consciente para poder utilizar otras estrategias más complejas (Ben-David y Orion, 2013; Gaskins y Elliot, 2005, pp. 89-90; Monereo et ál., 2012, pp. 67-68), como podría ser la regulación de los obstáculos epistemológicos, que se esbozará más adelante.

Entendiendo estos dos criterios anteriores y sin invalidarlos, consideramos que son más bien generales, pero que no son claros para clasificar actividades concretas que fomenten la metacognición. Por ello, proponemos dos elementos que pueden ser tenidos en cuenta como criterios –no excluyentes– para clasificar actividades, así como para pensar en su gradualidad: la dimensión de la MC a la que alude la actividad y el momento de la tarea en el que ocurre la reflexión metacognitiva. En el primero de los elementos, una actividad que fomente la MC puede poner en juego el conocimiento metacognitivo (CM) de los estudiantes o la regulación metacognitiva (RM). El segundo elemento implica la distinción entre actividades que ocurren antes o luego de la tarea a resolver –actividades *offline*– y actividades que ocurren durante la tarea principal a resolver –actividades *online* (Schraw y Gutierrez, 2015; Veenman, 2012).

Considerando lo que los diversos autores proponen, un modo de entender la progresión de las actividades que fomenten la MC partiría de actividades de baja demanda cognitiva, o sea que aludan a rescatar solo el CM de los estudiantes y en momentos *offline*, hasta actividades de alta demanda cognitiva donde se requiera de una CM durante la actividad (*online*).

A continuación, ilustraremos algunas posibles actividades en lo que consideramos un orden creciente de demanda cognitiva.

- Selección de emoticones para una actividad (*offline- CM*)

Se les solicita a los estudiantes que utilicen emoticones para representar cómo se sienten con la actividad. Este pedido alude a rescatar también la dimensión afectiva en relación con las actividades que se les proponen a los estudiantes en la clase (Efklides, 2006, 2009). Esto es, en caso de que la actividad resultase difícil para los estudiantes posiblemente elegirán un emoticón que así lo represente.

- Dificultades en una actividad (*offline- CM*)

Se les solicita a los estudiantes que indiquen cuán difícil fue una actividad y por qué (Campanario y Otero, 2000). Una versión más compleja, que incluya la reflexión sobre la RM, podría solicitar que indicaran dónde se dieron cuenta de esa dificultad y qué pasos siguieron para resolverla.

Tras resolver la actividad del cuadro de Punnet, pensá: ¿Fue difícil realizar la actividad? ¿En qué momentos apareció dicha dificultad? ¿Por qué creés que te fue difícil?

- Juicios sobre lo que sé (*offline- CM*)

Se les pide a los estudiantes que indiquen qué saben sobre el tema que se está trabajando y qué no saben o qué preguntas se hacen sobre él (Kuhn, 2012; Ritchhart, Church y Morrison, 2014). Existen múltiples test estandarizados que miden los juicios antes o después de la tarea como *Judgments of Learning*, *Feeling of Knowing*, *Ease of Learning*, entre otros (Schraw, 2009).

- Revisión de mapas conceptuales (*offline- CM*)

Luego de hacer un mapa conceptual sobre el tema en cuestión, se solicita a los alumnos reflexionar sobre la comprensión allí plasmada (Campanario, 2001).

En función del mapa conceptual que armaste sobre el tema “ecosistemas”, remarca las flechas con colores según el siguiente criterio: (1) Verde, para aquellas relaciones entre conceptos que considerás que podés explicárselas sin problema a un compañero; (2) azul, para aquellas relaciones entre conceptos sobre las que tengas algunas dudas o preguntas para el docente (escribí esas dudas atrás del mapa); (3) rojo, para aquellas relaciones entre conceptos que no terminaste de comprender.

- Registro de lo aprendido (*offline- CM*)

Se les pide a los estudiantes que registren lo aprendido durante las actividades realizadas. Esto puede realizarse a partir de preguntas generales como “¿Qué aprendieron hoy?” o, por ejemplo, solicitándoles que coloquen un título a la actividad que sintetice la idea más importante de ella (Ritchhart, Church y Morrison, 2014).

- Volver sobre las concepciones alternativas (*offline- CM*)

Se les pide a los estudiantes que revisen las ideas iniciales que tenían sobre el tema (Kuhn, 2012).

Al comienzo de esta secuencia didáctica se te preguntaba: ¿Cómo podrías explicar que los lobos actuales en el ártico tengan un pelaje blanco, si sus antecesores no tenían el pelaje de este color? Y tu respuesta fue: “Fueron cambiando a lo largo del tiempo porque los lobos árticos se fueron adaptando al color de la nieve, para camuflarse y no ser detectados por sus depredadores y presas”. ¿Cambiarías tu respuesta o te parece que está bien? En caso de considerar que hay que cambiarla, ¿qué cambiarías y por qué? Para todos los cambios fundamentá por qué los hiciste.

- Lectura interrumpida (*offline*-CM)

Durante la lectura de un texto el docente se convierte en un guía que permite monitorear metacognitivamente la comprensión de los estudiantes sobre el contenido del escrito a partir de preguntas. Estas aluden a indagar sobre la comprensión de palabras o ayudan a inferir su significado, retomar las ideas que se sostienen sobre el tema del texto y discutir lo que propone el autor (Maturano, Macías y Soliveres, 2002; McKeown y Beck, 2009). Para un ejemplo concreto se puede ver Czernikier et ál. (2016).

- Checklist (*offline*-CM y/o RM)

Son múltiples los test estandarizados en formato *checklist* como el Jr. MAI. (Schraw et ál., 2012), el *Self-Efficacy and Metacognition Learning Inventory-Science* (SEMLI-S) (Thomas, Anderson y Nashon, 2008), entre otros. Estos solicitan al estudiante reflexionar sobre su CM o la RM llevada a cabo antes, durante o después de la resolución de una tarea.

- Autoinforme del proceso (*offline*-CM y/o RM)

Se solicita a los estudiantes que elaboren un informe de lo realizado (Núñez, Solano, González-Pienda y Rosário, 2006). El mismo puede contener: cuestiones aprendidas, dificultades, formas de superar las dificultades, nuevas preguntas, dudas. Este autoinforme se convierte en una combinación de varias de las actividades anteriores, con su correspondiente complejidad.

- Armado de fichas de estrategias (*offline/online*-CM y/o RM)

Luego de discutir sobre las estrategias utilizadas para resolver ciertas tareas en la clase, se les pide a los estudiantes que armen fichas de esas estrategias para ayudar a quienes no las conocen. El carácter estático y declarativo del CM en la construcción de las fichas, puede volverse dinámico cuando las mismas son utilizadas por los estudiantes durante alguna actividad.

Un carpintero selecciona la herramienta necesaria para construir y sabe cuándo y por qué usarla. Cada herramienta puede usarse con diferentes propósitos, pero seguramente algunas funcionarán mejor que otras. Así como las herramientas de un carpintero, nuestras herramientas de aprendizaje se llaman *estrategias*. Algunas son: preguntarse sobre lo aprendido, memorizar, leer con un objetivo en mente, hacerse consciente sobre las ideas que tengo, recordar usando canciones, relacionar con cosas conocidas lo nuevo que estoy aprendiendo, hacerse consciente sobre los problemas que tengo, hacerse imágenes mentales, explicar a otros para controlar mi aprendizaje, evaluar si llegué al objetivo de la tarea. En equipos, armen una ficha sobre alguna estrategia que hayan utilizado en las actividades de esta secuencia. En ella deben incluir: nombre de la estrategia, ¿cómo se usa?, ¿para qué sirve?, y ¿cuándo es conveniente usarla?

- Cartel evocador de obstáculos (*offline/online*-CM y/o RM)

Tras la discusión sobre alguna forma de razonamiento intuitivo persistente en las distintas actividades y que obstaculiza el aprendizaje (por ejemplo, un obstáculo

epistemológico), se solicita a los estudiantes que construyan carteles que funcionen como disparadores para volver a evocar esta forma de razonamiento en otras tareas. Esto ayudará a mejorar los procesos de RM durante las actividades (Peterfalvi, 2001).

- Bases de orientación (*offline/online- CM* y/o RM)

Se solicita a los estudiantes que construyan una *receta* para abordar algún tipo de problema que será recurrente en el aula. Para la construcción se deben tener en cuenta las siguientes cuestiones: ¿Qué se necesita hacer para resolver un problema de este estilo? ¿Cuáles son las dificultades comunes a este tipo de problemas? ¿Qué estrategias pueden utilizarse para resolver el problema? ¿En qué orden? ¿Cuáles son los resultados esperados? ¿Cómo se evalúan? Esto constituirá una base de orientación que cumplirá la función de ser un instrumento de planificación y anticipación para los estudiantes al resolver la actividad (García y Sanmartí, 1998; Jorba y Casellas, 1997; Jorba y Sanmartí, 1996; Nunziati, 1990).

A partir de ahora vamos a resolver varios problemas más dónde deban aplicar el modelo de selección natural. Antes, vamos a preguntarnos: ¿qué sería una buena explicación basada en el modelo de selección natural? Con sus compañeros armen una lista de ideas, tips, criterios que deberían tener en cuenta al momento de resolver un problema con el modelo.

- *Thinking aloud* (*online- RM*)

En esta actividad dos estudiantes trabajan en conjunto: uno resuelve la tarea haciendo explícito en voz alta todos sus pensamientos y sentimientos cuando está abordando la resolución de esta, mientras que su compañero observa y anota lo que verbaliza el primero, examina su precisión, registra errores (Hartman, 2001; Pintrich, 2002). Para un ejemplo concreto puede verse Pérez, Gómez y González (2018).

Un caso específico: metacognición y obstáculos epistemológicos en la enseñanza de la biología evolutiva

Son múltiples los problemas que se presentan al momento de enseñar biología evolutiva. Uno de ellos son los obstáculos epistemológicos, modos de pensar automáticos de los sujetos que subyacen a las concepciones alternativas que sostienen sobre la evolución de los seres vivos (González, 2011; González y Meinardi, 2017). En la enseñanza y el aprendizaje de la biología evolutiva son múltiples los obstáculos epistemológicos que podemos encontrar: teleología, esencialismo, razonamiento centrado en el individuo, entre otros (González, 2011; González y Meinardi, 2016). Por ejemplo, cuando los estudiantes indican “una rana no puede haberse convertido en un humano” o “todas las cucarachas evolucionan ante el insecticida” podemos inferir que subyace a estas expresiones un razonamiento esencialista. Esta forma de pensar implica asumir que cada individuo pertenece a una categoría definida por un conjunto de rasgos que son explicados a partir de su esencia inmutable. Esto se constituye en un modo de pensar claramente contrario a los modelos evolutivos, por cuanto no permite considerar la posibilidad de cambio entre especies, y cuando se lo considera suele ser limitado, teleológico y progresivo hacia un ideal; la distinción entre especies se imagina categórica más que continua; ignora la variabilidad, que es un componente fundamental para que la selección natural actúe; entre otros (Gelman y Rhodes, 2012).

Los obstáculos epistemológicos, además de ser conflictivos en el aprendizaje del modelo científico, son funcionales para los sujetos dado que les permiten explicar el mundo en el que viven y además son transversales, esto es, subyacen a expresiones de múltiples dominios del conocimiento. Dadas estas características, se infiere que no pueden eliminarse definitivamente. Entonces el objetivo último del trabajo didáctico implica la identificación del obstáculo por parte del alumno, y el control que ejercerá a partir de entonces sobre aquel

(Astolfi, 1999; Astolfi y Peterfalvi, 2001; Peterfalvi, 2001). Esto implicaría la construcción de un CM sobre los obstáculos epistemológicos y, a su vez, el desarrollo de capacidades de regulación al momento de construir o usar un modelo de la biología evolutiva. Para ello, y retomando los ejemplos de actividades del apartado anterior, se propone que una manera de hacer conscientes a los estudiantes sobre los obstáculos es a través de la construcción de carteles sobre, por ejemplo, el modo de razonar esencialista. Estos carteles funcionarían a su vez como instrumentos de regulación una vez que sean parte del aula. También puede realizarse la actividad "Volver sobre las concepciones alternativas", con el objetivo de que los estudiantes detecten estos modos de razonamiento en sus producciones escritas, y tomen conciencia del camino recorrido y de la diferencia con la construcción actual. Finalmente, las *bases de orientación* pueden constituirse en buenos instrumentos que fomenten la conciencia y regulación de los obstáculos (Pérez, Gómez y González, 2018).

Conclusiones

La metacognición (MC) es un aspecto principal de las formas más complejas de aprendizaje (aprendizaje explícito). Tanto la participación de la cultura científica, dado el carácter contraintuitivo de los modelos teóricos, como el pleno ejercicio de la ciudadanía, dada la necesidad de *aprender a aprender* frente a los rápidos y continuos cambios de la sociedad, demandan un alto desarrollo metacognitivo de los sujetos. En relación con estas metas, la investigación muestra que solo las capacidades metacognitivas más rudimentarias (insuficientes para los objetivos de aprendizaje propuestos) se desarrollan espontáneamente. Esto implica que el logro de estos objetivos de aprendizaje requiere de la educación formal. Sin embargo, la investigación (y nuestra experiencia) también muestra que las prácticas educativas más frecuentes no favorecen el desarrollo de la capacidad metacognitiva, razón por la cual los docentes debemos repensar nuestras prácticas en función de estas metas.

En este artículo presentamos dos criterios que consideramos útiles para diseñar actividades que favorezcan el desarrollo de las capacidades metacognitivas. Estos criterios son la dimensión (conocimiento o regulación) metacognitiva implicada en la actividad y el momento (antes, durante o después) de la tarea en la que se habilita el espacio para la reflexión. Consideramos estas actividades como parte de una progresión desde actividades que demandan una reflexión solo sobre el CM en actividades de carácter *offline* hasta actividades de una demanda cognitiva alta donde se solicita a los estudiantes una RM durante la actividad (*online*). Tanto desde la perspectiva de la investigación como de la del docente, este tema presenta múltiples dificultades. Por ejemplo, en el ámbito de la investigación resulta con frecuencia difícil distinguir cognición de MC y existen limitaciones metodológicas importantes, como aquellas derivadas de fundamentar la investigación en reportes de los sujetos (que no tienen por qué tener un acceso claro a sus propios procesos cognitivos).

Por su parte, el fomento de la MC en el aula implica actividades que demandan mucho tiempo y mucho esfuerzo cognitivo y comunicativo por parte de los estudiantes, condiciones que suelen ser difíciles de alcanzar en muchos contextos educativos reales. También es importante recordar que la gran mayoría de los

docentes no hemos sido formados para desarrollar prácticas coherentes con estos objetivos. A pesar de todas estas dificultades, creemos que es impostergable la toma de conciencia de la importancia de la MC y la revisión de las prácticas en relación con este tema. En este sentido, nuestras investigaciones sobre cómo favorecer el desarrollo de la MC en las clases de biología pretenden ser una contribución para acortar la distancia que mencionamos entre los estudios académicos y las actividades reales en el aula de ciencias.

Referencias

- Arndt, S. (2015). *Metacognición y reflexión. Experiencias metacognitivas en el nivel inicial*. Buenos Aires: Aique.
- Astolfi, J.P. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista Educación y Pedagogía*, 11(25), 151-171. Recuperado de <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeypp/article/download/5863/5276>
- Astolfi, J. y Peterfalvi, B. (2001). *Estrategias para trabajar los obstáculos: dispositivos y resortes*. En A. Camilloni (comp.), *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza* (pp. 191-223). Barcelona: Gedisa.
- Ben-David, A. y 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. y Smith, D. (2009). *Metacognition in animals*. En C. Larson (ed.), *Metacognition: New research developments* (pp. 23-41). Nueva York: Nova Science Publishers.
- Blank, L.M. (2000). A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding? *Science Education*, 84(4), 486-506.
- Briñol, P. y DeMarree, K. (2012). *Social Metacognition Thinking About Thinking in Social Psychology*. En P. Briñol y K. DeMarree (eds.), *Social Metacognition* (pp. 1-18). Nueva York: 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: Erlbaum.
- Campanario, J. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 369-380. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21685/21519>
- Campanario, J. (2001). Algunas propuestas para el uso alternativo de los mapas conceptuales y los esquemas como instrumentos metacognitivos. *Alambique*, 50(28), 31-38.
- Campanario, J. y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155-169. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21652/21486>
- Czernikier, A., Lukin, J., Pedetta, S., Kohen, M. y 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.
- Chiu, M.M. y Kuo, S.W. (2009). Social metacognition in groups: benefits, difficulties, learning and teaching. En C. Larson (ed.), *Metacognition: New reaserch developments* (pp. 116-136). Nueva York: Nova Science Publishers.
- De la Fuente, J., Zapata, L., Martínez-Vicente, J.M., Sander, P. y Putwain, D. (2015). Personal Self-regulation, Self-regulated Learning and Coping Strategies, in University Context with Stress. En A. Peña-Ayala (ed.),

Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art (pp. 223-255). Suiza: Springer.

- 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). Nueva York: Nova Science Publishers.
- Eldar, O. y Miedijensky, S. (2015). Designing a Metacognitive Approach to the Professional Development of Experienced Science Teachers. En A. Peña-Ayala (ed.), *Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art* (pp. 299-319). Suiza: Springer.
- Fleming, S. y Frith, C. (2014). *The Cognitive Neuroscience of Metacognition*. Berlín: Springer.
- Fletcher, L. y Carruthers, P. (2012). Metacognition and reasoning. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1594), 1366-1378.
- Ford, C. y 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 Y. Dori (eds.), *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 251-271). Nueva York: Springer.
- García, J.E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- García Rovira, M.P. y Sanmartí, N. (1998). Las bases de orientación: un instrumento para enseñar a pensar teóricamente en biología. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 16, 8-20.
- Gaskins, I. y Elliot, T. (2005). *Como enseñar estrategias cognitivas en la escuela. El manual Benchmark para docentes*. Buenos Aires: Paidós.
- Gelman, S. y Rhodes, M. (2012). Two-Thousand Years of Stasis. How psychological essentialism impedes evolutionary understanding. En K. Rosengren, S. Brem, E. Evans y G. Sinatra (eds.), *Evolution Challenges. Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (pp. 3-21). Nueva York: Oxford University Press.
- Gómez Crespo, M.A. (2017). *¿Por qué enseño como enseño? Tres actividades para aprender ciencias*. Madrid: Morata.
- 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.
- González Galli, L. y Meinardi, E. (2016). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. En N. Cuví, E. Sevilla, R. Ruíz y M. Puig-Samper, M. (eds.), *Evolucionismo en América y Europa* (pp. 463-476). Ecuador: Centro Publicaciones PUCE.

- González Galli, L. y 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.
- Grotzer, T. y Mittlefehldt, S. (2012). The role of metacognition in students' understanding and transfer of explanatory structures in science. En A. Zohar y Y. Dori (eds.), *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 79-99). Nueva York: Springer.
- Hacker, D.; Dunlosky, J. y Graesser, A. (2009). *Handbook of Metacognition in Education*. Nueva York: Routledge.
- Hartman, H. (2001). *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice*. Dordrecht: Springer.
- Jorba, J. y Casellas, E. (1997). *La regulación y la autorregulación de los aprendizajes*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua. Propuesta didáctica para las áreas de ciencias de la naturaleza y las matemáticas*. Barcelona: Ministerio de Educación y Cultura. Recuperado de <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/vistaPrevia.action?cod=41&area=E>
- Kuhn, D. (2012). *Enseñar a pensar*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Klimenko, O. y Alvares, J.L. (2009). Aprender cómo aprendo: la enseñanza de estrategias metacognitivas. *Educación y Educadores*, 12(2), 11-28.
- Larson, C. (2009). *Metaconition: New research developments*. Nueva York: Nova Science Publishers.
- Martí, E. (1995). Metacognición: entre la fascinación y el desencanto. *Infancia y Aprendizaje*, 18(72), 9-32.
- Maturano, C., Macías, A. y Soliveres, M. (2002). Estrategias cognitivas y metacognitivas en la comprensión de un texto de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 415-425. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21831/21665>
- McKeown, M. y Beck, I. (2009). The Role of Metacognition in Understanding and Supporting Reading Comprehension. En D. Hacker, J. Dunlosky y A. Graesser (eds.), *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 7-25). Nueva York: Routledge.
- Monereo, C.; Castelló, M., Clariana, M., Palma, M. y Pérez, M. (2012). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje*. 2a. ed. Barcelona: Graó.
- Moulin, C. (2002). Sense and sensitivity: Metacognition in Alzheimer's disease. En T. Perfect y B. Schwartz (eds.), *Applied Metacognition* (pp. 197-223). Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9780511489976.010.
- Muria Vila, I. (1994). La enseñanza de las estrategias de aprendizaje y las habilidades metacognitivas. *Perfiles Educativos*, 65, 1-11. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/132/13206508.pdf>
- Novak, J. (1991). Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 215-228.
- Nunziati, G. (1990), Pour construire un dispositif d'évaluation d'apprentissage. *Cahiers Pédagogiques*, 280, 47-64.
- Núñez, J., Solano, P., González-Pienda, J. y Rosário, P. (2006). Evaluación de los procesos de autorregulación mediante autoinforme. *Psicothema*, 18(3), 353-358.
- 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: Gedisa.
- Peña-Ayala, A. y Cárdenas, L. (2015). A Conceptual Model of the Metacognitive Activity. En A. Peña-Ayala (ed.), *Metacognition:*

Fundamentals, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art (pp. 39-72). Suiza: Springer.

- Pérez G., Gómez Galindo, A. y 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.
- Pintrich, P. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory into Practice*, 41(4), 219-225.
- Pozo, J. (2014). *Psicología del aprendizaje humano: adquisición de conocimiento y cambio personal*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. (2016). *Aprender en tiempos revueltos. La nueva ciencia del aprendizaje*. Madrid: Alianza.
- Proust, J. (2013). *The Philosophy of Metacognition. Mental Agency and Self-Awareness*. Nueva York: Oxford University Press.
- Ritchhart, R.; Church, M. y Morrison, K. (2014). *Hacer visible el pensamiento*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Paidós.
- Schraw, G. (2001). Promoting general metacognitive awareness. En H. Hartman (ed.), *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice* (pp. 3-16). Dordrecht: Springer.
- Schraw, G. (2009). Measuring Metacognitive Judgments. En D. Hacker, J. Dunlosky y A. Graesser (eds.), *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 415-429). Nueva York: Routledge.
- Schraw, G. y 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. e Impara, J. (2000). *Issues in the Measurement of Metacognition*. Lincoln, Nebraska: Buros Institute of Mental Measurements.
- Schraw, G. y Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351-371. Recuperado de <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1040&context=edpsychpapers>
- Schraw, G., Olafson, L., Weibel, M. y Sewing, D. (2012). Metacognitive Knowledge and Field-based science learning in outdoor environmental education program. En A. Zohar y Y. Dori (eds.), *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 57-77). Nueva York: Springer.
- Shimamura, A. (1994). The Neuropsychology of Metacognition. En J. Metcalfe y A. Shimamura (eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 253-276). Massachusetts: The MIT Press.
- Soto Lombana, C.A. (2002). *Metacognición: cambio conceptual y enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Swanson, H. (1990). Influence of metacognitive knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 82(2), 306-314.

- Tamayo Alzate, O., Zona López, J. y Loaiza Zuluaga, Y. (2017). La metacognición como constituyente del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis, TED*, Número extraordinario, 1031-1036. Recuperado de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4849/3980>
- Thomas, G., Anderson, D. y Nashon, S. (2008). Development of an instrument designed to investigate elements of science students' metacognition, self-efficacy and learning processes: The SEMLS. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1701-1724.
- Tobias, S. y Everson, H. (2009). The Importance of Knowing What You Know. A Knowledge Monitoring Framework for Studying Metacognition in Education. En D. Hacker, J. Dunlosky y A. Graesser (eds.), *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 107-127). Nueva York: Routledge.
- Veenman, M. (2012). Metacognition in Science Education: Definitions, Constituents and Their Intricate Relation with Cognition. En A. Zohar y Y. Dori (eds.), *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (pp. 21-36). Nueva York: Springer.
- Vosniadou, S. (2013). Model based reasoning and the learning of counter-intuitive science concepts. *Infancia y Aprendizaje*, 36(1), 5-33. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4129177.pdf>
- White, B., Frederiksen, J. y Collins, A. (2009). The Interplay of Scientific Inquiry and Metacognition. More than a Marriage of Convenience. En D. Hacker, J. Dunlosky y A. Graesser (eds.), *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 175-205). Nueva York: Routledge.
- Yzerbyt, V., Lories, G. y Dardenne, B. (1998), *Metacognition. Cognitive and Social Dimensions*. Londres: Sage Publications.
- Zohar, A. y Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, 49(2), 121-169.
- Zohar, A. y Dori, Y. (2012). *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research*. Nueva York: Springer.

Para citar este artículo

- Pérez, G. y González Galli, L. (2020). Actividades para fomentar la metacognición en las clases de biología. *Tecné, Episteme y Didaxis, TED*, 47, 233-247.