

## RECURSOS METACOGNITIVOS DURANTE LA RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA DE FÍSICA<sup>1</sup>.

(Metacognitive resources during the solving process of a physics problem)

**Enrique Coleoni**

**Laura Buteler**

Universidad Nacional de Córdoba  
Facultad de Matemática, Astronomía y Física- CONICET

### Resumen

El presente es un estudio exploratorio que caracteriza algunas habilidades metacognitivas de las que disponen alumnos de un curso introductorio de Física a nivel universitario. Estas habilidades se reportan y analizan en el contexto de la resolución de situaciones problemáticas de física. Se adoptan las ideas del marco teórico de Hammer, Redish y otros (Hammer & Elby, 2003, Hammer & otros, 2005), según las cuales la cognición de los sujetos es el resultado de la activación contextual de recursos cognitivos. En este marco, la metacognición se analiza conjuntamente con la producción cognitiva de los sujetos. Los resultados muestran que los alumnos, considerados sujetos novatos, disponen de un conjunto de habilidades metacognitivas sobre la base de las cuales resulta plausible diseñar entornos instruccionales. Estos resultados posibilitaría diseñar entornos instruccionales que superen la idea de la limitación de las conductas deseadas por parte de los sujetos novatos, y podrían así resultar más eficientes.

**Palabras-clave:** metacognición; resolución de problemas; enseñanza de la Física.

### Abstract

This paper describes an exploratory study that characterizes some metacognitive skills used by students in an introductory college physics course. These skills are reported and analysed in the context of solving problem situations in the field of magnetism. Ideas from the theoretical framework of Hammer, Redish et al. (Hammer & Elby, 2003; Hammer et al., 2005), according to which cognition is the result of the contextual activation of cognitive resources, are used. In this framework the metacognition is analysed together with the cognitive productions of the subjects. Our research findings show that the students, considered novices, have a set of metacognitive skills that might be used as basis for the design of instructional environments that would overcome the idea of the limitation of the desired behaviors of novices and, as such, would be more efficient.

**Keywords:** metacognition; problem solving; physics education.

### Introducción

La actividad metacognitiva es una componente de clara importancia en la resolución de problemas de Física. Una de las primeras cuestiones que surge naturalmente al abordar el tema de la metacognición es su definición. De manera más general, ésta ha sido definida desde el comienzo de los 70 como “el pensamiento sobre el pensamiento”. El término metacognición se refiere, básicamente, a dos aspectos: a) el conocimiento referido a la propia actividad cognitiva, y b) al control de la misma. Sobre esta base, diferentes autores ponen énfasis en distintos aspectos. Autores como Hacker (1998) sostienen que es difícil diferenciar en ocasiones lo metacognitivo de lo cognitivo, ya que el concepto metacognición, de por sí difuso (*fuzzy*), se torna aún más difuso por la amplia variedad de disciplinas de las cuales proviene el creciente número de investigaciones sobre el tema, y que además han sido generadas con una amplia variedad de propósitos.

---

<sup>1</sup> Algunos resultados preliminares del presente trabajo fueron presentados en la “2007 Foundations & Frontiers in Physics Education Research Conference”, Bar Harbor, Maine, agosto de 2007

Aún con estas dificultades, las investigaciones sobre metacognición han logrado establecer la relevancia de las actividades metacognitivas en tareas como la resolución de problemas. Hay dos resultados que sintetizan lo que se conoce acerca de la actividad metacognitiva. El primero de ellos es:

- a) *Los sujetos con mejor desempeño en la tarea de resolución de problemas muestran mayor grado de desarrollo en sus habilidades de tipo metacognitivo.*

Esto es, un alto grado de desarrollo de las habilidades metacognitivas es una característica de sujetos con mayor grado de experticia. Entre los autores que se refieren a esta característica, podemos citar a Gerace (2001), quien señala que los sujetos expertos son capaces de “pensar acerca de la resolución de problemas mientras resuelven problemas” en contraposición con los novatos, para quienes la tarea misma de resolución ocupa la totalidad de los recursos mentales disponibles. Asimismo, Howard y otros (2001) examinan las habilidades de monitoreo y regulación en resolución de problemas científicos en un entorno basado en computadoras. Establecen que la autorregulación metacognitiva es un buen predictor de éxito en la resolución. Sobre esta base, algunos autores han diseñado entornos instruccionales en los cuales los sujetos aprenden a imitar estas conductas o hábitos metacognitivos típicos de expertos. Como resultado de tal instrucción, los sujetos muestran mejoras en su desempeño cognitivo. Esto es lo que expresa el segundo resultado característico de las investigaciones en metacognición:

- b) *Enseñar conductas metacognitivas a los sujetos tiene incidencia positiva en su desempeño cognitivo.*

Un ejemplo de esto es el trabajo de Georghiades (2004a) en el cual el autor muestra cómo lleva a cabo actividades de entrenamiento metacognitivo en puntos seleccionados durante el proceso de instrucción en contenidos de electricidad. Observa que los sujetos instruidos de esta manera recuerdan los conceptos enseñados por un periodo mayor de tiempo. En el mismo sentido, Berardi-Coletta y colaboradores (1995) compara la instrucción de dos grupos de sujetos con un mismo conjunto de problemas. Un grupo de control no recibe entrenamiento dirigido a favorecer actividades metacognitivas, mientras que el grupo experimental recibe consignas dirigidas a promover comportamientos metacognitivos durante la instrucción. Estos últimos sujetos muestran un desempeño superior a los del grupo control durante la resolución de un nuevo problema.

La idea de los estudios que se mencionaron es que los alumnos aprendan y se habitúen a llevar a cabo actividades de tipo metacognitivo, y que, al favorecer en los alumnos estos hábitos típicos de expertos, también mejorará su desempeño como resolvedores. Esta estrategia, si bien fructífera, podría ser superada si se conociera mejor el modo en que los sujetos construyen su habilidad metacognitiva. Es posible que teniendo una mejor descripción del proceso mediante el cual los sujetos se tornan metacognitivamente más hábiles, podamos asistir a ese proceso de un modo más eficiente. Este estudio pretende hacer un aporte al conocimiento de cómo hacen los sujetos novatos para construir esa habilidad metacognitiva.

Recientemente, Redish, Hammer, y Elby (Hammer & Elby, 2003; Hammer & otros, 2005), basados en resultados previos de Di Sessa (Di Sessa, 1998), proponen un abordaje de la cognición sobre la base de *recursos cognitivos*. Según este enfoque, cuando los sujetos realizan tareas de naturaleza cognitiva, activan una serie de recursos cognitivos, de manera dependiente del contexto. Sus comportamientos, tanto a nivel cognitivo como metacognitivo son el resultado de la activación

de estos recursos. Los recursos cognitivos de los sujetos pueden clasificarse, al menos, en dos grandes categorías: recursos conceptuales y recursos epistémicos. Los recursos conceptuales son aquellos que permiten a las personas operar sobre la situación física que se presenta. Mapeados sobre elementos de esa situación, dan lugar a las descripciones que los sujetos hacen de ella.

Los recursos cognitivos epistémicos son aquellos que operan sobre el conocimiento de las personas y permiten enmarcar una dada tarea. Cuando las personas se enfrentan a una determinada tarea, prestan mayor atención a algunos rasgos de la misma que a otros. Pero este proceso es más que la priorización de ciertas características de la tarea, también incluye la decisión del comportamiento que es apropiado a la situación dada. Hay algo entre la codificación de la entrada sensorial y el proceso de interpretar esa información: un filtro de control que elige cuáles recursos van a ser activados. Esas decisiones pueden ser explícitas o bien implícitas y automáticas. Estos recursos “controladores” es lo que los autores denominan *recursos epistémicos*. Son las herramientas que permiten a las personas gestionar el conocimiento del que disponen.

Al mismo tiempo que los sujetos activan recursos conceptuales para razonar acerca de la situación física, activan recursos epistémicos mediante los cuales gestionan su conocimiento previo. Entre los recursos epistémicos que los sujetos activan, algunos están relacionados, por ejemplo, con la *fuerza* del conocimiento, otros con la *forma* del conocimiento. También existen recursos epistémicos cuya activación da lugar a diferentes *posiciones* de los sujetos ante su actividad cognitiva. Así tenemos, por ejemplo, los recursos epistémicos de:

- *Comprensión*: activando este recurso el sujeto estará satisfecho con la comprensión que crea tener de la situación que aborda.
- *Confusión*: al activar este recurso, un sujeto puede manifestar insatisfacción ante alguna incoherencia de sus ideas respecto a una dada situación

Estos recursos epistémicos son de particular interés para estudiar la actividad metacognitiva de las personas, ya que diferentes posiciones ante el conocimiento están vinculadas potencialmente a diferentes acciones que los sujetos pueden tener frente a su propia actividad cognitiva.. Tal como señalan Hammer y Elby (op cit), un sujeto que dice “estar controlando si se equivocó” refleja haber activado el recurso epistémico de “controlar”: no sólo controla su actividad cognitiva, sino que además *se percibe a sí mismo* como agente capaz de controlar su proceso de pensamiento. Así, agregan los autores, “*los recursos epistémicos pueden, por un lado, asistir en la activación de recursos de tipo metacognitivo, o pueden activarse como respuesta a una dada actividad metacognitiva*”. Otra vez, lo interesante de una visión de la (meta)cognición basada en recursos cognitivos, es que dado que la activación de los recursos es contextual, el mismo sujeto puede activar un conjunto de recursos (conceptuales y epistémicos) de modo de mostrar un comportamiento parecido al de un experto, en un contexto, y en otro contexto activar otro conjunto de recursos que lo llevan a comportamientos comúnmente clasificados como “novatos”. El cambio entre novato y experto está asociado a un mayor refinamiento de los recursos que el sujeto ya posee, la generación de nuevos recursos a partir de los que ya posee, un mayor grado de adecuación de la activación de los recursos a situaciones en las que resultan fructíferos, etc.

Es justamente por este motivo que resulta de interés conocer con mayor profundidad cuáles son los recursos epistémicos/metacognitivos de los que los sujetos novatos sí disponen, no para profundizar en el detalle de aquello que no son capaces de hacer, comparados con sujetos más expertos, sino para conocer mejor todas las tareas de tipo metacognitivo que sí son capaces de llevar a cabo, en qué medida se podrían refinar y mejorar, y generar así nuevas habilidades a partir de ellas.

## El estudio

El estudio que se lleva a cabo, de carácter exploratorio, busca caracterizar algunas estrategias metacognitivas que exhiben estudiantes de un curso introductorio de Física (en el nivel universitario) al resolver situaciones problemáticas que involucran contenidos de magnetismo. Dado que es un estudio de casos, y se enmarca dentro de las investigaciones de tipo cualitativo, los resultados obtenidos sirven para profundizar en las definiciones de los constructos teóricos que se ponen en juego y permiten generar preguntas. Los resultados de este tipo de estudios no son generalizables a un grupo de sujetos. Aún así, pueden servir al lector para comparar con los comportamientos de sus propios alumnos, y tienen el valor de ofrecer una manera alternativa, potencialmente útil, de registrar las producciones de ellos y valorar detalles de su proceso de aprendizaje.

En un estudio anterior a éste (Buteler et al, 2008), alumnos de un curso de Física introductoria, equivalente al del estudio presente, eran presentados con dos problemas de magnetismo. Los sujetos resolvían los problemas de manera individual y los registros de audio de esas entrevistas permitieron reconocer la activación de ciertos recursos conceptuales y epistémicos durante el proceso de resolución. En el presente estudio, se buscó identificar las estrategias metacognitivas desplegadas por los sujetos en problemas similares a los de aquel estudio y caracterizarlas en términos de recursos epistémicos metacognitivos asociados a éstas. Se trabajó sobre la idea de que la activación de recursos epistémicos puede asistir en la activación de recursos de tipo metacognitivo, y que a la vez la actividad metacognitiva puede modificar la activación de los recursos epistémicos. Esta relación circular entre activación de recursos epistémicos y actividad metacognitiva hace que resulte de interés observar los recursos metacognitivos de los sujetos conjuntamente con la activación de otros recursos epistémicos.

Los participantes fueron nueve alumnos de un curso introductorio de Física en una carrera de Ciencias Químicas, congregados por su propia voluntad, y en la modalidad de entrevistas semiestructuradas. Los problemas presentados a los alumnos se muestran en la figura 1.

La manera en que se recogieron los datos (las verbalizaciones de los sujetos) presenta dos características que resultaron ser de particular utilidad para recabar información acerca de la actividad metacognitiva de los participantes:

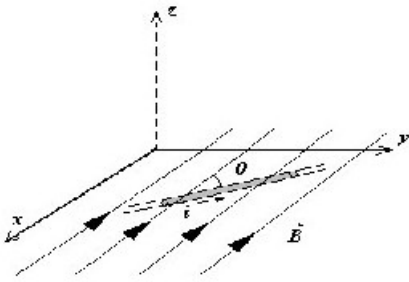
- a. Los sujetos fueron entrevistados en grupos de dos o tres, para favorecer la verbalización acerca de sus procesos de pensamiento.
- b. Los enunciados de los problemas no fueron presentados completamente, sino de manera secuencial, sentencia a sentencia. De esta manera, se vio favorecido el caudal de verbalizaciones, ya que los sujetos tenían más tiempo para realizarlas, y era posible vincular las distintas locuciones de los participantes con partes más específicas del problema<sup>2</sup>. Las intervenciones del entrevistador apuntaron a que los sujetos verbalizaran lo que pensaban, sin dar opinión acerca de lo correcto o incorrecto de sus producciones.

---

<sup>2</sup> Esta manera de presentar los enunciados sentencia a sentencia ya había sido utilizada en un estudio anterior (Buteler et al, op cit)

**Problema A**

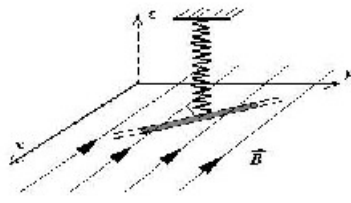
Por una barra horizontal conductora de longitud  $l$  y masa  $m$ , se hace circular una corriente eléctrica de intensidad  $i$ . Esta barra está en una zona del espacio donde existe un campo magnético constante y uniforme  $\vec{B}$ , también horizontal. La barra forma un ángulo  $\theta$  con el campo, como muestra la figura.



Sabiendo que:  $i=0,01$  A,  $B=0,3$  T,  $l=0,5$  m,  $g=10$  m/s<sup>2</sup> y  $m=0,045$  kg, ¿para qué valor de  $\theta$  estará la barra en equilibrio?

**Problema B**

Una barra conductora de longitud  $l$  y masa  $m$  está colgada de un resorte, de constante  $k$ , como muestra la figura. En el espacio en el cual se encuentra la barra hay un campo magnético constante y uniforme  $\vec{B}$ . Tanto la barra como el campo  $\vec{B}$  están en el plano horizontal.



- Siendo  $k=45$  N/m y  $m=0,045$  kg, ¿cuánto se estiró el resorte al colgarse la barra?  
Si ahora se hace circular corriente por la barra, ¿qué ocurrirá con el resorte, con respecto al estado anterior?

Figura 1: los problemas utilizados en el estudio

Como el objetivo de este trabajo exploratorio es el de caracterizar la actividad metacognitiva durante la resolución de problemas en términos de la activación de recursos metacognitivos y analizar la posible relación de éstos con el proceso de resolución, se reportan en la siguiente sección los recursos metacognitivos identificados, utilizando para ello pasajes de las transcripciones en los cuales estos se ponen de manifiesto, para luego hacer un análisis de los mismos. El supuesto que sostiene la metodología de trabajo es que a partir de la activación de ciertos recursos epistémicos los sujetos pueden activar recursos metacognitivos y desplegar actividades de tipo metacognitivo, y que a su vez esta actividad puede favorecer la activación de otros recursos epistémicos y conceptuales. Por esta razón, reportar las actividades metacognitivas conllevará también analizar ciertas características de los protocolos vinculadas a la activación de recursos cognitivos conceptuales y epistémicos.

### Análisis de las entrevistas

A lo largo de los ejemplos que siguen se muestran los recursos metacognitivos, que sirven para llevar a cabo actividades de control de la comprensión. Estos recursos de control han sido denominados, “*conciliación*” y “*qué pasa si*”, para los cuales se ofrece a continuación una definición. La activación de estos recursos permite a los sujetos hacerse (para luego responder) la pregunta “¿está bien lo que estoy haciendo?”. Se mostrarán estas actividades en el contexto de

activación de otros recursos (conceptuales y epistémicos), los cuales se encuentran descriptos a lo largo de los ejemplos.

*Conciliación*: Si bien es también es un recurso de control, tiene características particulares como para ser considerado por separado. Mediante la conciliación, los sujetos comparan y establecen si hay coherencia entre líneas de razonamiento que se generan a partir de conocimientos provenientes de diferentes *fuentes*, como por ejemplo, la *experiencia cotidiana* y la *fente formal*. Esto permite a los sujetos reafirmar las conclusiones a las que llegan mediante algún razonamiento.

*Qué pasa si*: la activación de este recurso permite hacer inferencias sobre la base de un razonamiento que se está siguiendo y contrastar estas inferencias con la situación para establecer si hay coherencia. Es también un recurso de control, y es similar a la conciliación en cuanto a que se basa en la coherencia (o falta de ella) entre dos líneas de razonamiento. La particularidad de este recurso es que esta comparación para establecer coherencia se realiza entre una observación de la situación y una inferencia que el sujeto decide hacer y que no está indicada necesariamente en la situación a resolver.

A continuación se presentan extractos de las entrevistas en las que se observa la activación de estos recursos, junto con una breve descripción.

#### Claudia y Pablo (Durante la lectura del problema B)

Estos sujetos llevan a cabo una solución físicamente correcta de la situación planteada en el problema A y luego, al abordar el problema B, analizan el problema cualitativamente, luego de lo cual es posible observar un ejemplo del recurso de “*conciliación*”. Claudia expresa que necesita de los cálculos para saber “si esto pasa o no”, es decir, necesita contrastar lo que comprende y predice a partir de su análisis cualitativo con lo que se desprende de una descripción formal. Pablo despliega la estrategia *qué pasa si*, y supone una dirección de la corriente para deducir si la barra tendería a bajar o a subir:

*Claudia*: ...no estoy muy segura de eso... tendría que pensar... a ver esperá... no, es que necesito de los cálculos más bien para... saber si eso pasa o no... porque la fuerza lo va a tirar hacia arriba...

*Entrevistador*: ¿qué fuerza?

*Claudia*: la fuerza del campo magnético... hacia arriba... y sí... todo el tiempo porque el campo es uniforme y constante...

*Pablo*: la corriente que se hace circular, ¿es hacia allá? Claro, no, porque si no dice nada, por ejemplo si la corriente fuese hacia acá... tendería a bajar... claro, nosotros nos quedamos como si la corriente fuese hacia allá como el ejercicio anterior... pero no dice para dónde va...

#### Mara y Mauricio (Luego de leer el problema A)

Estos sujetos activan el recurso conceptual de *alineación* (la barra se alinea con la dirección del campo externo, tal como un dipolo eléctrico/magnético se alinea con un campo eléctrico/magnético externo) lo cual los lleva a decir que el equilibrio se alcanzará cuando la barra esté alineada con el campo externo. La primera parte del extracto que se presenta a continuación también permite observar la activación del recurso de *confusión*. Hay una diferencia sutil pero esencial entre la

confusión que aquí se plantea y la que se observa en estudios que plantean el conflicto cognitivo de los estudiantes en el marco de modelos de cambio conceptual entre las propias concepciones espontáneas, y aquellas científicamente correctas (ver, por ejemplo, Pozo, 1989, capítulo VIII). En el presente estudio, la confusión a la cual se enfrentan los alumnos es generada por dos ideas *propias* que están en conflicto, y no por la contraposición de una idea propia y otra provista por la comunidad científica (libro de texto, docente, investigador, o incluso el resultado de una experiencia de laboratorio). Mara intenta superar su estado de confusión activando el recurso de conciliación, similarmente a lo observado con Claudia en el párrafo anterior, para contrastar su predicción cualitativa con algún cálculo formal:

**Entrevistador:** *¿qué están pensando?*

**Mara:** (risas) yo no sé! Estoy pensando en alguna fórmula, algo que me diga... si... porque no sé para que... ésto sea cero... (refiriéndose al ángulo entre la barra y el campo externo).

En lo que sigue de la entrevista, los sujetos mantienen su estado de confusión, se manifiestan disconformes con lo creen comprender y revisan en voz alta lo que están pensando. Durante este proceso se dan cuenta de que no hay corriente (están ya en el problema B). Esto parece dar lugar a que puedan activar el recurso de balance, ante lo cual activan también el recurso de comprensión:

**Mara:** *ahora...son cosas muy diferentes la fuerza que le va a ejercer el resorte a la que le va a ejercer el campo*

**Entrevistador:** *¿por qué son diferentes?*

**Mara:** *¡no sé! (risas) ¡Porque son cosas diferentes un campo y un resorte!...*

(Mara activa el recurso de confusión)

**Mauricio:** *porque una va a ser para arriba y la otra va a ser para allá (se refiere a una fuerza en el plano xy) ...!ah no! ¡Tiene que ser para abajo!*

**Entrevistador:** *¿cuál tiene que ser hacia abajo?*

**Mauricio:** *la del resorte....*

**Mara:** *no... la del resorte es hacia arriba*

**Mauricio:** *(lee la pregunta primera)... cuánto se habrá estirado el resorte....*

**Entrevistador:** *¿se habrá estirado algo el resorte?*

**Mauricio:** *¡ y si! Algo se tiene que haber estirado si tiene masa la barra*

**Mara:** *y el campo no habrá hecho que el resorte se estire más de lo que ya se estiró por la fuerza que le ejercería el campo... ¿o no?*

**Entrevistador:** *¿de dónde sale esa fuerza de la que ustedes hablan?*

**Mara:** *¡ah, no! Si no hay corriente no hay fuerza...*

**Mauricio:** *ahhhh... y ...calcularía el peso y esa sería la fuerza que hace la barra conductora sobre el resorte*

**Entrevistador:** *entonces ¿qué fuerzas habría sobre la barra?*

**Mara/Mauricio:** *la del resorte*

**Entrevistador:** *¿nada más?*

**Mara:** *y no, porque como dijimos recién...no hay corriente entonces B no hace fuerza*

**Entrevistador:** *entonces ¿el resorte hace una fuerza hacia arriba?*

**Mara:** *si,*

**Mara/Mauricio:** *y el peso hacia abajo*

**Mara:** *y...calculo el peso y después...*

Piden ayuda por una fórmula que no recuerdan ( $F=k \Delta x$ ) y resuelven.

En lo que sigue, observamos que Mara ha activado el recurso de *balance* y ha desactivado el recurso de *alineación*

**Mara:** (lee la segunda pregunta) *ah, bueno, lo que hicimos...ahora va a haber una fuerza*

**Mauricio:** *claro, para allá (alineando la barra al campo)*

**Mara:** *no, ¡pero no sabés para dónde circula la corriente!*

**Entrevistador:** *supongamos que en la misma dirección de antes*

**Mara:** *bueno, entonces la fuerza va a ser para allá...no...a ver...sí (fuerza que alinea la barra)<sup>3</sup>*

**Mauricio:** *y bueno, vamos a tener...tenés la corriente que va para allá y campo que va para allá...entonces..(hacen la regla de la mano derecha) tenés una fuerza para arriba...*

**Mara:** *entonces ya el estiramiento va a ser menos porque es como que el campo va a ayudar al resorte a sostener a la barra*

### **Ana y Guillermo:** (Durante la lectura del problema A)

Estos dos sujetos comienzan a resolver activando el recurso de *alineación*. Esto los lleva a decir que el equilibrio ocurrirá cuando el ángulo  $\theta$  sea cero. Se observa la activación del recurso de *confusión* por parte de Ana. También en Ana es posible observar el recurso *qué pasa si*, luego de incorporar el hecho de que la barra tiene masa y está afectada por la fuerza de gravedad. Ella considera las inferencias que le permite hacer el haber incorporado la gravedad, junto con el recurso de *alineación*. Esta comparación la lleva a activar nuevamente el recurso epistémico de *confusión* (¿¡se va a caer!?, lo cual es una conclusión que no la satisface)

**Entrevistador:** *¿vos decís que tiene que estar alineada al campo para que esté en equilibrio?...*

**Guillermo:** *sí, porque entonces la fuerza es por el...*

**Ana:** *porque así no va a haber fuerza*

**Guillermo:** *...por el seno de tita (y al mismo tiempo) Ana: ...pero... entonces ¿dijimos mal?*

...

**Entrevistador:** *y así ustedes piensan que la suma de todas las fuerzas sobre la barra va a ser cero...*

**Guillermo:** *si...*

**Ana:** *ay...queda la de la gravedad...*

**Guillermo:** *ajá... no sé, porque a la gravedad nunca la había visto...*

**Entrevistador:** *¿no? ¿Y qué quiere decir eso?*

**Guillermo:** *que hay una fuerza que la tira hacia abajo*

**Entrevistador:** *¿tendrá peso esa barra?*

**Ana:** *¡claro!*

**Guillermo:** *¡si!*

**Ana:** *¡¿qué?! ¡cuando la alinee se va a caer!*

---

<sup>3</sup> Si bien los registros de audio no son claros respecto a esta “fuerza que alinea la barra”, los gestos que realizaban los sujetos durante la entrevistas permiten establecer que se referían al torque que producen un par de fuerzas que tenderían a alinear la barra.



Luego de activar este recurso de *confusión*, los sujetos resuelven el problema activando el recurso de *balance*:

**Guillermo:** *a ver...esperá...ahhh... entonces tenemos que hacer una fuerza opuesta que sea hacia arriba porque... que se alinee con la fuerza del peso*

**Ana:** *es que en realidad...¿ahí no tendría que estar en equilibrio? Con este ángulo así en esta posición, la fuerza que es para arriba que es la del campo es igual a la de la gravedad...o sea eso habría que calcular...*

**Guillermo:** *sí, hay que ver si es igual a la de la gravedad*

**Entrevistador:** *¿quieren hacer alguna cuenta o algún dibujo?*

**Guillermo:** *que nos da 0,45 N el peso...*

**Ana:** *(hace el cálculo ella) bueno el módulo sería eso*

**Guillermo:** *si, la dirección es vertical y hacia abajo ...z negativos...*

**Ana:** *entonces la fuerza esta, la magnética, tiene que ser del mismo módulo*

**Guillermo:** *pero para arriba...o sea a la dirección ya la tenemos...es para arriba...entonces tomo sólo el módulo...*

**Ana:** *y la formula de fuerza era...*

**Guillermo:** *i por B por l por el seno del ángulo...entonces...(despejan seno de tita)*

**Gustavo, Darío y Valeria** (Durante la lectura del problema A)

La siguiente secuencia refleja la activación del recurso de *alineación* en estos sujetos:

**Valeria:** *bueno, pareciera que así, no creo que dé toda la vuelta para alinearse... cerrando el ángulo tita digamos (todos están de acuerdo)*

**Gustavo:** *hasta llegar a cero grado*

...

**Valeria:** *(lee la pregunta) para qué valor de tita estará la barra en equilibrio...¡y para cero!*

**Gustavo:** *la barra en equilibrio...o sea la barra ya alineada con el campo...cuando... no se...*

**Valeria:** *si, no va a haber mas fuerza, chau torque*

(Al abordar el problema B)

Dos de los sujetos advierten que no hay corriente (elemento clave para la *alineación* en el problema anterior). También se observa que Darío ha activado el recurso conceptual de *balance*, aparentemente disparado por la presencia del resorte<sup>4</sup>. Esto, a su vez, parece activar el recurso epistémico de *confusión* en Valeria:

**Valeria:** *es el mismo de recién sólo que con un resortito ahí... bah, no sé si el ángulo será el mismo pero es el mismo problema...*

**Gustavo/Darío:** *pero no dice que tiene corriente...*

<sup>4</sup> Es plausible suponer que la presencia del resorte favorezca la activación del recurso de balance porque ejemplos de resortes que "sostienen" cosas han estado presentes en muchas ocasiones durante la instrucción de estos sujetos, no sólo en problemas de lápiz y papel, sino también en actividades de laboratorio, como la Balanza de Jolly.

...

**Entrevistador:** ¿qué va a pasar ahí?

**Valeria:** nada

**Darío:** si no hay corriente no hay momento magnético...y no hay torque

**Valeria:** y la barrita se va a quedar así nomás

**Entrevistador:** y el resorte ¿para qué está?

**Valeria:** ¡para complicar nomás! (risas)

**Gustavo:** (lee la primera pregunta)

**Valeria:** ¿cómo era la fórmula?

**Gustavo:** la del resorte... (risas) –k por la distancia...

**Valeria:** ah, por el estiramiento...

**Darío:** es la fuerza inversa (por opuesta) al peso...

**Valeria:** ¡¿cómo?!

**Darío:** es que no sé si está bien lo que estoy diciendo...

**Gustavo:** no, pero el campo acá sí va a hacer algo a la barra, ¿o no? Porque no hace falta que tengas corriente si vos tenés algo de metal que lo ponés cerca de un imán se va a atraer

Aquí se ve la estrategia de “conciliación” por parte de Gustavo, al intentar establecer coherencia entre esto que están pensando, utilizando recursos conceptuales provenientes de la fuente formal, con un recurso de *atracción* proveniente de su experiencia cotidiana, ya que los “imanes se pegan a la puerta de la heladera”<sup>5</sup>

**Darío:** y bueno pero hay algo que....

**Valeria:** pero, ¿cómo decís vos? (A Gustavo)

**Gustavo:** si vos ponés algo de metal cerca de un imán, el imán va a atraer al “coso” de metal

**Valeria:** cuando hay corriente...

**Gustavo:** no, en la heladera no hay corriente y se pegan los imanes de la panadería

**Valeria:** no sé...

**Entrevistador:** hay algo que Darío no nos quiere decir... (risas)

Este pasaje de la intervención de Darío muestra la activación del recurso *qué pasa si*; insta a sus compañeros: “*hacé de cuenta que vos colgás la barra*” para contrastar las consecuencias de ese razonamiento con la comprensión de la situación presente. El hecho que agregue que “no está seguro si tiene que ver con todo esto” muestra también que ha activado el recurso epistémico de *confusión*. Este ejemplo es bastante ilustrativo de cómo la actividad metacognitiva se relaciona con la activación de recursos conceptuales (en este caso la *alineación* y el *balance*)

**Darío:** si ahí dice que el resorte está ejerciendo a una fuerza, la fuerza que le va a ejercer el resorte a la barra va a ser la inversa a la fuerza que genera la gravedad sobre la barra...(seguramente se refiere a la opuesta)...*hacé de cuenta que vos colgás la barra y para que esté en equilibrio tiene que hacer una fuerza el resorte igual y opuesta...no se eso... está bien, si tiene algo que ver con todo esto...*

Gustavo sigue intentando *conciliar* con la idea de que los imanes atraen metales:

**Valeria:** (a Gustavo) ¿por qué decís que el campo ejerce una fuerza sobre el conductor?

<sup>5</sup> Más adelante en el protocolo, el mismo Gustavo aclara esta idea, instado por su compañera.

**Gustavo:** *no sé si estoy equivocado, pero me parece que los campos magnéticos atraen metales, los metales son atraídos por los imanes...entonces la barrita se iría para allá y para mí el resorte se iría estirando*

(Lo que intenta decir es que la barra será atraída en la dirección del campo, de modo que tenderá a trasladarse en la dirección de los  $x$  negativos, y el resorte, fijo en su extremo superior, se estirará)

**Valeria:** *¿y por qué no se iría para adelante? (en la dirección de  $x$  positivos)*

**Gustavo:** *es que no sé bien para qué lado se iría, pero se iría para alguno de los dos lados...*

A continuación vemos cómo Darío intenta *conciliar* las explicaciones de sus compañeros (fundamentalmente de Gustavo) con el conocimiento formal del que dispone. Gustavo dice que la barra se verá atraída por el campo magnético, pero no puede decidir si en sentido positivo o negativo de la dirección  $x$ . Darío intenta conciliar las ideas que surgen de la activación de este recurso de *atracción* con la idea de un conductor por el cual circula corriente. Para hacerlo recurre a la idea de pensar en el campo externo como si estuviera generado por alguna corriente. Advierte entonces que por el conductor no circula corriente, y por lo tanto no interactúa con el campo externo.

**Darío:** *claro, depende del campo del conductor....para eso tendrías que considerar al conductor como un imán también y ver si este imán se va a atraer o repeler de acuerdo a cómo se orienten los campos magnéticos...pero como no hay corriente, para mí no hay campo*

En los extractos de las entrevistas que se mostraron, es posible observar la activación en de los recursos epistémicos de *confusión* y *comprensión*. En cuanto a los recursos conceptuales reportados, tenemos los de *alineación*, *balance* y el de *atracción*. La activación de estos recursos ocurre durante el proceso de solución de los problemas planteados, durante el cual también se observa la activación de los recursos metacognitivos *conciliación* y *qué pasa si*.

Se observa que la activación de estos recursos ocurre juntamente con la activación del recurso de *confusión* por parte de los sujetos. Poner en marcha estas estrategias posibilita a los sujetos activar/desactivar recursos conceptuales y modificar la descripción del sistema físico, lo que los puede llevar en última instancia a activar el recurso de *comprensión*.

También es posible observar que no siempre que los sujetos ponen en marcha una estrategia metacognitiva esto los lleva a resultados “correctos” en términos formales. Tal es el caso, por ejemplo, de Valeria y Gustavo, cuando controlan y reafirman su razonamiento que involucra la *alineación* de la barra con el campo magnético.

## Discusión

Como se mencionó en la sección “Análisis de las Entrevistas”, los estudiantes que participaron de este estudio se enfrentaron con situaciones en las cuales activaron el recurso de *confusión*. Esta situación se diferencia de las que se plantean en otros estudios referentes a modelos de cambio conceptual (ver Pozo, op. cit.) en que el conflicto que confunde a los sujetos está dado entre dos (o más) ideas *propias*, y no entre una idea propia (incorrecta) y otra (correcta) dada por una autoridad (libro, docente, investigador, etc). De esta manera, la *confusión* de los estudiantes es absolutamente “legítima”, como para que intenten hacerle frente haciendo uso de las herramientas metacognitivas de las que dispongan. Lo interesante a los fines del presente estudio es haber podido observar en

algún detalle cuáles son las herramientas metacognitivas de las cuales disponen los sujetos para hacer frente a esa confusión, aún considerando que se trata de novatos.

Estudios previos sobre metacognición han permitido establecer algunas habilidades metacognitivas de sujetos expertos, y también se ha establecido que el dominio de estas actividades se relaciona con un mejor desempeño a nivel cognitivo. A partir de estos resultados, se pueden definir objetivos instruccionales, referidos al dominio de estrategias metacognitivas. El punto es cómo lograr ese dominio en los estudiantes. Una posibilidad es diseñar una instrucción en la cual los sujetos novatos aprendan a imitar aquellas conductas de los expertos que se saben útiles. Esta estrategia, si bien fructífera, podría ser superada si se conoce mejor el modo en que los sujetos construyen estas habilidades. Es posible que podamos asistir a ese proceso de un modo más eficiente, teniendo presente las habilidades metacognitivas que los alumnos ya poseen, aún siendo novatos. El presente estudio apunta a contribuir en este sentido, superando la idea de la imitación, y podría ofrecer nuevas perspectivas respecto de cómo los novatos construyen su experticia metacognitiva. En tal sentido, conocer los recursos metacognitivos de los cuales disponen los alumnos permitirá orientar la instrucción hacia tareas en las cuales los sujetos los pongan en juego en diferentes contextos. El carácter contextual de la activación de estos recursos metacognitivos es esencial para entender cómo una modificación del contexto, dado por cambios en la activación de recursos conceptuales y epistémicos, puede alterar el estado de confusión o comprensión de un sujeto. Futuros estudios deberían abordar interrogantes como cuáles son los entornos que favorecen en los alumnos la activación de recursos epistémicos como la *confusión* y en qué condiciones logran superar esta confusión activando recursos metacognitivos como los observados en este trabajo.

En el orden de lo metodológico, este estudio ha permitido observar cómo los alumnos se permiten verbalizar acerca de la resolución de problemas aún no logrando respuestas correctas, cuando trabajan en situaciones en las que no están siendo evaluados, y también cómo el trabajar con pares favorece la verbalización acerca de sus procesos de razonamiento. Al argumentar entre ellos y tomar decisiones respecto a los pasos a seguir en la resolución, se favorece el reporte de las propias actividades cognitivas, y esto permite entender que la resolución entre pares es un contexto que favorece la actividad metacognitiva. Esto debería ser tenido en cuenta para futuros estudios en los que se aborde la metacognición de los sujetos.

## **Bibliografía**

- BERARDI-COLETTA, B., BUYER L.S., DOMINOWSKY, R.L., & RELLINGER, E.A. (1995). Metacognition and problem-solving: a process-oriented approach. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, 205-223.
- BUTELER, L.M., COLEONI, E.A., GANGOSO, Z. E. (2008). ¿Qué información útil arrojan los errores de los estudiantes cuando resuelven problemas de física?: Un aporte desde la perspectiva de recursos cognitivos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 7, #2, pp. 349-365. ISSN: 1579-1513
- COLLINS, V.L., DICKINSON, S.V., SIMMONS, D.C. & KAMEENUI, E.J. (1998). Metacognition and its relation to reading comprehension: a Synthesis of the research. Eugene, O.R: National Center to Improve the Tools of Educators; University of Oregon.
- DAVIDSON, J.E. & STERNBERG, R.J. (1998) Smart problem solving: how metacognition helps. En *Metacognition in educational theory and practice*. Hacker, D. J., Dunlosky, J. & Graesser, A. C. (Eds). Pp. 47-68. Lawrence Erlbaum Associates, NJ
- DISSA, A. & SHERIN, B. (1998). *International Journal of Science Education*, 20 (10), 1155-1191.

- DOMINOWSKY, R.L. (1998) Verbalization and problem solving. En *Metacognition in educational theory and practice*. Hacker, D. J., Dunlosky, J. & Graesser, A. C. (Eds). Pp. 25-46. Lawrence Erlbaum Associates, NJ
- GEORGHIADES, P. (2004a) Making pupils' conceptions of electricity more durable by means of situated metacognition. *International Journal of Science Education*, Vol 26, #. pp. 85-99.
- GEORGHIADES, P. (2004b) From the general to the situated: three decades of metacognition. *International Journal of Science Education*, Vol 26, #3. pp. 365-383.
- GERACE, W. (2001) Problem solving and conceptual understanding. En S. Franklin, J. Marx, K. Cummings, (Eds.), *Proceedings of the 2001 Physics Education Research Conference (PERC Publishing, Rochester, NY)*, pp.33-36.
- HACKER, D. J. (1998). Definitions and empirical foundations. En *Metacognition in educational theory and practice*. Hacker, D. J., Dunlosky, J. y Graesser, A. C. (Eds). Pp. 1-25. Lawrence Erlbaum Associates, NJ
- HAMMER, D, ELBY, A., SCHERR, R. & REDISH, E. (2005). Resources, framing and transfer. En Mestre, J (Ed). *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective*. Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing
- HAMMER, D. & ELBY, A. (2003). Tapping epistemological resources for learning Physics. *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 12, 53
- HOWARD, B.C., MCGEE, S., SHIA, R., HONG, N.S. (2001) The influence of metacognitive self-regulation and ability levels on problem solving. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (Seattle, WA, April 10-14 2001. Available through ERIC)
- MATEOS, M. (2001). *Metacognición y Educación*. Aique Editorial. Buenos Aires.
- OTERO, J. (1990) Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 8, #1, pp 17-22.
- POZO, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Ediciones Morata. Madrid.

Recebido em 21.12.07

Aceito em 13.11.08