

## Propuesta didáctica desde la metacognición y análisis de meta-habilidades para pensar las fallas en el aprendizaje de Síntesis de Proteínas

### A didactic proposal based on metacognition and the analysis of meta-skills to think about the flaws in the learning of Protein Synthesis

 Sofia Judith Garófalo<sup>1</sup>

 Mariela Haydée Miño<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires (UBA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, Argentina.  
Autora Correspondiente: [sgarofalo@cbc.uba.ar](mailto:sgarofalo@cbc.uba.ar)

**Resumen:** Se implementó una propuesta didáctica metacognitiva a un grupo de estudiantes universitario de primer año, seleccionado aleatoriamente de cuatro cursos de Biología, a fin de (1) analizar la posible asociación entre prácticas metacognitivas (PM) de una hora semanal con tres preguntas clave y la superación de fallas en el aprendizaje del tópico síntesis de proteínas; (2) identificar y comparar meta-habilidades cognitivas implícitas en las reflexiones de los estudiantes que realizaron o no PM, al revisar sus respuestas a las preguntas de síntesis de proteínas del examen; y (3) describir las respuestas de los estudiantes que realizaron o no PM, al enfrentarse de manera autónoma a una actividad metacognitiva durante la revisión del examen. Los resultados avalan que la realización de PM durante la cursada permitiría que los estudiantes mejoren sus aprendizajes en tópicos complejos como síntesis proteica y que valoren estrategias de comprensión por sobre las de memorización y atención.

**Palabras clave:** Enseñanza de biología; Prácticas metacognitivas; Diario de aprendizaje; Nivel universitario; Propuesta didáctica.

**Abstract:** A metacognitive didactic proposal was implemented with a group of first-year university students, randomly selected from four Biology courses, in order to (1) analyze the possible association between metacognitive practices (PM) of one hour a week with three key questions, and the overcoming of flaws in the learning of protein synthesis; (2) identify and compare cognitive meta-skills implicit in the reflections by the students who did or did not carry out PM, upon review of their answers to the exam questions on protein synthesis; and (3) describe the students' answers that did or did not carry out PM, when dealing with a metacognitive activity autonomously during exam revision. The results support that the performance of PM during the course would allow students to improve their learning of complex topics, such as protein synthesis, and to value comprehension strategies over memorization or attention.

**Keywords:** Biology teaching; Metacognitive practices; Learning diary; Higher education; Didactic proposal.

*Recibido en:* 12/08/2021

*Aprobado en:* 28/12/2021



## Introducción

En la actualidad, los egresados universitarios enfrentan nuevos retos y exigencias que demandan poner en práctica habilidades cognitivas para pensar de manera crítica y ser lo suficientemente creativos para adquirir nuevos y diversos conocimientos, en el marco de un mundo globalizado y cambiante (BROWN; PIKCFORD, 2013). Estas exigencias generan otras demandas de enseñanza y aprendizaje en las aulas universitarias, que no tienen puesto el foco solo en lo disciplinar, sino también en generar competencias que les permitan a los estudiantes conocer la manera en que aprenden, promoviendo un manejo autónomo y crítico de autorregulación de sus propias habilidades cognitivas a lo largo de la vida (BOUD; MOLLOY, 2013). De allí que una de las prioridades y desafíos de la docencia universitaria actual consista en crear oportunidades y experiencias para el desarrollo de tales competencias, propiciando el protagonismo del estudiante en su propio proceso de aprendizaje (CANO, 2014). El desarrollo de tales habilidades metacognitivas es imprescindible para la construcción de un pensamiento crítico (FORD; YORE, 2012; TAMAYO ALZATE, 2014), no solo para la formación como futuros profesionales universitarios, sino también para el desempeño como ciudadanos en un mundo en el que invade la desinformación, producto de la manipulación informativa.

En el campo de las Ciencias Biológicas, y en particular en el área que involucra el estudio de los procesos moleculares, el aprendizaje del proceso de síntesis de proteínas constituye una de las mayores dificultades que enfrentan los estudiantes de nivel medio y superior (CABALLERO SAHELICES, 2008; GARÓFALO; GALAGOVSKY, 2005; ÍÑIGUEZ; PUIGSERVER, 2013). Tal tópico resulta ser un eje central de integración para la comprensión de la estructura y funcionamiento de la enorme diversidad de seres vivos, ya que todas las formas de vida comparten las características bioquímicas de ese proceso. Los conocimientos referidos al proceso molecular de la síntesis de proteínas resultan fundamentales, por ejemplo, para entender la teoría evolutiva, uno de los paradigmas clave sobre los que se sustenta la Biología (RODRÍGUES; MARRERO, 2003 apud CABALLERO SAHELICES, 2008, p. 20).

Por otra parte, en la educación universitaria argentina actual predomina un modelo de enseñanza tradicional muy arraigado, en el que prevalecen las clases expositivas con un rol pasivo del estudiante. Este modelo tiene grandes desventajas, en tanto no se ajusta a las demandas de los aprendizajes actuales arriba mencionados (BAIN, 2007). En este marco, autores como Garófalo, Alonso y Galagovsly (2014); Garófalo, Chemes, Alonso (2016) intentan introducir en las aulas universitarias de Biología pequeños cambios pedagógicos para acercar la enseñanza tradicional a la demanda actual de aprendizaje, en un proceso en que la intervención y la investigación en didáctica de las Ciencias Naturales se entrelazan.

## Metacognición y meta-habilidades cognitivas

La metacognición, entendida como ese saber abarcador que el sujeto tiene sobre su propio conocimiento (meta: más allá; cognición: conocimiento), es decir, sobre la capacidad de conocer las habilidades mentales (memorización, atención, comprensión, etc.) que pone en juego a la hora de aprender y su forma de regularlas (BURÓN OREJAS, 2012), es la que permitirá al estudiante universitario pasar del pensamiento intuitivo al

razonado (GALLY; PEREZ, 2020). Brown (1987 apud FLÓREZ OCHOA, 1999, p. 98) sostiene que la metacognición involucra dos tipos de conocimientos: declarativos y procedimentales. Los declarativos son los que el estudiante tiene sobre su propio aprendizaje (cuando logra hacer explícito aquello que puede o no entender, y cómo lo logra hacer o no lo logra), y los procedimentales, los que le permiten regular sus propios procesos cognitivos (pensar a futuro los cambios que debería hacer para, por ejemplo, mejorar el aprendizaje de un tema a partir de conocer aquello que lo está dificultando).

Burón Orejas (2012), por su parte, ve a la metacognición como el conocimiento que se tiene de un conjunto de procesos u operaciones implicadas en el propio aprendizaje, a las que denomina meta-habilidades: meta-atención, meta-memoria y meta-comprensión, entre otros, dependiendo de aquello que haga explícito el sujeto. La meta-atención es el conocimiento que tiene el sujeto acerca de sus propias distracciones y las condiciones que favorecerían su concentración y acción de atender. Preguntas que orientan a distinguir tal habilidad metacognitiva podrían ser: ¿qué hay que hacer para atender más? o ¿cómo puedo evitar distraerme? La habilidad de meta-memoria se refiere al conocimiento de los propios límites de la memoria y su capacidad de memorizar. Las preguntas que permitirían identificar que el sujeto hace referencia a tal habilidad serían, por ejemplo, ¿qué me impide recordar este tema?, ¿para qué tengo que recordarlo? o ¿cómo puedo mejorar mi memoria? La meta-comprensión está relacionada con indicios en la reflexión metacognitiva que dan cuenta del conocimiento acerca de la propia comprensión y los procesos mentales necesarios para conseguirla. Es el aspecto más importante del aprendizaje, y el que nos permite reconocer cuando un sujeto no diferencia entre comprender y no comprender (diferencia fundamental entre buenos y malos lectores) o entre comprender y memorizar. Ser conscientes de estas diferencias ayuda al sujeto a pensar estrategias adecuadas para solucionar sus problemas de falta de comprensión como por ejemplo releer si no se comprendió. Algunas preguntas que permitirían dar cuenta de que el estudiante está transitando por esta meta-habilidad son: ¿qué tengo que hacer para comprender más? o ¿en qué se diferencia de otras actividades como memorizar o imaginar?

Según Brown *et al.* (1983), un sujeto metacognitivamente maduro es aquel que sabe qué es comprender y cómo debe trabajar para lograrlo. La capacidad de autoevaluación de las meta-habilidades por parte de los estudiantes les permitirán conocerlas, y así poder alcanzar, de manera gradual, un mayor nivel de madurez metacognitivo, siendo el nivel más alto aquel relacionado con la meta-comprensión (BROWN *et al.*, 1983). Cuando el estudiante lleva adelante la autoevaluación metacognitiva, es decir, cuando es objeto de su propio análisis, adquieren especial relevancia las intervenciones del docente promoviendo hacia adelante (feedforward) las habilidades metacognitivas que el estudiante ha comenzado a construir solo (MARCHÁN-CARVAJAL; SANMARTÍ, 2015).

Ritchhart y Perkins (2008) sugieren aplicar rutinas de aprendizajes como herramientas didácticas para promover procesos metacognitivos graduales. En este contexto, denominan rutinas a las actividades que habilitan intervenciones docentes que permiten andamiar pensamientos que se van complejizando y profundizando, a fin de llegar a reconocer los pensamientos asociados con la comprensión. Este enfoque implica que el estudiante tome gradualmente conocimiento acerca de qué es lo que estaría interfiriendo en su acción de aprender, cómo regularlo y pensar sus propias estrategias cognitivas para utilizarlas más eficazmente.

## **El diario de aprendizaje como instrumento de reflexión metacognitiva en las clases de Biología**

Garrison y Akyol (2015) proponen que para enseñar y orientar a los estudiantes a reflexionar metacognitivamente acerca del propio aprendizaje es necesario generar una propuesta didáctica con actividades, otorgando el espacio correspondiente para el intercambio. En este sentido, los Diarios de Aprendizaje (DA) han pasado a ocupar un lugar importante entre las herramientas de enseñanza metacognitiva, debido a que generan un espacio para la introspección y la auto-reflexión (GARÓFALO *et al.*, 2017; ZABALZA BERAZA, 2001). Bailey (1990) define al DA como una narración escrita en primera persona de una experiencia de aprendizaje o de enseñanza, mientras que Miller (2003) destaca su valor, en tanto da lugar a intervenciones docentes que orientan procesos de reflexión para un aprendizaje genuino, haciendo referencia a la importancia que tiene como evidencia escrita para la investigación pedagógica.

El DA refleja la trayectoria personal de los estudiantes, al tiempo que permite al docente guiar el proceso de aprendizaje metacognitivo. A través de sus intervenciones, el docente puede comunicar su valoración acerca del trabajo del estudiante (proceso de feedback) en un accionar unidireccional (BOUD; MOLLOY, 2013) y/o utilizar la retroalimentación para mejorar su desempeño a futuro (proceso de feedforward), estimulando un rol activo del estudiante (BOUD; MOLLOY, 2013). Para Carless *et al.* (2011), las intervenciones docentes deberían focalizarse en estimular el diálogo en el marco de propuestas didácticas que presenten preguntas guía sobre los procesos de aprendizaje, en generar feedback que anime a los estudiantes a autoevaluar sus acciones para aprender y en analizar sus respuestas motorizando el feedforward. El presente trabajo sigue esta línea al utilizar preguntas que guían a los estudiantes hacia la autorregulación del aprendizaje de manera espiralada.

### **Propósito de la investigación**

Las estrategias descritas previamente, que señalan la importancia de la metacognición para la autorregulación del aprendizaje y las dificultades que presentan los estudiantes para el aprendizaje del tópico síntesis de proteínas, nos motivaron a pensar una propuesta didáctica que genere espacios para la implementación de actividades que promuevan habilidades de pensamiento metacognitivo autocrítico sobre el aprendizaje, y que puedan ayudar a solucionar las fallas en la comprensión del tópico síntesis de proteínas. Si bien hay muchos trabajos que dan cuenta de la importancia de la reflexión metacognitiva y la autorregulación del aprendizaje, son pocos los que ponen a prueba, describen y analizan el grado de asociación entre una determinada intervención instruccional metacognitiva y las fallas en el aprendizaje del proceso de síntesis proteica, en una población de estudiantes de primer año universitario.

En este marco, se plantearon los siguientes objetivos:

1. Describir y comparar las respuestas de estudiantes universitarios de primer año, obtenidas a partir un grupo que participó de prácticas metacognitivas (PM) y otro que no, cuando se enfrentan de manera autónoma a una actividad metacognitiva en el marco de revisión de sus respuestas a las preguntas de síntesis de proteínas de un examen.

2. Identificar, describir y comparar las meta-habilidades cognitivas implícitas en las reflexiones que los estudiantes de ambos grupos (los que participaron de PM y los que no) realizan de manera autónoma, al momento de revisar sus respuestas sobre síntesis de proteínas de un examen.
3. Identificar las fallas en las respuestas de los estudiantes a las preguntas de síntesis de proteínas del examen, y analizar si hay alguna asociación con las meta-habilidades identificadas en el objetivo 2, en ambos grupos de estudiantes.

## Metodología

La población seleccionada involucró estudiantes de la materia Biología del Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires (UBA). El CBC constituye el primer año de todas las carreras de la UBA, y la materia Biología es común y obligatoria para todas las carreras biomédicas, por lo que tiene carácter masivo. La asignatura es cuatrimestral, con una forma de enseñanza tradicional y un cronograma estricto a cumplir. Para la presente investigación no se modificó el cronograma impuesto por la cátedra (todos los cursos de Biología están sincronizados con los temas) ni se intervino en la forma de enseñanza del contenido. Solo se acordó con el docente de los cuatro cursos seleccionados (dos del segundo cuatrimestre de 2018 y dos del primero de 2019) incorporar dos preguntas desarrolladas para esta investigación en la evaluación que incluye el tópico síntesis de proteínas (segundo examen parcial de la materia).

Los cuatro cursos seleccionados tenían un promedio de 78 estudiantes. El primer día de clases, el docente les explicó el propósito de la investigación y su carácter voluntario y anónimo, invitándolos a participar de la propuesta metacognitiva. De los estudiantes que se propusieron, se seleccionaron 40 al azar (10 por curso), que participaron de 12 encuentros semanales de una hora de duración, planificados fuera del horario de clase. El docente investigador (DI) que llevó adelante las actividades involucradas en dichos encuentros fue distinto al que estaba a cargo de la enseñanza de los contenidos y tomaba los exámenes.

## Descripción de las actividades llevadas a cabo con los estudiantes en el marco de la propuesta metacognitiva (PM)

Para los encuentros de PM con los 4 grupos de 10 estudiantes voluntarios de cada curso, se generaron las siguientes preguntas específicas:

1. ¿Qué de lo que hice, pienso que facilitó el aprendizaje del tema?
2. ¿Qué de lo que hice, pienso que lo dificultó?
3. ¿Qué considero que necesitaría hacer para favorecer mi aprendizaje a futuro teniendo en cuenta aquello que lo dificultó?

Estas preguntas permitían guiar la enseñanza del proceso de reflexión metacognitiva volcando las respuestas en un DA. Antes de comenzar se explicó la importancia, para esta investigación, que los escritos fueran el producto de una reflexión profunda y sincera acerca de su propia percepción a la hora de aprender.

En cada uno de los encuentros los estudiantes leían sus respuestas a las preguntas 1 y 2 escritas en el DA (fuera de los encuentros), y el DI generaba intervenciones individuales estratégicas, detalladas en Garófalo y Miño (2021), que los llevaran a

profundizar en las mismas cuando fuera necesario. Con la pregunta 3 (también respondida en el DA fuera de los encuentros), en cambio, se intentaban promover procesos de feedforward, motorizando a los estudiantes a pensar hacia el futuro, haciendo hincapié en la mejora en función a lo trabajado en las retroalimentaciones de las preguntas 1 y 2. Ante esta pregunta, el docente no tenía intervención, a fin de promover la autonomía reflexiva de los estudiantes a futuro.

Las tres preguntas apuntaban a andamiar la reflexión metacognitiva de los estudiantes, fomentando procesos de feedback relacionados con descubrir sus propias estrategias, dificultades y habilidades cognitivas puestas en juego a la hora de intentar comprender los temas que se iban enseñando en la materia. En los encuentros se promovía la auto-observación de manera crítica, con el fin de guiarlos hacia la autonomía reflexiva necesaria para autorregular sus aprendizajes a futuro. No se abordaron cuestiones disciplinares, puesto que los espacios generados no estaban pensados como clases de repaso de contenido sino como prácticas en las que se intentaba, de manera progresiva, transferir el rol crítico del profesor al estudiante.

Los encuentros finalizaron una clase antes de que el docente de la materia explicara el tópico síntesis de proteínas, el cual abarcó tres clases. Se tomó esta decisión con la finalidad de que todos los estudiantes (los que venían haciendo las PM y los que no) se enfrentaran por primera vez a la reflexión metacognitiva sobre sus aprendizajes del tópico síntesis de proteínas frente a las preguntas de tema, a la hora de la revisión individual del examen. En esta instancia, el docente de clase entregó los exámenes a todos los estudiantes que habían asistido ese día, solicitándoles que, voluntariamente, realizaran la actividad propuesta (las 3 preguntas mencionadas arriba) teniendo en cuenta solo las preguntas de síntesis de proteínas desarrolladas para esta investigación. Motivó utilizar las mismas preguntas, evaluar si había diferencias en las respuestas de ambos grupos (los que transitaban por las PM y aquellos que no), y en caso de hallarlas, en qué aspectos se evidenciaban.

*Preguntas desarrolladas para el examen:* El examen de síntesis de proteínas incluyó dos preguntas que aportarían a este trabajo: (a) ¿Cuándo consideras que nuestras células sintetizan proteínas? y (b) Indica cual es el péptido inicial resultante de la siguiente cadena: 5' TTAATGCCCGGGCAT 3'. La pregunta (a) tuvo como objetivo conocer si los estudiantes comprendían el sentido fisiológico del proceso molecular de la síntesis proteica. Para contestarla correctamente los estudiantes debían considerar que la síntesis de proteínas ocurre constantemente en las células de un organismo vivo. La pregunta (b) planteaba la realización de un problema tradicional de síntesis proteica practicado con intensidad durante las clases, y utilizado habitualmente por los docentes a la hora de evaluar este tópico. Para contestar esta pregunta los estudiantes debían tener presente el proceso de expresión génica, considerando la circulación de información genética del ADN a la proteína, y utilizar el código genético para su resolución, justificando su respuesta. Sabíamos por experiencia que los estudiantes podrían contestar correctamente esta pregunta sin comprender completamente el proceso, con la mera memorización del mecanismo de resolución. En cambio, para contestar correctamente la pregunta A debían haber construido una interpretación global del proceso, puesto que la respuesta apelaba a la comprensión, sin el respaldo de un mecanismo memorístico de resolución. Con ambas preguntas se perseguía como

objetivo descubrir posibles fallas en el aprendizaje del t3pico, y conocer qu3 tipo de habilidades metacognitivas se hacían implícitas en las respuestas de los estudiantes cuando durante la revisión del examen se enfrentarán a la pregunta 3 de las PM.

### Análisis de la información

La metodología utilizada para el análisis de la información recogida comprende dos perspectivas complementarias. Por una parte, un abordaje cualitativo con carácter descriptivo, tendiente a caracterizar, comprender e interpretar las respuestas obtenidas de los estudiantes. Desde esta perspectiva, las respuestas obtenidas a partir de las tres preguntas metacognitivas fueron agrupadas siguiendo la metodología propuesta por Suarez y Ochoa (2005), mientras que las respuestas a la pregunta 3 se retoman para poder identificar en ellas las meta-habilidades propuestas por Bur3n Orejas (2012). Por otra parte, las respuestas a las dos preguntas de síntesis de proteínas del examen fueron categorizadas de acuerdo con Goetz y LeCompte (2010).

La otra perspectiva comprendió dos análisis cuantitativos diferentes. Por un lado, se analizaron, mediante pruebas de Chi-cuadrado (LOCK *et al.*, 2013), las frecuencias de las respuestas de los estudiantes que habían asistido a los encuentros y los que no, según el tipo de respuesta que dieron a las preguntas A y B de síntesis de proteínas incluidas en el examen. Por otro lado, se triangularon los resultados obtenidos para evaluar si había alg3n tipo de asociación entre las meta-habilidades halladas en las respuestas a la pregunta 3 y las respuestas incorrectas o no contestadas a las preguntas de síntesis de proteínas del examen de ambos grupos de estudiantes, aplicándose la prueba Chi-cuadrado cuando los números lo permitieron (LOCK *et al.*, 2013).

Todas las actividades contaron con el consentimiento informado de los estudiantes que participaron, y se guardó el anonimato en los ejemplos para preservar su identidad.

### Resultados

El análisis cualitativo de las respuestas de los estudiantes que habían asistido a los encuentros y aquellos que no, generadas en el momento en el que revisaron las preguntas corregidas de síntesis de proteínas del examen, puso de manifiesto que la totalidad de los que habían asistido a los encuentros, y por lo tanto tenían experiencia en PM ( $n = 40$ ), generaron respuestas más elaboradas y extensas que el resto del alumnado ( $n = 198$ , **cuadro 1**). Además, las respuestas de los estudiantes que habían transitado por las PM describían con claridad y profundidad por qué creían que lo que habían hecho para estudiar les había facilitado el aprendizaje del t3pico síntesis de proteínas (pregunta 1 de las PM) y por qué creían que determinadas acciones suyas lo habían dificultado (pregunta 2 de las PM). En este grupo de estudiantes se lograron detectar respuestas que daban cuenta de justificaciones y argumentaciones concretas, indicadoras de un proceso de reflexión metacognitiva retrospectiva (feedback) profunda. En cambio, de las 198 respuestas obtenidas a partir del grupo de estudiantes que no había asistido a los encuentros, y por lo tanto no había realizado PM previas, 160 (80%) fueron muy breves, generalmente de solo una o dos palabras y sin justificaciones ni argumentaciones (**cuadro 1**). De las 38 respuestas restantes, 15 (7%) fueron tan completas como las de los estudiantes que habían realizado las PM, y el resto (13%) manifestó desconocer qué les podría haber sucedido.

**Cuadro 1** – Ejemplos de respuestas de los estudiantes a las preguntas metacognitivas 1 y 2, desarrolladas en el momento de revisión del examen

Preguntas	Estudiantes sin prácticas metacognitivas previas (n = 198)	Estudiantes con prácticas metacognitivas previas (n = 40)
<b>Pregunta 1.</b> ¿Qué de lo que hice pienso que facilitó mi aprendizaje?	<i>Estudiar.</i>	<i>Leer de lo que escribí en clase, mirar las diapositivas otra vez y completar con el libro.</i>
	<i>Consultar.</i>	<i>Hacer los problemas de síntesis de proteínas entendiendo que estaba haciendo del proceso.</i>
	<i>Hacer actividades.</i>	<i>Hacer resumen en casa y marcar lo que no entendía para consultar.</i>
	<i>Mirar las diapositivas de la profesora.</i>	<i>Estudiar en voz alta como contando a alguien.</i>
<b>Pregunta 2.</b> ¿Qué, de lo que hice o no hice, pienso que dificultó mi aprendizaje?	<i>Creí que sabía.</i>	<i>Comprendía el proceso, pero no memoricé cosas.</i>
	<i>Leía sin entender.</i>	<i>Me distraigo mucho cuando estudio con el celular y la computadora.</i>
	<i>No hice actividades.</i>	<i>Dejé pasar cosas sin consultar cuando no sabía.</i>
	<i>Solo memorizar.</i>	<i>Lo estudiaba de memoria y la realidad es que no había entendido.</i>
	<i>No consultar.</i>	<i>Estudiarme el procedimiento de los problemas de síntesis de proteínas sin comprender qué hacía.</i>

Fuente: elaboración de las autoras.

Las respuestas a la pregunta 3 de las PM nos permitieron detectar tres tipos de habilidades metacognitivas propuestas por Burón Orejas (2012) en ambos grupos de estudiantes: meta-atención, meta-memoria y meta-comprensión. En la categoría meta-atención se agruparon las respuestas que hacían referencia al conocimiento de los procesos implicados en la acción de atender, como reconocer las distracciones y/o las condiciones que favorecen la concentración. Por ejemplo, "*no dejo de pensar en otras cosas cuando intento estudiar*" o "*tengo que concentrarme y para eso tengo que estar sola. No me sirve estudiar con compañeros*" (**cuadro 2**). En la categoría meta-memoria se agruparon respuestas que daban cuenta de saberes acerca de las propias capacidades y límites de la memoria. Por ejemplo, "*buscar una manera de acordarme de los nombres de enzimas, procesos etc.*", "*capaz repetir lo que no me acuerde, no sé...*" o "*usar alguna regla nemotécnica como la de 'Aníbal Troilo, Carlos Gardel', para recordar A-T, C-G en el ADN*" (**cuadro 2**). Por último, la categoría meta-comprensión agrupó respuestas de estudiantes que daban cuenta de conocimientos acerca de la propia comprensión y de los procesos mentales necesarios para conseguirla. Son representativas de estas categorías respuestas como "*no sé qué tengo que hacer para entender, porque estudié un montón*" o "*preguntarme internamente si lo que estoy leyendo lo entiendo; porque si no, sigo de largo. Puedo hacerme preguntas rápidas a mí mismo. Por ejemplo, cada dos párrafos...*" (**cuadro 2**).

La comparación cualitativa de las respuestas obtenidas a partir de la pregunta 3 de las PM puso de manifiesto que la totalidad de los estudiantes que habían realizado dichas prácticas (n = 40) conocía las dificultades que tenían para comprender, y completó sus respuestas proponiendo alguna posible solución (ver ejemplos en el **cuadro 2**). En cambio, de las 198 respuestas obtenidas a partir del grupo de estudiantes que no había realizado PM, 145 (73%) evidenciaron que dichos estudiantes habían logrado identificar la o las meta-habilidades que debían trabajar para lograr el aprendizaje del

tema, pero no lograron proponer alguna posible acción para solucionar su dificultad. En el mismo grupo se identificaron 21 respuestas (11%) tan completas como las de los estudiantes que habían realizado PM, y 32 respuestas (16%) que pusieron de manifiesto que desconocían qué deberían hacer para mejorar sus aprendizajes en el tema.

**Cuadro 2** –Ejemplos de respuestas de los estudiantes a la pregunta 3\*

Meta-Habilidad	Respuestas de estudiantes sin prácticas metacognitivas (n = 198)	Respuestas de estudiantes con prácticas metacognitivas (n = 40)
<b>Meta-atención:</b> Conocimiento de los procesos implicados en la acción de atender, reconocer las distracciones (autorregular) y/o las condiciones que favorecen la concentración	(A) No dejo de pensar en otras cosas cuando intento estudiar.  (B) Tengo que hacer algo para concentrarme más.	(C) Sentarme en un lugar donde no esté el celular y la computadora.  (D) Tengo que concentrarme y para eso tengo que estar sola. No me sirve estudiar con compañeros.
<b>Meta-memoria:</b> Conocimiento de las propias capacidades y límites de la memoria	(E) Buscar una manera de acordarme de los nombres de enzimas, procesos, etc.  (F) Capaz repetir lo que no me acuerde, no se...	(G) Usar alguna regla nemotécnica como la de 'Anibal Troilo, Carlos Gardel', para recordar 'A-T, C-G' en el ADN.  (H) Para síntesis de proteínas tengo que acordarme el nombre de las enzimas y repetirlas en voz alta.
<b>Meta-comprensión:</b> Conocimiento de la propia comprensión y de los procesos mentales necesarios para conseguirla	(I) No sé qué tengo que hacer para entender, porque estudié un montón.  (J) Es que no entiendo cuando leo mis teóricas del tema.	(K) Tendría que subrayar con distintos colores (lo que no entiendo en amarillo). Si hay alguna palabra que no sé, me fijo a ver si está en la explicación teórica.  (L) Preguntarme internamente si lo que estoy leyendo lo entiendo; porque si no sigo de largo. Puedo hacerme preguntas rápidas a mí mismo. Por ejemplo, cada dos párrafos...

\*¿Qué considero que necesitaría hacer para favorecer mi aprendizaje a futuro teniendo en cuenta aquello que lo dificultó?

Las respuestas fueron clasificadas utilizando las preguntas orientadoras sugeridas por Burón Orejas (2012) para detectar las meta-habilidades implícitas en las narrativas.

Fuente: elaboración de las autoras.

El examen que incluyó las dos preguntas de síntesis de proteínas formuladas para esta investigación fue respondido por un total de 283 estudiantes: los 40 que venían realizando PM en los encuentros y 243 que no. La diferencia numérica en las respuestas que analizamos cualitativamente de este último grupo (n = 198) se debe a que el día de la revisión se habían ausentado algunos estudiantes que no habían realizado PM y a que su participación en la actividad propuesta fue voluntaria.

Las respuestas de todos los estudiantes (los 40 que habían realizado PM y 243 que no) obtenidas a partir de ambas preguntas del examen fueron agrupadas en cinco categorías: respuesta correcta, manifestación de desconocimiento del tema y tres categorías correspondientes a las concepciones erróneas del tema<sup>1</sup> (**tabla 1** y **tabla 2**). Los análisis estadísticos mostraron que ambos grupos de estudiantes difirieron significativamente en el porcentaje de respuestas que dieron, tanto a la pregunta A ( $X^2 = 59,9$ ; gl = 4;  $P < 0,0001$ ; N = 283) como a la pregunta B ( $X^2 = 26,1$ ; gl = 4;  $P < 0,0001$ ; N = 283), siendo la principal diferencia que los que tenían experiencia en PM dieron mayor porcentaje de respuestas correctas: 70% a la pregunta A (**tabla 1**) y 90% a la pregunta B (**tabla 2**), mientras que el otro grupo mostró un resultado inverso, con solo 15% de respuestas correctas a la pregunta A (**tabla 1**) y 47% a la pregunta B (**tabla 2**).

<sup>1</sup>El análisis de las concepciones erróneas y posibles obstáculos en el aprendizaje del tópico síntesis de proteínas será abordado en un nuevo manuscrito.

**Tabla 1** – Porcentaje y número de respuestas a la pregunta A\* del examen, agrupadas en categorías emergentes

Grupos de estudiantes	Categorías de respuestas				
	De manera continua (respuesta correcta)	Sólo cuando no comemos suficientes proteínas	Siempre que la célula se divide	Siempre que necesitamos anticuerpos o enzimas	Manifiesta desconocer
Estudiantes sin prácticas metacognitivas (n = 243)	15% (37)	35% (85)	35% (85)	10% (24)	5% (12)
Estudiantes con prácticas metacognitivas (n = 40)	70% (28)	15% (6)	10% (4)	0% (0)	5% (2)

\*¿Cuándo consideras que nuestras células sintetizan proteínas?

Fuente: elaboración de las autoras.

**Tabla 2** – Porcentaje y número de respuestas a la pregunta B\* del examen, agrupadas en categorías emergentes

Grupos de estudiantes	Categorías de respuestas				
	Respuesta correcta*	Omite la transcripción	Dificultad en la complementariedad de bases	Uso incorrecto del código genético	Manifiesta desconocer
Estudiantes sin prácticas metacognitivas (n = 243)	47% (114)	21% (51)	35% (85)	10% (24)	5% (12)
Estudiantes con prácticas metacognitivas (n = 40)	90% (36)	15% (6)	10% (4)	0% (0)	5% (2)

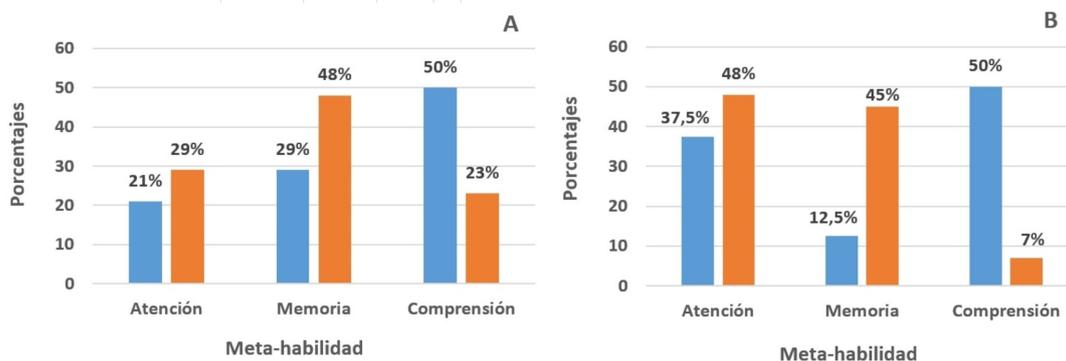
\*Indique cuál es el péptido inicial resultante de la siguiente cadena 5' TTAATGCCCGGGCAT 3'

\*\*NH<sub>2</sub>-Met-Pro-Gly-His-COOH

Fuente: elaboración de las autoras.

El resultado de la triangulación de las respuestas incorrectas o no contestadas a las preguntas A y B del examen (**tabla 1** y **tabla 2**) con las meta-habilidades sugeridas por los estudiantes al contestar la pregunta 3 durante la revisión del mismo, se muestra en la **figura 1**. Se encontraron evidencias de asociación entre haber o no realizado PM y las meta-habilidades mencionadas por los estudiantes cuando realizaron el monitoreo de sus respuestas a la pregunta A ( $X^2 = 7,75$ ; gl = 2; P = 0,02). El principal aporte a esta asociación fue el elevado número de referencias a habilidades de meta-comprensión que hizo el grupo de estudiantes que había realizado PM (50%, **figura 1A**). En cambio, los estudiantes que no habían realizado PM hicieron más referencia a habilidades de meta-atención (29%) y meta-memoria (48%) que de meta-comprensión (23%, **figura 1A**). En cuanto a la pregunta B, no fue posible realizar el análisis estadístico debido a que el grupo de estudiantes que había realizado PM tuvo menos de 5 respuestas esperadas en cada una de las categorías consideradas (restricción de la prueba de Chi-cuadrado). Sin embargo, las frecuencias de respuestas observadas mostraron un patrón similar al de la pregunta A, con un elevado porcentaje de respuestas de meta-comprensión entre los estudiantes que habían realizado PM (50%, **figura 1B**) en relación con las otras meta-habilidades, comparado con las de los estudiantes que no habían realizado PM (7%, **figura 1B**).

**Figura 1** – Porcentajes surgidos de la triangulación de las respuestas incorrectas o no contestadas a las preguntas A y B del examen con las meta-habilidades sugeridas al contestar la pregunta 3\* durante la revisión del mismo



\*¿Qué considero que necesitaría hacer para favorecer mi aprendizaje a futuro teniendo en cuenta aquello que lo dificultó?

Las barras azules indican estudiantes que realizaron prácticas metacognitivas. Las barras naranjas indican estudiantes que no realizaron prácticas metacognitivas.

**A** Porcentajes sobre un total de 172 respuestas a la pregunta A: ¿Cuándo consideras que nuestras células sintetizan proteínas?

**B** Porcentajes sobre un total de 209 respuestas a la pregunta B: Indique cuál es el péptido inicial resultante de la siguiente cadena 5' TTAATGCCCGGGCAT 3'.

Fuente: elaboración de las autoras.

Por otra parte, ninguno de los estudiantes que había realizado PM dejó sin contestar la pregunta 3 al revisar ambas preguntas del examen (0%), mientras que 32 estudiantes del grupo que había realizado las PM no respondieron la pregunta 3 al monitorear su respuesta a la pregunta A (16%) y 25 al monitorear su respuesta a la pregunta B (13%).

## Discusión

Las dificultades que presenta el aprendizaje del tópico síntesis de proteínas entre los estudiantes del nivel superior (IÑIGUEZ PORRAS; PUICVERVER OLIVÁN, 2013; LEWIS; KATTMANN, 2004) nos motivaron a poner a prueba la implementación de PM con la escritura de un DA en un grupo de estudiantes universitarios de primer año. El análisis de las respuestas a las tres preguntas metacognitivas realizadas por todos los estudiantes durante la revisión del examen nos permitió observar diferencias entre los que habían realizado las PM y los que no. Los primeros lograron respuestas que evidenciaban provenir de una reflexión autocrítica y profunda sobre las habilidades que los llevaron a obtener buenos resultados o fallas en las respuestas a las preguntas de síntesis de proteínas del examen (mirada retrospectiva), y hacer propuestas acerca de cómo mejorar (mirada a futuro). Esto se vio reflejado en el alto porcentaje de respuestas elaboradas, claras y bien argumentadas, en contraposición con las del grupo que no hizo las PM, que en su mayoría dio respuestas breves y sin argumentación.

La mayor calidad de respuestas de los estudiantes que realizaron las PM con el DA permite suponer, en concordancia con Ritchhart y Perkins (2008), que las rutinas para el aprendizaje metacognitivo que habilitan intervenciones docentes permitirían andamiar, en los estudiantes, el reconocimiento de pensamientos asociados a la comprensión, y construir saberes acerca de qué es lo que estaría permitiendo o interfiriendo sus acciones de aprender, paso fundamental para pensar estrategias de

aprendizaje a futuro, y autorregular sus aprendizajes, seleccionando las estrategias más convenientes. La mayor calidad de respuestas de estos estudiantes podría deberse también a una mayor motivación con respecto al otro grupo, puesto que se postularon voluntariamente para realizar las PM. Sin embargo, la actividad metacognitiva realizada por ambos grupos durante la revisión del examen también fue voluntaria, por lo que es menos probable que la brevedad de respuestas del grupo que no había asistido a los encuentros de PM se haya debido a un limitarse a cumplir con la tarea asignada, pero sin explayarse. En este último grupo hubo algunos estudiantes que manifestaron no saber qué les estaba dificultando el aprendizaje en el tema. Esto podría deberse a que, al situarse a pensar su respuesta, hicieron consciente su desconocimiento acerca de qué de sus formas de aprender los estaba limitando, lo cual es un paso fundamental para motorizar cambios.

Entre las respuestas de todos los estudiantes a la pregunta sobre qué consideraban que necesitarían hacer a futuro para favorecer sus aprendizajes en el tópico síntesis de proteínas, encontramos referencias a tres categorías de metahabilidades descritas por Burón Orejas (2012): meta-atención, meta-memoria y meta-comprensión. Sin embargo, las frecuencias con las que aparecían implícitas tales metahabilidades en las respuestas de los estudiantes difirieron entre los dos grupos. Los que habían realizado PM previamente valoraron más las habilidades de comprensión y las estrategias para mejorar sus aprendizajes en dicho tópico, en comparación con las habilidades de memoria y/o atención, que en cambio fueron más tenidas en cuenta por el otro grupo. Esto puede verse como un indicador de madurez metacognitiva, dado que, según Brown *et al.* (1983), un estudiante metacognitivamente maduro es aquel que sabe qué es comprender y cómo debe trabajar para lograrlo.

La valoración de estrategias de comprensión para mejorar por parte de los estudiantes que hicieron PM se puso de manifiesto al triangular sus respuestas a la pregunta 3 con las respuestas incorrectas o no contestadas a las dos preguntas de síntesis de proteínas incluidas en el examen. Para responder correctamente la pregunta A, efectivamente necesitaban haber comprendido el proceso fisiológico de la síntesis proteica, mientras que para contestar correctamente la pregunta B alcanzaba con aplicar memoria y atención. Sin embargo, su valoración de las habilidades de comprensión para contestar esta pregunta no es errada, puesto que también podía responderse razonando y comprendiendo el tema. En este grupo de estudiantes, la homogeneidad de respuestas entre ambas preguntas del examen a favor de habilidades de comprensión evidenció estar asociada a que habían recibido enseñanza y orientación para la observación de sus propios procesos cognitivos durante las PM. En dichas prácticas se había trabajado promoviendo la concientización de aquello que les facilitaba o limitaba sus aprendizajes significativos a diferencia de lo puramente memorístico efímero, y aunque las PM no se habían aplicado específicamente sobre el tópico síntesis de proteínas, nuestros resultados indican que los estudiantes que habían asistido a dichos encuentros fueron capaces de transferir y aplicar lo trabajado en las PM a ese tópico. De acuerdo con lo que acentúan Coll *et al.* (1999) como clave de la teoría constructivista del aprendizaje, los nuevos contenidos se comprenden por su relación con otros ya presentes en la estructura cognitiva del que aprende, ampliándolos, revisándolos y reorganizándolos. Así, los nuevos saberes conformarían una nueva red de conocimientos, generando aprendizajes significativos que difícilmente

se olviden (AUSUBEL, 2002). En este caso, se trata de saberes metacognitivos que los estudiantes que realizaron las PM habrían adquirido, aplicándolos a tópicos biológicos diferentes del de síntesis de proteínas, pudiendo luego transferirlos a este tópico.

Coll *et al.* (1999) llama memoria constructiva a aquella memoria comprensiva que estaría ligada al aprendizaje significativo, en contraposición con la memorización mecánica que conduce a una reproducción sin cambios de lo aprendido. De allí que sea la memoria comprensiva la que permite la aplicación de lo aprendido a situaciones diferentes, y no así la memoria mecánica. En nuestro caso, no podemos asegurar que los estudiantes que hicieron implícitas habilidades de meta-comprensión en sus respuestas hayan sabido diferenciar entre la memoria comprensiva y la mecánica. Sin embargo, nuestros resultados avalan que las PM habrían ayudado a estos estudiantes a considerar que la memoria por sí sola no sería la clave para superar sus dificultades. A diferencia de este grupo, los estudiantes que no habían realizado las PM otorgaron más peso a la memoria y a la atención que a la comprensión, como estrategias para responder correctamente las dos preguntas de síntesis de proteínas. Incluso no lograron distinguir que la pregunta A requería una interpretación global del proceso fisiológico, sino que hicieron explícitas cuestiones relacionadas a la memoria, invocando su preocupación por el olvido.

Las habilidades de atención, por su parte, recibieron en general, en ambos grupos de estudiantes, menor valoración que las de memoria o comprensión, a la hora de pensar cómo mejorar sus aprendizajes en el tópico síntesis de proteínas. La atención, considerada como el proceso por el cual notamos los estímulos importantes e ignoramos los estímulos irrelevantes (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2002), se hizo explícita a través de la alusión a ciertos factores que interferían en sus aprendizajes como el uso del celular, la computadora, el ruido, etc. La diferencia entre los dos grupos de estudiantes en cuanto a esta meta-habilidad radicó fundamentalmente en que los que habían realizado PM lograron argumentar y dar a conocer posibles formas de acción para intentar solucionar el problema, y los otros no.

Las PM, además de contribuir a la comprensión del tópico, y por ende a su aprendizaje significativo, parecen haber ayudado a que los estudiantes que las realizaron alcanzaran mejores logros académicos. Esto se observa en la mayor cantidad de respuestas correctas que dieron a las preguntas A y B formuladas para el examen. Esta observación se condice con el alcance académico de ambos grupos de estudiantes en relación con la aprobación de la materia al finalizar la cursada, reportado en un trabajo anterior (GARÓFALO; MIÑO, 2021), en el que se encontró una mayor proporción de estudiantes aprobados que habían realizado PM, en contraposición con una mayor proporción de desaprobados que no las habían realizado.

Por último, cabe destacar que para armar las categorías metacognitivas se tomó en cuenta aquello que los estudiantes "dicen que hacen" o "deben hacer" (conocimiento declarativo), sin ponerlo a prueba. Por lo tanto, podríamos estar subestimando o sobreestimando su conocimiento procedimental. Sin embargo, esta limitación es propia de este tipo de estudio sobre metacognición (VEENMAN, 2012).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo nos permiten asociar la realización de PM simultáneas con la enseñanza de los contenidos de Biología, en estudiantes universitarios de primer año, con mejores logros académicos (GARÓFALO; MIÑO, 2021) y con la capacidad de construir respuestas bien argumentadas provenientes de una reflexión autocrítica profunda. Asimismo, estas prácticas permitirían a los estudiantes identificar sus dificultades para el aprendizaje de los temas más complejos de la materia, como es el caso de la síntesis proteica, y pensar posibles estrategias para solucionarlos. Haber trabajado sobre la auto observación crítica de las formas de aprender permitió a los estudiantes diferenciar entre estrategias para comprender y aquellas para memorizar y concentrarse, llevándolos a sugerir más de las primeras para mejorar el aprendizaje, lo cual sería un indicio de madurez metacognitiva (BROWN *et al.*, 1983).

Elegimos evaluar la eficacia de las PM realizadas por nuestros estudiantes sobre un tópico que sabíamos era de difícil comprensión para ellos (IÑIGUEZ PORRAS; PUIGSERVER OLIVÁN, 2013; LEWIS; KATTMANN, 2004). Los resultados obtenidos avalan la importancia de pensar posibles estrategias de enseñanza de habilidades metacognitivas para facilitar el logro de mejores resultados en el aprendizaje de temas disciplinares complejos. Generar universitarios con aprendizajes autónomos requerirá que se adopte una nueva praxis en la enseñanza. Nuestra propuesta docente consiste en prestar atención a las fallas en el aprendizaje de un tópico en particular, e indagar, con pocas preguntas, las ideas que tienen nuestros estudiantes sobre sus propias formas de aprender. Esto les servirá como primer paso para mejorar gradualmente su capacidad de percibir y evaluar de manera crítica su propio aprendizaje.

## Agradecimientos

Este trabajo pudo llevarse a cabo gracias a la colaboración de Santiago M. Lenzi y los docentes Laura Horan, Daniela Correa y Luciana Avigliano (Cátedra Rodríguez, CBC, UBA, Argentina), y fue financiado por la Universidad de Buenos Aires, Argentina, a través del proyecto UBACyT 20020170100413BA.

## Referências

AUSUBEL, D. P. *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós, 2002.

BAILEY, K. The use of diary studies in teacher education programs. *In*: RICHARDS, J. C.; NUNAN, D. (ed.). *Second language teachers' education*. Nueva York: Cambridge University Press, 1990. p. 215-226.

BAIN, K. *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Barcelona: Publicacions de la Universitat de València, 2007.

BOUD, D.; MOLLOY, E. *Feedback in higher and professional education: understanding it and doing it well*. Londres: Routledge, 2013.

BROWN, A. L.; BRANSFORD, J. D.; FERRARA, R. A.; CAMPIONE, J. C. Learning, remembering and understanding. *In*: MUSSEN, P. H.; CARMICHAEL, L. (ed.). *Handbook of child psychology: formerly Carmichael's manual of child psychology*. Nueva York: Wiley, 1983. p. 77-166.

- BROWN, S.; PICKFORD, R. *Evaluación de habilidades y competencias en educación superior*. Madrid: Narcea, 2013.
- BURÓN OREJAS, J. *Enseñar a aprender: introducción a la metacognición*. Bilbao: Ediciones Mensajero, 2012.
- CABALLERO SAHELICES, M. C. La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. In: RODRÍGUEZ PALMERO, M. L. (org.). *La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva*. Barcelona: Octaedro, 2008. p. 162-197.
- CANO, E. Análisis de las investigaciones sobre feedback: aportes para su mejora en el marco del EEES. *Bordón*, Madrid, v. 66, n. 4, p. 9-24, 2014. Recuperado el 17 mayo 2002 de: <https://cutt.ly/zHQrTF3>.
- CARLESS, D.; SALTER, D.; YANG, M.; LAM, J. Developing sustainable feedback practices. *Studies in Higher Education*, Abingdon, UK, v. 36, n. 4, p. 395-407, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/03075071003642449>.
- COLL, C. et al. *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Graó, 1999.
- FLÓREZ OCHOA, R. *Evaluación pedagógica y cognición*. México: McGraw Hill, 1999.
- FORD, C.; YORE, L. Toward convergence of critical thinking, metacognition, and reflection: illustrations from natural and social sciences, teacher education, and classroom practice. In: ZOHAR, A.; DORI, Y. (ed.). *Metacognition in science education: contemporary trends and issues in science education*. Dordrecht: Springer, 2012. p. 251-272.
- GALLY, L. G.; PÉREZ, G. M. Una posible definición de metacognición para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 25, n. 1, p. 385-404, 2020.
- GARÓFALO, S. J.; ALONSO, M.; GALAGOVSKY, L. Nueva propuesta teórica sobre obstáculos epistemológicos de aprendizaje: el caso del metabolismo de los carbohidratos. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 32, n. 3, p. 155-171, 2014.
- GARÓFALO, S. J.; CEMES, L. B.; ALONSO, M. Propuesta de un modelo didáctico para la enseñanza con simulaciones. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Cádiz, v. 13, n. 2, p. 359-372, 2016. Recuperado el 17 mayo 2002 de: <http://hdl.handle.net/10498/18293>.
- GARÓFALO, S. J.; GALAGOVSKY, L. R. Modelizar en biología: una aplicación del modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, p. 1-6, 2005. (Número extra). Recuperado el 15 mayo 2022 de: <https://ddd.uab.cat/record/69221?ln=ca>.
- GARÓFALO, S. J.; MIÑO, M. H. Estrategias evaluativas para promover la autorregulación del aprendizaje de biología en estudiantes de primer año universitario. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 27, e21053, p. 1-19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320210053>.
- GARÓFALO, S. J.; ORLANDINI, M. L.; GALAGOVSKY, L. R.; ALONSO, M. Docentes novatos en ciencias naturales: biografías narrativas para identificar problemáticas emergentes en la práctica. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, p. 2631-2637, 2017. (Número extra). Recuperado el 19 mayo 2022 de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/336892>.
- GARRISON, D. R.; AKYOL, Z. Toward the development of a metacognition construct for communities of inquiry. *The Internet and Higher Education*, Oxford, UK, v. 24, n. 1, p. 66-71, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2014.10.001>.
- GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. *Cognitive neuroscience: the biology of the mind*. New York: Norton, 2002.
- GOETZ, J. P.; LECOMPTE, M. D. *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata, 2010.

IÑIGUEZ PORRAS, F. J.; PUIGCERVER OLIVÁN, M. Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Cádiz, v. 10, n. 3, p. 307-327, 2013.

LEWIS, J.; KATTMANN, U. Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, Abingdon, v. 26, n. 2, p. 195-206, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069032000072782>.

LOCK, R. H.; FRAZER, P.; MORGAN, K. L.; LOCK, R. F.; LOCK, D. F. *Statistics: unlocking the power of data*. Hoboken: Wiley, 2013.

MARCHÁN-CARVAJAL, I.; SANMARTÍ, N. Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, México, v. 26, n. 4, p. 267-274, 2015.

MILLER, P. J. The effect of scoring criteria specificity on a peer and self-assessment. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, Abingdon, UK, v. 28, n. 4, p. 383-394, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/0260293032000066218>.

RITCHHART, R.; PERKINS, D. N. Making thinking visible. *Educational Leadership*, Alexandria, US, v. 65, n. 5, p. 57-61, 2008.

SUÁREZ, D.; OCHOA, L. Una carta de invitación. In: VALLONE, M. G.; SCHILLAGI, C.; MADDONNI, P. (coord.). *La documentación narrativa de experiencias pedagógicas: una estrategia para la formación de docentes*. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2005. p. 7-15.

TAMAYO ALZATE, O. E. Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, Bogotá, v. 1, n. 36, p. 25-45, 2014.

VEENMAN, M. Metacognition in science education: definitions, constituents and their intricate relation with cognition. In: ZOHAR, A.; DORI, Y. (ed.). *Metacognition in science education: trends in current research*. New York: Springer, 2012. p. 21-36.

ZABALZA BERAZA, M. A. *La enseñanza universitaria: el escenario y sus protagonistas*. Madrid: Narcea, 2001.