



Consideraciones didácticas para el armado de talleres en el marco de la Semana de la Enseñanza de las Ciencias

Índice

1. Introducción
2. Objetivos de un taller en el marco de la Semana de la Enseñanza de las Ciencias
3. Los diseños curriculares en Argentina
4. Secuenciación de un taller
5. Las concepciones alternativas de los/as estudiantes (y de los/as docentes)
6. La resolución de problemas como estrategia para enseñar
7. La Metacognición: Pensar sobre el propio pensamiento
8. Espacio de reflexión epistemológica
9. La construcción de materiales para un taller
10. Referencias bibliográficas

Introducción

Muchas investigaciones actuales muestran un gran problema en relación a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en los diversos países del mundo. En general, los/as estudiantes finalizan sus estudios de nivel secundario sin una comprensión profunda de los modelos científicos y sólo un pequeño porcentaje de ellos/as acceden a carreras científicas (Meinardi et al., 2010; Porro, 2007; Vázquez Alonso, Á. y Manassero–Mas, 2008).

Este panorama nos antepone la necesidad de esbozar posibles respuestas desde la Universidad, y más concretamente desde la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Frente a esto, desde el año 2013, el Equipo de Popularización de la Ciencia de la Secretaría de Extensión, Cultura Científica y Bienestar ha propuesto un espacio denominado “Semana de la Enseñanza de las Ciencias” donde docentes de diferentes niveles educativos entablan diálogos con investigadores/as de nuestra facultad. Estos espacios se constituyen en verdaderos momentos de desarrollo profesional docente, en tanto se utilizan como fuente para la construcción de nuevas habilidades y actitudes para mejorar el aprendizaje de la ciencias (Eldar y Miedijensky, 2015).

Es importante reconocer que existen concepciones sobre enseñar y aprender, que son difíciles de modificar, porque forman parte de la vida cotidiana de los/as profesores/as, quienes desde los primeros años de escuela hasta su etapa universitaria/terciaria han vivenciado modelos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, que seguramente han experimentado pocas variaciones y, si es que han ocurrido, han sido más bien superficiales. De ahí que creemos importante que estos espacios que se fomentan desde la facultad se constituyan en verdaderos momentos de desarrollo profesional docente donde los nuevos planteamientos de la investigación en didáctica de las ciencias cumplan un rol fundamental en la constitución de nuevos modelos de formación que propongan a los/as docentes hacerse conscientes de sus concepciones, reflexionar sobre los alcances y limitaciones de la ciencia, reelaborar sus ideas de enseñanza (Angulo Delgado y García Rovira, 1999). A su vez podemos pretender que estos espacios sirvan también como fuente para repensar nuestras propias prácticas de enseñanza como docentes de esta facultad.

La Semana de la Enseñanza de las Ciencias permitió crear nexos entre los diferentes departamentos de la Facultad con el instituto de investigaciones CeFIEC y la Comisión de Carrera de los Profesorados de Enseñanza Media y Superior (CCPEMS), lo que devino en la construcción de este material. El mismo tiene como objetivo ser una herramienta más para aquellos/as investigadores/as que realizan talleres en el marco de la Semana de la Enseñanza de las Ciencias y quieran tener una perspectiva didáctica al respecto anclada en las diversas líneas de investigación que se llevan a cabo en el instituto.

El material comienza con preguntarnos el para qué de un taller en la Semana de la Enseñanza de las Ciencias. Tras reflexionar sobre los posibles objetivos de un taller, se mencionan los diferentes diseños curriculares que sufre la enseñanza media, lo que permitirá encuadrar mejor el taller que se pretende realizar. A continuación se propone una posible forma de secuenciar un taller yendo desde lo simple y concreto, como un posible caso disparador, hacia lo complejo y abstracto como los modelos científicos. Luego se trabaja sobre uno de los conceptos claves de la didáctica constructivista: las concepciones de los y las estudiantes. Se sigue el material con dos

estrategias didácticas para abordar esas concepciones: la resolución de problemas y la metacognición. Antes de finalizar se abre un espacio para reflexionar sobre qué es la ciencia y cómo ésta concepción influye en los modos de enseñar. Para terminar se ofrecen algunos lineamientos para pensar la construcción de materiales para los docentes.

Este trabajo ha sido el fruto de una interacción constante entre diferentes actores de nuestra facultad y esperamos sea de utilidad para revisar los talleres de todos/as aquellos/as que ya los ponen en juego y de habilitar a aquellos/as que todavía no se animaron a pensar alguno.

Gastón Pérez

Profesor de Enseñanza Media y Superior en Biología
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

Becario Doctoral
Grupo de Didáctica de la Biología - Instituto de Investigaciones CeFIEC (FCEN-
UBA)

<https://sites.google.com/a/ccpems.exactas.uba.ar/didabio/>

Objetivos de un taller en el marco de la Semana de la Enseñanza de las Ciencias

Existe una pregunta obligada cuando encaramos el armado de un taller: ¿Para qué? O en otras palabras ¿Cuál es nuestro objetivo? Tradicionalmente los objetivos que suelen plantearse tienen que ver con nuestra propia historia como estudiantes. Solemos repetir prácticas tradicionales sin detenernos a pensar el ¿Para qué? En este espacio nos detendremos a reflexionar sobre los posibles objetivos para un taller dentro del marco de la Semana de la Enseñanza de las Ciencias.

Diversas finalidades de la enseñanza de las ciencias

Acevedo Díaz (2004) propone una serie de categorías con respecto a las finalidades de la enseñanza de las ciencias: (1) Ciencia para proseguir estudios científicos: Centrada en los contenidos más ortodoxos de la ciencia. (2) Ciencia para tomar decisiones en los asuntos públicos tecno-científicos: Presta especial atención al ejercicio de la ciudadanía en una sociedad democrática. Prepara para enfrentarse en la vida real a muchas cuestiones de interés social relacionadas con la ciencia y la tecnología y tomar decisiones razonadas sobre ellas. (3) Ciencia funcional para trabajar en las empresas: No se ignoran los contenidos científicos más ortodoxos, pero éstos se subordinan a la adquisición de capacidades más generales. (4) Ciencia para seducir al alumnado: Se tiende a mostrar los contenidos más espectaculares y sensacionalistas, lo que contribuye a dar una imagen falsa y estereotipada de la ciencia y la tecnología. Esta perspectiva suelen tenerla muchos periodistas y divulgadores de la ciencia. (5) Ciencia útil para la vida cotidiana: Incluye muchos contenidos de los denominados transversales, tales como la educación para la salud, los consumos problemáticos, la educación sexual, educación vial. (6) Ciencia para satisfacer curiosidades personales: Presta especial atención a los temas científicos que más pueden interesar a los propios estudiantes, por lo que son éstos los que deciden qué es relevante. (7) Ciencia como cultura: Se promueven contenidos globales, más centrados en la cultura de la sociedad que en las propias disciplinas científicas, pudiendo incluir a otros de los tipos anteriores.

Si consideramos que gran parte de los estudiantes de nivel medio no prosigue estudios universitarios y sólo una pequeña cantidad de los que sí lo hacen, continúan carreras relacionadas con las ciencias exactas y naturales ¿Cuál/es de las finalidades propuestas por Acevedo Díaz podrían ser la guía de nuestros talleres para docentes?

Algunos ejemplos

Cuando escribimos los objetivos de un taller siempre es importante hacerlo en función de lo que harán los docentes en ese espacio. En tal sentido unos posibles objetivos serían:

- Qué los/as docentes participantes del taller adquieran conceptos nuevos.

- Qué los/as docentes participantes del taller reflexionen sobre las dificultades de comprender un cierto contenido.
- Qué los/as docentes participantes del taller resuelvan problemas prácticos y reflexionen sobre las ventajas y desventajas de llevar este trabajo a sus aulas.

Para comenzar a pensar en el taller

Realicen un listado de todas aquellas cosas que puede hacer un docente en su taller. Recuerden:

- *Escribir los objetivos en función de los docentes participantes.*
- *Las finalidades de la enseñanza. Ante cada objetivo es útil hacerse la pregunta ¿Para qué es importante esto? ¿A qué finalidad abona?*

Los diseños curriculares en Argentina

Cuando armamos un taller para docentes, siempre es importante preguntarse ¿En qué lugar del currículo de la escuela media o primaria se abre lugar nuestro taller? La respuesta no es nada fácil dadas las particularidades de nuestro sistema educativo. Sin embargo hay algunos lugares donde se puede buscar información para permitirnos pensar en esta pregunta.

Los diferentes diseños curriculares

Entre los años 2004 y 2011, en la República Argentina, el Ministerio de Educación de la Nación, a través del Consejo Federal de Educación, propuso una serie de documentos con los contenidos curriculares comunes y núcleos de aprendizajes prioritarios en todos los niveles y años de la escolaridad obligatoria. Este proceso de construcción federal de acuerdos curriculares estuvo atravesado por la sanción de la Ley de Educación Nacional N° 26.206 que modificó la estructura del sistema educativo argentino y cambió la denominación de los niveles. Estos núcleos continúan siendo vigentes para distintas provincias argentinas.

Estos documentos disponen de un listado de saberes a construir, pero no prescriben una organización curricular para su enseñanza, la que queda a cargo de cada una de las provincias quienes optan por recorridos y énfasis distintos en el marco de sus posibilidades, de su pertenencia cultural o del momento histórico. De esta manera, cada provincia (e incluso la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA)) propone un programa de enseñanza específico que no necesariamente tiene correlato con el de las localidades vecinas. Por ejemplo para el caso de la CABA, desde el año 2015, se implementó el Diseño Curricular para la Nueva Escuela Secundaria (NES). Diseño diferente al de otras provincias.

¿Qué hacer entonces? Lo más importante es revisar los currículos y pensar en cuáles de los contenidos que aparecen allí serían importantes anclar nuestro taller. Esto debería hacerse explícito a los/as docentes participantes.

Lugares de búsqueda

A continuación hay una serie de lugares para buscar los diseños curriculares y orientaciones para la enseñanza.

Núcleos de aprendizaje prioritarios

<http://www.me.gov.ar/curriform/nap.html>

(Visitado el 17 de abril de 2017)

Diseños curriculares de la provincia de Buenos Aires

<http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/>

(Visitado el 17 de abril de 2017)

Diseños curriculares de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (NES)

<http://www.buenosaires.gob.ar/educacion/escuelas/nueva-escuela-secundaria/disenio-curricular>

(Visitado el 17 de abril de 2017)

Secuenciación de un taller

¿Cómo empezar un taller? ¿Qué actividades realizar? En este espacio vamos a pensar en dos ideas que nos aporta la didáctica de las ciencias para revisar la forma en que hacemos una secuenciación de un taller. Estas ideas son: La construcción de un hecho paradigmático y la secuenciación desde lo simple-concreto a lo complejo-abstracto.

Construcción de un hecho paradigmático

Seguramente durante nuestro recorrido escolar nos hemos topado con algunos ejemplos típicos de enseñanza: el cambio en la población de la polilla *Biston Betularia* durante la revolución industrial o el caso de Arquímedes y su famosa ¡Eureka! en un supuesto episodio de “casi” vida o muerte. En las distintas áreas de enseñanza de las ciencias se encuentran casos que se repiten tanto en libros de texto como en clases. Dichos casos construidos permiten, a quien los aprende, usarlos como análogos a otros casos donde pueda ser aplicado el modelo científico que los explica. Por ejemplo el caso de la polilla suele utilizarse para explicar el modelo de evolución por selección natural. Dicho caso entonces es transformado en un “hecho paradigmático” (Izquierdo, 2014) si permite a quien lo aprende relacionarlo con otros fenómenos (la resistencia de los piojos al vinagre, el cambio de color de los lobos a través del tiempo, etc.) para explicarlos desde el modelo de selección natural.

Durante la secuenciación de un taller es interesante proponer un caso atractivo para plantear a los/as docentes. Dicho caso se transformará, a través de la secuencia didáctica, en un hecho paradigmático que servirá como base para la construcción de explicaciones de otros fenómenos afines. Otro ejemplo: el modelo escolar de célula sería, en un sentido, el análogo de algo que se puede ver por el microscopio y, en otro sentido, un “plano” (en sentido arquitectónico) para orientar la descripción y la comprensión de los distintos tipos celulares (musculares, glóbulos rojos, neuronas, epiteliales, etc.) (Adúriz-Bravo y Aymerich-Izquierdo, 2009).

¿Por qué es una idea potente la construcción de un hecho paradigmático?

- Le da sentido al trabajo, instala en el otro la pregunta/problema.
- Brinda una buena imagen de lo que es hacer ciencia.
- Es motivador si el hecho está asociado con cuestiones relacionadas con el entorno cotidiano.

Para pensar en el taller

- *El caso de la Biston betularia para enseñar evolución por selección natural,*
- *El estiramiento del cuello de las jirafas para enseñar la teoría evolutiva de Lamarck,*

- El caso de Arquímedes y su famoso ¡Eureka! para enseñar empuje,
- Las ondas de mar para enseñar fenómenos ondulatorios...

¿Se les ocurre algún hecho paradigmático que haya sido fomentado por los libros de texto o los medios de comunicación en su área?

¿Qué caso pueden plantear a los docentes en su taller, que permita construirse como hecho paradigmático de la teoría que quieren enseñar?

De lo simple y concreto a lo complejo y abstracto

Ahora bien, una vez que los/as docentes construyen una explicación para el caso que propusimos ¿Cómo extrapolamos dicha explicación a otros casos? Es en este momento del taller donde el caso se transforma en un hecho paradigmático. Los autores que trabajan en esta línea asumen una idea de progresión conceptual donde la premisa fundamental es que las explicaciones de quienes aprenden van cambiando a través del tiempo de manera de regular su poder explicativo (García, 1998; Gómez Galindo, 2014). Dicho cambio puede considerarse en dos aspectos (representados en dos ejes de coordenadas en la figura):

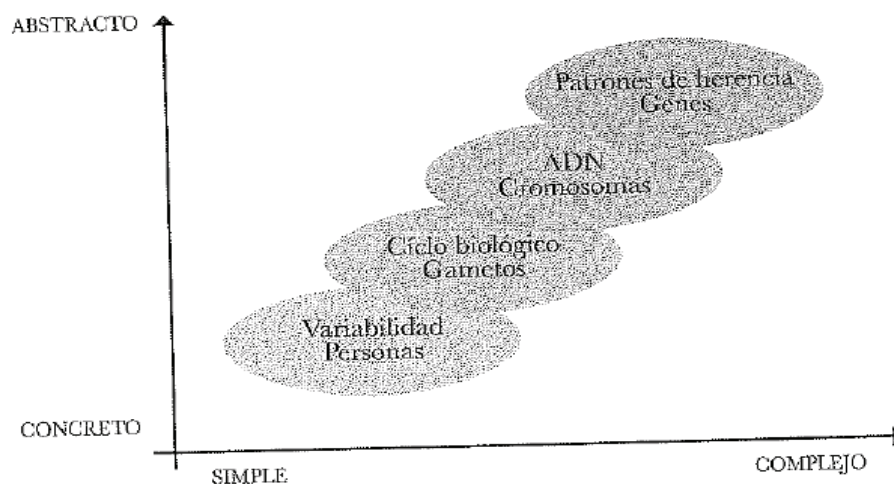


Figura 1: Secuenciación de los contenidos.

Representación en dos dimensiones de la progresión conceptual Tomado de García Rovira y Sanmarti, 2006: 291.

Esta progresión conceptual va desde lo simple a lo complejo y desde lo concreto a lo abstracto. Nuestro caso deberá ser simple y concreto y a medida que vayamos avanzando en las explicaciones, éstas se irán complejizando y volviéndose más abstractas para ser aplicadas a otros casos. En la figura se muestra una posible progresión para el caso de la enseñanza de la genética. Se parte de un caso simple y concreto como puede ser la variabilidad entre las personas de un curso. A partir de diferentes actividades se van introduciendo nuevos conceptos como la idea de

gametos o de ADN. Finalmente, mediante alguna actividad, se concibe llegar a ideas abstractas como la de “gen”.

Entonces el cambio de lo simple a lo complejo implica un cambio en el número de elementos y relaciones que se proveen en la explicación. A medida que se va avanzando, esa explicación es cada vez más cercana a los modelos científicos eruditos. Por su lado, el cambio de lo concreto a lo abstracto, involucra pasar de una explicación para ese caso particular a una explicación que sirva para poder explicar diferentes casos.

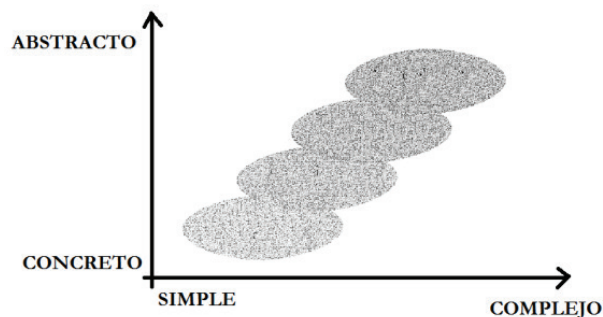
La progresión permite que las explicaciones que se construyen adquieran más robustez y coherencia, incluyendo cada vez más ideas, formas de expresión, lenguaje, relaciones entre conceptos y nuevos fenómenos a los que será posible dar una respuesta.

Secuenciando el taller

Elaboren un bosquejo de secuencia para su taller. Para hacerlo tengan en cuenta lo siguiente:

- *¿Cuál es el modelo a enseñar? ¿Cuáles son sus ideas fundamentales?*
- *¿En qué orden pueden enseñarse esas ideas?*

Tener en cuenta que el modelo científico es a lo que queremos llegar, por lo que no partimos de ahí, sino que será el último círculo de la representación. Pueden usar la figura para ir colocando allí las ideas.



Las concepciones alternativas de los/as estudiantes (y de los/as docentes)

En muchos casos se encuentra que hay algunas ideas que se enseñan pero que los/as estudiantes nunca aprenden. Ellos/as tienen sus propias ideas sobre el tema y parecen no querer abandonarlas ¿Se les ocurre alguna de su área? Una de las ideas fundamentales de la didáctica de las ciencias es la que se refiere a las concepciones alternativas de los/as aprendices. En este espacio vamos a discutir qué son las concepciones alternativas, cuáles son sus características y cómo indagarlas en un taller.

Definiendo las concepciones alternativas

Hacia mediados de la década de los ochenta, la investigadora Rosalind Driver fue una pionera en la descripción de las ideas previas de los alumnos. Estas ideas previas o concepciones alternativas son las explicaciones que dan los sujetos sobre los fenómenos que no se parecen a las actualmente aceptadas por la ciencia.

Se han denominado de diversas maneras a través del tiempo: concepciones, ideas previas, creencias, teorías, concepciones erróneas (misconceptions), concepciones alternativas, etc. En este sentido, la polisemia del lenguaje para designar este saber no deja de ser un reflejo de los diferentes enfoques sobre la naturaleza, estructura y utilización en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ideas de los alumnos (Arillo et al., 2013).

Algo importante a considerar en el trabajo didáctico son las concepciones alternativas de los aprendices, es que las concepciones más interesantes son las explicaciones que dan los sujetos sobre los fenómenos y no sobre los modelos científicos. Son más interesantes en tanto son aquellas que utilizan en su vida cotidiana para explicar su entorno. Por ejemplo, las personas tienen ideas sobre que lo que comen, sea un chocolate o una gaseosa, de alguna manera algo de ello se desecha por orina o heces. Esto es el fenómeno, los sujetos no tienen concepciones sobre el sistema digestivo (modelo), o si las tienen no son las más interesantes dado que aluden a lo memorístico de ese saber.

Es así como desde el punto de vista científico y escolar las ideas que sostienen pueden ser erróneas, pero desde la perspectiva del alumno/a y sobre la base de su propia experiencia en el entorno, estas corresponden a verdaderas representaciones de la realidad, fruto de la propia capacidad de observación y de las experiencias cotidianas. Por ello, se trata más bien de considerarlas como concepciones alternativas o personales que poseen un significado y una utilidad para los/as alumnos/as a la hora de interpretar el mundo y los fenómenos que en él se generan (Arillo et al., 2013).

La idea entonces no es considerar las ideas de los estudiantes como errores de comprensión que hay que eliminar o completar, sino más bien considerarlas como el punto de partida que permitirá ser enriquecido con nuestras enseñanzas.

Algunos ejemplos de concepciones alternativas

- Todo movimiento tiene una causa (la fuerza o la gravedad).
- Los objetos para caer no requieren fuerza, ya que ellos siempre quieren ir hacia abajo.
- Los gases no pesan.
- La nutrición de las plantas se relaciona con los elementos extraídos del suelo y el dióxido de carbono es un gas respiratorio desechado y nocivo.
- El azar es cuando no conocemos la causa.
- La capa de ozono adelgaza por el efecto invernadero.
- Los organismos evolucionan porque lo necesitan.

Características de las concepciones alternativas

- Son persistentes en el tiempo y resistentes al cambio. Esto es importante, porque según muchas investigaciones en didáctica dichas concepciones se sostienen a pesar de la instrucción. Será necesario replantearnos entonces cuál es el trabajo didáctico más acorde para lidiar con ellas.
- Poseen una cierta coherencia interna. Muchas veces los docentes piensan que proponiendo un contraejemplo las ideas van a modificarse. Lamentablemente la tarea es un poco más difícil.
- Son ideas compartidas por muchos sujetos aunque dentro de una misma comunidad existen algunas diferencias.
- Son de carácter implícito, esto es que si no las hacemos surgir con alguna actividad posiblemente queden subyaciendo las explicaciones que dan los/as alumnos.
- En algunos casos hay cierto paralelismo con las teorías científicas de la historia de las ciencias.
- Son funcionales para los sujetos en tanto que les permiten explicar el mundo que los rodea (Astolfi, 1999; Driver, 1986; Johsua y Dupin, 2005).

¿Cómo indagar las concepciones?

Para averiguar las concepciones de los sujetos hay algunas consideraciones a tener en cuenta:

- Que las preguntas no parezcan planteadas como un examen. Hay que permitir a los

sujetos expresar lo que verdaderamente piensan del fenómeno. Si los ponemos ante situación de examen responderán desde lo memorístico.

- Que las preguntas se refieran a situaciones cotidianas y familiares. Recordar que preguntamos sobre el fenómeno y no sobre el modelo científico.
- Las preguntas abiertas en las que se plantean problemas (situaciones nuevas) suelen dar más y mejor información que las de preguntas cerradas. Este tema lo trabajaremos más adelante.
- Evitar las preguntas de tipo: Defina, para qué sirve, qué función tiene, qué es, cómo es... Dichas preguntas suelen darnos información memorística que retienen los sujetos y no lo que verdaderamente creen del fenómeno.
- El uso de esquemas o dibujos puede facilitar que los/as alumnos/as pongan de manifiesto sus ideas. Conviene muchas veces combinar modos de representación: texto, dibujo, oral, esquema.

Dos ejemplos de indagación

Imagínense que se pretende indagar las ideas que sostienen los sujetos sobre las relaciones entre los seres vivos. A continuación hay dos formas de indagarlas. ¿Cuál les parece mejor?

1) ¿Qué relaciones entre los seres vivos conocés? ¿Qué son las relaciones inter-específicas? ¿Y las intra-específicas?

2) En el norte de Bostwana se encuentra el Río Okavango, que trae las aguas de lluvia de las montañas de Angola. En la zona, las aguas de lluvia locales provocan una inundación anual (de octubre a mayo). Durante esta época el delta desborda y es refugio de numerosos organismos, como flamencos, ranas, insectos, etc. En la estación seca el agua se evapora, el nivel del río desciende drásticamente pero no desaparece y la superficie se cubre de plantas, alimento fundamental de muchos animales. Allí acuden grandes mamíferos terrestres migratorios y durante unos meses se concentran todo tipo de animales: cientos de especies de aves, diferentes antílopes, leones, leopardos, hienas, cebras, jirafas, búfalos, elefantes, etc. El búfalo africano fue estudiado en detalle por los científicos. Alrededor del año 1900 la población de búfalos se redujo abruptamente. Luego de pasados varios años comenzó a crecer de manera gradual alcanzando una densidad de aparente equilibrio en los años 70. (a) Proponé y explicá 3 posibles causas que hayan provocado la disminución en la población de búfalos. (b) ¿Cómo explicarías que la población de búfalos se recuperó hasta alcanzar un equilibrio y no crece indefinidamente?

¿Cuál es la diferencia entre ambas consignas?

Indagar las ideas en un taller

Realicen una pequeña actividad de indagación de concepciones alternativas. Para ello recuerden:

- Las ideas más interesantes son aquellas que tienen los sujetos sobre los fenómenos, no sobre los modelos científicos.*
- Siempre es útil que la consigna esté anclada a una situación que se asemeje a la vida cotidiana de los sujetos.*
- No estamos evaluando, sólo conociendo las ideas.*

La resolución de problemas como estrategia para enseñar

¿Cómo empezar a enseñar después de revisar las concepciones de los sujetos? No hay una única respuesta a esta pregunta. La didáctica de las ciencias naturales nos propone diversos caminos. Uno de ellos es la utilización de la resolución de problemas, que se basa en la idea de que la ciencia se transforma a través del tiempo gracias a que da respuestas a diversos problemas. Antes de comenzar cabe preguntarse ¿Qué entendemos por problema? ¿Problema para quién/es?

Problemas vs. Ejercicios

En el marco de la enseñanza, el objetivo principal que suele adjudicarse a la tarea de resolver problemas es que el aprendiz (en nuestro caso los docentes) aprenda contenidos en un sentido amplio de la palabra. Pero el problema existe en función de la persona que tiene que resolverlo, y en esta línea hay que destacar por sus implicaciones didácticas, que muchas veces el profesor o la profesora plantean ejercicios que no son verdaderos problemas para los/as estudiantes, sino que son meras aplicaciones de algoritmos ya conocidos (Varela Nieto, 2002).

En la siguiente tabla hay una pequeña caracterización de lo que se consideran ejercicios (o problemas tradicionales) y lo que se considera un auténtico problema.

Características de los problemas auténticos	Características de los problemas tradicionales
<ul style="list-style-type: none"> ● No tiene respuesta obvia ó inmediata. ● Está contextualizado en la vida real. ● Requiere que los/as estudiantes lleven a cabo un proceso de indagación y que diseñen ese proceso con el objetivo de llegar a una solución del problema. ● Puede tener varias soluciones diferentes o varios modos de abordaje, todos igualmente válidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ● No es necesario comprender el contenido para resolverlos. ● Resolverlos puede reforzar actitudes superficiales y disuadir a los/as estudiantes de querer comprender el contenido. ● Requieren un aprendizaje ritualizado y simple memorización. ● Su uso para evaluar no mide la comprensión conceptual.

Dos ejemplos de problemas

A continuación se les proponen dos problemas ¿Cuál les parece tradicional y cuál auténtico?



Problema 1: El caso de los antibióticos

La utilización terapéutica de la penicilina y otros antibióticos a partir de los años cuarenta ha sido uno de los logros más importantes de este siglo. Desde entonces se han obtenido, comercializado y utilizado una gran cantidad de antimicrobianos y sin embargo, así como al comienzo de la era antibiótica se tenía la esperanza de que las enfermedades producidas por microbios desaparecerían, pronto se puso de manifiesto que las bacterias eran capaces de volverse resistentes con el tiempo. Por ejemplo hace unos 15 años atrás se utilizaba Amoxicilina 250mg para ciertas infecciones, mientras que hoy en día el tratamiento es de Amoxicilina 1gr.

- 1) ¿Cómo podrían explicar que las bacterias se volvieron resistentes?
- 2) Actualmente hay una gran campaña para prevenir la automedicación ¿Qué relación encuentran entre la automedicación y la evolución de las bacterias?

Problema 2

- 1) Indique cuáles son las ideas más importantes del modelo de selección natural.
- 2) ¿Qué rol cumple el azar en el modelo?

¿Qué otras consignas se les ocurren que sean ejercicios tradicionales? Parece fácil reconocer si una consigna es un verdadero problema o simplemente da cuenta de un ejercicio. Lo difícil es... ¡¡¡hacerla!!!!

Para seguir pensando en los problemas

La resolución de problemas en cualquier instancia de enseñanza promueve que los estudiantes se acerquen más a la investigación con solución abierta y esto conlleva a una mejora en sus concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, tema que vamos a trabajar más adelante. Además, el uso de ejemplos de la vida cotidiana en la enseñanza permite a los/as alumnos/as articular sus ideas con éstos y poder visitar estas cuestiones en un futuro cuando se presenten ante esta situación en la vida real.

Cuando les planteamos a nuestros/as aprendices un problema, ellos/as deben crear un modelo mental relativo a la situación que se describe en el enunciado, probablemente incompleto y con lagunas importantes. Asimismo mediante el andamiaje docente o del grupo clase se podrán ir descubriendo posibles alternativas y enfoques válidos que, en principio, pueden resultar apropiados para avanzar en la solución del problema o para explorar posibilidades. Es evidente que a través de esta propuesta gran parte de la responsabilidad del aprendizaje recae en el sujeto que tenemos adelante.

Sin embargo ¡cuidado! Seguramente cuando proponemos actividades de resolución de problemas a nuestros alumnos/as, éstos no se encuentren familiarizados con este tipo de actividades. Varios autores (Nehm y Ridgway, 2011; Vosniadou, 2013) estudian las diferencias entre los expertos y novatos frente a la resolución de problemas. El pasaje de novato a experto se desarrolla en un continuo, y este continuo lleva tiempo ¡A no desesperar! Para referir brevemente a las conclusiones de las investigaciones realizadas, se puede decir que generalmente los expertos y los novatos perciben, conceptualizan e internalizan los problemas de manera diferente. Los novatos frente a una resolución de problemas, tienen conocimientos fragmentados y las estrategias que utilizan no les permiten encontrar los elementos pertinentes del problema. En cambio, aquellos estudiantes más experimentados en la resolución de problemas aprovechan mejor los recursos y las estrategias y pueden resolver el problema de manera más rápida, con menos información. Por lo general distinguen más fácilmente componentes relevantes del problema, identifican la estructura del problema y generalizan con otras estructuras que conocen. Para lograr el pasaje de novatos a expertos debemos como docentes explicitar las estrategias que usan los expertos de manera de guiar a los novatos. Esta explicitación se relaciona con el siguiente tema: metacognición.

Para pensar en el lugar de los problemas en un taller

Un taller puede empezar con un problema ¡Eso es motivador para cualquiera! Pero ¿Cómo construir un problema? Les proponemos que construyan un posible problema que sea guía de su taller. Para hacerlo, recuerden:

¿Cuál es el contenido que se quiere enseñar?

¿Cuál es el objetivo de plantearles un problema?

¿El problema está anclado en la vida cotidiana?

¿Hay más de una forma de resolverlo?

La Metacognición: Pensar sobre el propio pensamiento

¿Por qué les parece que sería importante brindar un espacio en el taller para pensar sobre el propio pensamiento? Generalmente en las clases no nos detenemos a pensar sobre lo que hicimos, cómo lo hicimos, para qué, las dificultades, los atajos, los aprendizajes que alcanzamos. En estas páginas intentaremos reflexionar porqué es importante en un taller fomentar este tipo de espacios.

¿Qué es la metacognición?

¿Qué les sugiere el término metacognición? Según la Real Academia Española el prefijo meta significa ‘junto a’, ‘después de’, ‘entre’, ‘con’ o ‘acerca de’. En este caso la metacognición significa pensar ‘acerca de’ la cognición. O sea, es desprendernos un rato de nuestro cuerpo, mirarnos desde afuera y pensar sobre lo que cognitivamente estamos haciendo.

Durante los años 80 hubo dos grandes marcos que guiaron la mayoría de las investigaciones en el área de la psicología educativa, incluso hasta nuestros días, el propuesto por el psicólogo del desarrollo John H. Flavell (1979) y el propuesto por la psicóloga educativa Ann Brown (1978). Los modelos de Flavell y Brown sirvieron de puntapié inicial para las investigaciones, y lejos de ser estáticos, se caracterizan por su flexibilidad y dinamismo, lo que permitió a los/as investigadores/as posteriores incorporar nuevas entidades y relaciones según sus objetivos. Para ambos autores todo acto metacognitivo es, en esencia, un acto de reflexión del sujeto acerca de la actividad personal cognitiva que está teniendo lugar o que será posible realizar.

La creciente investigación en el área dio pie a innumerables definiciones que nos proponen un panorama complejo en relación al consenso sobre la definición de metacognición. Esto conduce a la insuficiencia de contentarse con el término genérico de “metacognición” y, por tanto, a la necesidad de especificar a qué tipo de conocimientos o procesos nos referimos. En nuestro caso entendemos la metacognición como un proceso emergente a partir de la interacción entre dos componentes: El conocimiento sobre la cognición y su regulación (Schraw et al., 2012; Sierra Nieto et al, 2013).

(1) El conocimiento metacognitivo es un conocimiento sobre nuestra cognición. Pueden distinguirse tres componentes: conocimiento declarativo sobre uno como aprendiz y que factores influyen en su performance (ejemplo: saber las limitaciones de la memoria, saber lo que sé y lo que no sé), conocimiento del procedimiento que implica el conocimiento de las estrategias (ejemplo: saber cómo tomar notas, cómo hacer mapas conceptuales, resúmenes), conocimiento condicional sobre cuándo y porque utilizar una determinada estrategia;

(2) La regulación de la cognición implicaría una serie de actividades en el antes, el durante y el después de la tarea. Éstas serían: Planear (ejemplo: seleccionar estrategias para abordar la tarea, proponerse objetivos), Monitorear el proceso (ejemplo: detenerse y revisar el plan inicial, controlar el tiempo) y Evaluar el trabajo final (ejemplo: revisar los objetivos y concebir su cumplimiento).

Algunos ejemplos de actividades metacognitivas

¿Qué tipo de actividades podemos realizar para abordar los diferentes componentes de la metacognición en los talleres? A continuación hay una tabla con algunos ejemplos de actividades para realizar en el antes, en el durante y en él después de la tarea.

ANTES	DURANTE	DESPUÉS
<ul style="list-style-type: none"> ● Definir objetivos, ● Leer y analizar la tarea, ● Activar el conocimiento previo, ● Establecer qué pide la consigna y para qué, ● Planificar el trayecto, ● Predecir posibles respuestas, ● Consensuar los criterios de evaluación. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Revisar el plan, ● Monitorear y chequear el progreso según los objetivos, ● Controlar el manejo del tiempo, ● Uso de checklist de habilidades metacognitivas que se van poniendo en juego. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Evaluar la performance a partir de los objetivos propuestos, ● Interpretar el resultado, ● Discutir y reflexionar sobre el proceso de aprendizaje.

Repensando el trabajo con las concepciones alternativas

Cuando trabajamos sobre las concepciones alternativas, propusimos que dentro de sus características estaba la resistencia al cambio y la funcionalidad de éstas para que los sujetos den cuenta del mundo en el que viven ¿Qué nos propone la investigación en metacognición para el abordaje de estas concepciones?

Nos propone pensar que estas ideas no son un factor puramente negativo en relación con el aprendizaje ya que, aunque en cierto momento dificulten la construcción del modelo científico, constituyen el punto de partida para dicha construcción. Dadas sus características de funcionalidad y resistencia, es poco probable que las concepciones puedan ser eliminadas, entonces la propuesta sería inducir a los sujetos a reconocer sus propias concepciones, hacerse conscientes de ellas, y desarrollar la capacidad de regularlas y vigilar de manera crítica en qué momento se ponen en juego (González Galli, 2011).

¿Cómo se puede llevar a cabo esto? Inicialmente indagando las concepciones de los sujetos y haciendo explícito el objetivo de esta indagación. Habilitando espacios para hacer conscientes a los sujetos de sus propias concepciones. Vigilar cuando se las está poniendo en juego al resolver un problema. Al finalizar la tarea preguntarse qué se aprendió, cómo, cuáles fueron las dificultades y si esas concepciones de alguna manera fueron revisadas.

Importancia de la metacognición

Para terminar proponemos algunos puntos sobre la importancia de abrir espacios para hacer metacognición durante un taller para docentes:

- Permite pensar donde están las dificultades en el aprendizaje y tenerlas en cuenta en la enseñanza.
- Enseñar de una manera metacognitiva tiende a que los/as docentes repliquen esas estrategias con sus estudiantes.
- Permite a los/as docentes estar atentos y controlar cómo piensan sobre sus formas de pensar y cómo esto afecta a la enseñanza.

Para pensar en el taller

La metacognición es un concepto muy amplio que puede ser aplicado en diversas instancias dentro de un taller para docentes:

- *En relación a los objetivos,*
- *En relación a las concepciones alternativas,*
- *En relación a la resolución de problemas,*
- *En relación a una estrategia específica (ej.: mapas conceptuales, resúmenes)*

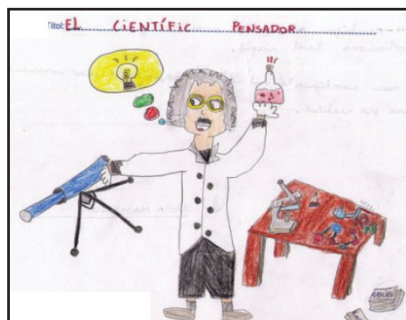
Realicen para su taller alguna actividad metacognitiva. Recuerden pensar ¿En qué momento del taller se llevaría a cabo? ¿Cuál de las dimensiones de la metacognición se pone en juego? ¿Qué esperan que hagan los y las docentes participantes?

Espacio de reflexión epistemológica

Cuando enseñamos, sea consciente o inconscientemente, estamos transmitiendo algunas ideas sobre qué es la ciencia y cómo son los científicos y las científicas. Cabe preguntarse ¿Qué imagen estamos ofreciendo? Para responder a esta pregunta vamos a trabajar sobre los estudios de la epistemología, rama de la filosofía que se encarga de estudiar cómo se construye el conocimiento.

Imagen de ciencia, científicas y científicos

Draw a Scientist Test (Chambers, 1983) es un test muy conocido para indagar las concepciones de científico/a que poseen los estudiantes. Básicamente se les pide que dibujen a alguien haciendo ciencia. Si observamos los dibujos veremos varias similitudes entre ellos: generalmente son hombres, están en un laboratorio, suelen tener anteojos. ¿Es esta una imagen real de la variedad de científicos y científicas que habitan nuestra facultad? Seguramente la respuesta es no. Son pocos los que se parecen a estos estereotipos. Es por ello que es importante reflexionar sobre la imagen de ciencia y científica que ofrecemos en nuestros talleres dado que son fuente de construcción de estos estereotipos.



La “Naturaleza de las Ciencias” refiere a una serie de principios claves e ideas que proveen de una descripción de ciencia con valor positivo para la educación científica (Adúriz-Bravo, 2005). Numerosos trabajos en esta línea de investigación sugieren que tanto alumnos/as, docentes y demás personas poseen una imagen de ciencia con las siguientes características:

- Visión marcadamente empiro-inductivista.
- La ciencia como construcción a-histórica. Individualista e Independiente de valores, ideologías, intereses y contextos y por tanto, neutral y objetiva.
- Elitista y exclusiva. Sólo para unos pocos.
- Infalible. Dueña de la verdad.
- Fundada en una racionalidad científica centrada en un único método.
- Promotora del bienestar universal ó, por el contrario, causante de todos los males.

La imagen de ciencia de los/as docentes

A partir de una abundante bibliografía, se ha mostrado ampliamente que los aspirantes a profesores y profesoras, así como los docentes formados, mantienen en su gran mayoría, ideas sobre la ciencia que están muy cercanas a las del positivismo “tradicional” de fines del siglo XIX. ¿Qué características tiene?

1. Los positivistas lógicos creen que las teorías científicas describen realmente cómo es la estructura profunda del mundo.
2. Los hechos hablan por sí solos y proporcionan validez unívoca a las teorías. La base empírica constituye el fundamento de la ciencia “verdadera”, que está construida a partir de la observación y la experimentación.
3. Una distinción tajante entre el lenguaje teórico y el observacional en la construcción de las teorías científicas. Para cualquier término del lenguaje científico, es posible saber con certeza si pertenece al mundo empírico o se trata de una construcción teórica auxiliar, “instrumental”.
4. Criterios universales para juzgar el valor de verdad de una teoría. Estos criterios son racionales, de carácter lógico y fuertemente a-históricos. No dependen de factores sociales ni personales (Adúriz-Bravo et al., 2006).

A estos aspectos los acompaña una visión de ciencia rigurosa, sistemática, objetiva, neutral y aislada de influencias sociales y culturales –al igual que los científicos y las científicas-, que avanza por acumulación de conocimientos y cuya finalidad última es la búsqueda de la verdad.

Les proponemos tomar cualquier libro de su área y buscar qué imagen de ciencia ofrece. ¿Está más cercana al positivismo lógico? ¿Es diferente? ¿En qué aspectos?

Una epistemología con valor para la enseñanza

Las ideas sobre lo que es hacer ciencia y por lo tanto su imagen han ido cambiando a lo largo del tiempo. En un enfoque tradicional las ciencias se piensan como un conjunto de teorías científicas que se consideran verdaderas y se las denomina leyes universales. Inmersos en un contexto histórico, las revoluciones científicas vinieron a modificar las leyes existentes por otras mejores (la ciencia como progreso lineal). Los experimentos, en este enfoque, son un modo de comprobación de las ideas científicas y la observación, por lo general desnuda y sin carga teórica, es el primer paso de un único método por medio del cual se hace la ciencia.

Hoy en día, los epistemólogos proponen pensar el hacer ciencia de otra manera, mediante un enfoque “basado en modelos”. Éste acepta las ideas científicas como construcciones de la comunidad científica que pueden compararse en algunos aspectos con la realidad.

Estas construcciones se denominan “modelos”. En este enfoque, la experimentación

y la observación en ciencia ayuda a los/as científicos/as a decidir qué modelo encaja mejor respecto a los aspectos del mundo real que se están investigando. De esta manera la ciencia sería una forma de mirar el mundo, porque se construyen modelos del mundo con la intención de explicarlo, hacer predicciones pero también modificarlo. Esos modelos cambian a través del tiempo y constituyen el lenguaje para las ciencias.

Las ventajas de basarnos en modelos en cualquier clase de ciencias implican mostrar una ciencia creativa y social donde se piensa que el progreso no consiste en la eliminación de mentiras o en el descubrimiento de la verdad sino en la construcción de modelos que concuerdan mejor con el mundo de maneras diferentes y permitan resolver determinados problemas.

El uso de modelos es una forma estándar de comprender el mundo, algo que hacemos intuitivamente, pero que la práctica científica ha formalizado. Puesto que entre el observador y el mundo que debe distinguir existe una gradiente de complejidad en favor del segundo, los modelos son simplificaciones selectivas –más pequeñas en escala, más simples en sus mecanismos o en las variables que los componen– de algún fenómeno que buscamos comprender y transformar.

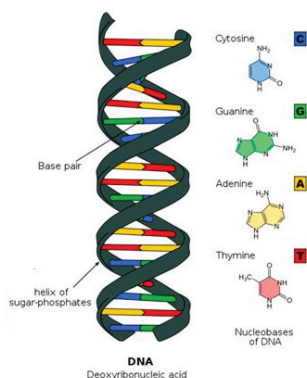
Puede escucharse en algunos ámbitos artísticos la frase “La escultura se encuentra dentro de la piedra, el escultor sólo la descubre” ¿Cómo se podría relacionar esta frase con el hacer ciencia? ¿Cuál de los dos enfoques discutidos hasta el momento está más relacionado con la frase?

¿Qué son los modelos?

Si bien la palabra modelo es polisémica la mayoría de los investigadores epistemólogos coinciden en algunas características:

- Son interpretaciones del mundo que intentan ser similares al mundo real. Son parecidas en algunos aspectos, pero diferentes en otros sentidos.
- Son simplificaciones de fenómenos para lograr comprender alguna de sus partes. Poseen limitaciones dado que no representan toda la realidad (que es muy compleja), sino parte de ella.
- Cumplen un importante papel en la construcción del conocimiento y la comprensión de los fenómenos naturales. Permiten encarar problemas, hacer predicciones, testearlas, y comunicar resultados.
- Coexisten distintos modelos que pueden utilizarse para describir un mismo fenómeno.
- Son construcciones de la mente humana.
- Sirven para interpretar, explicar y modificar el mundo que nos rodea.
- Tienen un objetivo específico que responde al problema sobre el cual se creó el modelo.

Los modelos pueden representarse mediante maquetas, imágenes, tablas, redes, dibujos, oralmente siempre que habiliten, a quien los usa, a describir, explicar, predecir e intervenir y no se reduzcan a meros “calcos” fenomenológicos del objeto sustituido. Cada una de estas formas de representación va a permitir hacer visible algunos elementos del modelo que otras formas de representación no lo permitan. Veamos el siguiente ejemplo: Una imagen y una maqueta representando el ADN:



En el caso de la imagen podemos observar una representación en dos dimensiones, donde se observan las formas moleculares de las cuatro bases nitrogenadas y cómo estas se unen para formar la doble cadena. En el caso de la maqueta podemos observar la estructura del ADN en tres dimensiones y también podríamos mostrar las tensiones que sufre la cadena al super-enrollarse para sufrir algún proceso celular. Dependerá del objetivo de aprendizaje aquella forma de representación que utilizemos y, en cualquier caso, será necesario discutir los alcances y limitaciones de cada modo de representación.

Para pensar en el taller

Piensen en alguna actividad para el taller donde puedan utilizar más de un modo de representación del concepto que desean enseñar. Para elaborar la actividad guíense con las siguientes preguntas:

¿Qué ideas aporta cada modo de representación?

¿En qué se diferencian?

¿Qué tipo de problemas permite resolver cada modo?

¿Les parece que hay un modo “más verdadero” que otro?

La Construcción de materiales para un taller

Muchas veces el espacio de un taller no nos permite abordar la complejidad de

nuestras temáticas y muchas cuestiones quedan por fuera de ellos. Otras veces el abordar el mismo tema en distintos modos de expresión puede traer aparejado una mejor comprensión. Es por esto, que en este último apartado vamos a trabajar sobre algunos criterios a tener en cuenta a la hora de confeccionar un material para entregar a los docentes en nuestros talleres.

Pensando en los materiales

De la misma manera en qué pensamos el para qué del taller, debemos hacernos la misma pregunta cuando pensamos en la confección de un material. Puede haber múltiples respuestas a esta pregunta:

- Para llevarse un resumen del taller,
- Para tener actividades sobre el tema,
- Para aportar datos sobre instituciones, grupos de investigación sobre la temática abordada en el taller,
- Para aportar links, animaciones, simulaciones, videos. En este caso es clave considerar que hay mucho material disponible y que generalmente tiene errores de los cuales los/as docentes no son conscientes,
- Para aportar bibliografía. Es importante saber que en general los/as docentes no poseen materiales para estudiar que estén a su nivel de comprensión.

Las imágenes o videos en los materiales

Los recursos que se utilizan más frecuentemente en los materiales que se entregan en los talleres son las imágenes y los videos. Ambas formas de representación relacionan el lenguaje y el mundo en el que vivimos ya que representan una idea, un concepto de una parte del mundo. Seguramente no todas las imágenes o videos que podamos encontrar sobre el tema del taller tengan el mismo propósito, sino que cada uno de ellos fue creado con una finalidad concreta. De esta manera cada uno dejará afuera ciertos elementos del modelo científico que representan.

Es importante pensar que las imágenes o videos a veces contienen mucha información irrelevante que puede ser una ventaja (ya que nos aleja de la abstracción) pero una desventaja (ya que interfiere en el aprendizaje de un modelo). Será importante entonces explicitarlas en el material para evitar lecturas erróneas (Eilam, 2013).

Para pensar en el taller

Al momento de confeccionar un material para el taller, será necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- Si van a sugerir páginas de Internet o videos sería conveniente que tuviera una breve descripción de qué van a encontrar en ese material, para que los/as docentes tengan una idea de su utilidad. También puede incluirse una sugerencia de uso.*
- Incluir en el material los contactos de la gente que dio el taller.*
- Tener en cuenta las concepciones alternativas.*
- Buscar la relación con los contenidos curriculares.*
- Construir un problema donde tenga sentido la información que se presenta.*
- Revisar la epistemología que subyace.*

Referencias bibliográficas

Acevedo Díaz, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (1), 3-16.

Adúriz-Bravo, A. y Aymerich-Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 4(1), 40-49.

Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de las ciencias: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Adúriz-Bravo, A.; Salazar, I.; Mena, N. y Badillo, E. (2006). La Epistemología en la Formación del Profesorado de Ciencias Naturales: Aportaciones del Positivismo Lógico. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 1(1), 6-23.

Angulo Delgado, F. y García Rovira, P. (1999). Aprender a Enseñar Ciencias: Una propuesta basada en la Autorregulación. *Revista Educación y pedagogía*, 11 (25), 67-86.

Arillo, M. et al. (2013). *Las ideas científicas de los alumnos y alumnas de primaria: tareas, dibujos y textos*. Universidad Complutense de Madrid: Madrid.

Astolfi, J. P. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista Educación y Pedagogía*, 11 (25), 151-171.

Brown, A. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. En Glaser, R. (Ed.), *Advances in instructional psychology* (pp. 77-165). Hillsdale: Erlbaum.

Chambers, D. (1983). Stereotypic Images of the Scientist: The Draw-A-Scientist Test. *Science Education*, 67 (2), 255-265.

Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 4 (1), 3-15.

Eilam, B. (2013). Possible Constraints of Visualization in Biology: Challenges in Learning with Multiple Representations. En Tsui, C. y Treagust, F. (Eds.), *Multiple Representations in Biological Education* (pp. 55-73). New York: Springer.

Eldar, O. y Miedijensky, S. (2015). Designing a Metacognitive Approach to the Professional Development of Experienced Science Teachers. En Peña-Ayala, A. (Ed.), *Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art* (pp. 299-319). Suiza: Springer.

Flavell, J. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive—Developmental Inquiry. *American Psychologist*, 34 (10), 906-911.

García Rovira, M. P. y Sanmartí, N. (1998). Las bases de orientación: un instrumento para enseñar a pensar teóricamente en biología. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 16, 8-20.

García, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.

Gómez Galindo, A. (2014). El uso de representaciones multimodales y la evolución de los modelos escolares. En Merino, C.; Arellano, M. y Adúriz-Bravo A. (Eds.), *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes* (pp. 51-61). Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso.

González Galli, L. (2010) *¿Qué ciencia enseñar? En Meinardi et al., Educar en ciencias. Paidós: Buenos Aires.*

González Galli, L. (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires.*

Izquierdo Aymerich, M. (2014). *Los modelos teóricos en la enseñanza de las “ciencias para todos” (ESO, nivel secundario). Bio-grafía - Escritos sobre la Biología y su enseñanza, 7 (13), 69-85.*

Johsua, S. y Dupin, J. (2005). *Introducción a la didáctica de las ciencias y la matemática. Buenos Aires: Colihue.*

Meinardi, E.; González Galli, L.; Revel Chion, A. y Plaza, M.V. (2010). *Educar en Ciencias. Buenos Aires: Paidós.*

Nehm, R. y Reilly, L. (2007). *Biology majors' knowledge and misconceptions of natural selection. BioScience, 57 (3), 263-272.*

Porro, S. (2007). *Por qué los estudiantes de secundaria no eligen química como carrera universitaria y qué podría hacerse desde la universidad. Química Viva, 6 (Sup. Educ.).*

Schraw, G; Olafson, L.; Weibel, M. y Sewing, D. (2012). *Metacognitive Knowledge and Field-based science learning in outdoor environmental education program. En Zohar, A. y Dori, Y. (Eds.), Metacognition in Science Education. Trends in Current Research (pp. 57-77). New York: Springer.*

Sierra Nieto, E.; Gallardo Gil, M. y Domínguez Ramos, A. (2013). *El portafolios educativo como estrategia alternativa para la evaluación de competencias en un aula de primaria. Revista Educativa Hekademos, 13, 93-105.*

Varela Nieto, P. (2002). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias: aspectos didácticos y cognitivos. Universidad Complutense de Madrid: Madrid.*

Vázquez Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. A. (2008). *El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica.*

Vosniadou, S. (2013). *Model based reasoning and the learning of counter-intuitive science concepts. Infancia y Aprendizaje, 36 (1), 5-33.*