

La Formación Docente en Ciencias Propuestas para el Desarrollo Profesional.

Colección Desarrollo Profesional Docente

La Formación Docente en Biología, Física y Química



**Ministerio de
Educación**
Presidencia de la Nación

**Instituto Nacional
de Formación Docente**

Presidenta de la Nación
Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Jefe de Gabinetes del Ministro
Dr. Aníbal Fernández

Ministro de Educación
Prof. Alberto E. Sileoni

Secretario de Educación
Lic. Jaime Perczyk

Jefe de Gabinete
A.S. Pablo Urquiza

Subsecretaría de Equidad y Calidad
Educativa Lic. Gabriel Brener

Subsecretaría de Planeamiento
Educativo Prof. Marisa del Carmen
Díaz

Instituto Nacional de Formación Docente
Directora Ejecutiva: Lic. Verónica Piovani

Dirección Nacional de Desarrollo
Institucional Lic. Perla C. Fernández

Dirección Nacional de Formación e
Investigación Lic. Andrea Molinari

Coordinador de Desarrollo Profesional
Docente Lic. Carlos A. Grande

PRÓLOGO

Andrea Molinari
Carlos A. Grande

La presente colección de materiales del área de Desarrollo Profesional Docente del INFD tiene por objeto socializar algunas de las acciones llevadas adelante en el área como parte de las políticas de la Formación Continua, en este sentido los ciclos de Desarrollo Profesional Docente, constituyen el marco que atiende a los diversos campos disciplinares y a problemas específicos de la enseñanza.

El derecho a la educación y el acceso al conocimiento, a través de la reflexión en contexto, con los colegas, sobre las prácticas pedagógicas del sistema formador, motiva a un diálogo con los diferentes actores de los niveles para los cuales forman, desarrollando la función indelegable de los Institutos Superiores como es el Apoyo Pedagógico a escuelas.

Los dispositivos aquí presentados, elaborados para la formación docente continua, como son los Ciclos de Desarrollo Profesional, constituyen una propuesta que permite poner en diálogo el desarrollo de un abordaje teórico conceptual, articulado con las prácticas docentes.

Son los sujetos, profesores y maestros, los que producen conocimiento a partir de las reflexiones que la propia práctica produce en las propias instituciones, teorizando sobre la tarea cotidiana y dando un anclaje en las dimensiones sociales, culturales y políticas de la función pedagógica de “educar”.

Todos los recorridos de formación realizados han dejado una impronta de trabajo horizontal que habilita a las preguntas, las dudas y a esos saberes que socializados se vuelven a significar de otras maneras. Poner en el centro de la formación a la enseñanza en el nivel superior implica profundizar en los sentidos de la educación, abordando desde el plano más concreto la educación como derecho.

Con la intención de seguir construyendo un proceso de trabajo colaborativo y en red, es que nace esta nueva serie denominada “Colección Desarrollo Profesional Docente”. Ésta da cuenta de los recorridos realizados en las diferentes líneas del área, y propone seguir reflexionando sobre la formación docente y la mejora de las prácticas de enseñanza.

La experiencia de formación llevada adelante en los Ciclos de Desarrollo Profesional, así como las diversas experiencias que se exponen en la presente colección, son el producto de un verdadero trabajo colectivo, en donde la voz de los otros habilita, permite seguir pensando, buscando integrar y optimizar los recursos de cada uno de los Institutos Superiores de Formación Docente de nuestro país.

Finalmente, y tal como expresa la Resolución CFE N° 30/07, un avance hacia una nueva institucionalidad lo constituye la generación de capacidad instalada, en ese sentido, resulta estratégico promover el funcionamiento de las instancias institucionales específicas de la formación docente, capaces de acumular conocimiento y memoria institucional, indispensables para potenciar procesos que sean transformadores. Entendemos que la “Colección Desarrollo Profesional Docente” viene a colaborar en esa dirección.

LA FORMACIÓN DOCENTE EN CIENCIAS: PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO PROFESIONAL

Antonio Gutiérrez, Edmundo Aguilera y Alejandro Pujalte (Eds.)

PRIMERA PARTE:

INVESTIGAR EN EL LABORATORIO DE CIENCIAS EN LA FORMACIÓN DOCENTE

PRESENTACIÓN

El módulo "Investigar en el laboratorio de ciencias en la formación docente" tiene como propósito central articular aspectos teóricos aportados por la investigación en didáctica de las ciencias con las prácticas educativas que se ponen en juego en la formación de profesores de Ciencias Naturales para secundaria en Biología, Física y Química.

A lo largo de su desarrollo, vamos a compartir experiencias organizadas en respuesta a una preocupación común para trabajar con los estudiantes del profesorado: reflexionar sobre las prácticas de formación docente de profesores de ciencias para secundaria. Esperamos que este análisis genere condiciones para volver sobre las prácticas de manera crítica y transformadora, desde los marcos conceptuales abordados en este original trayecto de formación.

Al mismo tiempo, otro propósito central de este proyecto es debatir y problematizar sobre cómo se aprende y se enseña Biología, Física y Química en la educación secundaria, abriendo un espacio novedoso de análisis y estudio para el desarrollo profesional de los formadores, y generando también una red de intercambio de experiencias entre los participantes de diferentes institutos de formación de todo el país.

El contenido se ha organizado en cinco capítulos que abordan la investigación en el laboratorio de ciencias en la formación docente, la alfabetización científico-tecnológica y las prácticas de laboratorio, las prácticas de laboratorio como resolución de problemas, las TIC en el laboratorio y la formación del profesorado de Biología, Física y Química, finalizando con una síntesis y propuesta de algunos aspectos a tener en cuenta a nivel institucional para repensar las prácticas de laboratorio en la formación de profesores de ciencias para secundaria.

En el primer capítulo, el coordinador del ciclo Antonio Gutiérrez traza algunas líneas sobre los trabajos prácticos de laboratorio, sus finalidades en el contexto

escolar de la escuela secundaria y en la formación docente para ese nivel educativo. Se centra en la transposición didáctica de dichas prácticas cuando se realizan en el aula o laboratorio escolar y las compara con el contexto de las investigaciones científicas profesionales.

Para avanzar nos propone el desafío de "mirar con otros ojos" las prácticas de laboratorio que se realizan en los institutos, a través de los aportes de los marcos teóricos propuestos por la investigación en didáctica de las ciencias. La pregunta central del capítulo es: *¿Cómo podemos articular estas categorías teóricas y las prácticas de laboratorio que se desarrollan en las aulas de la formación docente para mejorar la enseñanza de la Biología, Física y Química en la escuela secundaria?*

En el segundo capítulo Alejandro Pujalte indaga en el entramado de relaciones que se dan en las aulas respecto a lo que se da en llamar *alfabetización científico-tecnológica*, en especial vinculada a los trabajos prácticos de laboratorio. En ese sentido se plantea un recorrido que busca poner en tensión la noción misma de *alfabetización científico-tecnológica* frente a las prácticas habituales, tanto en las aulas de secundaria como en las de formación del profesorado, mostrando finalmente propuestas de intervenciones innovadoras surgidas de la investigación en el campo de la didáctica de las ciencias naturales. Este capítulo nos interpela desde el concepto de alfabetización científica hacia la pregunta central de nuestra profesión: ¿Para qué enseñar Biología, Física o Química hoy?

En el tercer capítulo, titulado "La resolución de problemas y los trabajos prácticos", Marcelo Bazán nos acerca, desde los aportes de la investigación en didáctica de las ciencias, una perspectiva valiosa e ineludible para el abordaje de las prácticas de laboratorio como es la resolución de problemas. Es así que nos propone las tareas de definir un problema, caracterizarlo y relacionar los problemas cotidianos y los científicos, al tiempo que los contextualiza en el aula de la escuela secundaria y en la formación docente. Finaliza compartiendo algunas líneas para pensar las prácticas de laboratorio a partir de la resolución de problemas, contemplando la reflexión sobre las condiciones necesarias para el planteo de auténticos problemas y la gestión del aula, entre otros.

En el cuarto capítulo, Stella Martínez, Oscar Trinidad, Edmundo Aguilera, Marcelo Bazán y Alejandro Pujalte abordan la inclusión de las TIC en el trabajo de laboratorio en la formación del profesorado de Biología, Física y Química. Nos convocan a la reflexión sobre la alfabetización digital y su integración a la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela secundaria y en la formación docente, desde el marco teórico que ofrece el modelo TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*, Conocimiento pedagógico o didáctico del contenido tecnológico). Esta propuesta ofrece una valiosa clasificación de aplicaciones informáticas para el aula y un directorio de sitios web. El capítulo finaliza con una aproximación al uso de los laboratorios virtuales en el desarrollo de propuestas didácticas en la formación docente.

En el quinto capítulo de esta primera parte, Antonio Gutiérrez analiza "La investigación educativa sobre el laboratorio de ciencias" y traza una perspectiva histórica de cambios que se han venido verificando en la formación

docente en los ISFD y su relación con la producción de saberes en la investigación en educación en ciencias. Comparte una reflexión epistemológica por medio del análisis de la interacción entre conocimiento tácito y conocimiento explícito, para acercarnos a la comprensión de las competencias científicas que se ponen en juego en las prácticas de laboratorio. Asimismo, retoma el enfoque de la resolución de problemas como otro aporte teórico de la investigación en la enseñanza de las ciencias para el trabajo en el laboratorio. Finaliza con una síntesis de los cuatro aspectos que orientan la reflexión y amplían las prácticas sobre el uso de los trabajos de laboratorio en la formación docente de profesores de ciencias.

Finalmente, presentamos, en el capítulo 6, un excelente trabajo realizado por unas colegas del Instituto de Formación Docente “María Inés Elizalde”, de Gualeguaychú, provincia de Entre Ríos, sobre el laboratorio de ciencias en la formación docente.

Creemos que este valioso panorama que presentamos, en un contexto de cambio en la formación docente de profesores de Biología, Física y Química, y de profundas transformaciones en la nueva escuela secundaria, constituye un material novedoso y útil, resultado de largos y fructíferos intercambios en foros, encuentros, reflexiones compartidas, lecturas diversas y revisión de experiencias con muchos colegas docentes de todo el país, resulte un aporte para la mejora.

CAPÍTULO 1

INVESTIGAR EN EL LABORATORIO DE CIENCIAS

Antonio Gutiérrez

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- Las finalidades de los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias.
- Los trabajos prácticos de laboratorio en el contexto escolar. Los trabajos prácticos de laboratorio en la educación secundaria
- Modelos teóricos de aprendizaje y los fundamentos epistemológicos subyacentes a las concepciones relativas al papel atribuido al laboratorio.

Los trabajos prácticos de laboratorio o “*experiencias*”, como se dice en la jerga cotidiana, son un tipo de actividades que caracterizan particularmente a la enseñanza de las ciencias. Muchos investigadores han venido señalando su importancia, como por ejemplo Hodson (1996), quien ya a mediados de los años noventa llamaba la atención sobre el hecho de que una enseñanza eficaz en contextos prácticos no es trivial y requiere habilidades específicas por parte del docente, capacidades diferentes que se ponen en juego durante las clases más teóricas. Pero en la realidad de las aulas de ciencias, los trabajos prácticos de laboratorio han tenido y siguen teniendo un papel accesorio y, en el mejor de los casos, constituyen un complemento que ilustra (o asumimos que nos permite “*comprobar*” o “*mostrar*”) una teoría.

En la investigación educativa reciente, numerosos trabajos vienen señalando que los resultados obtenidos en los trabajos de laboratorio pocas veces resultan satisfactorios. Pero, ¿por qué son tan poco consideradas las prácticas de laboratorio? Una respuesta tentativa es que los experimentos escolares se diseñan teniendo como referencia el trabajo que realizan los científicos, cuando en realidad deberían ser pensados como un guión especialmente diseñado para *aprender* determinados contenidos de ciencias, en un contexto particular (el aula, el laboratorio escolar), muy diferente por cierto al de una investigación científica profesional.

“El problema principal de la enseñanza de las ciencias continúa siendo que los conocimientos científicos se saben decir, pero no se saben aplicar”, destacan algunos especialistas. Se han publicado diversos trabajos que manifiestan críticas a las prácticas escolares habituales de laboratorio y en los cuales se proponen innovaciones tanto en el enfoque como en el método y también en el contenido. Asimismo, se han publicado revisiones extensas y se han dedicado números monográficos de revistas especializadas en didáctica de las ciencias como *Internacional Journal of Science Education* o *Alambique*, en nuestro idioma.

Por otra parte, se reconoce que las prácticas escolares responden a finalidades diversas: desde familiarizarse con algunos fenómenos naturales, ilustrar principios científicos, desarrollar habilidades instrumentales, hasta contrastar hipótesis e investigar. Curiosamente, parece que en general, son las que se orientan a la investigación las que tienen menos presencia en las aulas, tanto de la formación docente como de secundaria. Una paradoja, ya que se trata de las prácticas que más ayudan a desarrollar la alfabetización científica. Los aportes de la investigación también han destacado la importancia de perfilar mejor los tipos de prácticas que realizamos según tres finalidades principales: *aprender ciencias*, *aprender qué es la ciencia* y *aprender a hacer ciencia*.

En el caso específico de la educación secundaria, se destaca la importancia de llevar adelante investigaciones más completas que las tradicionales (con mayor número de variables) en las cuales los estudiantes puedan obtener, organizar e interpretar los datos con el fin de realizar inferencias, conclusiones, construyendo argumentos para la discusión.

Esta etapa central del trabajo en el laboratorio involucra aspectos olvidados del trabajo con las pruebas o evidencias. Así, la obtención de datos independientes entre sí, la elección de instrumentos adecuados para la realización de mediciones, el reconocimiento de que las fluctuaciones son inherentes al proceso de medición, la identificación de errores sistemáticos y estadísticos, la repetición de medidas, la fijación de criterios para decidir cuál es la importancia de un valor medio como representativo de una serie de datos, la noción de incerteza, de precisión y de confiabilidad de una medida, entre otros conceptos sobre tratamiento estadístico de datos, no suelen formar parte del repertorio en el cual se forma un profesor de ciencias.

Algunos autores llegan a enfatizar por ejemplo, el hecho de que los estudiantes en formación comprendan el proceso de interpretación de datos en un diseño experimental como una competencia tanto o más importante que comprender las bases conceptuales de los organismos genéticamente modificados (OGM) o de la radiactividad (Ryder y Leach, 2000).

En otros estudios por su parte, se sostiene que la elaboración de hipótesis, uno de los contenidos metodológicos fundamentales de las ciencias naturales, es una habilidad que, por lo general, los estudiantes no poseen, como tampoco parecen dominar la capacidad de relacionar teoría y evidencia empírica (Leach, 1999; Germann y Aram, 1996). Estas dificultades pueden sumarse a los problemas para identificar variables de estudio, variables extrañas en una experiencia, la función del grupo control en un diseño, entre otras carencias.

Con la intención de modificar esta realidad del laboratorio de ciencias, se han venido planteando estudios innovadores que buscan generar una reflexión crítica en la formación docente para iniciar la puesta en práctica de alternativas de mejora.

Una tipología didáctica

Queremos destacar un trabajo de una profesora argentina, formadora de docentes de Física (Salinas, 1994), quien desarrolla y fundamenta una

metodología alternativa para el trabajo en el laboratorio en la enseñanza superior. Asimismo, procura caracterizar las principales concepciones de los docentes sobre el papel atribuido al laboratorio de ciencias, y su relación con los modelos teóricos de aprendizaje que sostienen los profesores y los fundamentos epistemológicos subyacentes sobre la ciencia y el conocimiento. Este panorama resume en gran parte el estado de la cuestión.

Salinas (1994) identifica cinco enfoques distintos, que a lo largo del tiempo guiaron, y aún siguen guiando, las prácticas de laboratorio. Son ellos:

- a) **Laboratorio como mera ilustración de la teoría:** el estudiante cumple un papel pasivo, receptor del conocimiento que declara el profesor. Mientras que la concepción epistemológica sobre la ciencia y el conocimiento es rígida y dogmática.
- b) **Laboratorio como estrategia de descubrimiento individual y autónomo:** el estudiante es concebido como intuitivamente cuestionador, capaz de reconstruir el conocimiento científico de forma individual y autónoma a través de su interacción con el medio. El conocimiento científico es concebido como un producto de un proceso inductivo.
- c) **Laboratorio como espacio de entrenamiento en los procesos de la ciencia:** supone que los procesos de la ciencia son generalizables a través de diferentes dominios de conocimiento y experiencia. Con relación a la construcción del conocimiento científico se asume la existencia de un método científico como un protocolo de reglas o etapas a seguir.
- d) **Laboratorio como escenario de cuestionamiento de paradigmas:** atribuye gran importancia a las concepciones espontáneas de los estudiantes y al conflicto cognitivo. Por su parte, el trabajo científico es interpretado como una actividad de cambio conceptual.
- e) **Laboratorio como investigación colectiva orientada por situaciones problemáticas:** se admite un cierto isomorfismo entre los procesos de construcción social de conocimiento y el aprendizaje de la ciencia. En este enfoque se toman en consideración los estudios sobre ideas previas de los estudiantes. La construcción del conocimiento es vista como una actividad que busca dar respuesta a situaciones problemáticas significativas (que tienen sentido para los estudiantes) y se reconoce que la adquisición del conocimiento y la familiarización con la metodología científica son aspectos inseparables de un mismo trabajo.

En los análisis de los trabajos prácticos de laboratorio de diferentes cátedras, realizados por los equipos institucionales de los ISFD que participaron del Ciclo de Ciencias en la Formación Docente, aparece con una gran representatividad la categoría de *Laboratorio como mera ilustración de la teoría*. Este relevamiento hecho por los profesores en diferentes provincias de nuestro país,

generó un amplio consenso acerca de que esta categoría es la más utilizada. El camino habitual presenta dos momentos. En una primera etapa se presentan los aspectos teórico-conceptuales y a continuación, los estudiantes según parece, pueden acceder a la comprensión de la empiria enunciada previamente en aquellas abstracciones. Estos movimientos son justificados con el recurso de que los trabajos prácticos *comprueban* una teoría.

Estas evidencias en la formación docente permiten articular estas prácticas de laboratorio con los modelos didácticos en que las sustentan, y las respectivas concepciones epistemológicas sobre la ciencia y el modo de producción del conocimiento científico.

En general aparecen algunas dificultades en categorizar ejemplos de prácticas de laboratorio en la formación docente como *Espacio de entrenamiento en los procesos de la ciencia*, y también como *Estrategia de descubrimiento individual y autónomo*. Con respecto a la primera, algunas dificultades se pueden relacionar con la interpretación de la categoría en relación con el desarrollo de destrezas motrices. Por ejemplo, aprender a utilizar correctamente el microscopio, u otro instrumental de laboratorio, en lugar de considerar los procesos cognitivos claves de la categoría en cuestión como son: clasificar, medir, formular hipótesis, entre otros. También aquí es interesante el ejercicio reflexivo sobre la concepción de ciencia en la que se sustentan estas propuestas para el laboratorio.

En la categoría *Laboratorio como escenario de cuestionamiento de paradigmas* se ejemplificó con frecuencia que los trabajos de laboratorio en Biología abordan la *Teoría de la Generación Espontánea*. En este sentido pensamos que resulta de interés que nos interroguemos sobre si:

- ¿Es posible asociar esta categoría propuesta por Salinas con algunos contenidos de Biología que nos remiten a la Historia de la Ciencia en la enseñanza?
- ¿Es posible establecer alguna relación entre contenidos a enseñar y la selección del tipo de trabajo práctico de laboratorio?

Por ejemplo, para la categoría el *Laboratorio como ilustración de la Teoría*, es fuerte la presencia de consignas en la formación docente para que los estudiantes realicen observaciones.

- ¿Qué lectura epistemológica tiene la implementación de estas prácticas de laboratorio? ¿Por qué aparece la observación para ilustrar la teoría?
- ¿Cómo se relaciona con la concepción de ciencia que está presente?

Con la presentación de ejemplos de estas categorías buscamos promover una discusión y reflexión en el contexto del ISFD sobre el uso de las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias, que permita desnaturalizar algunas prácticas en las aulas de formación docente, en relación con la finalidad que se persigue al realizarlos.

Es importante tener en cuenta que no se pretende clasificar a las prácticas de laboratorio para cristalizarlas encasillándolas en la categorización presentada, ya que se asume que un mismo trabajo de laboratorio puede ser ejemplo al mismo tiempo, por ejemplo, de dos categorías diferentes propuestas por Salinas, y que también es posible pensar para un trabajo de laboratorio la introducción de modificaciones que permitan cambiar la clasificación en una categoría para ubicarlo en otra categoría según el propósito que se persiga.

Esto posibilita generar actividades de formación en el profesorado para promover el análisis crítico de las prácticas de laboratorio y su posibilidad de transformación a partir de la incorporación de alternativas en relación con las finalidades que se persiguen, las preguntas formuladas, las consignas planteadas. El desafío está planteado: ¿cómo incorporamos los aportes teóricos de la investigación en didáctica de las ciencias -por ejemplo estas categorías u otras- para reflexionar sobre nuestras prácticas en la formación docente? ¿Cómo articulamos estas categorías teóricas para mejorar la enseñanza de las ciencias en la formación docente y en la escuela secundaria?

En síntesis, desde una perspectiva investigativa en enseñanza de las ciencias y considerando al laboratorio como un ambiente cognitivo fértil para el aprendizaje de ciencias, asumimos que las actividades prácticas pueden situarse en el ámbito de tres propósitos más generales y, al mismo tiempo, complementarios:

- Ayudar a los estudiantes a aprender ciencias (adquisición y desarrollo de conocimiento conceptual y teórico);
- Auxiliar a los estudiantes a aprender sobre ciencias (comprender cómo la ciencia interpreta la naturaleza, cuáles son los métodos de la ciencia, así como la interacción de la ciencia con la tecnología, la sociedad y las cuestiones ambientales); y finalmente,
- Contribuir para que los estudiantes aprendan a hacer ciencias (acompañar a los estudiantes a trabajar a partir de una práctica investigativa).

En este Seminario de Laboratorio para la Formación Docente organizado por el Instituto Nacional de Formación Docente (INFD) tomamos posición a favor del laboratorio como un ambiente escolar para problematizar diferentes dominios de conocimiento.

En este sentido, no se está considerando al laboratorio como un *medio* para la enseñanza de quehaceres procedimentales, sino como un espacio para el trabajo en equipo donde sea posible el diálogo entre dos aspectos centrales del conocimiento, la teoría y la práctica.

ACTIVIDADES

Actividad N° 1:

Revise los trabajos prácticos de laboratorio que se proponen en su instituto, y presente un ejemplo para cada categoría que propone Salinas. El propósito de esta actividad es la reflexión crítica, a partir de los aportes teóricos de la autora, en relación con las concepciones de aprendizaje y las epistemológicas subyacentes en el uso de las prácticas de laboratorio en la formación docente de los profesores de ciencias de secundaria.

Actividad N° 2:

Resuelva con los colegas de su instituto la siguiente encuesta referida a la práctica educativa en el laboratorio.

ENCUESTA SOBRE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO (RECUADRO)

Indique qué tareas generalmente usted conoce que los estudiantes llevan a cabo en el laboratorio de los institutos de formación docente. En cada caso indique la frecuencia de la siguiente manera:

1. nunca 2. pocas veces 3. a menudo
4. casi siempre 5. siempre

1. Identificar el motivo del trabajo práctico.
2. Identificar las variables presentes en el trabajo.
3. Formular hipótesis a partir de un marco teórico estudiado previamente.
4. Establecer relaciones entre variables de estudio.
5. Seleccionar estrategias adecuadas para examinar un enunciado.
6. Seleccionar instrumentos de medición .
7. Representar esquemáticamente lo observado en el trabajo.
8. Registrar datos cualitativamente (p. ej.: acidez o alcalinidad).
9. Registrar datos cuantitativamente (p. ej.: variaciones de pH).
10. Identificar propiedades del fenómeno.
11. Organizar datos (cuadros, tablas, etc.).
12. Representar datos (gráficos).
13. Interpretar lo observado utilizando modelos explicativos.
14. Formular tendencias o relaciones cualitativas.
15. Realizar cálculos matemáticos.
16. Identificar posibles fuentes de error.
17. Elaborar conclusiones.
18. Confrontar argumentos científicos.

A continuación presentamos los resultados y el análisis de la encuesta realizada a profesores de ciencias al comenzar el ciclo. Una posibilidad es que en su instituto pueda confrontar estos resultados.

Sobre el uso del laboratorio usando las categorías siempre y casi siempre, se muestra que a pesar de las diferencias de las áreas científicas involucradas (y con ello decimos, objeto de conocimiento, diversidad de metodologías, historia, variadas perspectivas epistemológicas, relaciones de poder dentro del campo científico, etc.) los trabajos en los laboratorios no revelan esas distancias.

Más aún, parece que los profesores de Biología, Física y Química tenemos muchísimas cuestiones (a revisar) que compartimos. Esta situación, podría llevarnos a plantearnos si las fragmentaciones corporativas existentes suman o restan a la hora de compartir, discutir, revisar y mejorar nuestras prácticas en la formación docente.

En concreto, sobre el cuestionario podemos sugerir lo siguiente:

- 1) Una primera dimensión de análisis, llamada de *dispositivo experimental*, y representada por los enunciados 1, 2, 3 y 4 indica que entre el 35 y 40 por ciento de los profesores explicita aspectos básicos de las propuestas de laboratorio siempre o casi siempre.
- 2) Una segunda dimensión, orientada a la *construcción de datos* en el laboratorio y representada en la encuesta por los puntos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15 y 16 indica también unos valores muy consistentes en las tres disciplinas que oscilan entre el 45 y 50 por ciento.

Esto significa que casi la mitad de los profesores siempre o casi siempre realizamos mediciones, utilizamos instrumentos y graficamos resultados.

Por el contrario, los enunciados referidos al análisis de posibles fuentes de error muestran que muy pocos profesores indagamos sobre estos aspectos.

- 3) La tercera dimensión, referida a la elaboración de argumentos y conclusiones (puntos 13, 17 y 18) tiene los valores más bajos de la encuesta. Alrededor del 30 por ciento de los profesores siempre o casi siempre lleva adelante procesos de elaboración de argumentos y contrastación de hipótesis.

Estos resultados nos permiten comprender mejor un estado de situación sobre el que claramente tenemos responsabilidades. Un obstáculo que evidencian estos resultados y que queremos destacar se refiere a que estas limitaciones que muestran las prácticas de laboratorio pueden influir notablemente en el desarrollo de competencias fundamentales en los futuros profesores como por ejemplo, la competencia científica de utilizar pruebas científicas, que debería ser trabajada de un modo riguroso durante toda la formación.

A continuación, realizamos una breve caracterización de esta competencia científica central para comprender el trabajo en el laboratorio.

La utilización de pruebas o evidencias científicas

14

En el campo de la enseñanza de las ciencias las competencias científicas definidas por ejemplo en el informe PISA (identificar temas y preguntas que

puedan investigarse científicamente, explicar fenómenos científicamente y utilizar pruebas científicas) vienen orientando tanto la investigación como la renovación curricular de muchos países. Nos centraremos aquí en la que presenta mayores dificultades (Gutiérrez, 2008), la utilización de pruebas científicas.

La competencia de utilizar pruebas científicas se define como los conceptos y habilidades de razonamiento necesarias para recoger (y/o evaluar) datos fiables, válidos y bien organizados e interpretarlos hasta un punto donde puedan ser utilizados para la evaluación de teorías y explicaciones (Jeong y Songer, 2006).

Esta definición nos orienta hacia la subcompetencia: *Interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones*, que promueve capacidades como la de identificar el sentido de los hechos y datos científicos con el fin de utilizarlos como pruebas para realizar afirmaciones o extraer y/o seleccionar conclusiones alternativas, en función de las evidencias disponibles, dar razones a favor y/o en contra de una conclusión determinada, o bien, presentar de forma lógica las conexiones entre las pruebas y sus conclusiones. Es decir, reconocer si las hipótesis planteadas siguen vigentes o no.

La investigación en enseñanza de las ciencias muestra que esta competencia es en extremo problemática (Jeong y Songer, 2006). Los trabajos destacan que resulta confuso para los estudiantes entender los procesos relacionados con la obtención y el manejo de pruebas científicas y por otro lado, los docentes parece que no advertimos estas dificultades en nuestros estudiantes, ya que trabajamos en las clases en clave de otro tipo de competencias.

Como sugiere Pintó y El Boudamoussi (2009), una formación docente más explícita en cuanto a estos temas, probablemente se traduciría en más posibilidades de promover esta competencia.

Dentro de las capacidades o habilidades involucradas en esta competencia deberían trabajarse en las actividades de aula de formación por ejemplo, la capacidad de identificar o extraer evidencias; el uso de las evidencias para elaborar conclusiones, la realización de estos procesos de forma contextualizada, etc.

Algunos de estos aspectos de la competencia han sido anteriormente propuestos e investigados desde la didáctica de las ciencias, si bien no explícitamente bajo la perspectiva competencial, sí dentro de propuestas CTS y de alfabetización científica.

A partir de las revisiones teóricas, hemos identificado tres componentes que giran alrededor de interpretar pruebas científicas y elaborar y/o comunicar conclusiones. Estas competencias se promueven a través de actividades provistas de contextualización, siendo el contexto otra de las componentes del trabajo de la competencia.

El contexto es el marco concreto en que se presenta una determinada situación, en él se incluyen todos los detalles para ubicarnos en la actividad. Su uso se ha convertido en una de las formas más eficaces de enseñar, pues dirige a los estudiantes hacia sus intereses de forma natural haciendo 15
conexión entre la ciencia, la vida cotidiana y la sociedad. Otro de los argumentos a favor de la contextualización, se basa en que la ciencia surge

de situaciones problemáticas reales, por lo que su enseñanza se debe basar en el planteo y resolución de problemas o actividades contextualizadas para dotarlas de sentido (Chamizo e Izquierdo, 2005).

Otro elemento presente en esta competencia es la argumentación científica. Consiste básicamente en el proceso de elaborar conclusiones basadas en la observación y/o las evidencias producidas. Lo que define a un texto argumentativo es su finalidad, se trata de una retórica que busca persuadir. Para aprender a enseñar ciencia es necesario aprender a elaborar textos científicos, hablar y escribir (y leer) ciencia de manera significativa (Sardà y Sanmartí, 2000).

BIBLIOGRAFÍA

CAAMAÑO, A. (2004), "Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos?". *Alambique*, N° 39.

CHAMIZO, J. y N. IZQUIERDO (2005), "Ciencia en contexto: Una reflexión desde la filosofía". *Alambique*, N° 46, 9-17.

GERMANN, P. J. y R. J. ARAM (1996), "Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence", *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 7, 773-798.

GUTIÉRREZ, A. (2008), La evaluación de las competencias científicas en PISA: perfil de los estudiantes iberoamericanos, *Alambique*, N° 5, 23-31.

HODSON, D. (1996), "Practical work in school science: exploring some directions for change". *International Journal of Science Education*, 18 (7), 755- 760.

HOFSTEIN, A. y V. LUNETTA (2004), "The laboratory in science education: foundations for twenty-first century". *Science Education*, 88, 28-54.

JEONG, H. y N. SONGER (2006), "Evidentiary Competence: Sixth Graders' Understanding for Gathering and Interpreting Evidence in Scientific Investigations", *Research in Science Education* 37: 75-97.

LEACH, J. (1999), "Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science", *International Journal of Science Education*, 21, 8, 798- 806.

OCDE (2006) PISA, Marco de la Evaluación, Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura. OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, París.

PERALES, F.J. (2000), *Resolución de problemas*. Madrid: Síntesis Educación.

PINTÓ, R. y S. EL BOUDAMOUSSI (2009), "Teachers' perceptions about the abilities assessed in Science PISA exams and the difficulties they present for 15-year old students", *International Journal of Science Education*, Vol. 31, 16.

RYDER, J. y J. LEACH (2000), "Interpreting experimental data: the views of upper secondary school and university science students", *International*

Journal of Science Education, 22, 10, 1069-1084.

SAMAJA, J. (1998), *Epistemología y metodología*. Buenos Aires, EUDEBA.

SARDÁ, A. y N. SANMARTÍ (2000), "Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422.

SALINAS, J. (1994), *Las prácticas de Física Básica en laboratorios universitarios*. Tesis de Doctorado. Universitat de València. España.

SÉRÉ, M. G. (2002), "La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?", *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 357-368.

CAPÍTULO 2

LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA Y LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Alejandro Pujalte

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- Alfabetización científico-tecnológica: Una noción fundacional.
- La cuestión de los contenidos a enseñar en la secundaria y la alfabetización científico-tecnológica.
- La resignificación del experimento en la ciencia erudita y en las clases de ciencias: la pregunta por la metodología en el diseño de actividades experimentales.

Alfabetización científico-tecnológica: Una noción fundacional

Desde principios de la década de los ochenta del siglo pasado, la preocupación en torno a un creciente desinterés por parte de los estudiantes en las materias científicas y a los poco eficaces intentos del profesorado por lograr superar el fracaso escolar, devino en repensar qué ciencia se estaba enseñando en las aulas, pero por sobre todo para quiénes. Algo no estaba funcionando demasiado bien, en tanto se seguía enseñando ciencias para que los estudiantes pudieran tener éxito en el ingreso a las carreras universitarias de corte científico-tecnológico y sin embargo la matrícula en dichas carreras decrecía en forma progresiva. Al mismo tiempo, la sociedad se tornaba cada vez más y más científica y tecnológicamente dependiente. El problema estaba claro: una ciudadanía cada vez más ajena a los saberes científicos en un mundo más y más complejo de entender:

“En los EE.UU. se huye de la ciencia en forma dramática. En 1985-86, 7100 Institutos no tenían cursos de física, había 4200 sin química y 1300 sin biología. Entre 1971 y 1980 hubo una caída del 64% en el número de prelicenciados en cursos de enseñanza de las ciencias. Se estima que el 30% de los profesores de ciencias no están cualificados para enseñar la materia. Treinta y cinco estados permiten graduarse en el Instituto con poco o nulo estudio de ciencias, hecho reflejado en una investigación reciente a nivel nacional que descubrió que el 50% de los jóvenes de diecisiete años era incapaz de hallar el área de un cuadrado dada la longitud de un lado. Todo esto aparece documentado en muchos informes publicados, particularmente *A Nation at Risk* (Una nación en peligro) [...]” (Matthews, 1991:144)

Es así que en los *National Science Standard* (Estándares Nacionales de Ciencia de los EE.UU.) de 1996 se dice: “En un mundo repleto de productos resultantes de la indagación científica, la educación científica se ha convertido en una necesidad para todos” (Citado en Gallego Torres, 2007). El planteo

pasa entonces por cuestionar una enseñanza científica centrada únicamente en la adquisición de conocimientos científicos, priorizando el aprendizaje de leyes, teorías y conceptos, con poco y nada de anclaje en la vida cotidiana de las y los estudiantes; en definitiva, hablándole en un lenguaje muchas veces críptico, ajeno totalmente a quienes no seguirían una carrera científica. Un estado de crisis como el descrito, da lugar al surgimiento de los movimientos denominados CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) que pretenden, entre otros fines, que se renueve la enseñanza de las ciencias para relacionarlas más con su contexto humano. Para la formación de una ciudadanía que pueda pensar críticamente y controlar los desarrollos científico-tecnológicos y decidir criteriosamente sobre cuestiones socio-científicas. Es en este marco que la Asociación de Profesores de Ciencias de los Estados Unidos (NSTA) propone que una persona científicamente alfabetizada deberá ser capaz de:

- Utilizar conceptos científicos e integrar valores y saberes para adoptar decisiones responsables en la vida corriente.
- Comprender que la sociedad ejerce un control sobre las ciencias y las tecnologías, y asimismo que las ciencias y tecnologías imprimen su sello a la sociedad.
- Comprender que la sociedad ejerce un control sobre las ciencias y las tecnologías por la vía de las subvenciones que les otorga.
- Reconocer tanto los límites como la utilidad de las ciencias y las tecnologías en el progreso del bienestar humano.
- Conocer los principales conceptos, hipótesis y teorías científicas, y ser capaz de aplicarlos.
- Apreciar las ciencias y las tecnologías por la estimulación intelectual que suscitan.
- Comprender que la producción de saberes científicos depende a la vez de procesos de investigación y de conceptos teóricos.
- Saber reconocer la diferencia entre resultados científicos y opiniones personales.
- Reconocer el origen de la ciencia y comprender que el saber científico es provisorio y sujeto al cambio según el grado de acumulación de los resultados.
- Comprender las aplicaciones de las tecnologías y las decisiones implicadas en su utilización.
- Poseer suficiente saber y experiencia como para apreciar el valor de la investigación y del desarrollo tecnológico.
- Extraer de su formación científica una visión del mundo más rica e interesante.
- Conocer las fuentes válidas de información científica y tecnológica y recurrir a ellas cuando hay que tomar decisiones.

- Tener una cierta comprensión de la manera en que las ciencias y las tecnologías fueron producidas en la historia (Fourez, 1997:25-36).

El propio Gérard Fourez (1997) al analizar esta suerte de declaración de principios, se plantea muchos interrogantes acerca de cómo llevar al aula esto que se declama, qué tipos de actividades en el aula promueven estas capacidades y cómo debe ser la formación del profesorado que deba llevar adelante este desafío. En los párrafos que siguen trataremos de echar luz sobre estas cuestiones.

La cuestión de los contenidos

En una primera aproximación, la pregunta acerca de qué contenidos enseñar parecería poco menos que trivial: en la letra de los diseños curriculares se indica explícitamente qué es lo que se debe enseñar, en muchos casos con un carácter fuertemente prescriptivo. Pero, más allá de los diferentes niveles de concreción del currículum, la decisión final acerca de qué será enseñado y qué no es atribución ineludible del/la docente, en función de su profesionalidad. Contextos, finalidades y objetivos configuran una trama que termina orientando dicha decisión: la pregunta por el *qué* pierde su primer lugar en el podio, que pasa a ser ocupado por el *para qué*. Como se señalaba en el punto anterior, no es lo mismo si la prioridad es enseñar para el ingreso a la universidad (la denominada finalidad propedéutica), que para formar para el trabajo o para formar ciudadanos críticos, responsables y respetuosos del medio ambiente (Furió et al., 2001; Acevedo Díaz, 2004). Evidentemente el foco estará puesto no sólo en qué contenido específico enseñar, sino qué aspectos concretos de ese contenido específico (los *qué* del *qué*) son relevantes para apuntar a esas finalidades formuladas. En esta línea de reflexiones, empieza al menos parecer poco razonable someter a la totalidad de las y los estudiantes al corsé de los aprendizajes necesarios para el ingreso a la universidad, habida cuenta de que un mínimo porcentaje de ellas y ellos seguirán una carrera científica. Estas son formulaciones muy rígidas, basadas en algoritmos, que propenden a que los estudiantes adquieran las destrezas necesarias para los cursos o exámenes de ingreso a la universidad, terminan “indigestando” (como dice Mercè Izquierdo) a la mayoría, con la esperable consecuencia de que terminen aborreciendo todo lo que tenga que ver con la ciencia. Llegados a este punto cobran más sentido las metas a las que se hacía referencia anteriormente, respecto de una persona alfabetizada científica y tecnológicamente.

Muchas veces erróneamente se considera que un enfoque centrado en esta perspectiva obtura la posibilidad de formar para una carrera científica, cuando la evidencia indica que más que obturar la posibilidad, abre nuevas puertas. Lo que sí es bastante más probable es que una enseñanza científica dogmática, rígida y basada en la memorización de fórmulas aleja a la mayoría del disfrute y comprensión de las ciencias.

En su artículo “Hacia una teoría de los contenidos escolares”, Mercè Izquierdo destaca:

“Una teoría de los contenidos escolares ha de tener en cuenta los puntos siguientes:

- El pensamiento trabaja en un espacio cognitivo que es multidimensional y «Conocemos» cuando hay coincidencia entre diferentes «dimensiones».
- Son las vivencias lo que da sentido al conocimiento.” (Izquierdo, 2005)

Las dimensiones a las que Mercè Izquierdo hace referencia son:

“[...] tres dimensiones cognitivas, irreductibles, que, al interaccionar, permiten la emergencia de conocimiento personal «en contexto»; son: el lenguaje, la representación mental y la acción. Sugiere que el conocimiento significativo se adquiere cuando hay coherencia entre las tres dimensiones y por ello permite hacer lo que se piensa y decirlo de tal manera que transforma tanto lo que se ha hecho como lo que se ha pensado... para poder actuar y pensar de nuevo”.

Y un poco más adelante agrega:

[...] el lenguaje es el mediador entre las representaciones y las acciones que constituyen la experiencia científica: desde el punto de vista de lo experimental, el lenguaje cambia el formato del mundo para hacerlo pensable; desde el punto de vista de lo representacional, el lenguaje cambia el formato de las representaciones para hacerlas comunicables, en un determinado contexto, a una audiencia concreta.[...] Podemos decir que tanto las teorías como la experiencia científica son lo que son gracias al lenguaje, así como el lenguaje es lo que es porque es, a la vez, pensamiento y acción.” (Izquierdo, 2005:115-116.

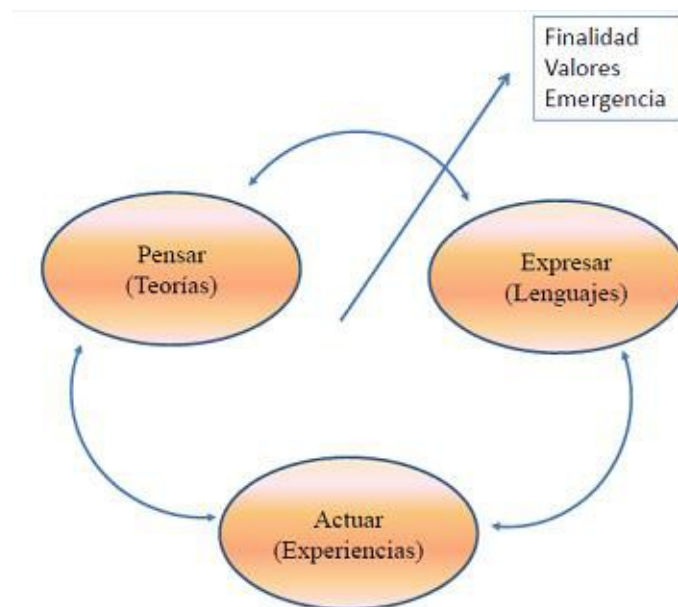


Figura 1: Las tres dimensiones de la cognición

Parece bastante claro que cierto tipo de actividades experimentales que se promueven en los laboratorios no dinamizan la relación entre lenguaje, pensamiento y acción. Esta dinámica se dará cuando la propuesta les permita a cada estudiante dar sentido a un aspecto del mundo (un fenómeno) desde un modelo científico; sólo en esa medida, dicho modelo cobrará sentido para ella/él. Pensar el mundo mediante modelos teóricos para poder actuar sobre él y comunicar eso que se piensa y hace. Tomando las sugerentes palabras del epistemólogo canadiense Ian Hacking, esto es lo que significa *representarse* el mundo e *intervenir* sobre él.

La pregunta por la metodología

El último medio siglo ha sido especialmente escenario de controversias entre científicos y epistemólogos acerca del rol de la experimentación en la actividad científica. Realistas, antirrealistas e instrumentalistas han reflejado sus posturas a lo largo de los años, tanto refiriéndose a lo eminentemente descriptivo (lo que en la actividad científica sucede de hecho) como en lo normativo (lo que debería suceder).

Uno de los planteos más interesantes en este sentido ha sido el del anteriormente citado Ian Hacking, que en su libro *Representing and Intervening* (1983), dice:

“Los filósofos de la ciencia constantemente discuten sobre teorías y sobre la representación de la realidad, pero casi nada acerca de los experimentos, la tecnología o el uso del conocimiento para la modificación del mundo. Esto es extraño, porque era costumbre usar ‘método experimental’ simplemente como sinónimo de método científico. La imagen popular, ignara, del científico era la de alguien en una bata blanca de laboratorio. Por supuesto, la ciencia precedió a los laboratorios. Los aristotélicos subestimaban los experimentos y favorecían la deducción a partir de primeros principios. Pero la revolución científica del siglo XVII cambió todo eso para siempre. El experimento fue declarado oficialmente el camino real hacia el conocimiento, y los académicos fueron desdeñados porque argumentaban a partir de los libros en lugar de observar el mundo que los rodeaba. El filósofo de esta época revolucionaria fue Francis Bacon (1561-1626). Él enseñaba que no sólo deberíamos observar la naturaleza en vivo, sino que también deberíamos ‘torcerle la cola al león’, esto es, manipular nuestro mundo para aprender sus secretos. [...] (Hacking, 1996)

Luego Hacking plantea que los tiempos han cambiado al punto de darle una relevancia casi absoluta a la teoría, en detrimento de la experimentación, y que el camino sería retomar el rumbo perdido, en el sentido de una dialéctica entre la teoría y la experimentación.

Otro filósofo de la ciencia, el español Javier Echeverría, hace especial hincapié en que estas representaciones (como las que alude Hacking) están guiadas por finalidades y valores muy precisos para intervenir en el mundo.

Retomando lo que decíamos anteriormente, las finalidades y valores por las cuales proponemos experimentos en los cursos de secundaria y en los del profesorado son diferentes que los de la ciencia erudita: los propósitos, los

Para qué son diferentes, si bien hay muchos puntos de contacto entre unos y otros.

En términos de la alfabetización científica y tecnológica que deberíamos procurar en las aulas de ciencias de secundaria, y para la cual deberíamos formar a las futuras profesoras y profesores, estas ideas que hemos descrito someramente se podrían enunciar de una forma más propositiva. Una alternativa de metodología plausible es la que sugiere Adúriz-Bravo (2008) que consistiría en:

1. Plantearse preguntas relevantes acerca del funcionamiento del mundo natural.

Los científicos no investigan cualquier asunto en cualquier momento: sus problemas bajo análisis van cambiando a lo largo del tiempo y obedecen a intereses, finalidades y valores sostenidos comunitariamente en cada lugar, época y cultura. Esos problemas científicos, a su vez, vienen recortados y 'teñidos' por ciertas formas elaboradas y abstractas de contemplar el mundo que son las teorías. De hecho la palabra 'teoría' significa justamente eso: mirada.

2. Construir respuestas inventivas y provisionales para esas preguntas, 'modelizando' el mundo.

Estas respuestas, altamente creativas y osadas, son de carácter hipotético e inferencial, y se someten a la prueba que ofrecen la propia realidad y otras respuestas anteriores aceptadas. [...] Uno de los formatos principales para responder a las cuestiones científicas lo constituyen los modelos, entidades que 'se parecen' a los sistemas estudiados y nos dan herramientas precisas para pensar y operar sobre ellos. El conocimiento creado también responde a unas determinadas formas de hacer, a unos sistemas de valores y a la voluntad de convencer a los otros acerca de la validez de lo que uno dice.

3. Diseñar formas de intervención activa, y en particular, experimental, sobre la realidad.

Esas intervenciones, de muy variada índole, permiten poner a prueba las respuestas creadas, ajustarlas, mejorarlas, combinarlas y, en caso necesario, descartarlas. En el proceso de poner en diálogo el conocimiento teórico con las acciones 'cargadas de teoría' se generan evidencias para sostener y fundamentar lo que se afirma sobre el mundo. La experimentación, en este contexto, es una forma altamente eficaz de establecer un diálogo entre ideas y hechos.

4. Comunicar las acciones llevadas adelante y los resultados obtenidos utilizando para ello ricos lenguajes específicos.

En todo momento, los científicos dan a conocer los procesos y productos de los 'pasos' anteriores, para lo cual adaptan, generan o perfeccionan lenguajes simbólicos de muy alto nivel que combinan diferentes tipos de 'signos' (el lenguaje natural, las ecuaciones, las fórmulas, las tablas, los gráficos, las imágenes, las maquetas, las simulaciones, entre muchos otros).

ACTIVIDADES

Actividad N°1:

Seleccione dos trabajos prácticos experimentales de laboratorio, diseñados para la escuela secundaria, en materias de Biología, Física o Química para realizar el siguiente estudio:

A partir del análisis de los TPs, tanto de los objetivos generales y específicos que proponen como en el desarrollo de los mismos: ¿Qué finalidades se podrían inferir acerca de la ciencia que se pretende enseñar? ¿Qué evidencias encuentran para ello?

Actividad N°2:

Teniendo en mente a un ideal profesor de ciencias de la escuela secundaria, que es consecuente con las finalidades de la alfabetización científica y tecnológica, le pedimos que proponga alguna clase, experiencia o actividad que hayan desarrollado en el Instituto, que considere que podría contribuir a la formación de un docente con las características que indicáramos más arriba.

BIBLIOGRAFÍA

Lecturas obligatorias

ADÚRIZ-BRAVO, A. (2008). "Un nuevo lugar para la 'intervención experimental' en la ciencia escolar". *12(ntes), Papel y Tinta para el Día a Día en la Escuela*, 3 (24), 4-5.

FURIÓ, C., J. GUIASOLA, A. VILCHES y V. ROMO (2001), "Finalidades de la

enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica?", *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 365–376. Disponible en:

<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21756/21591>

HODSON, D. (1994), "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio". *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313. Disponible en: http://www.cneg.unam.mx/programas/actuales/cursos_diplo/cursos/cursos_SEP/00/primaria/mat_particip_prim/arch_part_prim/S1P1.pdf

Lecturas ampliatorias

Los tres textos antes mencionados constituyen la lectura de referencia mínima necesaria para la realización de la propuesta de trabajo. No obstante se recomienda complementar la lectura con el resto de los 24 artículos disponibles.

- 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. Disponible en: http://www.ebicentenario.org.ar/documentos/mat_ciencia/Acevedo%20Diaz_J_A_2004.pdf
- FOUREZ, G. (1997), *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- GALLEGO TORRES, P. (2007), "Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*" 24(1), pp. 141-151. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/920/92040109.pdf>
- HACKING, I. (1996), *Representar e intervenir*. México: Paidós. (Original en inglés de 1983)
- IZQUIERDO AYMERICH, M. M. (2005), "Hacia una teoría de los contenidos escolares". *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111–122.
- MATTHEWS, M. (1991), "Un lugar para la historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias". *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155.

CAPÍTULO 3

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y TRABAJOS PRÁCTICOS: UNA ALTERNATIVA PARA LA FORMACIÓN

Marcelo Bazán

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- La resolución de problemas como una alternativa.
- ¿Qué es un problema?
- Los problemas científicos y los problemas cotidianos.
- Los problemas en el aula de ciencias y los problemas en el aula de la formación docente.
- Las características de un problema.
- Los trabajos experimentales y la resolución de problemas.

La resolución de problemas como una alternativa

Desde que se iniciaron las propuestas para la mejora en la enseñanza de las Ciencias, y dentro de ellas, en la formación de profesores, han surgido innumerables planteos de cómo lograrlo, y continuamente la investigación en la didáctica específica, produce nuevos materiales y tendencias.

Una de las alternativas más difundidas es el plantear las prácticas de aula como problemas a resolver y no como un instrumento para corroborar o demostrar una teoría, de manera que estamos, en este caso, ante una estrategia de enseñanza y una forma de aprender, más que ante un ejercicio de aplicación de lo “visto en clase” (Reigosa, C., Jiménez Aleixandre, M.P., 2000).

Ya se mostró en capítulos anteriores, diferentes posibilidades para trabajar actividades experimentales, en este intento de mejorar la enseñanza de las ciencias, con sus bondades y cuidados.

Las actividades experimentales y la resolución de problemas han sido y son parte del abanico de propuestas que se desarrollan para esta mejora, tanto en la escuela secundaria como en la formación de docentes, aunque son menores las existentes en este último ámbito.

Son numerosas las virtudes de esta propuesta de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, también se alerta sobre las dificultades que puede traer su mal uso o su incorrecta aplicación o interpretación. En nuestro ámbito de acción, la formación de docentes, esto es de suma atención, ya que luego, los futuros profesores trasladarán estas deficiencias a sus estudiantes.

¿Qué es un problema?

Para iniciar este análisis sería provechoso definir qué es un problema y cuál es su papel en la formación docente en Ciencias y en la enseñanza de las mismas. Ahora bien, ¿Qué entendemos por problema? ¿Cuándo consideramos que un problema es científico? Hay muchas lecturas. Bunge (1983), por ejemplo, lo define como *“...toda dificultad que no puede superarse automáticamente sino que requiere la puesta en marcha de actividades orientadas hacia su resolución”*. El problema se considera científico cuando debe utilizar teorías o conceptos de la ciencia y se estudia mediante métodos científicos con el objetivo primario de incrementar los conocimientos.

En el campo de la didáctica de las Ciencias, podemos tomar a Perales Palacios (1993), que define al problema como *“... una situación prevista o espontánea que produce cierto grado de incertidumbre y una conducta tendiente a la búsqueda de una solución”*. Por su parte, Cabrera y otros (2000) proponen que la resolución de problemas es *“...poner al estudiante en situación de utilizar todos los recursos para enfrentarse a una situación para la que, de entrada, no tiene solución conocida”*.

Los problemas científicos y cotidianos

En nuestra vida diaria, la resolución de problemas se hace presente continuamente, al hacer una tarea, o al tener que tomar una decisión. Al resolverlos, aplicamos diferentes estrategias y utilizamos diferentes niveles de complejidad, creatividad e innovación para poder encontrar una solución al mismo.

A su vez, los problemas pueden ser agrupados en dos grandes categorías: científicos y cotidianos. Quizás sin repararlo, muchas veces la biología, la física y la química o las ciencias de la Tierra entran en juego en situaciones problemáticas que se plantean. Algunos interrogantes que pueden ser cotidianos: ¿Qué roca es mejor para la mesada de la cocina? ¿Qué terreno me conviene comprar en este loteo? ¿Por qué se llena el pozo ciego tan seguido?

¿Puedo condimentar la ensalada un rato antes de servir el asado y ganar tiempo? ¿Cómo mantengo las verduras más tiempo sin que se echen a perder?

¿Por qué no germinaron las semillas de tomate que planté en la huerta?

Jaén (2000) señala que por lo general en el aula se verifica un uso muy limitado del conocimiento científico en la solución de problemas cotidianos. Propone entonces, que se le debería dar más importancia y relevancia a la resolución de problemas en la formación. Esto, sin dejar de remarcar que existe una diferencia con relación a los objetivos en la resolución de problemas cotidianos y científicos.

En los problemas cotidianos se prioriza la solución y no tanto la explicación. En los problemas científicos, se puede no tener una solución, pero sí se destaca la comprensión del problema y su posible solución, y su aplicación a nuevas y eventuales situaciones. También son diferentes los procesos que se ponen en ejecución como los procedimientos de indagación que se utilizan.

Por ello, no es de extrañar que los estudiantes de diferentes niveles de enseñanza, no apliquen conocimiento científico para resolver problemas cotidianos. Los problemas escolares deberían estar a medio camino entre unos y otros, y servir como puente entre ambos conocimientos (Pozo y otros, 1994, en Jaén, 2000).

Perales (1998) se interroga para qué enseñar a través de la resolución de problemas y plantea lo siguiente:

- Las clases dedicadas a problemas persiguen que el estudiante sepa aplicar las nociones teóricas previas, por un lado, y que aprenda a resolverlos, por el otro; por cuanto se supone que representan un buen medio para la adquisición de determinadas habilidades vinculadas con el aprendizaje científico (por ejemplo, desde el cálculo matemático al diseño y aplicación de estrategias de resolución).
- La inclusión de problemas en los exámenes de las materias científicas supone su consideración como un instrumento evaluador especialmente indicado para estas disciplinas.

Y agrega que esta propuesta de trabajo permite que en las clases de Ciencias se pueda:

- Diagnosticar las ideas previas de los estudiantes y ayudarles a construir sus nuevos conocimientos a partir de las mismas.
- Adquirir habilidades de distinto rango cognitivo.
- Promover actitudes positivas hacia la Ciencia y actitudes científicas.
- Acercar los ámbitos de conocimiento científico y cotidiano, capacitando al estudiante para resolver situaciones problemáticas en este último.
- Evaluar el aprendizaje científico del estudiante.

Una de las virtudes más destacadas de este enfoque es su trabajo colaborativo, lo que a su vez, puede hacer que se complejicen y se extiendan en el tiempo, y que gran parte del aprendizaje sea responsabilidad casi exclusiva del estudiante. Campanario (2007), al referirse a esta complejidad, dice *“la resolución de problemas es lo que haces cuando no sabes qué hacer. Al analizar esta metodología de enseñanza y aprendizaje, la palabra problema debe ser entendida ampliamente, ya que puede incluir pequeños experimentos, grandes temas de investigación, conjuntos de observaciones y tareas de clasificación, entre otras”*.

Cañal (2000) y Anderson (2002), citados en Cortez y Gándara (2008), plantean que la aplicación de estas propuestas en la formación docente permitirán a los estudiantes:

- Poner a prueba el grado de autonomía que poseen a la hora de seleccionar, construir problemas y resolverlos en el laboratorio.
- Desarrollar la capacidad de reflexión sobre las actividades prácticas.
- Desarrollar destrezas metacognitivas que permitan evaluar sus propios aprendizajes (no sólo en la experimentación, sino también en la comunicación)

Los trabajos experimentales y la resolución de problemas

¿Cómo trabajamos cuando trabajamos problemas en el laboratorio?

¿Qué características debería tener un problema para ser efectivo en la enseñanza de las ciencias?

¿Cómo podría integrarse al trabajo experimental?

Uno de los requisitos que un problema debe atender es que sea creíble para los estudiantes. Pero además, debe ser representativo y acorde al contexto en el cual los estudiantes se desempeñan.

Una característica muy importante para que la estrategia de resolución de problemas sea eficaz en la enseñanza, es que la solución no esté definida y que pueda haber más de una posible vía de llegar a la o las mismas (Reigosa Castro y Jiménez, 2000, op. cit.).

El trabajo en grupos pequeños, es otra de las características de una estrategia bien aplicada. Como se dijo anteriormente, es muy útil para el desarrollo del espíritu colaborativo, para que establezcan vínculos y construyan significados sociales. Esta metodología es coherente con el trabajo cooperativo y colaborativo de la ciencia, y con la visión de la misma como una construcción social y no individual.

Quizás estas características puedan parecer más aplicables a un aula de educación secundaria y no de formación docente. Sin embargo, no debemos olvidar que estamos formando docentes para esas aulas, y que, si en su formación trabajan de manera tradicional, reflejarán esas prácticas en sus futuras clases.

Por el contrario, es mucho más probable que estudiantes de formación docente que trabajaron en resolución de problemas como una investigación y dentro de un ámbito experimental, repliquen esas estrategias en el futuro, con sus necesarias adaptaciones y reformulaciones.

ACTIVIDADES

ACTIVIDAD N° 1:

Para poder iniciar esta reflexión sobre nuestras prácticas, les solicitamos leer la bibliografía señalada en negrita al final del capítulo.

Realice una lectura de la propuesta ***“La transformación biológica de la biomasa desde un enfoque CTS. Una propuesta didáctica para las ciencias naturales en la ESB”***, que está disponible en la web.

Elija una propuesta de Resolución de problemas que se haya trabajado en el ISFD donde se desempeña (puede ser suyo o de un colega).

ACTIVIDAD N° 2:

Proponga alguna otra definición de problema, tanto de la ciencia en general como de la didáctica específica.

¿Cree que los problemas de las propuestas trabajadas (las dadas por nosotros como las propuestas por Uds.) son acordes a estas definiciones? Justifique.

ACTIVIDAD N° 3:

Los invitamos a que den algunos ejemplos de problemas, en los que los conocimientos científicos entren en juego para su resolución. ¿Qué tipos de problemas se presentan en las propuestas trabajadas?

BIBLIOGRAFÍA

Lecturas obligatorias

CABRERA, G., N. ELÓRTEGUI y J. FERNÁNDEZ (2000), *Un diseño de investigación en resolución de problemas como trabajos prácticos. Actas del XIX encuentro de didáctica de las Ciencias Experimentales*. Madrid, pp 402-410. Disponible en:
<http://www.grupoblascabrera.org/web/didactica/pdf/Diseno%20investigacion.pdf>

JAEN, M. (2000), "¿Cómo podemos utilizar en geología el planteamiento y la resolución de problemas?", *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2000 (8.1) 69-74. Disponible en:
<http://www.raco.cat/index.php/ECT/article/download/88656/132730>

PERALES PALACIOS, F. J. (1998), "Enseñanza de las Ciencias y resolución de problemas", *Revista Educación y pedagogía*, Vol X, N° 21, Mayo- Agosto, 1998. Disponible en:
<http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/18967/1/ResProb.pdf>

SEFERIAN, A. (2007), "La transformación biológica de la biomasa desde un enfoque CTS. Una propuesta didáctica para las ciencias naturales en la ESB. (12 a 14 años)", *Revista Eureka* vol.4, número 2, 295-308. Disponible en:
http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero_4_2/Vol_4_Num_2.htm

Lecturas optativas

CORTÉS GRACIA, A. y M. GÁNDARA GÓMEZ (2008), *Construcción y resolución de problemas en el laboratorio como estrategia para la adquisición de competencias prácticas durante la formación de maestros*. Disponible en: ice.unizar.es/uzinnova/jornadas/pdf/51.pdf

JAEN, M. y R. GARCIA ESTAÑI (1997), "Una revisión sobre la utilización del trabajo práctico en la enseñanza de la geología. Una propuesta de cambio".

Enseñanza de las ciencias de la tierra, (5.2), 107-116. Disponible en www.raco.cat/index.php/ECT/article/download/88431/132356

JIMÉNEZ ALEXAINDRE, M. P. (1998), "Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias". *Enseñanza de las ciencias*, 1998, 16 (2) 203-316. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21529/21363>

REIGOSA CASTRO, C. y M. P. JIMÉNEZ ALEXAINDRE (2000), "La cultura científica en la resolución de problemas de laboratorio". *Enseñanza de las ciencias*, 2000, 18 (2), 275-284. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21670/21504>

TAMIR, P., GARCIA ROVIRA, M.P., (1992), "Características de los ejercicios de práctica de laboratorio presentes en los libros de texto de ciencias", *Enseñanza de las ciencias*, 10 (I), 3-12. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/39881>

CAPÍTULO 4

LAS TIC EN EL LABORATORIO DE FORMACIÓN DOCENTE DE BIOLOGÍA, FÍSICA Y QUÍMICA

Antonio Gutiérrez, Stella Martínez, Oscar Trinidad, Alejandro Pujalte, Edmundo Aguilera y Marcelo Bazán.

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- El desarrollo de las TIC y su incorporación en la enseñanza de las ciencias.
- La alfabetización digital en la enseñanza de las ciencias para la educación secundaria.
- El modelo TPACK. Integración efectiva de las TIC.
- Una clasificación de las aplicaciones informáticas en el aula.
- Los laboratorios virtuales en la enseñanza de la Biología.

El desarrollo de las TIC y su incorporación en la enseñanza de las ciencias

El desarrollo exponencial de las tecnologías digitales, que está transformando las concepciones sobre la naturaleza del conocimiento, su construcción, valor, legitimidad, transmisión y utilización, está significando un nuevo desafío para el propio sistema educativo. Una primera aclaración entonces: la tecnología digital no es una *solución* para los problemas de la escuela sino un nuevo reto que tendrá que ser afrontado más temprano que tarde.

Por esta razón se propone en este capítulo reflexionar acerca de los cambios que trae la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a las prácticas de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, asumiendo que las preocupaciones en torno a su inclusión en los institutos de formación docente son diversas y abarcan un conjunto de problemas pedagógicos, didácticos y de gestión institucional.

No se debe perder de vista que la capacidad de transformación y mejora de la educación con las TIC debe entenderse más bien como un potencial que puede o no hacerse realidad, y hacerse en mayor o menor medida, en función del contexto en el que estas tecnologías son efectivamente utilizadas. Son, pues, los contextos de uso, y en el marco de estos contextos la finalidad que se persigue con la incorporación de las TIC, los que determinan su capacidad para transformar la enseñanza y mejorar el aprendizaje (Coll, 2009).

Uno de los desafíos que plantea esta inclusión de las TIC a la enseñanza y el aprendizaje para los docentes, es inventar modos de mediación de las tecnologías en el aula, que logren alterar las relaciones que los estudiantes han

construido espontáneamente con ellas y potencien su utilización en beneficio del aprendizaje, el conocimiento, el análisis de la información y el acceso a nuevas formas de organizar el pensamiento.

Es importante, a la hora de asumir el reto, reflexionar sobre la relación de los docentes con la tecnología. Las percepciones y expectativas que se tienen respecto de las virtudes y potencialidades de las nuevas tecnologías influyen en el tipo de acercamiento y utilización que hagamos de ellas. Según investigaciones recientes, los docentes acuerdan en reconocer como aspectos positivos, que las TIC facilitan la tarea pedagógica, mejoran la calidad de la educación y amplían las oportunidades de acceso al conocimiento. Por otro lado, muchos perciben como aspectos negativos, la sensación de “deshumanización de la enseñanza” y la creencia de que las tecnologías pueden alentar el “facilismo” en los estudiantes.

En este sentido, entre los beneficios que pueden representar las TIC en las escuelas, podemos señalar:

- Aumentar el grado de autenticidad del aprendizaje y el interés del alumnado.
- Construir comunidades virtuales entre diferentes escuelas, equipos colaborativos y profesores.
- Ayudar a compartir perspectivas entre estudiantes con distintos niveles de aprendizajes promoviendo la ayuda entre pares en diferentes campos curriculares.
- Facilitar la indagación mediada por la tecnología y los modelos de resolución de problemas para incrementar las competencias de aprender a aprender.

La alfabetización digital en la enseñanza de las ciencias para la educación secundaria

La alfabetización digital, que se promueve con la inclusión de las TIC, supone adaptar nuestras competencias a un nuevo medio y nuestra experiencia de Internet estará determinada por nuestro dominio de estas competencias fundamentales. Estas competencias no son meramente operativas o técnicas.

“La alfabetización digital implica dominar ideas, no teclados”. Gilster (1997) señala cuatro competencias clave de la alfabetización digital:

- Integración de saberes;
- Evaluación de contenidos de la información;
- Búsqueda por internet; y
- Navegación hipertextual.

La alfabetización digital se considera como la capacidad de utilizar adecuadamente tecnología digital, las herramientas de comunicación y las redes para resolver problemas de información con el objetivo de poder actuar

en la sociedad de la información. Comprende la capacidad de utilizar la tecnología como una herramienta para investigar, organizar, evaluar y comunicar información, y la comprensión de aspectos éticos y legales que envuelven el acceso y el uso de la información.

Con esto queremos plantear que la integración digital debe ser racional, no debe resultar forzada. Pero por sobre todas las cosas, queremos plantear que la integración digital no podrá brindar soluciones a problemas para los cuales no han sido concebidas.

Se trata de recursos que amplían notablemente las posibilidades de enriquecer la clase y alcanzar, por qué no, saberes que difícilmente podrían obtenerse sin ellas. En ese sentido, su valor es equivalente al de cualquier otro medio. El recurso sólo adquiere relevancia cuando integra una secuencia didáctica alineada con objetivos de enseñanza claros.

La inclusión de herramientas TIC en nuestras clases debe manifestar un propósito específico y racional. No debe incluirse porque sí, del mismo modo que una actividad empírica con materiales concretos, por atractiva que resulte, no debería ser incluida en una secuencia de enseñanza si no es para cumplir con un propósito claro.

En este sentido y en consonancia con las clases anteriores que aquí se han presentado, promovemos las propuestas de actividades experimentales en el laboratorio como instrumentos generadores de autonomía y autorregulación, que promuevan la alfabetización científica, es decir, que favorezcan el desarrollo de explicaciones y argumentos como modos textuales de esencial importancia en la actividad científica, en el marco de la resolución de problemas genuinos. Por lo tanto, los usos de las tecnologías deberían ir en consonancia con estos aspectos que hemos señalado, constituyéndose en verdaderas ampliaciones de las capacidades cognitivas y no en sustitutos triviales de otras formas tradicionales de plantear las clases.

El modelo TPACK

El modelo TPACK (por su nombre en inglés *Technological Pedagogical Content Knowledge*) ofrece un marco teórico conceptual para la integración de las TIC a la educación. Se trata de una mirada que integra el conocimiento disciplinar, el conocimiento pedagógico y el conocimiento tecnológico, en una estructura que recibe el nombre de Conocimiento Tecnológico-Pedagógico-Disciplinar **TPACK**

– (ver Figura1)

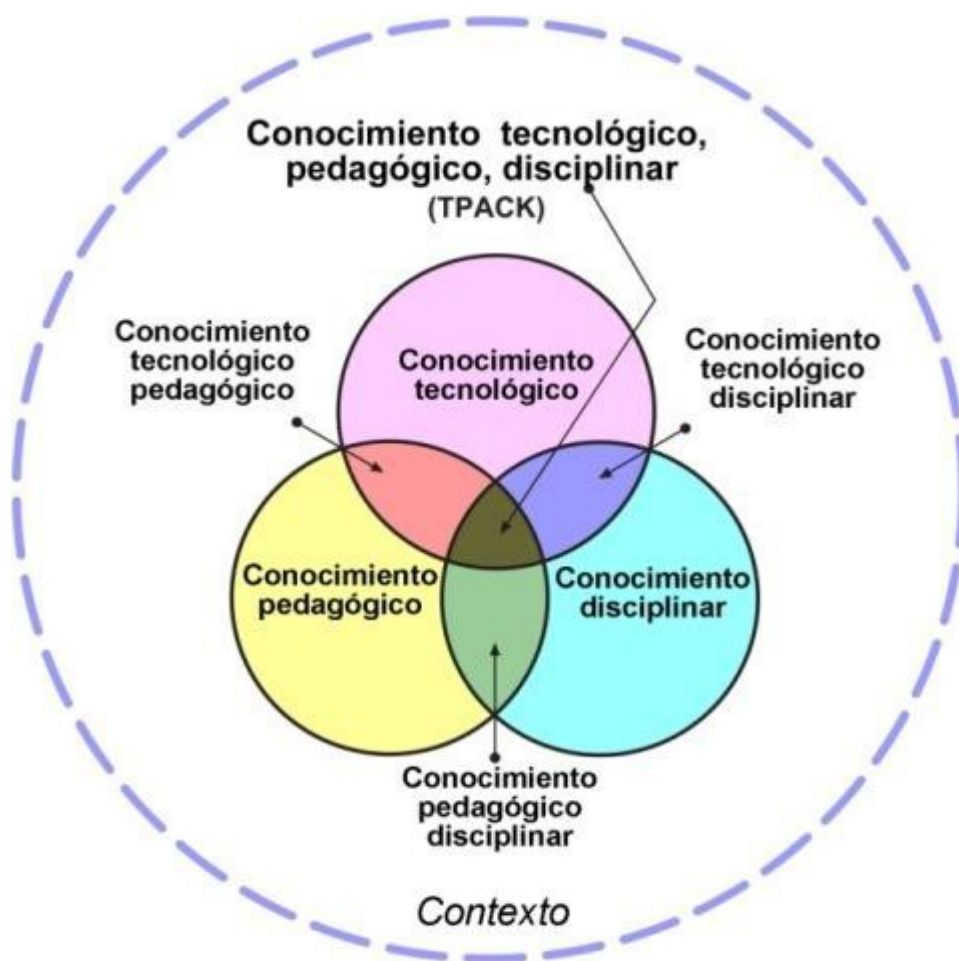


Figura 1. El Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido, TPACK. En el corazón de la estructura TPACK se encuentra la compleja relación de tres formas primarias del conocimiento: Contenido (CC), Pedagogía (ÍCP) y Tecnología (CT). (Tomado de <http://tpack.org/>)

Como vemos en la Figura 1, la imagen que mejor describe esta mirada de la integración de las TIC en la enseñanza es la de la intersección de tres conjuntos, cada uno de los cuales representa los tres tipos de conocimiento. El conocimiento disciplinar y el pedagógico dialogan en un espacio común, propio de la didáctica de cada disciplina. Por su parte, la dimensión tecnológica mantiene puntos de contacto con el conocimiento disciplinar por un lado, y por otro, con el marco de referencia pedagógico. La integración efectiva de las TIC a la enseñanza disciplinar involucra el fortalecimiento del espacio de intercambio entre el conocimiento disciplinar y el tecnológico, por supuesto, pero la integración no es completa si no suma, además, la dimensión pedagógica. Ése es el espacio TPACK.

Según Koehler y Mishra (2006), la tecnología debe integrarse a nuestra propuesta en función de nuestras necesidades curriculares y pedagógicas; nunca a la inversa.

Dicho esto, nos parece importante que en los institutos de formación docente se pueda instalar la necesidad de hacer una reflexión respecto a la integración

de las TIC en la enseñanza, entre los docentes y los estudiantes, con el fin de desnaturalizar la idea de que el uso de los recursos digitales es trabajoso y ocasiona pérdida de tiempo. Nos parece que hay que ponerlo en clave de demanda de tiempo y de esfuerzo para enriquecer la tarea de enseñar y de aprender, ya que se pueden trabajar contenidos de Biología, que de otro modo no podrían abordarse.

Otro aspecto a considerar es que a menudo los docentes nos vemos intimidados por el enorme dominio de las herramientas informáticas por parte de los estudiantes. La sensación es que en muchos casos los docentes sienten que incorporar las TIC implica abrir un frente de batalla que expondrá flancos que lo pondrán en verdaderos aprietos, una suerte de carrera con los estudiantes que, por supuesto, estaría perdida de antemano.

A continuación analizaremos cuáles son los aportes concretos que realizan las TIC integradas a la enseñanza de la Biología.

Una clasificación

Perales y Barceló (2011) proponen una clasificación de los usos que los docentes les pueden dar a las TIC, señalando que la utilización combinada, de manera adecuada y pertinente, de esas herramientas, determinará la calidad de las prácticas puestas en juego. La clasificación propuesta es:

- *Herramientas y recursos orientados a promover la comunicación:*

En esta categoría entran las listas de correo y listas de distribución, como los de Google Groups o Yahoo Groups. A través de estos grupos, se facilita la difusión de información masivamente. Se destaca el avance que también tuvieron en esta categoría las redes sociales. En Facebook, se está llegando a los casi 800 grupos que trabajan con temáticas de biología y similares. Lo mismo se puede ver en redes como Orkut o Ning; y por qué no la red AKANA, del INFD, que además es nuestra.

- *Herramientas y recursos orientados a promover la búsqueda de información*

Quizá sea ésta la utilidad más eficaz de Internet: buscar y almacenar información. Sin embargo, es fundamental evaluar y seleccionar correctamente los contenidos de los sitios web usados en educación.

Son numerosos los buscadores que permiten una búsqueda especializada de información.

- *Herramientas y recursos orientados a promover la búsqueda de información*

En estas herramientas, el usuario debe cumplir ciertos pasos, que le van permitiendo buscar información. Esos pasos pueden ser contestar cuestionarios, hacer una tarea determinada, etc.

Son ejemplos de esta categoría los *quizzes*, que, a través de juegos, acercan cuestionarios para saber cuánto se sabe de un tema. También están las *cazas*

de tesoro o *treasurehunt*, o *knowledgehunt*. En ellas, se encuentran preguntas, y se las acompaña con listas de páginas web a las cuales remitirse.

Más conocidas son las *webquest*, que proponen trabajar con la información a través de procesos de pensamiento, tanto creativo como crítico, de manera que se puedan solucionar problemas, realizar tareas de análisis y síntesis, etc. Son algunos ejemplos de esta categoría:

<http://www.webquest.es/wq/practica-de-laboratorio-microscopio>

<http://biologiaygeologia.org/portal/index.php/webquest>

http://iesgarciamorato.org/webquest/fisqui/WQ_bioelementos/Texto.html

<http://wikijofelices.wikispaces.com/Cazas+del+Tesoro>

- *Herramientas y recursos orientados a promover formas de expresión:*

Son herramientas que se encuentran en crecimiento constante. Un párrafo aparte, dentro de esta categoría la tienen los blogs, que son de fácil acceso y utilización; y también el desarrollo de herramientas como youtube, que permiten la difusión de videos o la generación de canales sobre ciencia y sobre su enseñanza. A continuación se citan algunos ejemplos:

<http://barraganjimenezpablo.blogspot.com.ar/>

<http://labbiologiacolonia1.blogspot.com.ar/>

- *Herramientas y recursos orientados a ordenar la información:*

Aunque no están muy difundidas, son herramientas muy importantes y de gran relevancia. Permiten ordenar y acceder a información muy diversa, organizados en catálogos con diferentes criterios de selección: Libros, artículos, videos, archivos de imágenes y de sonidos. Muchas de ellas son de acceso libre y gratuito. Se citan entre otras:

<http://www.raco.cat/>

<http://biodidac.bio.uottawa.ca/>

- *Herramientas y recursos para el diseño de materiales y para gestionar clases:*

Si bien pueden ser herramientas diferentes, casi siempre se trabajan en conjunto. Con ellas se pueden crear unidades didácticas, propuestas de aula, clases o cursos enteros. Un ejemplo muy concreto de esta herramienta es la utilizada en este ciclo por el INFD. Otra que se utiliza en muchos centros de estudio es la plataforma *moodle*, que permite gestionar, armar y acompañar clases desde un campus virtual. En algunos casos, se puede acceder de forma libre y gratuita, como en <http://www.milaulas.com/>.

- *Herramientas y recursos para modelización o simulación:*

El desarrollo de tecnologías, han dado a estas herramientas un crecimiento muy marcado. Permiten, por ejemplo, utilizar modelos, donde se pueden modificar variables, y así interactuar, favoreciendo el análisis y la reflexión de forma activa.

Los laboratorios virtuales simulan situaciones similares a las de un laboratorio tradicional. Es muy utilizado para suplir falencias tales como la falta de materiales, el escaso tiempo de trabajo, la seguridad, el costo, etc. Ejemplos:

www.tryscience.org

<http://biomodel.uah.es/lab/>

<http://phet.colorado.edu/es/>

- *Herramientas y recursos para el trabajo colaborativo:*

Son proyectos educativos *online*, que permiten a diferentes grupos de estudiantes y profesores interactuar, intercambiar datos y experiencias, realizar investigaciones, etc.

Uno de los proyectos de este tipo más difundido es el programa GLOBE (www.globe.gov) donde se trabaja en la recolección de datos ambientales, para su análisis e intercambio, para generar propuestas, etc.

No se pueden dejar de citar, sobre todo por su creciente uso, a las *wikis*, que permiten que varios usuarios trabajen en conjunto en un mismo documento, y puedan aportar, editar, modificar, según las pautas establecidas por el generador de la misma. Son de fácil uso y también las hay libres y gratuitas (<http://www.wikispaces.com/>). Hay numerosas *wikis* sobre temas de biología y laboratorio como ser:

<http://quimica-en-biologia-uam-is.wikispaces.com/Pr%C3%A1cticas+de+Laboratorio>

Los laboratorios virtuales

En este apartado, seguiremos los desarrollos propuestos por Morcillo Ortega y López García (2007). Según estos autores, estos laboratorios en pantallas aplicados a la enseñanza permiten:

- Simular un laboratorio de ciencias que permita solucionar el problema de equipamiento, materiales e infraestructura de los laboratorios presenciales.
- Recrear procesos y fenómenos imposibles de reproducir en un laboratorio presencial e intervenir en ellos.
- Desarrollar la autonomía en el aprendizaje de los estudiantes.
- Tener en cuenta las diferencias en el ritmo de aprendizaje de los estudiantes a un nivel más profundo de lo que es posible en el laboratorio presencial (posibilidad de repetir las prácticas o alterar su secuencia, por ejemplo).
- Desarrollar en los estudiantes habilidades y destrezas en el uso de las TIC.
- Desarrollar una nueva forma de aprendizaje que estimule en los estudiantes el deseo por aprender e investigar.

- Incluir sistemas de evaluación que permitan ajustar las ayudas pedagógicas a las necesidades de los estudiantes.
- Sustituir al profesor en las tareas más rutinarias, como la exposición de conceptos, permitiéndole dedicar más tiempo a los estudiantes individualmente.
- Compartimos el artículo con la recopilación de recursos disponibles en Internet que Morcillo Ortega y López García (op.cit.) proponen a los efectos de facilitarles el acceso a los mismos, en función de poder contar con ellos en la práctica:
http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N3.pdf (pp. 568- 563)

ACTIVIDADES

Actividad N° 1:

a) Proponemos la reflexión y discusión sobre el papel del docente y de los estudiantes en las prácticas de enseñanza que integran tecnologías, a partir del análisis del siguiente caso:

En el aula, los estudiantes están sentados de forma individual o en grupos de dos o tres frente a las netbooks. Los bancos están organizados en filas y columnas frente al pizarrón y al escritorio del docente.

En la clase anterior, después de terminar con la unidad 2, el profesor de pidió a los estudiantes de segundo año que individualmente o en pareja convirtieran los contenidos de la unidad trabajada en una presentación de *PowerPoint* o de *Impress*. En esta clase, los estudiantes deben ya mostrar sus avances; van revisando su tarea mientras el docente los va llamando a su escritorio para corregir lo que hicieron hasta ahora y sugerirles algunos cambios y mejoras.

El contenido de todas las presentaciones es casi el mismo: la segunda unidad de la materia. Varían algunas imágenes, algunos textos, el color de fondo de las pantallas, el tipo de letra y los efectos de transición. Todas las presentaciones comienzan con una carátula que incluye el nombre de la institución, el nombre del profesor, el tema de la presentación y el nombre de los estudiantes que crearon el trabajo. La siguiente diapositiva muestra el índice y luego las restantes cubren cada uno de los temas de la unidad 2. Algunos estudiantes incorporaron tablas, que copiaron de la carpeta a una hoja de cálculo.

Las fuentes de información recomendadas por el docente para realizar las presentaciones son: el libro de texto y las explicaciones del profesor que algunos tienen copiadas en sus carpetas. El profesor también les dio la posibilidad de recopilar información de internet, aunque aclaró, en general, que es importante ser críticos con la selección de las fuentes y no copiar nunca literalmente, a menos que se cite la referencia.

En un momento de la clase, entre la revisión de un grupo y otro, el profesor muestra los pasos para unificar el color de las letras y el formato de los párrafos; también indica cómo insertar una tabla.

Algunos estudiantes, que intentan seguir las instrucciones, prueban en algunas diapositivas cómo ejecutar esos cambios. Una alumna pregunta a una compañera cómo hizo para crear la tabla. La compañera le responde que no se acuerda bien, pero que en algún momento este profesor u otro lo había explicado.

Al final de la clase, el profesor recorre los bancos de los grupos cuyos trabajos no llegó a revisar. Una pareja, que hasta entonces había estado conversando y usando otras aplicaciones de la netbook, pidió ayuda a una compañera. Esta alumna, rápidamente, armó algunas diapositivas copiando y pegando diferentes textos e imágenes. Toca el timbre y el profesor anuncia que la próxima clase todos los grupos expondrán sus presentaciones en clase.

b) Redacte un texto con el análisis y las reflexiones que han realizado del caso presentado, a partir de los aportes teóricos de la clase, y dialogando con las experiencias en los institutos de formación docente en los que se desempeña.

Actividad N° 2:

Diseñen una práctica de laboratorio "auxiliada" por los laboratorios virtuales para la formación docente.

a) Elija alguna de las propuestas a la cual le añadan el uso (no trivial) de un laboratorio virtual o una simulación. Para ello pueden consultar la compilación de recursos que se presenta en LÓPEZ GARCÍA, M. y MORCILLO ORTEGA, J. G. (2007), "Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 6, N°3, 562-576 (2007).

Disponible

en:

http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N3.pdf. O de alguna otra fuente que consideren pertinente.

b) Justifiquen en base a los marcos teóricos referidos en esta clase, en qué medida creen que dicha incorporación mejora la práctica.

BIBLIOGRAFÍA

BATISTA, M. A., V. E. CELSO, G. G. USUBIAGA y MINZI (Coord.). (2007).

Tecnologías de la información y la comunicación en la escuela: trazos, claves y oportunidades para su integración pedagógica. 1ª. ed. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación.

COLL, C. (2009), "Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades", en CARNEIRO, R., J. C. TOSCANO y T. DÍAZ (coords.), *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*, Madrid, OEI.

ESCUADERO, C. (2009), "Una mirada alternativa acerca del residuo cognitivo cuando se introducen nuevas tecnologías. El caso de la resolución de problemas en ciencias", *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 10(1), 272-292. Disponible en: http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_10_01/n10_01_escudero.pdf

GILSTER, P. (1997), *Digital Literacy*. New York: Wiley Computer Publishing.

KOEHLER, M. y PUNYA MISHRA (2006), "Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge". *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. Disponible en: http://punya.educ.msu.edu/publications/journal_articles/mishra-koehlertcr2006.pdf

MAGADÁN, C. (2012), "Clase 3: Las TIC en acción: para (re)inventar prácticas y estrategias", *Enseñar y aprender con TIC*, Especialización docente de nivel superior en educación y TIC, Buenos Aires, Ministerio de Educación de la Nación.

MAGADÁN, C. (2012), "Clase 4: El desafío de integrar actividades, proyectos y tareas con TIC", *Enseñar y aprender con TIC*, Especialización docente de nivel superior en educación y TIC, Buenos Aires, Ministerio de Educación de la Nación.

MORCILLO ORTEGA, J. G. y M. LÓPEZ GARCÍA (2007). "Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales", *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6(3), 562. Disponible en: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N3.pdf

OJEDA BARCELO, F. y F. PERALES PALACIOS (2011), "Buenas prácticas en el uso de las TIC en la enseñanza de la Biología y la Geología"; en CAÑAL, P. (coord), *Biología y Geología, investigación, innovación y buenas prácticas*. Barcelona, Grao.

SALOMÓN, P. (2012), *Integración de la Tecnología educativa en el aula. Enseñando Biología con las TIC*. Buenos Aires, Cengage Learning Argentina.

SIERRA FERNÁNDEZ, J. L. (2000), "Informática y Enseñanza de las Ciencias". En: PERALES PALACIOS, F. J. y P. CAÑAL DE LEÓN (eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.

CAPÍTULO 5

LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA SOBRE EL LABORATORIO DE CIENCIAS

Antonio Gutiérrez

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- El trabajo de laboratorio y la investigación en la educación en ciencias.
- Tácito y explícito.
- Resolver problemas.
- ¿Cómo utilizamos los laboratorios en la formación docente? ¿Qué es lo que hacen nuestros estudiantes en ellos?
- Utilización de Tecnologías de la Información y la Comunicación en los trabajos de laboratorio.
- El desarrollo de habilidades metacognitivas en el laboratorio de ciencias.
- Argumentación y epistemología.
- Observaciones finales.

El trabajo de laboratorio y la investigación en la educación en ciencias

El espacio para trabajar -es decir, estudiar-, que tenemos en los institutos, se ha venido transformando a medida que nuevos desarrollos se han consolidado a partir de la investigación en educación en ciencias.

Así por ejemplo, han cambiado los objetivos de la educación científica, los puntos de vista sobre la ciencia y el conocimiento. Los desarrollos más recientes relacionados con las propuestas de trabajo en el laboratorio se relacionan con el uso de tecnologías educativas (como vimos en el capítulo anterior).

Desde los años 60 hasta los años 80, hubo un énfasis en trabajar sobre los procesos (metodologías) más que en los productos de la ciencia (el conocimiento).

Desde mediados de los 80 hasta mediados de los 90, el trabajo práctico (como se lo llama en el Reino Unido) o trabajo de laboratorio (como se lo designa en los EE.UU.) fue impugnado bajo una perspectiva (el constructivismo) que cuestionaba los fundamentos extremadamente ingenuos que le daban soporte (Millar y Driver, 1987).

Hubo dos intentos diferentes para desarrollar plataformas teóricas alternativas para el trabajo práctico. El primero tuvo su inspiración en la obra de Michael Polanyi (1962) y su concepto de “conocimiento tácito”.

Tácito y explícito

En su obra *Conocimiento personal: hacia una filosofía postcrítica*, Polanyi (1962) propone que el proceso de conocimiento ocurre a través de dos clases de conciencia que se pueden entender con apoyo del siguiente ejemplo: supongamos a una persona que utiliza un martillo para introducir un clavo en una madera. Cuando golpeamos el clavo, atendemos al clavo y al martillo, pero de maneras distintas. Podemos observar el efecto de nuestro golpe en el clavo e intentar manipular el martillo de la manera más eficiente posible. Cuando movemos el martillo no sentimos realmente el mango golpeando nuestra mano, sino que la cabeza del martillo golpeando el clavo, aunque de alguna manera estamos alertas a la sensación de nuestra mano que sostiene la herramienta. Esta sensación nos guía a sostener el mango correctamente y poder realizar así nuestra tarea.

Polanyi (1962) diferencia estos dos tipos de atención diciendo que el martillo no es en realidad objeto de nuestra atención, sino instrumento de ésta. No es observado directamente, sino que observamos algo más (el clavo) al mismo tiempo que estamos conscientes de ello (el martillo). Se denomina conciencia subsidiaria (*subsidiaryawareness*) a la sensación en la palma de la mano y conciencia focal (*focal awareness*) a la conciencia de estar clavando el clavo. De esta manera tenemos una conciencia subsidiaria de la sensación entre el mango del martillo y la mano, la cual se relaciona con la conciencia focal de estar clavando.

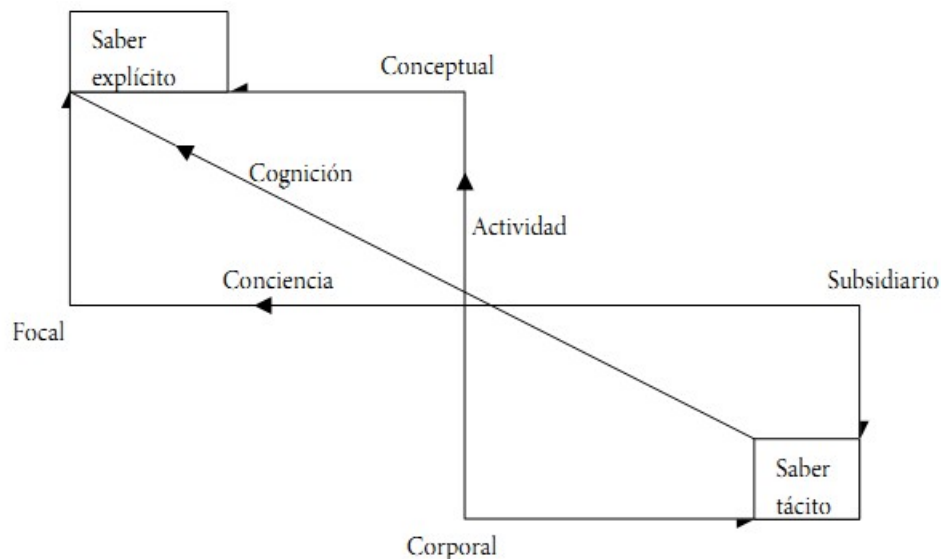
Es decir, podemos estar conscientes de ciertas cosas de una manera bastante distinta que focalizando nuestra atención en ellas. El conocimiento que tenemos de estas cosas no focalizadas corresponde a la idea de conocimiento tácito. Esta forma de conocimiento hace referencia a que mientras llevamos a cabo una tarea, podemos conocer un conjunto de particulares sin ser capaces

—en principio— de identificarlos, ya que somos conscientes de ellos sólo subsidiariamente.

Ahora bien, lo que es focal en un contexto puede volverse subsidiario en otro, y viceversa. Así por ejemplo, al enfocar su atención a la lectura de este texto, usted subsidiariamente está consciente de que están escritas en castellano (la mayoría), siguiendo ciertas reglas gramaticales. Pero en otro contexto, lo subsidiario puede ser el contenido de las líneas y lo focal lo correcto del uso de ciertas reglas gramaticales.

Una segunda dimensión, que estructura la experiencia de conocer según Polanyi, es la actividad. Mientras en la dimensión anterior (de la conciencia) los extremos se dan entre “lo focal” y “lo subsidiario”, en el caso de la actividad los extremos se dan entre “lo corporal” y “lo focal”.

Para Polanyi, todas las actividades humanas tienen lugar en un continuo entre estos extremos. Aun cuando realicemos actividades que parecen exclusivamente físicas o mentales (ejercicio extremo o pensamiento abstracto) siempre permanece en nosotros el extremo contrario. En el acto de conocer se involucra tanto la mente como el cuerpo.



Fuente: tomado de Gill, 2000: 39.

De esta manera, la estructura del proceso cognitivo es un vector, ya que involucra un movimiento continuo entre lo subsidiario y lo focal, y entre lo corporal y lo conceptual, como se ve en la figura anterior.

La intersección entre las dimensiones de la conciencia y la actividad, con sus respectivos extremos, da lugar a una tercera dimensión: la “cognición” (*cognitivity*). Cuando lo conceptual y lo focal se combinan, se produce lo que Polanyi caracteriza como “*conocimiento explícito*”, mientras que cuando se combinan lo subsidiario y lo corporal, se forma el “*conocimiento tácito*”. “Lo explícito” y “lo tácito” son los extremos de esta tercera dimensión de la experiencia humana (Gill, 2000).

Como se ilustra en la figura anterior este proceso de cognición se mueve en el gradiente tácito explícito.

Si bien la mayoría de los trabajos epistemológicos han reducido el análisis al componente explícito, para Polanyi estamos, apenas, viendo la punta del iceberg dentro del proceso de conocimiento.

Así, en su propuesta, todo conocimiento deriva del conocimiento tácito, el cual es lógicamente anterior al conocimiento explícito. Por ello “*sabemos más de lo que podemos decir*”, porque el conocimiento tácito se centra en la incorporación de factores de los cuales estamos subsidiariamente conscientes, y no en el análisis conceptual de los mismos.

Este conocimiento tácito se logra a través de lo que Polanyi llama “habitar” (*indwelling*), un proceso de sumergirse en los particulares de la conciencia subsidiaria por medio de una actividad incorporada hasta que estos particulares se reúnen e interiorizan en el individuo, como un todo significativo, en un “acto de integración”.

Las personas luchamos por dominar un todo que en principio percibimos como tareas distintas, pero con un entrenamiento práctico, todos los casos

particulares se reúnen en una habilidad unitaria y rutinaria. La actividad corporal es importante en este esquema, porque al realizarse se muestra que existe un conocimiento que no es percibido por la mirada superficial de un observador, pero que exhibe su existencia en la realización de dicha acción.

El estudio del conocimiento desde los sujetos concretos que conocen reivindica la validez que tiene el conocimiento tácito: sin éste la vida humana sería imposible.

Esta complejidad del proceso de conocimiento pone de manifiesto la importancia del componente práctico y corporal en cualquier proceso cognitivo. La interacción del *saber qué* y del *saber cómo*, aspectos (formas) inseparables del conocimiento, es la que permite la realización de tareas.

Esta interacción resulta fundamental para la comprensión de las competencias científicas, ya que no se puede entender a las competencias ni al conocimiento sin considerar que en ambos procesos confluyen lo tácito y lo explícito.

Este enfoque, que nos resulta valioso para entender los tipos de conocimiento que se pueden poner en juego a la hora de trabajar en un laboratorio, derivó hacia posturas más cuestionables que asumían como desafío considerar a los estudiantes “como pequeños investigadores científicos”. El profesor como investigador entrenado y los estudiantes como investigadores llamados noveles.

Resolver problemas

El otro enfoque teórico que se desarrolló en los años 90, se basó en considerar a la ciencia como un proceso de resolución de problemas, evitando el simplismo del “método” que se centraba en habilidades instrumentales, protocolos de recetas exclusivamente. Este enfoque fue tratado en detalle en una clase anterior, pero podemos completar algunas características.

Richard Gott y Sandra Duggan (1995) afirman que la capacidad para *hacer* investigación científica se basó fundamentalmente en un conocimiento de tipo procedimental (es decir, una comprensión necesaria para saber cómo hacer ciencia).

La enseñanza de habilidades y procedimientos propios de la investigación científica había perdido mucho espacio en la consideración de los profesores de ciencia, que orientaban su interés hacia el aprendizaje exclusivamente conceptual.

Una idea que se desarrolló en algunas propuestas fue el uso del esquema predecir-observar-explicar (POE). En este marco, las observaciones en el laboratorio se plantean para desafiar las ideas alternativas de los estudiantes y ayudar a desarrollar explicaciones en línea con las teorías científicas consideradas correctas.

A comienzos de los 90, en el contexto de la enseñanza de ciencias en el laboratorio, se comenzó a difundir la perspectiva de que todas las observaciones están cargadas de teoría (Gunstone, 1991). Esto significa que

hacer un trabajo práctico no es garantía para la adopción de una perspectiva teórica correcta. Es decir, ilustrar no certifica la comprensión de una teoría.

Los estudiantes deben *reflexionar* sobre las observaciones y las experiencias a la luz de su conocimiento conceptual. Kenneth Tobin (1990) escribió que:

"Las actividades de laboratorio son atractivas como una oportunidad para los estudiantes de aprender comprendiendo, y al mismo tiempo, participar en el proceso de construcción de conocimiento para hacer ciencia" (p. 405).

Durante los últimos 15 años, se han venido produciendo grandes cambios en la educación científica. Fueron causados en parte por el rápido desarrollo tecnológico, que exigió desarrollar conocimientos y competencias necesarias para la sociedad actual (Hofstein y Kind, 2012).

Vamos a resumir cuatro aspectos que nos parecen centrales para orientar nuestra reflexión y ampliar nuestra práctica:

1. ¿Cómo utilizamos los laboratorios en la formación docente? ¿Qué es lo que hacen nuestros estudiantes en ellos?

Existen investigaciones en didáctica de las ciencias que dan cuenta de que muchas veces los profesores involucramos a los estudiantes principalmente en actividades de nivel relativamente bajo, actividades rutinarias de laboratorio, y que las interacciones con nuestros estudiantes se reducen a cuestiones instrumentales y de respuestas cerradas.

Muchos profesores no perciben que ayudar a los estudiantes a entender cómo se desarrolla el conocimiento científico y se utiliza en la comunidad científica es un objetivo muy importante de las actividades de laboratorio.

Abrahams y Millar (2008), en el Reino Unido, investigaron la eficacia del trabajo práctico. Estudiaron y analizaron una muestra de 25 clases típicas de ciencia relacionadas con el trabajo práctico en las escuelas secundarias inglesas. Llegaron a la conclusión de que el enfoque de los profesores en estas clases fue predominantemente tratar de que los estudiantes manipulen objetos físicos y equipos o dispositivos.

Un estudio integral y de largo plazo sobre el uso (y objetivos) de los laboratorios en varios países de la Unión Europea se llevó a cabo por Marie Sere (2002) y su equipo. En esta investigación, basada en 23 estudios de caso, se encontró que el trabajo de laboratorio fue considerado en la currícula como un elemento esencial para enseñar ciencias experimentales. Sin embargo, también se constató que los objetivos planteados para los trabajos prácticos (incluyendo la comprensión conceptual, la comprensión de las teorías y habilidades propuestas) eran demasiado numerosos y exigentes para que los pudiera realizar un profesor de ciencias en su aula.

2. Utilización de Tecnologías de la Información y la Comunicación en los trabajos de laboratorio

Entre muchos, podemos mencionar dos estudios que muestran la eficacia potencial de las TIC en los trabajos de laboratorio. Ya en los años 90, Marry Nakleh y Joe Krajcik (1994) investigaron el uso de computadoras en los

trabajos de laboratorio. Verificaron que los estudiantes que utilizan herramientas informáticas en el laboratorio son más capaces de elaborar, por ejemplo, mapas conceptuales relevantes, describir procesos, construir y discutir sobre posibles causas de por qué sus gráficos tomaron una forma determinada, etc.

3. *El desarrollo de habilidades metacognitivas en el laboratorio de ciencias*

No existe una única definición utilizada para el concepto de *metacognición*. Sus diversos significados están representados en la literatura que se ocupa de las habilidades del pensamiento. Gregory Schraw (1998), por ejemplo, presenta un modelo en el que la metacognición incluye dos componentes principales: el *conocimiento* de la cognición y la *regulación* de la cognición.

Cuando se aplica al aprendizaje de las ciencias en general, la metacognición se relaciona con el aprendizaje significativo, o el aprendizaje por comprensión, que incluye ser capaz de aplicar lo aprendido en nuevos contextos (Kuhn, 2000). La metacognición se refiere también al desarrollo de la conciencia por parte de los estudiantes de sus conocimientos y competencias (NRC, 2005).

Si los docentes tienen interés en saber analizar y explicitar sus prácticas, están en condiciones de desarrollar una competencia profesional básica: la autoformación. Formarse no es, como se piensa a menudo desde perspectivas burocráticas, hacer una serie de cursos para llenar carpetas con certificados de asistencia y puntajes. Es aprender y cambiar. La lectura, el estudio, la experimentación, la innovación, el trabajo en equipo, la reflexión, la escritura y la discusión nos forman. Y nos hacen mejores docentes. De esto se trata el mecanismo fundamental que Donald Schön (1983) llama “práctica reflexiva”.

4. *Argumentación y epistemología. Un nuevo sentido para el trabajo práctico.*

Cuando Rosalind Driver y otros (2000) presentaron su introducción a la argumentación en la educación científica, se apresuraron a señalar la relevancia que tenía para los trabajos prácticos. Vieron a la argumentación como una corrección fundamental de la mala interpretación, del mal uso del método científico, que había dominado gran parte de la enseñanza de las ciencias en general y de los trabajos prácticos en particular.

Existen muchas maneras de abordar la comprensión epistemológica y las habilidades de argumentación en la formación docente. Una contribución proviene de los psicólogos que identifican la argumentación científica como un elemento clave del pensamiento científico (Kuhn y otros, 1988).

Dianne Kuhn asume la perspectiva de que ciertas habilidades de razonamiento relacionados con la argumentación son de dominio general, sirven para la vida. Las personas que son competentes en la argumentación científica son capaces de:

1. pensar *sobre* una teoría científica, en lugar de pensar solamente *con* una teoría;
2. codificar y pensar sobre las evidencias y distinguirlas de la teoría; y

3. dejar de lado sus opiniones personales acerca de lo que es "*correcto*" y revisar sus teorías a la luz de nuevas evidencias.

Varios estudios de investigación en educación en ciencias indican que el desarrollo de las habilidades argumentativas de los estudiantes es un proceso bastante complicado. Los estudiantes, por ejemplo, pueden tener algunas creencias acerca de cómo funciona la ciencia profesional y creencias muy diferentes sobre sus propias prácticas con la investigación científica en la escuela; es decir, los estudiantes tienen un conjunto de epistemologías formales y otro conjunto de epistemologías personales (Sandoval 2005). Este es otro aspecto muy valioso a revisar en el marco de trabajos de laboratorio.

Observaciones finales

El mayor desafío para el trabajo práctico -lo fue en esta historia que reseñamos y lo es en la actualidad- es cambiar la práctica de la "manipulación de equipos y dispositivos" hacia la práctica de movilizar y cambiar *ideas*.

Una experiencia de laboratorio típica es una práctica que moviliza, en principio, a las manos. Pero no es una práctica que moviliza mentes.

Algunos investigadores asumen que una dimensión que puede explicar estas dificultades se encuentra en la evaluación (tema de nuestro próximo módulo en el Ciclo de Ciencias). Según esta mirada, las prácticas de evaluación no están prestando suficiente atención al pensamiento de nuestros estudiantes ya que las tareas propuestas se limitan a "guiar" a través de actividades sin reflexión.

ACTIVIDADES

Actividad N° 1

Un primer trabajo consiste en relevar datos sobre la realidad de los laboratorios de Biología, Física o Química en la escuela secundaria.

Para ello, se deberá poner en contacto con la escuela secundaria de referencia que tenga el instituto de formación docente, y allí evaluar la posibilidad de registrar alguna clase de laboratorio y/o entrevistar a algún profesor sobre el tipo de prácticas que se realizan y relevar algunas propuestas de trabajos prácticos que se utilicen. Se deberá realizar un informe que contenga:

- Una *descripción* de los prácticos de laboratorio vistos y luego un *análisis* en el que se clasifiquen los trabajos según las tipologías que se presentaron en el ciclo.

- Un desarrollo sobre las potencialidades de los trabajos relevados para la construcción de una alfabetización científica del tipo II que venimos proponiendo.

Actividad N° 2

Una tarea consiste en la aplicación de una encuesta basada en el trabajo analizado de Marie Seré a sus estudiantes de profesorado.

Este valioso trabajo está disponible en:

www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21824/21658

Y en el anexo figura el cuestionario.

Deberán implementar la encuesta y luego realizar su correspondiente análisis. Es decir, deberán hacer un análisis descriptivo de los porcentajes de respuestas a cada pregunta y luego una interpretación consensuada por el equipo del instituto de los resultados como conclusión.

Actividad N° 3

Con toda la información elaborada del estudio sobre la situación del laboratorio de ciencias en la escuela secundaria (Actividad N° 1) y con toda la información producida sobre los estudiantes de profesorado y el laboratorio (Actividad N° 2), deberán elaborar un documento para la discusión en el Instituto que confronte estas dos realidades con el texto ya clásico de Derek Hodson (1994) publicado en castellano en la revista de *Enseñanza de las ciencias*. En ese artículo, Hodson planteaba para nuestro trabajo en los laboratorios una serie de desafíos. Vale la pena interrogarse más de veinte años después, sobre qué ha ocurrido en este campo tan controvertido de la enseñanza de las ciencias.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAM, I., y R. MILLAR (2008), "Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical works as teaching and learning method in school science". *International Journal of Science Education*, 30 (14), 1945– 1969.

DRIVER, R., P. NEWTON y J. OSBORNE (2000), "Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms". *Science Education*, 84, 287–312.

GILL, J. (2000), *The Tacit Mode: Michael Polanyi's Postmodern Philosophy*, Nueva York, State University of New York Press.

GOTT, R. y S. DUGGAN (1995), *Investigative work in science curriculum*. Milton Keynes, UK: Open University Press.

- GUNSTONE, R. F. (1991), "Reconstructing theory from practical experience". In WOOLNOUGH, B. E. (ed.), *Practical science* (pp. 67–77). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- HOFSTEIN, A. y P. M. KIND (2012), "Learning in and from science laboratories". In FRASER, Barry J., K. TOBIN y C. J. McROBBIE (eds.), *Second International Handbook of Science Education*. London: Springer.
- KUHN, D. (2000), "Metacognitive development", *Current Directions in Psychological Science*, 9, 178–181.
- KUHN, D., E. AMSTEL y M. O'LOUGHLIN (1988), *The development of scientific thinking skills*. New York: Academic Press.
- MILLAR, R. y R. DRIVER (1987), "Beyond process". *Studies in Science Education*, 14, 33–62.
- NAKHLEH, M. B. y J. S. KRAJCIK (1994), "The influence of levels of information as presented by different technology on students' understanding of acid, base, and pH concepts", *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1077–1096.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2005). *National science education standards*. Disponible en: <http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/html/index.html>
- POLANYI, M. (1962), *Personal Knowledge: Towards a post-critical Philosophy*. Chicago: The University of Chicago Press.
- SANDOVAL, W. A. (2005), "Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry". *Science Education*, 89, 634–656.
- SCHRAW, G. (1998), "Promoting general metacognitive awareness", *Instructional Science*, 26, 113–125.
- SERE, G. M. (2002), "Towards renewed research questions from outcomes of the European project lab-work in science education", *Science Education*, 86, 624–644.
- SCHÖN, D. A. (1983), *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- TOBIN, K. G. (1990), "Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning", *School Science and Mathematics*, 90, 403–418.

CAPÍTULO 6

REFLEXIONES EN CONTEXTO: LAS PRODUCCIONES DE LOS INSTITUTOS DE FORMACIÓN DOCENTE SOBRE EL LABORATORIO DE CIENCIAS

Ana María Egui; María Valeria Regazzi y Elizabeth Roldán

ISFD “María Inés Elizalde”, Guaaleguaychú, Entre Ríos.

A continuación presentamos un extracto del trabajo elaborado al final del módulo sobre el uso del laboratorio en la formación docente de ciencias. El trabajo contiene:

- Una *descripción* del papel de los prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias vistos; y luego, un *análisis* en el que se han clasificado según las tipologías abordadas en el capítulo 1.
- Un desarrollo sobre las potencialidades de los trabajos de laboratorio relevados para la construcción de una alfabetización científica que hemos propuesto en el capítulo 2.

Además, y sosteniendo esta idea de investigación en la formación docente, se aplica una encuesta basada en el trabajo de Marie Seré a los estudiantes del profesorado. Posteriormente se realiza el análisis descriptivo de los datos y una interpretación consensuada por el equipo del instituto de los resultados como conclusión. Este documento es finalmente confrontado con el legendario artículo de Derek Hodson (1994) publicado en castellano en la revista de *Enseñanza de las ciencias*.

Disponible en:

www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21370/93326

En ese artículo, Hodson planteaba para nuestro trabajo en los laboratorios una serie de desafíos. Vale la pena que nos interroguemos veinte años después, qué ha ocurrido en este campo tan controvertido de la enseñanza de las ciencias.

El trabajo final que se presenta a continuación es un ejemplo paradigmático de investigación sobre la propia práctica del uso del laboratorio en la formación docente de ciencias para secundaria, en la que se producen datos primarios en los ISFD de pertenencia, en las escuelas secundarias asociadas al trabajo de formación de profesores, así como el análisis de los mismos a la luz de los marcos teóricos abordados en el módulo. Así tiene el valor de representar, entre muchos otros, la integración de profesores formadores, por un lado disciplinares, y por otro generalistas, que pueden trabajar en equipo, para el análisis, y reflexiones críticas sobre las prácticas de enseñanza en la formación de profesores de secundaria.

A continuación, presentamos parte de nuestro trabajo.

Relevamiento sobre la realidad del uso de los laboratorios de Biología, Física o Química en la escuela secundaria en el contexto de nuestro instituto

Tal como lo establece la consigna, nos dirigimos a observar clases de laboratorio en una escuela en la que nuestros estudiantes realizan muchas de sus prácticas, lo cual no nos resultó fácil, dado que muchos docentes son resistentes a implementar prácticas de laboratorio debido a varios motivos. Se trata de una escuela céntrica, recientemente restaurada, a la que concurre una población heterogénea, que cuenta con un laboratorio de Química y otro de Biología.

Como parte del trabajo de nuestro equipo, observamos una clase de laboratorio del Ciclo Básico y otra del Orientado, en la que se plantean las siguientes situaciones:

- En el segundo año del CBC se está desarrollando el contenido “Sistema urinario”, partiendo de los intereses de los estudiantes por varios casos de cistitis que se presentaron durante los primeros fríos. En clases anteriores se abordó mediante guías la teoría del sistema urinario: su función, cómo está formado el sistema, cómo es la estructura de un riñón. En la oportunidad que observamos, se llevó a cabo una observación de un riñón de cerdo, mediante la cual los estudiantes debían registrar características, esquematizar y reconocer sus estructuras. Y, según lo que nos comentó la docente, después abordarán las enfermedades del sistema urinario, haciendo hincapié en su prevención.
- Por otra parte, en el caso del quinto año del C.O., se está comenzando a abordar el tema fotosíntesis. Se han desarrollado las finalidades y generalidades del proceso fotosintético. La clorofila y los pigmentos accesorios. En este caso, se realizó una observación de una cromatografía con el fin de identificar los pigmentos vegetales presentes en las hojas y su relación con la fotosíntesis. Y según lo expresado por la docente a cargo del curso, continuará tratando las etapas de este proceso, y su comparación con la respiración celular.

En función de lo expuesto y contrastando lo observado con la bibliografía analizada, consideramos que los dos tipos de actividades prácticas pueden encuadrarse dentro de la tipología presentada por Salinas (1994) como “Laboratorio como mera ilustración de la teoría”, ya que el estudiante cumple un papel bastante pasivo de receptor del conocimiento que le brinda el profesor, y la guía de trabajo de laboratorio se emplea para complementar la teoría que se está desarrollando. En ambos casos, no se fomenta el descubrimiento, la indagación, la búsqueda de nuevos saberes sino que sólo se refuerzan y amplían los contenidos teóricos con las observaciones.

Ante esto, una de las docentes observadas nos plantea que le gustaría implementar otro tipo de experiencias de laboratorio que invite a los estudiantes a hipotetizar o diseñar modelos de experiencias; pero se encuentra con varias dificultades, tales como: grupos numerosos de estudiantes, falta de

costumbre de realizar este tipo de prácticas, baja predisposición de los alumnos a innovar, escasos contenidos previos en los estudiantes, etc., lo cual le genera desgano, y termina empleando los trabajos tradicionales.

Así, en función de lo antes planteado, y en lo que respecta a las potencialidades de estos trabajos de laboratorio para la alfabetización científica y tecnológica que se viene proponiendo a lo largo de este ciclo de formación, consideramos que las experiencias observadas cumplen en parte con estos requerimientos ya que se necesitaría “una vuelta de tuerca” para que los estudiantes tuvieran un papel más activo en la elaboración, diagramación, puesta en marcha y concreción de las mismas; ya que los estudiantes sólo siguen los pasos establecidos por una guía sin posibilidades de modificar variables que les permitan “jugar” con los resultados obtenidos, debatir y arribar a conclusiones valederas.

En este sentido, no debemos considerar al laboratorio como un medio para la enseñanza de quehaceres procedimentales, sino como un espacio para el trabajo en equipo donde sea posible el diálogo entre dos aspectos centrales del conocimiento: la teoría y la práctica.

Análisis de las encuestas realizadas a estudiantes y a profesores

En el análisis de las encuestas realizadas a los estudiantes del profesorado en Biología, es posible plasmar los siguientes aspectos:

- En los estudiantes se evidencia un cierto temor o resistencia a responder las encuestas porque sienten que son evaluados, aunque sean anónimas. Cuesta motivarlos a la participación.
- Se observa que no se presta atención a la consigna, a lo que se pregunta; responden en base a suposiciones, por lo cual las respuestas no resultan apropiadas. Sin embargo, a pesar de ello, la mayoría justifica sus elecciones.
- Según lo planteado por el análisis de las encuestas realizadas a docentes: “casi la mitad de los profesores siempre o casi siempre realizan mediciones, utilizan instrumentos y grafican resultados”; en cambio, en las encuestas a los estudiantes no se denotan estas aplicaciones.
- Por otra parte: “alrededor del 30 por ciento de los profesores siempre o casi siempre lleva adelante procesos de elaboración de argumentos y contrastación de hipótesis”. Lo cual indica un porcentaje bajo, que se ve reflejado en la falta de costumbre de nuestros estudiantes a argumentar, contrastar hipótesis y relacionar variables.

Así, teniendo en cuenta los datos obtenidos por las encuestas a estudiantes y docentes como así también aportes bibliográficos, es posible hacer hincapié en algunas cuestiones que resultan significativas:

- Un obstáculo que queremos destacar es que estas limitaciones que muestran las prácticas de laboratorio pueden influir en el desarrollo de competencias fundamentales en los futuros profesores; como por ejemplo, la habilidad de utilizar pruebas científicas, que debería ser trabajada de un modo riguroso durante la formación.
- La investigación en enseñanza de las ciencias muestra que esta competencia, el poder trabajar con pruebas científicas, es en extremo problemática (Jeong y Songer, 2006).
- La competencia de utilizar pruebas científicas se define como los conceptos y habilidades de razonamiento necesarias para recoger (y/o evaluar) datos fiables, válidos y bien organizados e interpretarlos hasta un punto donde puedan ser utilizados para la evaluación de teorías y explicaciones (Jeong y Songer, 2006).

Por lo que es necesario fomentar una formación docente más explícita y continua sobre estos temas, lo cual se traduciría en más posibilidades de promover habilidades en esta práctica en los estudiantes avanzados, futuros docentes.

Confrontación de las dos realidades con el texto de Derek Hodson

A pesar de los años que tiene el texto de Hodson, es muy actual. Siguen en vigencia los planteos que él hace sobre las prácticas de laboratorio que siguen aplicándose como mera adquisición de técnicas o destrezas de laboratorio que tienen poco valor en sí mismas (Hodson, 1990), ya que los estudiantes no saben para qué lo hacen ni si son un medio o un fin en sí mismos.

En los prácticos que se realizan, no se visualiza una motivación por parte de los docentes que haga que los estudiantes se entusiasmen. Coincidimos con Lynch y Ndyetabura en que el interés y el entusiasmo por el trabajo práctico disminuye con la edad. Los estudiantes de todas las edades parecen valorar el desafío cognitivo, aunque resulta difícil hacer un «experimento adecuado» (que tenga un objetivo claro y «funcione») y tener una medida de control e independencia suficientes (Watts y Ebbutt, 1988; Bliss, 1990; Ebenezer y Zoller, 1993).

Se siguen viendo trabajos de laboratorio que apuntan a la adquisición de destrezas de laboratorio, pero deberíamos enseñar sólo aquellas destrezas que resulten útiles para la enseñanza posterior y si el práctico exige una habilidad que luego no van a necesitar, se pueden encontrar procedimientos alternativos, tales como el premontaje de aparatos, la demostración del profesor, el uso de laboratorios virtuales o de simuladores.

También se observa que la adquisición de métodos científicos no siempre se logra en el tipo de trabajos que se dan en el laboratorio, tampoco se logra que los estudiantes usen estrategias científicas ni tengan actitudes positivas respecto de la información, las ideas y los procedimientos esenciales para adquirir conocimientos científicos, sino que a veces, se manipulan datos para que lo obtenido en el práctico sea acorde con la respuesta dada por el libro.

En los trabajos prácticos de la secundaria de hoy se le exige a los estudiantes que sean “científicos” comprendiendo el problema y el procedimiento experimental, que adopten actitudes coherentes al laboratorio, que lean, asimilen, sigan instrucciones, que manejen aparatos, que recopilen, diferencien, interpreten y escriban un informe, además de pedirles que tengan buenas actitudes con sus compañeros. Tantas exigencias hacen que se le planteen barreras que dificultan el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Entonces, es necesario, en palabras de Hodson, reconceptualizar el trabajo práctico, considerar que la enseñanza-aprendizaje de la ciencia consta de tres aspectos principales:

- adquirir y desarrollar conocimientos teóricos y conceptuales;
- desarrollar un entendimiento de la naturaleza y los métodos de la ciencia, siendo conscientes de las interacciones complejas entre ciencia y sociedad;
- la práctica de la ciencia, desarrollando los conocimientos técnicos sobre la investigación científica y la resolución de problemas.

Para ello es posible buscar otras alternativas válidas, como las actividades interactivas basadas en el uso de la computadora, el análisis de casos, las entrevistas, los debates, la representación de roles, hacer modelos, carteles y álbumes de recortes, investigar en la biblioteca, hacer fotografías y videos, es decir, utilizar una serie amplia de métodos y estrategias.

Es necesario pensar al laboratorio como un lugar donde los estudiantes estén activos (en el sentido de «estar haciendo algo»), donde sean capaces de establecer la conexión entre lo que están haciendo y lo que están aprendiendo en una actividad dinámica e interactiva, en constante interacción de pensamiento y acción, practicando y experimentado en un dinamismo reflexivo que permita ser sometido a evaluación sabiendo que, algunas veces, esa evaluación lleva a nuevas ideas, a otros experimentos, a desterrar la idea original o a la reformulación del problema, y así seguir creciendo en contenidos y actitudes científicas.

A modo de conclusión, los estudiantes deberían ser motivados a realizar experiencias relacionadas con las unidades teóricas de las cátedras, para llegar a conocer con interés los conocimientos básicos de las ciencias, interpretar los adelantos desde la fundamentación de sus propias observaciones y mediciones, relacionando continuamente teoría y práctica.

Quisiéramos incentivar a los estudiantes para que recorran el emocionante mundo del descubrimiento científico y aplicar las bases que las sustentan en la vida y si fuera necesario en estudios superiores.

ANEXO 1

Modelo de encuesta a estudiantes, tomada del trabajo de Marie Seré.

ENCUESTA A ESTUDIANTES DE PROFESORADO DE BIOLOGÍA, FÍSICA Y QUÍMICA

El siguiente cuestionario está formado por preguntas relacionadas con el trabajo experimental en el laboratorio:

1. Cuando no se obtiene el mismo resultado de una medida, al realizar otra después, ¿qué conclusión se puede sacar?

- 1.1. Se ha dado a dos grupos de estudiantes un decilitro de aceite de oliva y se les pide medir su masa. Cada grupo hace cinco medidas. Los resultados obtenidos, clasificados en orden creciente, son:

Medidas en gramos:

Grupo A: 94,9 / 96,6 / 97,1 / 98,1 / 98,9 (media 97,12)

Grupo B: 91,9 / 96,5 / 97,5 / 97,5 / 102,2 (media 97,12)

¿Con cuál de las siguientes afirmaciones está más de acuerdo?
(Marque con una X)

- a) Las dos series de medidas son igualmente buenas porque dan el mismo resultado.
- b) Los resultados del grupo A son mejores porque la diferencia entre la medida más grande y la más pequeña es menor.
- c) Los resultados del grupo B son mejores porque las medidas cubren un abanico más amplio de valores.
- d) A partir de estos datos es imposible sacar ninguna conclusión referente a la calidad de las medidas.

Justifique su elección.

- 1.2. Se ha dado a otros dos grupos un decilitro de aceite de nuez y se les pide medir su masa. Cada grupo hace cinco medidas.

Los resultados obtenidos, clasificados en orden creciente son: Medidas en gramos:

Grupo A: 92,4 / 93,3 / 93,4 / 94,0 / 94,4 (media 93,5)

Grupo B: 91,9 / 93,3 / 94,9 / 95,0 / 96,9 (media 94,4)

¿Con cuál de las siguientes afirmaciones está *más* de acuerdo? (Marque con una X)

- a) Como se tienen dos series de medidas, podría obtenerse un valor tomando (alguno/algunos/todos) datos de las dos.
- b) Los resultados del grupo A son mejores porque la diferencia entre la medida más grande y la más pequeña es menor.
- c) Los resultados del grupo B son mejores porque las medidas cubren un abanico más amplio de valores.
- d) A partir de estos datos es imposible sacar ninguna conclusión referente a la calidad de las medidas.

Justifique su elección:

Si ha elegido a), indique qué valor pondría.

Si ha elegido d), indique qué informaciones suplementarias se necesitarían para poder determinar qué grupo es el mejor.

- 1.3. Un grupo de estudiantes debe estudiar las propiedades de dos aceites vegetales diferentes. Toman un decilitro de cada uno y hacen cinco medidas de la masa en cada caso. Los resultados obtenidos son:

Medidas en gramos:

Aceite X: 92,2 / 92,6 / 93,2 / 94,1 / 94,4 (media 93,3)

Aceite Y: 93,6 / 94,1 / 94,3 / 95,0 / 95,4 (media 94,5)

A partir de estos resultados, la conclusión es que «la densidad del aceite Y es mayor que la del aceite X».

¿Está de acuerdo con esta conclusión? (Marque con una X)

Estoy de acuerdo ☐ No estoy de acuerdo ☐ No estoy ☐

seguro Justifique su respuesta.

2. Cuando la observación no confirma lo que se espera:

Se trata de una sesión de prácticas efectuada en el laboratorio por una clase. Los estudiantes estudian muestras de hojas provenientes de plantas que han sido conservadas durante varios días en un armario oscuro y, por otra parte, hojas de plantas que han estado expuestas a la luz. El profesor sabe que debe haber almidón en estas últimas (las expuestas a la luz) y no en las primeras (las que quedaron en la oscuridad). Pero, por el momento, los estudiantes no conocen lo que pueden encontrar.

Algunos grupos de estudiantes de esta clase obtienen efectivamente el resultado esperado. Pero, para otros grupos, los test del almidón no son nunca positivos.

A otros grupos, por el contrario, les sale positivo el test del almidón para algunas hojas que han estado a la luz (pero no para todas), y también para algunas hojas que han estado en la oscuridad (pero no para todas).

Estos resultados podrían deberse a que:

(Señale con números las causas que crea más probables [1 para la más probable, 2 para la que le sigue en probabilidad, etc.]).

(Deje vacías las afirmaciones con causas que considere que no intervienen.)

- Algunos grupos se han equivocado en los test.
- En biología, los fenómenos no siempre responden a las teorías.
- Deberían haber hecho varias experiencias de comprobación.
- Interviene algún otro factor (el origen de las hojas, el tiempo que han estado guardadas en la oscuridad, etc.).
- El test que se empleó para el almidón no es muy seguro.
- Otra causa

(especificar). Justifique su respuesta.

SEGUNDA PARTE:

LA EVALUACIÓN EN LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE CIENCIAS

INTRODUCCIÓN

Si hay una temática que atraviesa todas las esferas del acto educativo, ésta es sin dudas la evaluación. Tanto en las perspectivas reduccionistas que restringen la evaluación al acto de calificar, como en aquellas que la consideran como inseparable de cada momento de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, se puede afirmar, como dice Neus Sanmartí, que la evaluación refleja el modelo didáctico que sustenta el profesorado. Y no sólo eso, de ella misma se puede inferir la imagen de ciencia que subyace en la propuesta educativa.

Esta segunda parte está dedicada a caracterizar las diferentes miradas acerca de la evaluación en relación con las prácticas al interior de los profesorados y con el estado del arte de la problemática en la escuela secundaria.

En el Capítulo 7, “La evaluación como ayuda para enseñar y aprender”, Antonio Gutiérrez pone el foco en la concepción misma de evaluación desde las tensiones entre las miradas tradicionales y las propuestas superadoras que entienden a la evaluación como una instancia esencial para la mejora de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

En el Capítulo 8, “Evaluación y metacognición”, Edmundo Aguilera y Alejandro Pujalte se refieren a las perspectivas que involucran a los procesos de autorregulación de los aprendizajes por parte de los estudiantes a partir de la implementación de propuestas evaluativas de carácter meta reflexivo, como las que constituyen la utilización de instrumentos como los KPSI.

En el Capítulo 9, “Instrumentos de evaluación y rúbricas”, se presenta un panorama de la diversidad de herramientas evaluativas en función de los objetivos a los cuales propenden cada una de ellas y en relación con los diferentes momentos del acto educativo, para luego profundizar en el uso de rúbricas como instancias que sirven de guía para ponderar los grados de avance en la consecución de los aprendizajes.

En el Capítulo 10, “Evaluación de actitudes en ciencias”, hay un acercamiento a la noción de “imagen de ciencia” entendida como la representación, idea o modelo mental que los sujetos tienen con relación a la ciencia y los científicos y cómo determinadas concepciones pueden constituirse en verdaderos obstáculos para la adquisición de actitudes positivas hacia la ciencia, con consecuencia directa en las posibilidades de logro de aprendizajes genuinos.

En el Capítulo 11, “El concepto de competencia”, la discusión transcurre por la necesidad de la incorporación de la mirada competencial – internacionalmente instalada en el ámbito educativo- para referirse a las competencias científicas que deberían promoverse en el aula de ciencias en términos de formulaciones operativas que remitan a los diferentes niveles de concreción en el

estudiantado del saber pensar, saber decir y saber hacer en relación con los modelos y teorías científicas.

Finalmente, en el Capítulo 12, “Reflexiones en contexto: Las producciones de los Institutos con relación a la evaluación”, se presenta el trabajo alrededor de las propias concepciones sobre la evaluación a las que adhiere el profesorado de los ISFD y las ideas que en el mismo sentido tienen las y los estudiantes de profesorado. Para ello, y a modo de ejemplo paradigmático, se muestra la producción de las profesoras de un ISFD como un recorrido de indagación del estado del arte al interior del instituto del que son parte en relación con la temática evaluativa, puesto en diálogo con lo que sucede a nivel de la enseñanza secundaria en el mismo sentido. Recorrido que al mismo tiempo se constituye en un potente ejercicio metarreflexivo por parte de las protagonistas.

CAPÍTULO 7

LA EVALUACIÓN COMO AYUDA PARA ENSEÑAR Y APRENDER

Antonio Gutiérrez

La evaluación, un sentimiento.

Uno de los primeros aprendizajes que realiza un estudiante, especialmente cuando llega a la escuela secundaria y puede comenzar a comparar materias y docentes, es que no todos los profesores se desempeñan de igual modo frente a la enseñanza, a las normas institucionales, ni todos comparten los criterios sobre la evaluación.

Ahora bien, si la escuela se propone como un contexto reflexivo y profesional, probablemente se pueda enriquecer el aprendizaje a partir de la discusión de estas diferencias. Pero si por el contrario se presentan en las clases situaciones de arbitrariedad en las que un profesor hace una cosa y otro hace otra, o el mismo profesor hace una cosa hoy y mañana otra, o cualquiera dice una cosa y hace otra, ya que no existe una cultura compartida, ni instrumentos comunes, ni coordinación, ni un verdadero proyecto institucional, ni una dirección eficaz, ni mecanismos de rendición de cuentas, entonces el efecto educativo es aciago.

Estas circunstancias resultan más o menos habituales en nuestro medio y se presentan con diferentes grados de arbitrariedad. Para el caso de la evaluación, esta dinámica determina que se convierta en una “presencia” siempre latente, en un fin en sí mismo de la escuela.

En el imaginario del estudiante se va configurando como una instancia cuasi jurídica que define su propia existencia escolar. De este modo, muchos estudiantes van “retrasando” la posibilidad de aprender (“después estudio”) ya que asumen que el aprendizaje es posterior a la enseñanza entendida como transmisión de información. En este escenario, la evaluación, la “evidencia” de aprendizaje, permite explicitar si la recepción de la información ha sido satisfactoria o no.

Veamos qué características presenta esta manifestación de omnipresencia pedagógica y qué alternativas aparecen en la actualidad para ampliar y mejorar el proceso educativo (Gutiérrez, 2010).

La evaluación como tradición

La evaluación en la escuela constituye un campo específico de prácticas educativas. Posee un lenguaje propio, tiene métodos y técnicas características, utiliza códigos de entendimiento implícitos y crea símbolos de valor académico de alcance social muy amplio. Con frecuencia se olvida que se trata de convenciones más o menos legitimadas por la tradición y se asume como una realidad objetiva. Así por ejemplo, las calificaciones, en general, se aceptan como un reflejo fiel del nivel de conocimiento de un estudiante, que definiría a

su vez un nivel de inteligencia y diferenciaría con rigor (matemático) diversos grados de excelencia.

Como ha sido señalado en los capítulos anteriores, la enseñanza tradicional se caracteriza a grandes rasgos por ser transmisiva, lineal, centrada en un profesor que explica y un estudiante que escucha y toma apuntes. El aprendizaje se entiende en este marco como una copia y acumulación de información. El peso de la tradición, como señala Eisner (1998), es muy fuerte y la cultura de la evaluación es tan persistente y sus manifestaciones culturales tan poderosas en la formación de las prioridades diarias en las aulas, que muchas veces resulta dificultoso implementar innovaciones valiosas.

Los exámenes tradicionales buscan comprobar si los estudiantes pueden repetir la información dada por el profesor. No buscan valorar la calidad del pensamiento del estudiante ni el nivel de comprensión. El proceso se traduce así finalmente en una nota que objetiva la calidad de la respuesta y le otorga un significado académico. Asimismo, cuando un examen valida un saber lo supone adquirido para siempre. El modo en que el estudiante elabora sus respuestas resulta generalmente secundario.

Esta descripción que probablemente resulte sombría no significa de ningún modo, que los exámenes tradicionales deban ser descartados como herramienta de conocimiento de los aprendizajes realizados, sino que, a nuestro juicio, deben ser integrados junto a otro grupo de evaluaciones.

La finalidad declarada de esta evaluación, denominada sumativa, es la de determinar si los estudiantes han alcanzado o no el nivel de rendimiento fijado por los objetivos educativos. Al final de un tema, de un conjunto de temas, de un curso o de un ciclo, puede ser útil determinar si los estudiantes han realizado los aprendizajes previstos antes de continuar con un nuevo contenido, un nuevo bloque temático, un nuevo curso o un nuevo ciclo. Uno de los problemas que reconocemos en esta práctica evaluativa es que se presenta como la única alternativa posible en el proceso educativo.

Resulta evidente que la evaluación sumativa sólo tiene sentido al finalizar un proceso de enseñanza y aprendizaje, pues su intención es determinar lo que el estudiante ha aprendido realmente, en relación con lo que se pretendía que aprendiera. El hecho de multiplicar las evaluaciones tomando procesos de corta duración temporal (lecciones, temas, unidades didácticas, etc.) confiere al proceso evaluativo un carácter micro-sumatorio, pero no modifica en absoluto su naturaleza. En este sentido, no es superfluo señalar que las propuestas de evaluación continua equivalen, a menudo, a propuestas de evaluación micro- sumativa.

La utilidad de este tipo de evaluación sumativa, tiene una doble vertiente: desde el punto de vista pedagógico es imprescindible, cuando se trata de aprendizajes cuyo dominio es una condición previa para poder realizar aprendizajes posteriores; y desde el punto de vista social, especialmente cuando se aplica a niveles o a ciclos completos, sirve para acreditar que los estudiantes han alcanzado el nivel de aprendizaje —en extensión y en profundidad— estipulado por los criterios de exigencia. El proceso evaluativo

está aquí al servicio de una decisión relativa a la acreditación o no acreditación del estudiante ante la sociedad.

La evaluación sumativa, particularmente en su vertiente de acreditación, ha sido y es objeto de numerosas críticas. En su defensa, podemos señalar, por una parte, que la acreditación es una exigencia presente en todas las sociedades, independientemente de las características de sus sistemas educativos y de sus opciones políticas e ideológicas. Y por otra, cabe preguntarse, si el problema de fondo reside en la propia acreditación o en la naturaleza de los criterios de exigencia y en los modelos de evaluaciones que se elaboran para acreditar o no a los estudiantes.

El problema de la evaluación, en definitiva, nos remite a la concepción que se tenga de la manera en que aprende el estudiante y a la concepción de la enseñanza que se sostenga desde la docencia.

La evaluación para ajustar la enseñanza

Como vimos, una de las características distintivas de la evaluación sumativa es que aparece como una serie de acciones puntuales aisladas entre sí, que se sitúan al margen del proceso de enseñanza y aprendizaje. Es decir, la evaluación se ubica antes o después del mismo. La modalidad que vamos a comentar a continuación se caracteriza por integrarse en la dinámica del proceso, por formar parte de él y por responder a la finalidad de ajuste progresivo de la enseñanza y a la evolución del aprendizaje de los estudiantes.

En las escuelas, en escasas ocasiones se puede verificar en la práctica docente referencias a la evaluación como un proceso que permite obtener información y realizar cambios para la mejora de los aprendizajes. Es decir, presentar la evaluación como un medio.

La denominación de evaluación formativa destaca la voluntad de poner el proceso evaluativo al servicio de la formación, es decir, de utilizarlo como base para tomar decisiones pedagógicas encaminadas a guiar el aprendizaje de los estudiantes, hasta lograr los objetivos previamente establecidos.

Queda claro entonces que la evaluación sólo puede ser formativa en la medida en que tenga lugar durante el desarrollo del proceso educativo y, sobre todo, en la medida en que proporcione indicaciones útiles para, eventualmente, reconducirlo. La búsqueda de información se dirigirá, en este caso, a encontrar indicadores relevantes de los progresos y dificultades que experimentan los estudiantes en el transcurso del aprendizaje. Así, el juicio evaluativo no se refiere tanto a la distancia que separa al estudiante del logro de los objetivos fijados, como a las razones supuestamente responsables de los progresos efectuados y de las dificultades encontradas.

Esta perspectiva de la evaluación asume que el aprendizaje se produce cuando el estudiante, en un contexto dado, puede transformar la información con la que trabaja en el aula, razonarla, utilizarla, incluirla en otros saberes que posee. Es decir, el aprendizaje exige participación activa de los estudiantes.

Este cambio paradigmático en la evaluación está acompañado de un cambio en las prioridades de la enseñanza. En los sistemas educativos de muchos países del mundo (especialmente los pertenecientes a la OCDE) la nueva currícula está basada en el desarrollo de competencias, en nuestro caso científicas, que consiste básicamente en proponer en las aulas oportunidades para aplicar y evaluar conocimientos fomentando el trabajo autónomo de los estudiantes.

La evaluación que se deriva de estos principios supone el estímulo por el planteo de ideas nuevas, la generación de ocasiones para ejercitar el pensamiento divergente, el análisis y la elaboración de hipótesis, el contraste de fuentes de información, la posibilidad de establecer relaciones entre variables y elaborar conclusiones provisionales.

Una primera hipótesis fuerte: no hay cambio en la educación si no cambia la evaluación, tanto en la teoría como en la práctica.

En este escenario que venimos comentando la evaluación se convierte en una caja de herramientas para profesores y estudiantes. Se abren numerosas posibilidades a explorar en el trabajo del aula. Diálogos, debates, entrevistas, exposiciones y cuestionarios entre estudiantes y con personas externas invitadas, permiten la oportunidad de aplicar conocimientos a nuevas situaciones.

Una clave está en el uso que se hace de los resultados (siempre parciales) del proceso y no sólo en el cambio de los recursos e instrumentos de evaluación. Como señala Heritage (2007), el trabajo del profesor consiste en asegurar que el estudiante recibe el apoyo adecuado de tal modo que el nuevo aprendizaje sea internalizado de manera progresiva hasta llegar a ser parte de su rendimiento independiente. Desde esta perspectiva, saber es mucho más que recordar.

La tarea de los profesores resulta fundamental para estas transformaciones. Es preciso reconocer su autonomía profesional, contando con recursos y oportunidades institucionales para poner en discusión en grupo de pares y luego implementar en las aulas estas nuevas experiencias de aprendizaje. La mejora del currículum y de la calidad de la enseñanza exige el compromiso de toda la comunidad educativa en general y de los profesores en particular. Para quien aprende, la evaluación es la oportunidad imprescindible de aprendizaje. Para quien enseña, representa el momento en que pone en práctica su conocimiento y su competencia profesional.

No somos ingenuos. Resulta claro que los factores que más influyen en el resultado del rendimiento están relacionados con factores que escapan al control de los profesores, como el índice socioeconómico y cultural del alumnado o de la escuela, el índice de repetición, o las expectativas del alumnado de seguir estudios, entre otros.

Sin embargo, y teniendo todo ello bien presente, los profesores seguimos siendo un factor clave de la educación que otorga valor a todo el proceso.

Como señala Mariano Fernández Enguita (2006:60):

“En la polémica sobre el peso relativo de los factores individuales (el estudiante, su capacidad, su actitud, su trabajo...) y los sociales (la clase, el género, la cultura, el entorno, la familia...) siempre ha brillado por su ausencia la atención a los factores institucionales (la organización misma de la escuela, del grupo y del aula) y profesionales (los educadores, sus capacidades, sus actitudes y su trabajo)”.

En el mismo sentido, algunas investigaciones que deberíamos tener muy presentes, como el informe de la consultora estadounidense Mc Kinsey and Company (2007), resalta la importancia de los profesores al afirmar que: "La calidad de un sistema educativo no puede ser mejor que la de sus profesores".

Diversificar las evaluaciones

Las actividades de evaluación deben estar basadas en contextos auténticos referidos a la vida diaria. El estudiante debe poder encontrar situaciones similares en el mundo real. Se deben priorizar actividades que vayan más allá del entorno escolar buscando situaciones problemáticas que nos puedan afectar como individuos, como miembros de la comunidad o bien como ciudadanos del mundo. Estas propuestas pueden tener un cierto grado de interdisciplinariedad y por lo tanto de superación de las barreras curriculares tradicionales.

Algunas propuestas para el análisis del grado de autenticidad de las tareas de evaluación (Díaz Barriga, 2006) proponen centrarse en tres aspectos fundamentales:

1. El nivel de realismo o de condiciones de aplicación y la exigencia cognitiva que la tarea tiene tanto en la evaluación como en la vida cotidiana.
2. El nivel de relevancia o grado de utilidad que tiene la tarea para que el estudiante pueda enfrentarse a situaciones o problemas en su vida.
3. El grado de proximidad de la tarea con el tipo de actividades que habitualmente el docente plantea a los estudiantes.

Dado que cualquier aprendizaje contempla diversos tipos de objetivos, es preciso que los instrumentos de recogida de información sean múltiples y variados. Para ayudarnos a la hora de tomar decisiones respecto de propuestas concretas de evaluación, puede resultar de utilidad contar con un sistema de clasificación de evaluaciones que nos permita valorar la pertinencia con relación a los objetivos que tenemos y a las competencias que están desarrollando los estudiantes.

Los instrumentos de evaluación (cuestionarios de tipo, mapas conceptuales, diarios de clase, exposiciones verbales, investigaciones, observaciones, portafolios o carpetas de trabajos) se deben escoger en función de los objetivos de la evaluación y el tipo de contenido que se va a evaluar. Por otro lado, como los objetivos de aprendizaje son de diferentes tipos (analizar, aplicar, relacionar, deducir, sintetizar o argumentar), los instrumentos seleccionados deberán permitir a los estudiantes realizar estas 65 operaciones.

En definitiva, las decisiones tomadas con relación a qué y cómo evaluar los aprendizajes encierran varios interrogantes. Algunos de ellos (Sanmartí, 2007):

- ¿Se evalúan los puntos de partida del alumnado y se tienen en cuenta al planificar el desarrollo de las unidades didácticas?
- ¿Cómo se intenta comprender por qué los estudiantes se equivocan al realizar las tareas?
- ¿Se evalúa y regula la percepción por parte de los estudiantes de los objetivos de aprendizaje y los criterios de evaluación?
- ¿Se evalúa y regula cómo los estudiantes anticipan y planifican las operaciones para realizar las tareas antes que los resultados de su aplicación?
- ¿Se promueve que el estudiante tome conciencia de sus errores y los regule?
- ¿Se evalúan competencias científicas?
- ¿Los métodos e instrumentos de evaluación utilizados sirven para reconocer si se han alcanzado los objetivos propuestos de forma significativa?
- ¿Los criterios de calificación y de promoción están consensuados y responden a las características de la institución y de los estudiantes?

Debemos recordar que los instrumentos se definen por su nivel de adecuación o no a las finalidades de su aplicación. Lo más importante es que la actividad de evaluación sea coherente con sus objetivos didácticos, y posibilite recoger la información necesaria para promover que los estudiantes desarrollen las capacidades y los conocimientos previstos. Generalmente, cuanto más se estimule que los estudiantes hablen de sus ideas o muestren cómo hacer algo, mucho mejor.

A veces, un buen instrumento de evaluación puede ser neutralizado ya que los estudiantes “rutinizan” su uso. Por eso, el profesor debe diversificar las herramientas. Aprender el uso de un nuevo instrumento despierta nuevas capacidades y nuevos razonamientos. Por ello, el desarrollo de competencias reflexivas en los futuros docentes es una invitación a considerar los saberes como recursos a movilizar, a trabajar con problemas, a diversificar los medios de enseñanza y evaluación, a contar con planificaciones flexibles y a experimentar alternativas didácticas. En definitiva podemos considerar que nos encaminamos hacia una nueva profesión, en que el desafío es hacer aprender más y mejor a nuestros estudiantes de profesorado con la valiosa ayuda de la evaluación.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

En función de lo expuesto en este capítulo y a partir de la lectura de los diseños curriculares vigentes en su institución y su propia experiencia, le

pedimos que reflexione sobre estos dos aspectos que señalamos a continuación

1. ¿Cumple el aprendizaje científico en la formación docente en ciencias las condiciones necesarias para la comprensión? Justifique.
2. La cultura de la educación científica: ¿cómo se enseña y se evalúa el conocimiento científico en la formación docente?

BIBLIOGRAFÍA

DÍAZ BARRIGA, F. (2006), "La evaluación auténtica centrada en el desempeño: una alternativa para evaluar el aprendizaje y la enseñanza"; en DÍAZ BARRIGA, F., *Enseñanza situada. Vínculo entre la escuela y la vida*, pp. 125-161. México, McGraw-Hill.

EISNER, E. W. (1998), *El ojo ilustrado. Indagación cualitativa y mejora de la práctica educativa*. Barcelona, Paidós.

HERITAGE, M. (2007), "Formative Assessment: What Do Teachers Need to Know and Do? En: *Phi Delta Kappan*, vol. 89 n° 2. Disponible en:

<http://pdk.sagepub.com/content/89/2/140.extract>

FERNÁNDEZ ENGUITA, M. (2006), "Los profesores cuentan", *Revista de Educación*, N° 340, pp. 19-86.

BARBER, M. y M. MOURSHED (2007), *How the world's best-performing school systems come out on top*. Londres: McKinsey & Co. Disponible en:

http://www.mckinsey.com/App_Media/Reports/SSO/Worlds_School_Systems_Final.pdf

SANMARTÍ, N. (2007), *Evaluar para aprender*. Barcelona, Graó.

GUTIÉRREZ, A. (2010), La evaluación como ayuda para la enseñanza. *Forum*, Año 5 N° 6, pp. 17-34.

CAPÍTULO 8

EVALUACIÓN Y METACOGNICIÓN

Edmundo Aguilera y Alejandro Pujalte

Introducción

En el capítulo anterior se ha situado la problemática de la evaluación en torno a los efectos no deseados que produce en los estudiantes y la falta de construcción de consensos y acuerdos institucionales sobre la evaluación de los aprendizajes. En este marco, destacamos que el problema de la evaluación necesariamente remite a la concepción acerca de la manera en la que aprende el estudiante, y a la concepción de la enseñanza que se sostenga desde los profesores: Aquí vale la expresión: *“dime cómo evalúas, y te diré cómo enseñas, y cómo piensas que aprende el alumno”*.

Como se ha hecho explícito, buscamos trascender la concepción de evaluación como una actuación más o menos puntual en algunos pocos momentos de los procesos de enseñanza y aprendizaje en favor de materializarse en un proceso constante. En tanto su finalidad es formativa, dicho proceso requiere una planificación adecuada. Debe proporcionar información que posibilite no sólo identificar dificultades y errores sino también y muy especialmente comprender sus causas. Sin esta comprensión será muy difícil generar propuestas que ayuden a los estudiantes a superar dichas dificultades (Sanmartí, 2007).

Cuando hablamos de evaluación formativa sostenemos la idea básica de que enseñar y aprender constituyen un proceso de regulación continua, en el sentido de adecuación de procedimientos utilizados por los profesores a las necesidades y dificultades que los alumnos encuentran en su proceso de aprendizaje. Esto también implica una autorregulación de este proceso por el propio alumno con el objetivo de que progresivamente construya un sistema personal para aprender y lo mejore. Por último, esta regulación es continua porque no es un momento específico de la acción pedagógica, sino que debe ser uno de sus componentes permanentes.

En este sentido la evaluación formativa introduce un cambio paradigmático en materia de prácticas de evaluación. Como sostiene Mottier (2010), desde esta perspectiva la evaluación ya no está solamente vinculada con la certificación y la selección, sino que está vista como en condiciones de sostener los aprendizajes de los alumnos por encima de su certificación. Desde esta mirada de la evaluación, es posible pensar la transformación de las prácticas pedagógicas, con un compromiso más cercano al fortalecimiento de las trayectorias escolares y de los procesos de inclusión, reingreso, permanencia y egreso de los estudiantes en la escuela secundaria.

Pensar sobre el hacer

La evaluación formadora es una propuesta pedagógica en la que se aspira a que, progresivamente, la regulación de los aprendizajes sea responsabilidad de los estudiantes. Ésta se sustenta, por un lado en la autorregulación, y por otro en la regulación a partir de las interacciones entre los estudiantes, promovidos por el profesor.

Ahora bien, avanzar hacia la autorregulación de los aprendizajes por parte de los estudiantes demanda incorporar a las actividades y recursos de enseñanza, un enfoque metacognitivo.

La metacognición alude a la capacidad de controlar y ser consciente de las propias actividades de aprendizaje, entre otras cosas implica tomar conciencia sobre lo que se sabe y lo que no se sabe, planificar la propia actividad y utilizar de manera efectiva el tiempo para el aprendizaje. Campanario (2000) considera que el desarrollo de este carácter metacognitivo se manifiesta en las actividades y recursos que se utilizan en las clases, particularmente en los siguientes aspectos: el conocimiento o control del propio conocimiento y procesos cognitivos, la autorregulación cognitiva, incluyendo el control del estado actual de la propia comprensión, y finalmente ideas adecuadas sobre la estructura, producción y organización del conocimiento.

En esta metacognición, que algunos llaman reguladora, se concibe al aprendizaje como un proceso de autosuperación de obstáculos de todo tipo que lo dificultan, y de autocorrección mientras se aprende.

La autorregulación de los aprendizajes

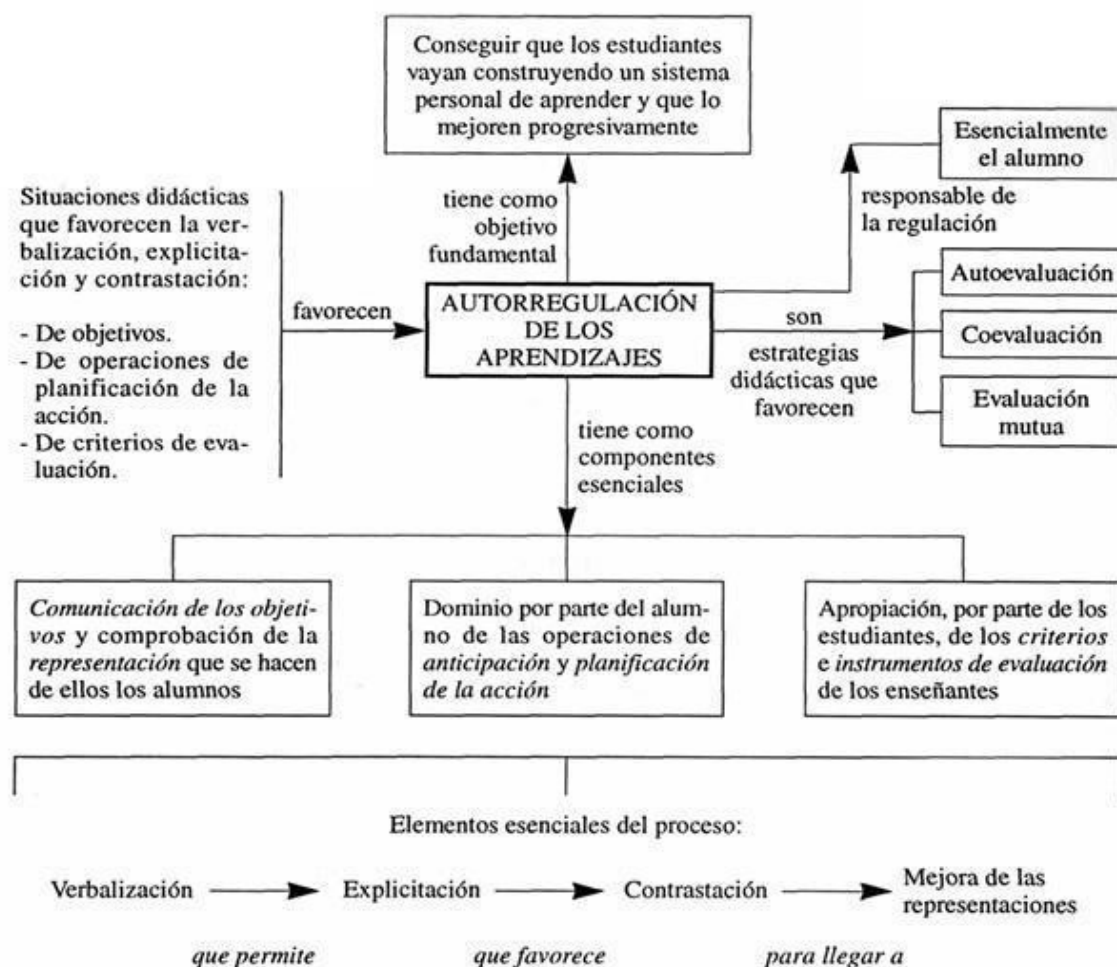


Figura 1: La autorregulación de los aprendizajes

Según Sanmartí (2002), en el marco de las teorías constructivistas del aprendizaje, el concepto de autorregulación es central, ya que se considera que es el propio alumno quien construye su conocimiento a partir de la interacción con otras personas y con el saber. Esta construcción implica autoevaluar y autorregular constantemente qué y cómo se va aprendiendo. Los profesores, los compañeros o la lectura de textos son referentes que promueven la toma de conciencia y de decisiones, pero esta actividad la tiene que realizar el propio alumno para que dicha interacción se traduzca en aprendizaje.

Los alumnos construyen en el transcurso de las distintas etapas de la escolaridad (incluyendo la educación superior) un estilo de aprender ciencias. Hay alumnos que identifican el aprendizaje de las ciencias con la búsqueda de respuestas en los libros de texto, o en páginas web para responder cuestionarios que les proporciona el profesor, y que se les especifique en qué

lugar del libro se encuentra la respuesta correcta, y que se los evalúe con tareas de repetición de esta información en las pruebas escritas. La idea central, en el marco de lo que se propone en este capítulo, es que los estudiantes del profesorado puedan avanzar hacia el desarrollo de un sistema personal de aprender que les permita evaluar y regular su aprendizaje.

En la clase de las diferentes asignaturas en los institutos, los profesores desplegamos estrategias, actividades y recursos que influyen y definen en los estudiantes determinadas formas de aprender.

A propósito de esto, Campanario (2000) sugiere implementar estrategias metacognitivas en la clase de ciencias como las siguientes:

- Programas explícitos de enseñanza.
- Dar a conocer los objetivos del proceso de enseñanza y de aprendizaje dentro de cada unidad temática.
- Insistir en el componente problemático del conocimiento.
- Aplicar los conocimientos científicos a la realidad cotidiana.
- Utilizar el recurso de la Historia de la Ciencia.
- Desarrollar diversos enfoques multidisciplinarios.
- Usar la evaluación como instrumento metacognitivo.

Cuanto más autónomo sea un estudiante en el establecimiento de interrelaciones que faciliten su autorregulación, más fácilmente aprenderá. Por ello, será importante que los diseños didácticos favorezcan el desarrollo de la autonomía, porque en caso contrario sólo aprenden los que la han construido en su ambiente (Sanmartí, 2002).

Proponemos ahora preguntarnos qué ocurre en los ISFD al respecto. En la formación de profesores, la problemática de la evaluación tiene sus características propias y distintivas.

En un muy interesante trabajo de Hernández Abenza (2010), se analizan las ideas y expectativas acerca de la evaluación que poseen un grupo de estudiantes de profesorado en Ciencias. Para ello, parte de lo que llama tres “descriptores clave”. La evaluación comunicativa, la evaluación formativa y la evaluación motivadora. La primera de ellas, se caracteriza por lograr lo que el autor considera fundamental: un proceso de diálogo y comprensión en la evaluación. En la formativa, una vez lograda la comunicación, es posible la adaptación del aprendizaje, tanto en sus procesos como en sus progresos y problemas, logrando potenciar la función pedagógica de la evaluación. Por último, la evaluación motivadora, es necesaria, ya que sin motivación no hay comunicación ni formación. Con esa base, trabajó con 90 alumnos de formación de profesorado y analizó sus ideas sobre la evaluación, tanto desde su rol como alumnos y su experiencia al ser evaluados, y desde lo que para ellos es el ideal de evaluación. Los resultados de las concepciones sobre evaluación desde su experiencia como alumnos, mostraron las siguientes características:

- La evaluación es clásica, con pruebas escritas de donde se saca la información para calificarlos.
- Evalúa siempre el profesor, siendo de éste la responsabilidad total en el proceso. En muy pocos casos el docente pide valoración a los alumnos (y desconocen por qué lo hace).
- Generalmente se evalúa para comprobar si saben conceptos y en algún caso problemas cerrados.
- El examen escrito es el principal instrumento utilizado. Eventualmente hay algún “cuaderno o trabajo de clase” como instrumento.
- El sentido de la evaluación es calificar, y no tiene sentido pedagógico y regulador del aprendizaje.

En cuanto a las concepciones sobre evaluación acerca de cómo “debería ser ese proceso”, se dan los siguientes resultados:

- La evaluación es responsabilidad exclusiva del profesor pero se destaca la conveniencia de evaluar tanto a los alumnos como al docente.
- Se pone en duda la capacidad de evaluar por parte de los alumnos.
- Lo que se evalúa principalmente son los contenidos adquiridos.
- El instrumento más destacado es el examen escrito, pero se resalta la importancia de valorar el trabajo en clase.
- La función de la evaluación es prioritariamente comprobar la adquisición de contenidos, sin embargo reconocen que debería haber una valoración mayor de la función pedagógica y reguladora del aprendizaje.

Estos resultados indican la necesidad de que en los profesorados los estudiantes incorporen acciones de autorregulación, de manera que puedan someter a un análisis crítico sus concepciones previas sobre la evaluación, ya que éstas suelen estar estrechamente vinculadas con su experiencia como estudiantes y no han sido sometidas a una revisión consciente y fundamentada.

Entendemos que la construcción de representaciones más rigurosas respecto de los objetivos de la formación docente, y la apropiación de los criterios de evaluación, permitirá que consideren sus acciones al resolver tareas, reconociendo, evaluando y tomando decisiones sobre qué y cómo enseñar ciencias.

La metacognición es esencial para promover los cambios apropiados en la formación del profesor no sólo con relación a sus ideas acerca de la enseñanza y el aprendizaje, de los roles de los docentes y de los estudiantes, sino también sobre el contenido disciplinar, las competencias docentes y los fundamentos epistemológicos que debe conocer.

Un ejemplo: Los KPSI

La puesta en acción de la evaluación metacognitiva se constituye semántica y estructuralmente a partir de la implementación de un abanico de herramientas posibles que propician de diferente forma la autorregulación de los propios procesos de construcción del conocimiento.

Un punto de partida ineludible resulta considerar a la evaluación como un proceso eminentemente comparativo. La evaluación en sentido amplio resulta de comparar un estado de conocimiento alcanzado, bien sea con escalas preestablecidas, con expectativas de logro o con comparaciones interpersonales o intrapersonales. Es este último caso al que apunta la evaluación metacognitiva, en el caso de que se procure que sea el propio sujeto el que pueda ponderar reflexivamente su estado de avance respecto de una instancia anterior al proceso de enseñanza del que quiera dar cuenta. Y que de esta manera pueda hacer conscientes y explícitos sus propios recorridos de aprendizaje de manera de poder autorregularlos.

Proponemos aquí un ejemplo de una de las herramientas más usuales, para poner en práctica la evaluación metacognitiva.

Se trata de los KPSI (en inglés, *Knowledge and Prior Study Inventory*, en castellano algo así como *Listado de Conocimientos Previos a la Enseñanza*). Es un cuestionario de autorregistro diseñado por Tamir y Lunetta en 1978, y constituye una herramienta de autoevaluación que permite a una persona en situación de aprendizaje tomar conciencia del grado inicial y de la evolución posterior de sus conocimientos, habilidades o competencias respecto a una materia en cuestión.

Generalmente, los estudiantes creen que su conocimiento de un tema es mayor a lo que realmente saben. Jorba y Sanmartí (1997) indican que si se les solicita a los alumnos que expliquen algún fenómeno, o que propongan una hipótesis al respecto, no plantean dudas sobre sus ideas y no las contrastan. Así, los KPSI, resultan útiles para que podamos acceder a las ideas de los alumnos y para que ellos puedan aprender regulando, partiendo de la autoevaluación inicial aplicada.

Se recomienda que no se incluyan más de 10 a 12 puntos, siendo 6 a 10 el ideal. De esta forma se evita que los alumnos pierdan interés y que no se esfuercen en completar los formularios. En estos puntos se pueden trabajar conceptos, como también aspectos metodológicos, epistemológicos o de actitudes.

Otra ventaja de los KPSI es que no requieren corrección ni trabajo fuera del aula. Al contrario, la corrección y puesta en común en el aula, le dan al trabajo mayor riqueza y efectividad. Al trabajar grupalmente los resultados, proponiendo a los alumnos que expliquen sus afirmaciones, escuchando diversos puntos de vista, coincidentes o no, se genera un clima de reflexión y replanteo, que favorece la regulación posterior del aprendizaje.

Aquí mostramos un ejemplo de lo señalado:

KPSI

(Knowledge and Prior Study Inventory)
Inventario de Conocimientos Antes de Estudiar

Nombre:

Curso: Fecha 1: Fecha 2:

Indicaciones:
 Esta Evaluación inicial tiene como propósito el darse cuenta de algunos aspectos de la Unidad que comenzaremos a trabajar, tus saberes previos. Con esa información podremos saber tu punto de partida, para posteriormente saber cuánto hemos aprendido.

Utilizando las categorías siguientes, marca con una X en el recuadro que lo represente.

CATEGORÍAS:

1. Lo sé y como lo se lo podría explicar a alguien.	2. No estoy seguro de saberlo, no podría explicárselo a alguien.	3. No lo entiendo	4. No lo sé
---	--	-------------------	-------------

	1	2	3	4
Concepto biológico de especie				
Razas, variedades y especies biológicas				
La teoría de la evolución de las especies según Lamarck				
La teoría de la evolución de las especies según Darwin				
La teoría de la evolución de las especies en la actualidad				
Concepto de adaptación biológica				

	1	2	3	4
Clasificar seres vivos según su filogenia				
Comparar seres vivos a partir de un descendiente común				
Identificar seres vivos y factores que influyen en su reproducción				
Describir causas posible de la extinción de especies				
Reconocer la distribución espacial y temporal de seres vivos				

Figura 2. Ejemplo de KPSI sobre conceptos y procedimientos relacionados con la evolución

En el capítulo siguiente, donde se abordan diferentes instrumentos de evaluación, se muestra algún ejemplo más y se sigue caracterizando esta herramienta.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

Les proponemos la elaboración de un KPSI de conceptos científicos, metodológicos y epistemológicos, para lo cual deben realizar las siguientes tareas:

- Seleccionar en forma grupal un tema objeto del trabajo que pertenezca a vuestro campo disciplinar.
- Elaborar el formulario KPSI con el tema seleccionado para determinar aquello que los alumnos creen que saben o saben hacer en relación con ese tema en la formación docente.
- Aplicar el KPSI elaborado en vuestra institución.
- Analizar los resultados obtenidos y eventualmente realizar ajustes en el cuestionario.

BIBLIOGRAFÍA

CAMPANARIO, J. M. (2000), "El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas para el alumno", *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 369-380.

HERNÁNDEZ ABENZA, L. (2010), "Evaluar para aprender: hacia una dimensión comunicativa, formativa y motivadora de la evaluación". *Enseñanza de las Ciencias*, 2010, 28 (2), 285-293.

JORBA, J. y N. SANMARTÍ (1996), "Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos", *Alambique*, 4, 59-77.

JORBA, J. y E. CASELLAS (1997), *Estrategias y técnicas para la gestión social en el aula*. Vol. 1: "La regulación y la autorregulación de los aprendizajes". Barcelona: Síntesis.

MATURANO, C., M. SOLIVERES y A. MACÍAS (2002), "Estrategias cognitivas y metacognitivas en la comprensión de un texto de ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 415-425.

MOTTIER LÓPEZ, L. (2010), "Evaluación formativa de los aprendizajes. Síntesis crítica de los trabajos francófonos". En ANIJOVICH, R. (Comp). *La evaluación significativa. Voces de la educación*, Buenos Aires, Paidós.

SANMARTÍ, N. (2002), *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Ed. Síntesis.

SANMARTÍ, N. (2007), *10 Ideas clave: Evaluar para aprender*. Barcelona, Editorial Grao.

CAPÍTULO 9

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN Y RÚBRICAS

Oscar Trinidad, Marcelo Bazán y Edmundo Aguilera

A la hora de evaluar, uno de los temas más discutidos y controversiales es la selección de los instrumentos a utilizar así como también, los criterios con los cuales se realiza esa selección.

La variedad de criterios y las propuestas de instrumentos cubren una amplia gama de opciones; sin embargo, quizás la evaluación más observada en los institutos de formación docente consiste en la evaluación clásica del profesor que evalúa a alumnos mediante pruebas escritas estructuradas en donde se obtiene información para calificarlos (Hernández Abenza, 2010).

Este capítulo tiene como objetivo discutir algunas propuestas, presentar instrumentos, ejemplos y analizarlos.

Los instrumentos de evaluación

Como ya se dijo, hay una gran variedad de instrumentos y de propuestas, aunque a la hora de la evaluación “propiamente dicha”, predominan sólo algunos pocos instrumentos. También se destaca que, no siempre, la selección de instrumentos se encuentra asociada a los objetivos de la evaluación misma. Gutiérrez (2010) señala que:

“los instrumentos de evaluación (cuestionarios tipo, mapas conceptuales, diarios de clase, exposiciones verbales, investigaciones, observaciones, portafolios o carpetas de trabajos...) se deben escoger en función de los objetivos de la evaluación y el tipo de contenido que se va a evaluar. Por otro lado, como los objetivos de aprendizaje son de diferentes tipos (analizar, aplicar, relacionar, deducir, sintetizar, argumentar...), los instrumentos seleccionados deberán permitir a los estudiantes realizar estas operaciones”.

Al respecto, el autor propone clasificar a los instrumentos relacionados a los objetivos de la evaluación en:

1. Diagnóstico o evaluación inicial
2. Evaluación de la representación de objetivos
3. Evaluación de los criterios de evaluación
4. Evaluación de los resultados de los procesos realizados

Instrumentos de diagnóstico o evaluación inicial

Se parte de la premisa de que la diagnosis busca analizar la situación de cada estudiante o grupo, antes de dar inicio a los procesos de enseñanza y de aprendizaje. A partir de ello, se definirán criterios para iniciar dichos procesos y adaptarlos a la diversidad que se reconoció. Jorba y Sanmartí (1997) señalan

que para que la diagnosis sea “rentable”, se deben tener en cuenta tres cuestiones:

- a. Qué evaluar inicialmente y para qué. Qué información recoger.
- b. Cómo recoger la información y analizarla.
- c. Qué hacer con los resultados de la diagnosis.

En cuanto a la primera cuestión (a), al realizar una evaluación diagnóstica se pueden buscar obstáculos, concepciones alternativas, actitudes, hábitos, experiencias y vivencias previas, intereses, etc. Los resultados de la diagnosis

(c) permitirán la adecuación de las propuestas pedagógicas a las características de los estudiantes, intentando que esto sea tanto en lo particular, como en lo grupal.

En relación a cómo recoger esa información (b), es el tema principal de este capítulo: Los instrumentos. Proponemos entonces, ejemplificar y analizar algunos de los instrumentos utilizados en la evaluación diagnóstica.

Los trabajos publicados sobre evaluación en formación docente son muy escasos, y muchos de los ejemplos que se proponen en esta clase, son producto de observaciones de clases, o de ejemplos dados por colegas en diferentes charlas y discusiones. Los instrumentos que, entre otros se propone analizar son:

- Preguntas abiertas;
- Preguntas de opción múltiple;
- KPSI;
- Conversación/charla/diálogo abierto;
- Portafolios, carpetas y cuadernos de trabajo.

Las preguntas abiertas son una opción de evaluación muy utilizada en diferentes niveles de la educación, incluyendo la formación docente. No deberían ser una lista de preguntas a manera de índice, sino que sería deseable que intenten analizar la lógica del estudiante.

Se cita un ejemplo observado en una clase de Biología II de un Instituto de Formación docente, donde el colega se disponía a iniciar el tema Evolución. Para ello el docente propone las siguientes preguntas a manera de instrumento de diagnosis:

- Los peces: ¿tienen aletas para nadar? O ¿nadan porque tienen aletas?
- Los cactus: ¿retienen agua porque tienen espinas? O ¿tiene espinas para no perder agua?

Más allá de estar de acuerdo o no con la potencialidad de la pregunta, se destaca que generó un interesante debate y una enorme variedad de respuestas y discusiones, donde se pusieron de manifiesto, las concepciones de los alumnos de ese curso de formación docente.

En cuanto a las preguntas de opción múltiple, también sería deseable que surjan de lo obtenido en las preguntas abiertas.

Retomando el caso anterior, y sólo a manera de ejemplo (reiterando que se puede estar de acuerdo o no con algunas posturas e ideas), el docente propuso, entre otras, la siguiente pregunta de opción múltiple, en base a lo surgido en las preguntas abiertas.

Los anfibios pudieron salir del agua al medio aeroterrestre:

- Porque se adaptaron;
- Porque sufrieron mutaciones;
- Porque heredaron características;
- Por presión del medio ante un cambio.

El KPSI, tal como fue introducido en el capítulo anterior, es un instrumento para la regulación del proceso de aprendizaje y representa un cuestionario de autoevaluación del alumnado, que permite de una manera relativamente rápida y fácil efectuar la evaluación inicial de las ideas previas del alumno. El objetivo de este instrumento es obtener información sobre la percepción que el sujeto tiene de su grado de conocimiento en relación con los contenidos que el profesor propone para su estudio y comprensión. Consiste en cuestionarios del tipo:

Indica en la siguiente tabla el grado de comprensión (del 1 al 5) sobre cada uno de los siguientes temas:

Conceptos	Grado de comprensión
Estructura de la membrana plasmática	
Diferencia entre transporte activo y pasivo	
Reconocimiento de ejemplos de diferentes tipos de transporte	
1	No entiendo
2	Quizás algo entienda
3	Lo entiendo en partes
4	Lo entiendo
5	Lo puedo explicar

La conversación libre y abierta, puede tener muchas variantes, y es difícil dar ejemplos, ya que cada caso remite a un tipo de instrumento diferente. Es muy

importante, al utilizar este instrumento, prestar atención a los estudiantes que participan, pero más aún a los que no lo hacen.

Evaluación de la representación de los objetivos

Los instrumentos que se enmarcan en esta categoría, son los que:

- Explicitan objetivos por parte del docente y también donde se produce una autoevaluación de los estudiantes que da cuenta de cómo y cuando se apropian de esos objetivos.
- Los estudiantes explicitan los objetivos que están logrando.
- La producción de opiniones de los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje.

Un ejemplo de este tipo de instrumento lo constituye el llamado *Diario de Clase*. El diario es uno de los instrumentos que promueven la autorregulación del alumnado y facilita que el profesorado pueda reconocer si aprenden, sus dificultades, sus sentimientos... Una opción es que lo escriban los estudiantes en los últimos minutos de alguna sesión de trabajo.

El contenido de los diarios se refiere a respuestas a cuestiones tales como:

¿qué hemos aprendido? (objetivo), ¿cómo lo hemos aprendido? (procedimiento), ¿qué es lo que no acabo de entender? (dificultades), ¿qué tendría que hacer para mejorar?, etc. (Sanmartí, 2007)

Una interesante variación a este tipo de estrategia es la de responsabilizar a un alumno por clase, en realizar un relato de lo ocurrido, para luego compartirlo en algún formato del tipo “red social”; lo que obliga a decodificar las intenciones del docente, las dificultades observadas, su propia opinión sobre lo observado.

Quizás en este recorte, pueda o no observarse si el alumno evalúa o no los objetivos de la clase, pero entendemos que este tipo de entornos le permite expresar, con múltiples recursos (texto, fotos, videos, links, etc.), sus representaciones sobre la propuesta docente.

Evaluación de los criterios de evaluación

En esta categoría de instrumentos se destacan, entre otros:

- Preguntas posibles para un examen final que elaboren los propios alumnos, como también la construcción y discusión de los criterios de evaluación.
- Retomar para su análisis y reformulación, los instrumentos utilizados en la diagnosis, explicitando los criterios aplicados para valorarlas.

Evaluación de los resultados de los aprendizajes realizados

- Pruebas escritas con preguntas en donde se aplique lo aprendido en situaciones no trabajadas anteriormente, recuperando preguntas diferentes a las trabajadas en la clase con el fin de verificar, por ejemplo, si existe algún tipo de transposición a otros contextos de lo aprendido.
- Exposición oral sobre algún tema en el que haya que demostrar las relaciones con lo aprendido.

Construcción de rúbricas

Como se ha referido varias veces a lo largo de esta sección, la evaluación es un elemento básico en todo proceso educativo que, en el caso de las asignaturas de ciencias naturales, se ha visto limitada casi por completo, a realizar exámenes estructurados con el objetivo de obtener una medida que describa el aprendizaje de un alumno, obteniendo así información para calificarlo. Según Hernández Abenza (2010), el profesor asume la responsabilidad absoluta en el proceso; en algún caso, el profesor pide valoración a sus alumnos de la enseñanza recibida, pero generalmente se desconoce para qué es utilizada esta información. Normalmente se evalúa comprobando si saben contenidos conceptuales y si pueden resolver problemas cerrados. Aunque se consideran otros indicadores (cuaderno o trabajo de clase), el examen escrito es el medidor casi exclusivo para evaluar a los alumnos. Esta modalidad de evaluación, aunque tiene aspectos positivos cuando se la aplica correctamente, se queda corta para evidenciar con mayor claridad las actitudes de los estudiantes así como su grado de aprendizaje, comprensión y competencia (Acuña, 2002).

En este capítulo se ha repasado una interesante cantidad de instrumentos que posiblemente sean conocidos y quizás utilizados en las prácticas docentes. Aun así, nos animamos a intentar profundizar sobre los conceptos trabajados hasta el momento, dado que es posible que podamos acordar que la exposición oral sobre algún tema en el que haya que demostrar las relaciones con lo aprendido constituya un recurso válido para la evaluación de nuestras clases en el instituto. Esto es, nos puede brindar información importante sobre el nivel de comprensión por parte de los alumnos, sobre algunos de los conceptos trabajados en nuestras clases. Es posible que a partir de esta información podamos realizar una autorregulación de nuestra tarea, permitiéndonos “ajustar” las futuras propuestas que realizaremos; es más, seguramente, implementada de una manera pertinente, puede llegar a constituir una interesante actividad para acreditar conocimiento, pero...

¿Estamos seguros que dos docentes que utilicen esta forma de evaluación estarán obteniendo información que pueda ser comparable?
¿Necesariamente evalúan lo mismo? ¿Esta manera de evaluación permite al alumno tener clara representación de lo que se espera de su tarea?
¿Permite su autoevaluación?

Debido a estas y otras limitaciones, necesitamos lograr que nuestros instrumentos de evaluación se conviertan en parte integral del proceso 80 educativo y no sólo en una toma de datos aislada; que puedan suministrar

datos no sólo al docente, sino informar al alumno sobre los aprendizajes logrados y sobre las cuestiones que debe mejorar; por último, que pueda ayudar a los docentes y a la institución educativa para diseñar acciones que impacten efectivamente sobre el aprendizaje de los alumnos.

Una de las propuestas que entendemos puede aportar a los objetivos anteriormente planteados es la utilización de las llamadas Rúbricas o Matrices de Valoración.

Una rúbrica es una guía que intenta evaluar el avance de los estudiantes, basada en la explicitación (lo más precisa posible) de una gama completa de criterios que dan cuenta de lo actuado por los alumnos, en el logro de una competencia o en la realización de una tarea encomendada. La rúbrica constituye una guía de trabajo tanto para los alumnos como para los profesores, que cuando es compartida con los alumnos antes de iniciar un determinado trabajo puede ayudarlos a pensar sobre los criterios a partir de los cuales su trabajo será evaluado. En este sentido, esta guía se constituye en una instancia que favorece el proceso de autorregulación de las acciones de los alumnos.

Para la confección de la rúbrica, el docente deberá:

- Identificar la competencia o aprendizaje a evaluar en términos de desempeño (proceso o producción determinada).
- Describir los componentes observables de lo que entiende, constituiría un buen trabajo (dimensiones de la competencia o tarea).
- Establecer desde su propia experiencia y desde marcos teóricos de la didáctica específica (por ejemplo, las concepciones alternativas o los obstáculos epistemológicos más comunes sobre un cierto tema), un número de grados de desempeño, que se esperan observar en la realización de la tarea por parte de los alumnos, generalmente de 3 a 5. Los grados deben ser más que dos, ya que de lo contrario todo se reduciría a que la actividad esté bien o mal
- Formular la descripción de los criterios de ejecución de cada grado y aspecto a evaluar.

Competencia o tarea	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Componente 1 de la competencia o tarea	Descripción de las características que reflejan el grado 1 del componente 1	Descripción de las características que reflejan el grado 2 del componente 1	Descripción de las características que reflejan el grado 3 del componente 1
Componente 2 de la competencia o tarea	Descripción de las características que reflejan el grado 1 del componente 2	Descripción de las características que reflejan el grado 2 del componente 2	Descripción de las características que reflejan el grado 3 del componente 2
Componente 3 de la competencia o tarea	Descripción de las características que reflejan el grado 1 del componente 3	Descripción de las características que reflejan el grado 2 del componente 3	Descripción de las características que reflejan el grado 3 del componente 3

Tabla. Componentes de la competencia y descripción de los grados de alcance de cada tarea.

En la escala de grados (fila superior) puede emplearse una gradación que incluya: 'Muy Competente', 'Competente', 'Aceptable', 'No Aceptable' y 'No Aplica'. También puede utilizarse una escala progresiva que vaya de 'Excelente' a 'Pobre', o expresarse en forma numérica. Cuando en la escala de calificación se utilicen números o letras (4, 3, 2, 1; D, C, B, A), es conveniente agregar una tabla de convenciones que especifique lo que significa cada uno de los grados de la escala. En el caso de utilizar números, se puede utilizar el puntaje obtenido para calificar numéricamente el desempeño en la tarea, cuestión importante mayormente en la evaluación sumativa.

Por ejemplo, si proponemos evaluar la construcción de una red conceptual sobre temas trabajados en una unidad didáctica, podríamos acordar que la tarea de construcción de una red puede descomponerse en los siguientes componentes:

- Distinción de conceptos
- Cantidad de relaciones
- Pertinencia de las relaciones
- Uso de conectores y flechas
- Construcción de las relaciones

Aceptando estos componentes como relevantes en la construcción de una red conceptual, definimos el significado de cada uno de ellos y su grado de concreción, y para el caso de querer calificar numéricamente, el puntaje de cada grado de concreción y la nota mínima de aprobación.

	Bien (3 puntos)	Regular (2 puntos)	Mal (0 puntos)
Distinción de conceptos	La mayoría de los conceptos presentes	Cerca de la mitad de los conceptos presentes	Faltan la mayoría de los conceptos
Cantidad de relaciones	La mayoría de las relaciones construidas	Cerca de la mitad de las relaciones construidas	Faltan la mayoría de las relaciones
Pertinencia de relaciones	La mayoría de las relaciones son pertinentes	Cerca de la mitad de las relaciones son pertinentes	Pocas relaciones son pertinentes
Uso de conectores y flechas	La mayoría de las relaciones poseen conectores y flechas	Cerca de la mitad de las relaciones poseen conectores y flechas	Pocas relaciones poseen conectores y flechas
Construcción de relaciones	La mayoría de las relaciones son construidas entre dos conceptos	Cerca de la mitad de las relaciones son construidas entre más de dos conceptos	Muchas de las relaciones se construyen entre más de dos conceptos

Tabla. Ejemplo de rúbrica para evaluar una red conceptual.

Debiera quedar claro que para poder valorar cada componente, primero debemos realizar la red nosotros mismos, dado que la cantidad de relaciones encontradas será parámetro de comparación para establecer qué significa “mayoría” o “cerca de la mitad”.

Nos parece interesante compartir parte de un trabajo de elaboración de rúbricas realizado por Cadenato Ana y colaboradores del Instituto de Ciencias de La Educación (ICE-UPC), Universidad Politécnica de Cataluña, Edificio Vèrtex (Campus Nord), en donde se busca proporcionar al profesorado rúbricas para evaluar las actividades que permitan desarrollar la competencia específica “Aplicar el método científico en los laboratorios de Ciencias y Tecnología”.

En este caso y a diferencia de la primera de las rúbricas presentadas, se complejiza la tarea determinando distintos niveles para cada componente de una competencia. Para el caso particular de este trabajo se siguieron los siguientes pasos:

- Definir los aspectos o componentes de la competencia específica.
- Establecer niveles competenciales para cada uno de los componentes.
- Planificar actividades para integrar la competencia de forma progresiva.
- Proponer rúbricas de corrección para cada componente y nivel competencial.
- Para la competencia definida como: “Aplicar el método científico en los laboratorios de Ciencias y Tecnología”. Se definieron los siguientes componentes:
 - Medir/Adquirir
 - Experimentar
 - Modelizar
 - Proyectar/Predecir
 - Decidir

A continuación, se presentan los niveles correspondientes al componente “Medir/Adquirir”.

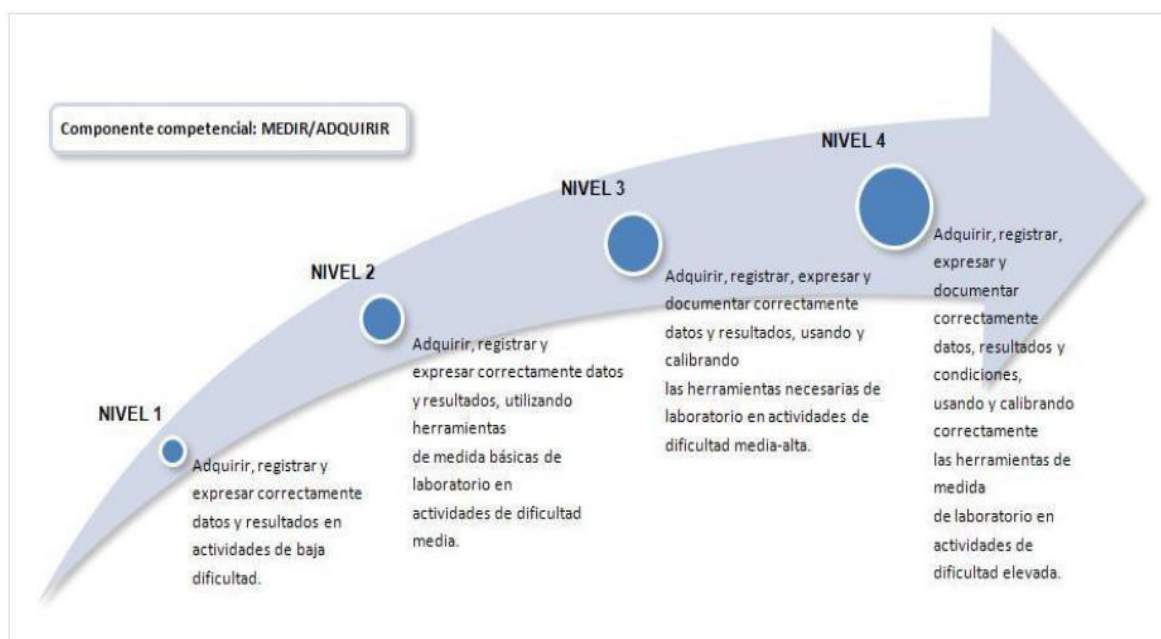


Figura. Ejemplo de niveles de logro para el componente Medir/Adquirir de la competencia “Aplicar el método científico en los laboratorios de Ciencias y Tecnología”

Como se ve, la tarea demanda “descomponer” un cierto componente de la competencia, en una especie de gradiente de complejidad de niveles, al mismo tiempo que cada uno de ellos puede ser evaluado según los grados de concreción.

Sólo a modo de ejemplo, presentamos las rúbricas para evaluar el nivel 1 y el nivel 4 del componente “Medir/Adquirir”:

competencia Medir/Adquirir	Nivel 1	Bien asimilada	Asimilada	Poco asimilada	No asimilada
	Adquirir, registrar, expresar correctamente datos, resultados en actividades de dificultad baja	Se han adquirido, registrado, expresado y documentado correctamente los datos y los resultados	Se han adquirido y registrado correctamente datos y resultados pero no se han expresado correctamente	Se han adquirido, correctamente datos y resultados pero no se han registrado o no se han expresado correctamente	No se han adquirido, correctamente los datos

competencia Medir/Adquirir	Nivel 4	Bien asimilada	Asimilada	Poco asimilada	No asimilada
	Adquirir, registrar, expresar correctamente datos, resultados y condiciones, utilizando y calibrando correctamente las herramientas de medida de laboratorio en actividades de dificultad elevada	Se han adquirido, registrado, expresado y documentado correctamente datos, resultados y condiciones, utilizando y calibrando correctamente las herramientas de medida de laboratorio en actividades de dificultad elevada	Se han adquirido, registrado, expresado y documentado los datos, resultados y las condiciones, pero o el calibrado de las herramientas de medida del laboratorio no ha sido correcto o bien no se han identificado las fuentes de información	Se han adquirido, registrado y expresado correctamente los datos, resultados y las condiciones, pero la documentación elaborada no se ha interpretado ni sintetizado	Se han adquirido, registrado y expresado correctamente los datos, resultados y condiciones, pero en general, en la documentación, no se ha seleccionado la información relevante

Tabla. Ejemplos de rúbricas para valorar el nivel 1 y el nivel 4 del componente “Medir/Adquirir”.

Este tipo de explicitación de “lo que espera el profesor” permite representar más cabalmente a los estudiantes, los diferentes niveles de logro que se pueden alcanzar, dándoles información específica que puede servir para que los mismos puedan representar, y diseñar estrategias de acción, que les permitan alcanzar los niveles más complejos de la competencia o actividad planteada.

Por otra parte, si se logran representaciones consensuadas de los significados de las descripciones de las características que representan los niveles presentes en la rúbrica, el instrumento posibilita a los estudiantes evaluar sus propias realizaciones, concediéndoles un rol preponderante en su propio proceso de aprendizaje, convirtiéndose de esta manera en una herramienta de autoevaluación (Ahumada, 2005) y con debidas adecuaciones pueden ser utilizadas en procesos de Coevaluación y Heteroevaluación (Hofstein y Mamlok-Naaman, 2007).

Es interesante reparar en que, muchos de los docentes que utilizan para evaluar pruebas estructuradas, muchas veces justifican esta elección apoyándose no sólo en la simplicidad de su implementación y puntuación, sino también en una cierta percepción de objetividad que caracterizaría este tipo de evaluación. En el momento de la corrección, suele suceder que la valoración que se diseña para puntuar las pruebas, toma como parámetro de máxima, el mejor rendimiento observado en dicha prueba a quien se le otorga el puntaje máximo o cercano a él; de esta manera, la evaluación del resto del alumnado se convierte en una comparación entre pares, y por tanto la calificación del sujeto en la prueba siempre se expresa en términos relativos, renunciando a establecer ningún tipo de interpretación absoluta del atributo medido. (Mateo, 2006)

Finalmente, en la construcción de las rúbricas, se intentan describir todos los niveles de desempeño que los alumnos podrán mostrar en la realización de una determinada actividad o desarrollo de competencia, y es precisamente en la identificación y redacción de éstos donde estriba su complejidad y a la vez su riqueza. En este punto cobra relevancia el trabajo institucional de los docentes, pues su construcción demanda establecer acuerdos para redactar los grados de desempeño para cada criterio de evaluación del desempeño en una actividad. Esto permite, establecer la confiabilidad del instrumento en tanto que permite diferenciar y describir los diversos desempeños en cada aplicación. Por otra parte, una rúbrica muy pensada hace que las evaluaciones sean menos subjetivas, más estandarizadas y más sencillas. Una buena rúbrica hace más fácil evaluar criterios. Nos parece importante que los profesores avancemos en la incorporación de este instrumento de evaluación, incluyendo a los alumnos en la construcción de la rúbrica, asegurando que el criterio sea compartido y que no haya sorpresas al momento de recibir las calificaciones.

BIBLIOGRAFÍA

AHUMADA, P. (2005), *Hacia una evaluación auténtica del aprendizaje*, México, Paidós.

ACUÑA, E. (2002), *Construcción en línea de matrices de valoración*, Eduteca. Disponible en: <http://www.eduteka.org/Rubistar.php3>

CADENATO, A., M. MARTÍNEZ, M. GRAELLS y otros (2010), *Rúbricas para evaluar la competencia específica: aplicar el método científico en laboratorios*. Disponible en: <http://www.um.edu.ar/catedras/claroline/backends/download.php?url=L1J1YnJpY2FzX2xhYm9yYXRvcmlvLnBkZg%3D%3D&cidReset=true&cidReq=FOP02SJ>

GUTIÉRREZ, A. (2010), “La evaluación como ayuda para la enseñanza”, *Forum*, Año 5, Nº 6, 17-34.

HERNÁNDEZ ABENZA, L. (2010), “Evaluar para aprender: hacia una dimensión comunicativa, formativa y motivadora de la evaluación”, *Enseñanza de las ciencias*, 28(2), 285–293.

HOFSTEIN, A. y R. MAMLOK-NAAMAN (2007), “The laboratory in science education: the state of the art”, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8(2), 105-107.

JORBÁ, J. y N. SANMARTÍ (1997), *La regulación y autorregulación de los aprendizajes*, Barcelona, Síntesis.

MATEO, J. (2006), “Claves para el diseño de un nuevo marco conceptual para la medición y evaluación educativas”, *Revista de Investigación Educativa*, Vol. 24, Nº 1, 165-186.

SANMARTÍ, N. (2007), *Evaluar para aprender*, Barcelona, Grao.

Introducción

En esta parte del libro dedicada a la evaluación nos hemos detenido a analizar los diferentes paradigmas que se han sostenido y se sostienen sobre la práctica evaluativa: funciones, propósitos, criterios e instrumentos. Hemos hablado sobre evaluación sumativa, formativa, formadora, 'objetiva', criterial, metacognitiva, autorreguladora. Y hemos puesto la lupa sobre una buena cantidad de instrumentos y dispositivos para llevar adelante la tarea. Pero en todos los casos nos hemos referido a la evaluación del aprendizaje de contenidos y procedimientos que hacen tanto a las disciplinas científicas específicas como a la enseñanza de las mismas.

Es el momento de enfocarnos en la cuestión de las actitudes y cómo es que las mismas son evaluadas. Pero, ¿de qué hablamos cuando hablamos de actitudes? Al respecto, el diccionario de la RAE en su entrada correspondiente a la palabra actitud, consigna lo siguiente:

actitud. (Del lat. *actitūdo).

1. f. Postura del cuerpo humano, especialmente cuando es determinada por los movimientos del ánimo, o expresa algo con eficacia. Actitud graciosa, imponente. Las actitudes de un orador, de un actor.
2. f. Postura de un animal cuando por algún motivo llama la atención.
3. f. Disposición de ánimo manifestada de algún modo. Actitud benévola, pacífica, amenazadora, de una persona, de un partido, de un gobierno.

Si nos remitimos a las acepciones primera y tercera, parece quedar claro que las actitudes bien pueden ser manifestadas en el cuerpo de una persona o bien expresarse de alguna otra forma, como por ejemplo en el discurso o la acción. Al trasladar esas consideraciones al ámbito educativo, resulta fácil pensar en los vínculos estrechos que mantiene la cuestión de la actitud con la predisposición, la motivación y el interés. Y yendo un poco más allá, con cuestiones que en definitiva hacen a la génesis de las actitudes: cuando se alude a las creencias, concepciones, representaciones, 'visiones' e 'imágenes', de alguna manera, se está haciendo referencia a todo aquello que portamos los seres humanos en nuestras mentes y que condiciona nuestra interacción con el mundo. Y que por tanto, nos (pre)dispone de una forma particular frente a esa porción de la realidad que se nos presenta: nuestra actitud.

Todos estos términos que en el párrafo anterior hemos vinculado con la génesis de las actitudes, son utilizados en un sinnúmero de artículos de investigación del campo educativo en general y de la didáctica de las ciencias naturales en particular, a veces con alguna especificación de sentido bastante particular de los términos en asociación con un marco teórico específico, como por ejemplo, el uso que se hace del término ⁸⁷ representación en el marco de la

Teoría de las Representaciones Sociales de Sergé Moscovici. Justamente dentro de ese marco algunos autores definen a las actitudes como “estructuras cognitivas relativamente estables en el individuo, como una orientación más o menos favorable respecto de un objeto social” (Mugny y Papastamou, 1986, citado en Mazzitelli y Aparicio, 2009). Además afirman que las mismas son intangibles, pero pueden elicitar a partir de las opiniones o comportamientos de los sujetos involucrados.

Por otro lado, la bibliografía internacional suele coincidir en el uso indistinto de todos esos términos en un sentido amplio que recoge el ‘parecido de familia’ que tienen entre sí, cuando aluden a lo que pensamos o nos imaginamos las personas con respecto a algo en particular, ‘lo que nos viene a la cabeza’. Eso es lo que determina nuestra actitud frente a ese algo. Y algo más con relación a todos estos artículos de investigación que hacíamos referencia más arriba: todos están vinculados con la indagación de estas ideas en función de explicitarlas y valorarlas, para luego buscar las formas de promover su mejora y así mejorar la calidad de la educación. O sea, se ocupan nada más y nada menos que de la evaluación. Y es en ese sentido eminentemente evaluativo que resulta sugerente la referencia anterior, que alude a la indagación de las actitudes a través de las opiniones que emiten los sujetos.

En este capítulo, nos dedicaremos a mirar con un poco de detalle en qué consiste la evaluación de actitudes en relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Algunos antecedentes, enfoques y metodologías en la evaluación de actitudes

Una reflexión que debería surgir inmediatamente después de haber leído la introducción, es que no hay evaluación de actitudes “en abstracto”, sino que siempre son respecto a algo o hacia algo en concreto que interesa conocer. Así veremos que es muy amplio el abanico de cuestiones que nos pueden interesar evaluar a los profesionales que nos dedicamos a la enseñanza de las ciencias. Entre ellas podríamos mencionar:

- Hacia la ciencia
- Hacia las características de los científicos
- Hacia la tecnología
- Hacia la preservación del medio ambiente
- Hacia las prácticas de laboratorio
- Hacia el aprendizaje de las ciencias
- Hacia la enseñanza de las ciencias

Como se puede apreciar, cada una de las cuestiones mencionadas podría matizarse de acuerdo a cuál es la audiencia objeto de estudio (público en general, estudiantes de primaria, secundaria o universidad, profesores en formación o en actividad) y cuáles son las variables que se ponen en juego

(género, nivel socioeconómico, formación previa, etnicidad) según sea el foco en que se haya puesto la intención de evaluar. Pero sin dudas, la preocupación principal de los enseñantes de ciencias durante mucho tiempo se ha centrado (y se sigue centrando aún) en las actitudes relacionadas con el aprendizaje de la ciencia de los estudiantes, especialmente en la escuela secundaria. Y que por supuesto, dichas actitudes relacionadas con el aprendizaje son consecuencia de las concepciones y actitudes hacia la ciencia que se sustentan, y que a su vez las actitudes relacionadas con el aprendizaje son obstáculos para la adquisición de actitudes científicas.

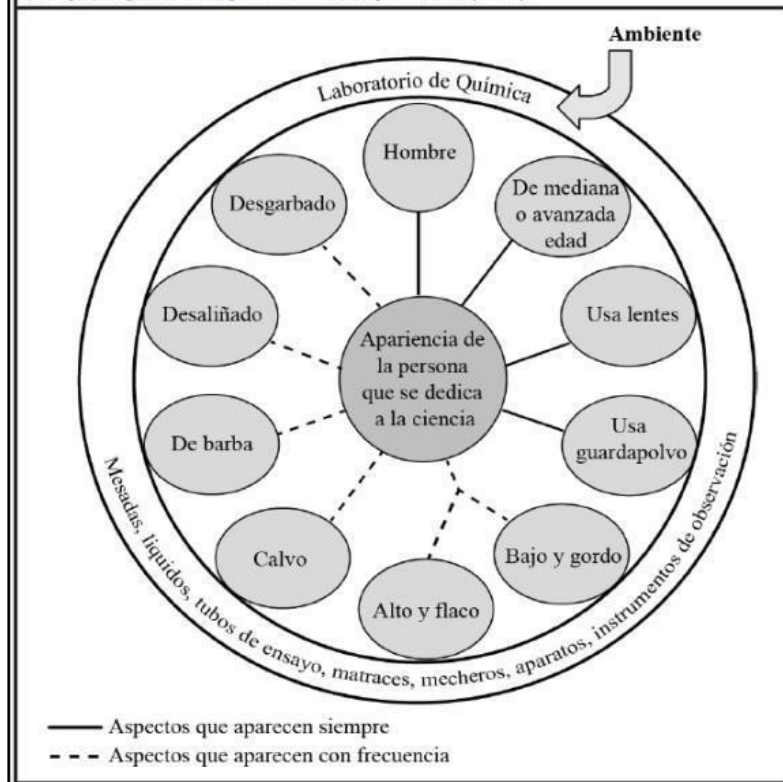
Para dar una idea acerca de cuándo se inician los desvelos por conocer estas cuestiones, cabría señalar dos investigaciones pioneras en el campo:

- El estudio de Leland Wilson (1954) sobre las concepciones de estudiantes de secundaria. Concluyó, entre otras cosas, que los estudiantes consideraban al conocimiento científico como algo absoluto, que el principal objetivo de los científicos es descubrir leyes naturales y verdades, y que presentaban actitudes negativas hacia la ciencia.
- El monumental trabajo de Margaret Mead y Rhoda Metraux (1957), que consistió en indagar a 35000 estudiantes estadounidenses con relación a sus concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia, a partir de la pregunta disparadora: “¿Qué piensas acerca de la ciencia y los científicos?”. Los resultados, en la línea de las conclusiones de Wilson:

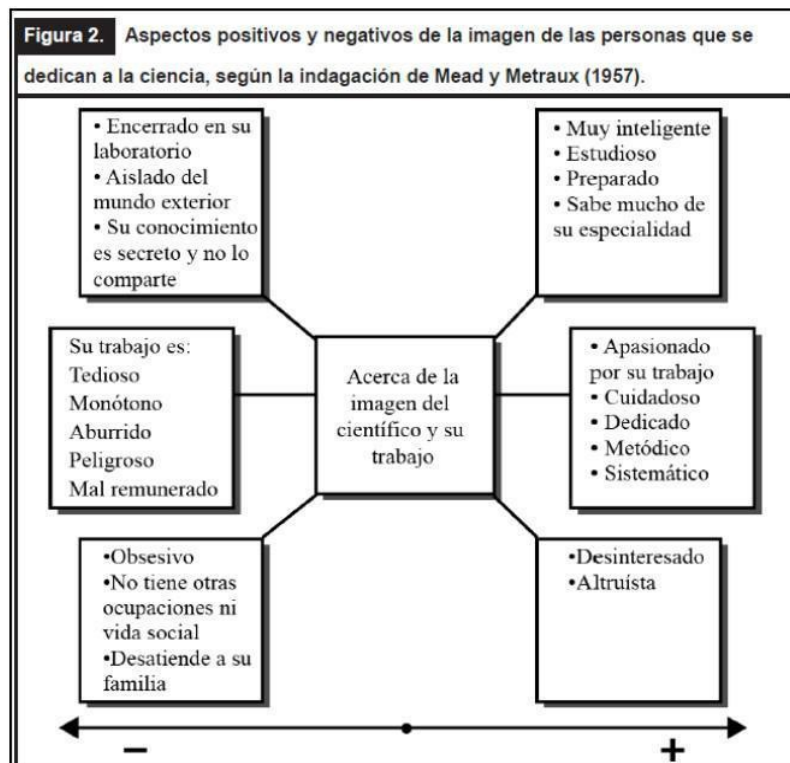
Básicamente, los resultados mostraron un reconocimiento del valor de la actividad científica y de los productos de la ciencia en beneficio de la humanidad. Ahora bien, cuando de alguna manera se ponía a los sujetos en función de verse involucrados con la ciencia como elección personal, en tanto trayecto formativo o futura profesión, la desidentificación y el rechazo como opción de vocación posible resultaron muy evidentes. (Pujalte et al., 2012a)

En las figuras 1 y 2 se presentan dos esquemas que reseñan los rasgos estereotípicos que relevaran Mead y Metraux en su investigación.

Figura 1. Aspectos recurrentes respecto de la apariencia de las personas que se dedican a la actividad científica y de las características del ambiente donde suelen trabajar, según la indagación de Mead y Metraux (1957).



(Fuente: Pujalte et al., 2012a)



(Fuente: Pujalte et al., 2012a)

Las cosas no parecen haber cambiado demasiado; trabajos mucho más recientes muestran una persistencia de esa doble representación, positiva y negativa, en el imaginario del estudiantado. De esta manera, “mientras que la mayoría de la gente expresa respeto y admiración por los científicos, el estereotipo dominante desalienta a quienes no se identifican con él cuando se piensan a sí mismos como científicos” (Leslie-Pelecky et al., 2005).

A esta altura, y retomando lo que expresáramos unos párrafos antes, resultaría bastante evidente concluir que las actitudes de los estudiantes hacia el aprendizaje de la ciencia son un correlato directo de sus concepciones acerca de la ciencia.

Cabe destacar los proyectos de envergadura internacional abocados a indagar qué es lo que sucede con estas percepciones y actitudes de las alumnas y los alumnos: uno de ellos ha sido el Proyecto ROSE (*The Relevance of Science Education*).

La página web de ROSE es <http://www.ils.uio.no/forskning/rose/>

En ese sitio pueden consultarse datos de los países participantes (se han comprometido alrededor de 40), los fundamentos del proyecto, el instrumento utilizado y varios trabajos internacionales con resultados parciales de su aplicación. El Proyecto ROSE está financiado por The Research Council of Norway, The Ministry of Education in Norway y The University of Oslo.

El Proyecto ROSE analiza la información aportada por los estudiantes participantes sobre diversos factores que pueden influir en la actitud hacia la ciencia y la motivación para aprender ciencias, como: (i) la variedad de experiencias personales extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología, (ii) el interés por aprender diferentes temas de ciencia y tecnología en distintos contextos sociales (culturales, políticos, religiosos, lingüísticos, etc.), (iii) los diversos puntos de vista sobre la ciencia escolar derivados de las experiencias previas, (iv) las creencias sobre la naturaleza de la ciencia y las percepciones sobre los científicos, (v) los valores, intereses, aspiraciones, prioridades y expectativas de futuro personales, (vi) los sentimientos propios respecto a los múltiples desafíos medioambientales...

(Sjøberg, Schreiner y Stefánsson, 2004, citado en Acevedo Díaz, 2005).

La evaluación de actitudes en el profesorado

La inquietud planteada al cierre de la sección anterior nos habilita a centrarnos en la cuestión de las actitudes en el profesorado. Desde hace más de veinte años se viene desarrollando una línea especialmente fructífera en didáctica de las ciencias naturales denominada naturaleza de la ciencia (NOS por su sigla en inglés, Nature Of Science), que es muy prolífica en indagar las imágenes de ciencia del profesorado.

Como primer ejemplo, abordaremos el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad – COCTS (Vázquez y Manassero, 2002), un instrumento que pone a consideración de los encuestados una colección de cien afirmaciones agrupadas temáticamente, sobre cada una de las cuales se debe señalar el grado de acuerdo o desacuerdo, en función de una escala tipo Likert de nueve grados. Para la categorización de las respuestas, el cuestionario clasifica a las afirmaciones en “adecuadas”, “plausibles” o “ingenuas”. Los nueve temas que aborda el COCTS y sobre el cual las personas encuestadas deben dar cuenta, son los siguientes: 1) Ciencia y Tecnología; 2) Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia/Tecnología; 3) Influencia triádica (CTS); 4) Influencia de la Ciencia/Tecnología sobre la Sociedad; 5) Influencia de la Ciencia Escolar sobre la Sociedad; 6) Características de los científicos; 7) Construcción Social del Conocimiento Científico; 8) Construcción Social de la Tecnología; 9) Naturaleza del Conocimiento Científico.

A continuación presentamos un ejemplo en relación con la cuestión de la tecnología (la columna grisada de la derecha no se muestra en el cuestionario que se les da a los encuestados, sólo es a título de ilustrar cómo se categorizan las afirmaciones):

Ejemplo de cuestión del COCTS. En la columna de la derecha se indica la categoría (adecuada [A], plausible [P] o ingenua [I]) correspondiente a cada opción.

10211 Definir qué es la tecnología puede resultar difícil porque ésta sirve para muchas cosas, pero la tecnología **PRINCIPALMENTE** es:

	Grado de acuerdo									CAT
	Bajo			Medio			Alto			
Para cada una de las frases siguientes, marca el número de la escala que represente mejor el grado de acuerdo entre tu propia opinión y la posición expuesta en la frase.										
A. Muy parecida a la ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
B. La aplicación de la ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
C. Nuevos procesos, instrumentos, maquinaria, herramientas, aplicaciones, artilugios, ordenadores o aparatos prácticos para el uso de cada día.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
D. Robots, electrónica, ordenadores, sistemas de comunicación, automatismos, máquinas.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
E. Una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
F. Inventar, diseñar y probar cosas (p. e., corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
G. Ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores; y para el progreso de la sociedad.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
H. Saber cómo hacer cosas (p. e., instrumentos, maquinaria, aparatos).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
Si alguna de las frases siguientes es aplicable a las opciones anteriores, escribe la letra de la opción a su lado.										
1. No lo entiendo.										
2. No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción.										
3. Ninguna de estas opciones satisface básicamente mi opinión.										

Citaremos a continuación, algunos elementos característicos sobre el documento presentado a partir de los párrafos que consideramos más relevantes:

a) Que dan cuenta de algunas cuestiones teórico-metodológicas, en la elección de muestras para este estudio:

Las creencias y actitudes de los profesores no sólo son importantes por sí mismas, sino también porque determinan e influyen sobre el estilo de actuación docente y, en particular, sobre la enseñanza de los temas de la NdCyT [naturaleza de la ciencia y la tecnología]. Por lo tanto, el conocimiento de las creencias de los profesores es crucial para saber sobre su preparación, pero también para diagnosticar lo que pueden enseñar a los alumnos, pues tienen una incidencia determinante en la mejora de la alfabetización científica.

No en balde son los responsables de educar adecuadamente a sus estudiantes en las creencias investigadas en este estudio, conforme a las especificaciones de la currícula educativa. En consecuencia, también se diseña una muestra de profesorado de primaria y secundaria. Como en el caso de los estudiantes, se seleccionan dos momentos de referencia para la muestra de profesores: en formación inicial [...] y con experiencia, en ejercicio, de diversas edades. La comparación entre estos dos puntos permite confrontar las creencias y actitudes de los profesores en su etapa de formación inicial y su evolución en función de la edad y la experiencia docente. (Roig et al. 2011a, p.27)

b) Que refieren algunos resultados y conclusiones:

[L]os resultados [...] muestran las bajas puntuaciones observadas, en general, en la mayoría de los temas de NdCyT y en los diversos lugares. Las diferencias detectadas señalan la existencia de temas y lugares con puntuaciones

especialmente más bajas que los demás, y dentro del mismo lugar, entre los grupos que, debiendo diferenciarse, no lo hacen (por ejemplo, estudiantes jóvenes y veteranos que sugieren bastante ineficacia de los grados de ciencia y tecnología para mejorar la comprensión de NdCyT). Todo esto provoca la necesidad de plantearse la revisión de las políticas educativas en relación con la enseñanza de los temas de la NdCyT en los diferentes países, como un acicate para mejorar su comprensión. Esta revisión debería tener dos centros de interés muy nítidos: por un lado, la currícula educativa de las materias de ciencias y tecnología deberían modificarse para incluir explícitamente (si no los tienen) los temas NdCyT (en sus objetivos, contenidos y evaluación), y enfatizar su enseñanza; y, por otro lado, la formación del profesorado, que debería promoverse de manera intensa para capacitar el desarrollo práctico de estos temas mediante la adquisición de conocimientos para la reflexión formativa sobre ellos y el análisis de materiales educativos para la construcción de recursos propios. (Roig et al. 2011b:52-53)

A continuación, mostramos algunas partes del Cuestionario VOSE (Views of Science and Education, Chen, 2006), que está dirigido específicamente a profesores de ciencia, en formación inicial y en activo, y que incluye afirmaciones referidas no sólo a las concepciones de naturaleza de la ciencia que tienen los profesores (o futuros profesores), sino que incorpora la consideración de los enfoques sobre ciencia en función de ser enseñados a los estudiantes (un fragmento de esto último es lo que mostraremos aquí). Al igual que el COCTS, propone que los encuestados indiquen su grado de acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones mediante una escala tipo Likert. (La traducción es nuestra).

ACERCA DE LO QUE CREE UD. QUE HAY QUE ENSEÑARLES A LAS/LOS ESTUDIANTES SOBRE LA CIENCIA (Y DE CÓMO ENSEÑARLO)					
10. Los/las estudiantes de la escuela secundaria deben aprender el procedimiento del método científico.					
	TD	D	SC	A	TA
A. Sí, para adquirir pautas de trabajo.					
B. Sí, porque son aún incapaces de dar con métodos más apropiados.					
C. Sí, deberían aprender lo que hacen los científicos/as.					
D. Sí, porque el método científico es el mejor método que los científicos/as han desarrollado hasta ahora.					
E. Sí, ayuda a los/las estudiantes a aprender una forma objetiva de hacer ciencia.					
F. Sí, podría ayudar a los/las estudiantes a entender la esencia de la ciencia.					
G. No, nosotros/as no sólo deberíamos enseñar un método científico, sino que se debería propiciar que los/las estudiantes tengan la oportunidad para pensar y desarrollar sus propios métodos.					
H. No, no existe algo llamado método científico.					
I. No, profesores/as y estudiantes juntos deberían proponer diferentes métodos de investigación.					
Comentarios:					
11. En las clases de ciencia de la escuela secundaria, cuando los/las estudiantes están observando el mismo evento, el profesor/a debería esperar que todos/as lleguen a las mismas conclusiones.					
	TD	D	SC	A	TA
A. Sí, el profesor/a debe guiar a los/las estudiantes para llevar a cabo observaciones objetivas y así obtener resultados idénticos.					
B. Sí, si los/las estudiantes son lo suficientemente cuidadosos/as, deben acceder a las mismas conclusiones.					
C. Sí, los hechos experimentales no deben diferir entre personas, por lo tanto no importa quien hace la observación, el resultado siempre será el mismo.					
D. No, la observación se verá afectada por las ideas previas de los/las estudiantes.					
E. No, el profesor/a debe discutir con los/las estudiantes cómo la observación puede verse afectada por las ideas previas.					
Comentarios:					
12. Los/las estudiantes deben entender que el conocimiento científico puede cambiar.					
	TD	D	SC	A	TA
A. Sí, así se dan cuenta de la verdadera naturaleza de la ciencia.					
B. Sí, así se dan cuenta de la razón por la que la ciencia avanza.					
C. No, eso hará disminuir en los/las estudiantes el interés en el aprendizaje de la ciencia.					
D. No, eso hará disminuir en los/las estudiantes la aceptación de la ciencia.					
E. No, los/las estudiantes sólo necesitan aprender acerca de los fundamentos invariables de los conocimientos científicos.					
Comentarios:					

Tabla. Fragmento del Cuestionario VOSE¹ (Views of Science and Education, Chen, 2006)

¹Aquí se presenta la traducción nuestra del original en inglés.

Este instrumento categoriza las respuestas de los encuestados en forma similar a como se realiza en el COCTS, en función de lo que se considera aceptable para un profesor desde el punto de vista metacientífico actual.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

En función de lo discutido en este capítulo y en base a su propia biografía educativa, redacte un breve ensayo donde ponga en consideración la manera en que la enseñanza científica tradicional incide sobre las actitudes del estudiantado de secundaria hacia la ciencia. A partir de esto, ¿qué énfasis procuraría usted en la formación del profesorado en atención a generar actitudes positivas del estudiantado hacia la ciencia?

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO DÍAZ, J. A. (2005), "Proyecto ROSE: relevancia de la educación científica", *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 2(3), 440-447. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/920/92020311.pdf>

BENNETT, J. y S. HOGARTH (2009), "Would You Want to Talk to a Scientist at a Party? High school students' attitudes to school science and to science", *International Journal of Science Education*, 31(14), 1975–1998.

CHEN, S. (2006), "Views on science and education (VOSE) questionnaire", *Asia-Pacific Forum of Science Learning and Teaching*, 7(2, Article 11), 1–19.

FERNÁNDEZ, I., D. GIL, J. CARRASCOSA y otros (2002), "Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza", *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477–488. Disponible en: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v20n3p477.pdf>

FUNG, Y. Y. H. (2002), "A comparative study of primary and secondary school students' images of scientists", *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 199–213.

LESLIE-PELECKY, D. L., G. A. BUCK y A. ZABAWA (2005), "Broadening middle school students' images of science and scientists", *J. Mat. Educ.*, 27, 173–178.

MAZITELLI, C.A. y M. T. APARICIO (2009), "Las actitudes de los alumnos hacia las Ciencias Naturales, en el marco de las representaciones sociales, y su influencia en el aprendizaje", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 8 N° 1.

Disponible en: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11_Vol8_N1.pdf

MEAD, M. y R. METRAUX (1957), "Image of the scientist among high-school students", *Science*, New series, 126(3270), 384-390.

PUJALTE, A., A. GANGUI y A. ADÚRIZ-BRAVO (2012)a, "La ciencia en

los cuentos: análisis de las imágenes de científico”, *Ciencia Ergo Sum*, 19(3), 261- 270.

PUJALTE, A., S. PORRO y A. ADÚRIZ-BRAVO (2012) “‘Yo no sirvo para esto’. La desidentificación con la ciencia de un grupo de estudiantes de secundaria: Perspectivas de análisis y propuestas superadoras”. X Jornadas Nacionales V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. ADBiA - Asociación de Docentes de Biología de la Argentina-. 11, 12 y 13 de octubre. Villa Giardino. Córdoba. Argentina. (ISBN 978-987-21701-7-2)

ROIG, A. B., A. GARCÍA, A. VÁZQUEZ y M. MANASSERO (2011)a. “Metodología del Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS)”, *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza deficiencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, 25-37.

ROIG, A. B., A. GARCÍA-CARMONA, A. VÁZQUEZ y M. MANASSERO (2011) b, “Análisis comparativo transnacional de la comprensión de la NdCyT entre los países participantes en el proyecto PIEARCTS”, *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza deficiencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, 39-53

SJØBERG, S. (2000), “Science and scientists: The SAS-study”. *Acta Didáctica*, 1, 1–73.

SJØBERG, S. (2004), “Science Education: The voice of the learners”. In Conference on Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe.

VÁZQUEZ, A. y M. MANASSERO (2008), “El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: Un indicador inquietante para la educación científica”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274–292. Disponible en: http://roseproject.no/network/countries/spain/esp-Vazquez_Manassero_2008.pdf

WILSON, L. (1954), “A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society”, *Science Education*, 38 (2), 159- 164.

CAPÍTULO 11

EL CONCEPTO DE COMPETENCIA

Marcelo Bazán y Edmundo Aguilera

El enfoque de competencias, en nuestro caso científicas, es una excelente herramienta para orientar el currículum, sus formas de implementación, la evaluación, brindando importantes indicadores para mejorar la calidad de la educación, en todos sus niveles.

El concepto de competencias tiene diferentes definiciones y se lo aplica en la educación de diversas maneras. Esto se convierte en un obstáculo para que el enfoque pueda insertarse en los diseños curriculares y en las prácticas de clase.

Haciendo una breve síntesis histórica, podemos remitirnos a Noam Chomsky, quien propuso el concepto de competencia lingüística entendiéndola como una estructura mental determinada que se manifestaba mediante la comunicación. Es decir, el uso de la capacidad lingüística en una situación determinada.

A partir de esta nueva perspectiva de las competencias, en numerosos países, esta concepción, comenzó a implementarse en el ámbito educativo, con el objetivo de formar alumnos con competencias que les permitan un mayor impacto en la inserción laboral y social.

Es bueno aclarar que las competencias son un enfoque educativo y no un modelo pedagógico. No se busca a través de las competencias, encontrar la solución a los problemas educativos, y mucho menos, a la problemática de la formación docente.

Este enfoque, contrariamente a lo que se suele asumir, se posiciona en algunos aspectos puntuales de la educación. Estos aspectos son la integración de conocimientos, los diferentes procesos cognitivos, las destrezas y habilidades posibles, la resolución de problemas, y no deja de lado los valores y actitudes. Desde este punto de vista, se trata de una herramienta marcadamente progresista.

Para ello, se propone trabajar en una formación adecuada, contextualizada, a través de procesos investigativos, con interacción entre los aspectos sociales, y ambientales.

Las competencias científicas

Teniendo en cuenta el programa PISA y otros análisis (Cañas, Martín-Díaz y Niedo, 2007), tomamos las cuatro dimensiones definidas por los autores para la concreción operativa del concepto de competencia científica:

COMPETENCIA CIENTÍFICA. DIMENSIONES
Identificación de cuestiones científicas - Reconocer cuestiones investigables desde la ciencia. Saber diferenciar problemas y explicaciones científicas de otras que no lo son. - Utilizar estrategias de búsqueda de información científica de distintos tipos. Usar buscadores y programas sencillos. Comprender la información y saber resumirla. Seleccionar la información adecuada en diversas fuentes. - Reconocer los rasgos claves de la investigación científica. Comprender los problemas, controlar variables, realizar hipótesis, diseñar experiencias, analizar datos, detectar regularidades, realizar cálculos y estimaciones.
Explicación científica de los fenómenos - Comprender principios básicos y conceptos científicos, y establecer diversas relaciones entre ellos: de causalidad, de influencia, cualitativas y cuantitativas. - Describir y explicar fenómenos científicamente y predecir cambios. Utilizar modelos explicativos. - Aplicar los conocimientos de la ciencia a una situación determinada. Referir a un caso particular lo que se ha dicho en general.
Utilización de pruebas científicas - Interpretar datos y pruebas científicas. Relacionar la interpretación de pruebas con los modelos teóricos usados. Elaborar conclusiones y comunicarlas en distintos formatos de forma correcta, organizada y coherente. - Argumentar a favor o en contra de las conclusiones, e identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos en la obtención de los mismos. - Reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos y viceversa. Tratar problemas científicos con implicaciones sociales. Utilizar los conocimientos científicos para la toma de decisiones.
Actitudes científicas y hacia la ciencia - Interesarse por la ciencia y apoyar su investigación. Reconocer la naturaleza abierta de la ciencia y la influencia social en la investigación. Valorar el rigor, el antidogmatismo, el sentido crítico y cuestionar las ideas preconcebidas. - Tener responsabilidad sobre uno mismo, los recursos y el entorno. Conocer los hábitos saludables, personales, comunitarios y ambientales basados en los avances científicos y tecnológicos. Valorar el principio de precaución.

Si observamos el cuadro, en la competencia científica se pueden distinguir, cuatro grandes tipos de capacidades: identificación de cuestiones científicas, explicación científica de los fenómenos, utilización de pruebas científicas y actitudes científicas y hacia la ciencia.

La identificación de cuestiones científicas se refiere a las capacidades que tienen que ver con la forma de identificar y abordar el problema: reconocer si se puede afrontar desde la ciencia, buscar información en distintas fuentes sobre el estado de la cuestión y dominar estrategias para su resolución.

La explicación científica de los fenómenos supone comprender y utilizar los conceptos científicos apropiados, saber describir y explicar fenómenos, identificando el uso de modelos explicativos, así como predecir cambios y además ser capaces de aplicar los conocimientos adquiridos a la explicación de situaciones concretas.

La utilización de pruebas científicas concede especial importancia a la interpretación de datos y pruebas, a la argumentación, a la elaboración de conclusiones y su comunicación de forma adecuada, sin olvidar el reconocimiento de las implicaciones sociales de los avances científicos.

Por último, en las actitudes científicas y hacia la ciencia se recalca la influencia de la ciencia en los avances de la civilización, matizando sus limitaciones, su carácter abierto, así como el interés para los ciudadanos en la adquisición de actitudes científicas. Asimismo, se subraya el compromiso con la adquisición de hábitos saludables personales y ambientales basados en los conocimientos científicos.

Un ejemplo de actividad

Para ejemplificar cómo se pueden trabajar distintos aspectos de la competencia científica en el aula de la formación docente, proponemos la siguiente actividad a propósito de una noticia aparecida en la prensa sobre la enfermedad comúnmente denominada *huesos de cristal*.

Actividad sobre la enfermedad de los *huesos de cristal*

1. Lee los dos textos y responde a las siguientes cuestiones:

Texto 1. Nace el primer bebé de España libre del mal de los huesos de cristal por selección genética.

Europa Press

El primer bebé de España libre de osteogénesis imperfecta, también conocida como enfermedad de los huesos de cristal, gracias a la aplicación de las técnicas de Diagnóstico Genético Preimplantación (DGP) -selección genética de embriones-, nació este lunes en Alicante (...) Imagen del laboratorio de embriología de Crea (Foto: Crea).

La madre de la niña y varios miembros de la familia están afectados por esta patología genética que se caracteriza por causar múltiples fracturas desde el nacimiento.

Las alteraciones que provoca la osteogénesis imperfecta al individuo comprenden desde la predisposición a las fracturas hasta baja estatura, deformaciones esqueléticas muy severas y la muerte perinatal en sus formas más agresivas. El riesgo de transmisión de la enfermedad a los descendientes alcanza el 50% [...]

Así, mediante la aplicación de las técnicas DGP, que implica el uso combinado

de técnicas de reproducción asistida y de genética molecular, se ha conseguido evitar que la pequeña nazca con esta enfermedad congénita.

El tratamiento de reproducción asistida para la obtención de embriones se llevó a cabo en Crea (Centro Médico de Reproducción Asistida). La pareja se sometió a un tratamiento de fecundación in vitro con microinyección espermática. Los embriones obtenidos fueron analizados en el Laboratorio de Diagnóstico Genético Preimplantación de Sistemas Genómicos donde se seleccionaron aquellos embriones libres de la mutación que causa la enfermedad.

Texto 2. El colágeno y los minerales, elementos esenciales de los huesos

La estructura del hueso suele compararse con el hormigón armado que se emplea en la construcción. El hormigón armado se hace echando el cemento sobre una estructura de barras de acero. Éstas aportan la elasticidad al hormigón armado, sin ellas el cemento se rompería más fácilmente ante un fuerte golpe o con pequeños movimientos del suelo. El cemento le da la fortaleza al hormigón armado. Sin el cemento, las barras de acero no se sostendrían y se doblarían. En los huesos el papel de las barras de acero lo hace el colágeno y el del cemento los minerales, fundamentalmente de calcio y de fósforo. Podríamos decir que los minerales dan la fortaleza a los huesos y el colágeno les proporciona la elasticidad.

Existen dos trastornos importantes de los huesos: el de las personas que nacen con el problema genético de los huesos de cristal relacionado con las deficiencias del colágeno, y la osteoporosis, que se da en las personas mayores, debida fundamentalmente a la pérdida de minerales.

Cuestiones:

- Los niños con huesos de cristal y los mayores con osteoporosis se rompen los huesos con suma facilidad ¿En qué se parecen y en qué se diferencian estas dos enfermedades?
- ¿Qué significa que la enfermedad de los *huesos de cristal* sea genética y hereditaria?
- Explica la diferencia entre la fecundación natural y la fecundación *in vitro*.
- ¿Qué es una mutación?
- ¿En qué consiste el procedimiento de la selección genética de embriones?
- La enfermedad de los *huesos de cristal* se debe a una alteración de los genes en los autosomas de carácter dominante.
- Si un óvulo presenta el gen enfermo y el espermatozoide el gen sano
¿sufrirá la enfermedad el hijo?

María dice que debería prohibirse la selección genética ya que eso no es natural y no debemos ponernos a ejercer el papel de Dios. Justifica si la razón que da María para prohibir la técnica de la *selección genética* es una razón

científica o no.

Aunque es viable científicamente la técnica del DGP, no está permitido aplicarla para obtener niños a la carta.

- Elabora algunos argumentos sobre la diferencia entre la viabilidad científica y la conveniencia ética. Escribe tus conclusiones en un pequeño informe (como complemento informativo sugerimos ver la película estadounidense de ciencia ficción Gattaca, dirigida por Andrew Niccol en 1997, o la clásica de Frankenstein basada en la novela de Mary Shelley).
- Identifica qué competencia científica se trabaja en cada pregunta anterior.

Fuente: Cañas y Nieda (2011).

Una reflexión didáctica sobre la actividad

En esta actividad se plantea un problema de salud que afecta a la calidad de vida de las personas que lo padecen y a las de su entorno con las que conviven. Este problema tiene el agravante de que las soluciones científicas que van surgiendo no son admitidas por parte de la sociedad, produciéndose una importante controversia social en torno a ellas.

Se trabajan en la actividad distintas dimensiones de la competencia científica y se contribuye al desarrollo de otras competencias. En la identificación de cuestiones científicas se pide al alumnado que diferencie razones científicas de las que no lo son con relación a la solución del problema planteado, y que sepa buscar y comprender la información de diferentes fuentes, como por ejemplo, entender los textos que se proponen y así saber explicar la razón de la enfermedad, su diferencia con la osteoporosis o en qué consiste la selección de embriones. Además, deben reconocer los rasgos de la investigación científica proponiéndoles el diseño de una experiencia para calibrar un muelle y así transformarlo en un aparato de medida.

En la explicación científica de fenómenos se trata de que apliquen sus conocimientos científicos en la comprensión de un problema de interés social y las técnicas para su solución. Deben saber aplicar el concepto de elasticidad que hace que el cuerpo ante un impacto pueda deformarse y recuperarse. Así mientras el cuerpo elástico se deforma, tiene más espacio para disminuir la velocidad del cuerpo que golpea. De esta manera la aceleración de frenada es menor que la de los cuerpos frágiles que no se deforman y por tanto, la fuerza que reciben también es menor. Asimismo tienen que saber aplicar este conocimiento a la explicación del problema de la fácil rotura de los huesos de cristal y al mecanismo de amortiguación de los parachoques de los coches. También deben conocer que las enfermedades genéticas son debidas a alteraciones de los genes presentes en los cromosomas y que sólo se transmiten a la descendencia si los genes alterados están situados en los cromosomas de los gametos. Asimismo, deben saber que la fecundación in vitro precisa la extracción previa de los óvulos y de los espermatozoides de los dos miembros de la pareja y su posterior unión en el laboratorio, así como el concepto de mutación, como una alteración química del gen, motivado por

causas diversas. También se les pide que apliquen el concepto de dominancia y sepan su repercusión en la transmisión de la enfermedad aunque esté sólo alterado el genotipo de uno de los gametos.

Respecto de la utilización de pruebas científicas, los alumnos y alumnas tienen que argumentar las razones de la prohibición que se hace en la legislación española de ciertas prácticas genéticas, que tiene en cuenta la Bioética. Deben darse cuenta de que la ciencia aborda problemas que pueden tener implicaciones sociales y que muchas veces es necesario reflexionar sobre los avances científicos y tecnológicos, sus ventajas y riesgos y en casos como éstos, someterse a las indicaciones de la Bioética y los derechos humanos. Por último, deben elaborar conclusiones sobre el problema y comunicarlas mediante un informe.

En cuanto a las actitudes científicas y hacia la Ciencia, se les demanda una actitud analítica ante los problemas que surgen con los avances científicos, estando abiertos a considerar distintas perspectivas sobre un tema, apoyarse en datos y pruebas para la argumentación distinguiéndolas claramente de lo que son opiniones o creencias. Asimismo, debe darse cuenta de que la ciencia es una actividad social como otras, hecha por personas y en cuyo desarrollo la sociedad tiene gran influencia.

Al trabajar estas dimensiones de la competencia científica se colabora en el desarrollo de las demás competencias básicas como el tratamiento de la información y la competencia digital, la comunicación lingüística, aprender a aprender, competencia para la autonomía e iniciativa personal y la competencia social y ciudadana.

No sólo es complejo establecer una definición para las competencias, sino que una complejidad similar se da a la hora de establecer cuáles son las competencias científicas, y cuáles son las formas recomendables para su enseñanza. Estas dificultades se potencian al intentar llevarlas a las aulas de la formación del profesorado.

Comencemos por retomar la idea expuesta anteriormente, que las competencias implican diferentes procesos cognitivos, sobre todo de gran importancia en la enseñanza de las ciencias naturales, nuestro tema de debate. Entre estos procesos cognitivos se destacan el razonamiento inductivo/deductivo, el uso de datos y su representación (en tablas, cuadros, gráficos), el análisis de estos datos, la utilización de modelos y la aplicación de herramientas matemáticas (Gutiérrez, 2008).

Diseño de instrumentos de evaluación

El desarrollo de competencias de los estudiantes de los institutos de formación docente, es sin duda un proceso complejo que requiere un docente que no centre sus funciones en juzgar un momento del proceso de aprendizaje de sus estudiantes, dado que desde esta perspectiva ha de ser considerado como miembro de una comunidad de aprendizaje (el aula); su pregunta no ha de ser “¿quién merece una valoración positiva y quién no?” sino “¿qué ayudas precisa cada cual para seguir avanzando y alcanzar las competencias deseadas?”, lo

que requerirá un sistema de seguimiento fiable, que le posibilite una toma de datos que lo oriente y haga eficiente su tarea en el desarrollo de competencias de sus alumnos. Este proceso demandará sin dudas una labor que requiere:

- encontrar un equilibrio entre la necesidad de una evaluación continua y la disponibilidad real de tiempo para llevarla a cabo;
- encontrar indicadores (observables) que den cuenta de si se ha logrado cierta competencia;
- instrumentos que den cierta garantía de estabilidad en las observaciones

Trabajos de autores como Tenbrink (1987) y Hawes (2005) realizan aportes para la evaluación de competencias. Por ejemplo, Tenbrink ayuda a delimitar las técnicas y los instrumentos de evaluación relacionados a una competencia, entendiendo la técnica, como el método de recogida de información, mientras que un instrumento es el aparato o dispositivo concreto de recogida. Algunos instrumentos de evaluación se pueden utilizar con más de una técnica. Así por ejemplo, una lista de control se puede utilizar para analizar una tarea escrita y también para observar a una persona cuando está exponiendo un tema.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación	Listas de control Anecdotario Ordenación Escala o Matriz de Evaluación Diario
Interrogación	Entrevista Cuestionario Pruebas sociométricas Técnicas proyectivas
Análisis	Tareas de adquisición Tareas de repaso Tareas de transferencias Resolución de problemas Proyectos Portafolio
Test o examen	Test de cuestiones escritas elaborado por el profesor Test estandarizados Examen oral

Fuente: Tenbrink (1987)

Hawes (2005) señala que toda competencia se expresa mediante comportamientos o indicadores que pueden ser observados mediante lo que denomina instrumentos, dispositivos o recursos evaluativos. Entre los más importantes cita los siguientes: informes escritos, informes orales, presentación en formato multimedia, exámenes orales y exámenes escritos de la materia de una asignatura, listas de chequeo y escalas de apreciación.

Así pues, sería de gran importancia no sólo contar con una batería de técnicas o recursos evaluativos, sino que es necesario que con el fin de realizar una evaluación fiable, se deba poder establecer concretamente, cuáles son los observables, indicadores (tareas que el alumno puede realizar) que dan cuenta no sólo del logro de cierta competencia, sino también del nivel de desarrollo de una determinada competencia, con el fin de poder brindarle información que le sirva, para avanzar a niveles de desarrollo más complejos.

Ramírez y Olvera (2011) presentan competencias sugeridas a desarrollar por el docente de Física y Química. En ese trabajo se proponen 10 competencias específicas para los docentes de Física. A continuación, transcribimos algunas de ellas:

1. Plantear, analizar y resolver problemas físicos, tanto teóricos como experimentales, mediante la utilización de métodos analíticos, experimentales o numéricos.
2. Construir modelos simplificados que describan una situación compleja, identificando sus elementos esenciales y efectuando las aproximaciones necesarias.
3. Describir y explicar fenómenos naturales y procesos tecnológicos en términos de conceptos, principios y teorías físicas.
4. Demostrar hábitos de trabajo necesarios para el desarrollo de la profesión tales como el trabajo en equipo, el rigor científico, el auto-aprendizaje y la persistencia.
5. Buscar, interpretar y utilizar información científica.
6. Comunicar conceptos y resultados científicos en lenguaje oral y escrito ante sus pares, y en situaciones de enseñanza y de divulgación.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

Proponemos la utilización del enfoque de competencias para “pensar” nuevas formas de evaluación.

- A. Seleccionamos la competencia “Plantear, analizar y resolver problemas, tanto teóricos como experimentales, mediante la utilización de métodos analíticos, experimentales o numéricos.”
- B. Descomponer la competencia en diversos niveles de concreción.

1. Estimar la respuesta a un problema en forma analítica;
 2. Resolver problemas en forma numérica;
 3. Resolver problemas en forma numérica y analizar la posibilidad de diseñar experiencias para corroborar la respuesta;
 4. Plantear problemas que puedan ser resueltos en forma experimental, acotando la validez de la respuesta encontrada.
- C. Planteamos las tareas que debiera poder realizar un alumno con relación al nivel de la competencia logrado. Por ejemplo, para el nivel “Resolver problemas en forma numérica”, las observaciones podrían ser:
1. Seleccionar acertadamente ecuaciones.
 2. Operar correctamente con ecuaciones.
 3. Reconocer variables relevantes del problema.
 4. Utilizar las unidades correspondientes.
- D. Seleccionamos los instrumentos adecuados para relevar las observaciones requeridas.

Para representar mejor el proceso, volcamos lo trabajado en la siguiente tabla:

COMPETENCIA	NIVEL	TAREAS	INSTRUMENTOS
<i>“Plantear, analizar y resolver problemas físicos, tanto teóricos como experimentales, mediante la utilización de métodos analíticos, experimentales o numéricos.”</i>	1. Estimar la respuesta a un problema en forma analítica		
	2. Resolver problemas en forma numérica	2. a. Seleccionar acertadamente ecuaciones. 2. b. Operar correctamente con ecuaciones. 2. c. Reconocer variables relevantes del problema. 2. d. Utilizar las unidades correspondientes.	Prueba escrita Resolución en el pizarrón Test estandarizados
	3. Resolver problemas en forma numérica y analizar la		

COMPETENCIA	NIVEL	TAREAS	INSTRUMENTOS
	posibilidad de diseñar experiencias para corroborar la respuesta.		
	4. Plantear problemas que puedan ser resueltos en forma experimental, acotando la validez de la respuesta encontrada.		

Les proponemos que completen las tareas e instrumentos relacionados a los otros niveles de la competencia “Plantear, analizar y resolver problemas físicos, tanto teóricos como experimentales, mediante la utilización de métodos analíticos, experimentales o numéricos” de la tabla.

BIBLIOGRAFÍA

CAÑAS, A.; M. J. MARTÍN-DÍAZ y J. NIEDA (2007), *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. La competencia científica*, Madrid, Alianza.

CAÑAS, A. y J. NIEDA (2011). “Una forma de trabajar la competencia científica en el aula”, *Revista digital y Formación del Profesorado*. Disponible en:

http://revistaeco.cepcordoba.org/index.php?option=com_content&view=article&id=143:una-forma-de-trabajar-la-competencia-cientifica-en-el-aula&catid=17:articulos&Itemid=31

GUTIÉRREZ, A. (2008), “La evaluación de las competencias científicas en PISA: perfiles en los estudiantes iberoamericanos”, *Alambique*, Didáctica de las Ciencias Experimentales, N° 57, pp23-31.

HAWES, G. (2005), *Evaluación de competencias en la Educación Superior*. Universidad de Talca (Chile).

PISA (2010) Ciencias en PISA Pruebas Liberadas. Ministerio de Educación de España. Disponible en:

<http://www.mecd.gob.es/dctm/evaluacion/internacional/ciencias-en-pisa-para-web.pdf?documentId=0901e72b8072f577>

PERRENOUD, P. (2004), *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Graó. Disponible en:

<http://redca.uach.mx/competencias/Diez%20nuevas%20competencias%20para%20ensenar.pdf>

RAMÍREZ, M. y M. OLVERA (2011), "Uso de las matrices de Morganov-Heredia para obtener el orden didáctico para la especialidad en didáctica de las ciencias". *Taller XIX. Nuevas Tendencias en la Enseñanza de la Física*, Puebla.

TENBRINK, T. (1987), *Evaluación. Guía práctica para profesores*. Madrid: Narcea.

CAPÍTULO 12

REFLEXIONES EN CONTEXTO: LAS PRODUCCIONES DE LOS INSTITUTOS CON RELACIÓN A LA EVALUACIÓN

María Rosa Palezza y Liliana Ressia

Instituto de Formación y Educación Superior de Neuquén - IFES Neuquén

El trabajo alrededor de las propias concepciones sobre la evaluación a las que adhiere el profesorado de los ISFD y las ideas que en el mismo sentido tienen las y los estudiantes de profesorado.

El punto de partida para la elaboración de las reflexiones que a continuación se muestran está constituido por una encuesta que buscaba indagar los diferentes grados de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones en relación con la evaluación y sus resultados:

- ☐ La calificación del trabajo de laboratorio lo utilizo como una parte de la evaluación.
- ☐ La evaluación la realizo para comprobar si los estudiantes han alcanzado el nivel de conocimientos teóricos previstos.
- ☐ Después de cada evaluación, los estudiantes comentan sobre los resultados de la misma y analizan los criterios utilizados.
- ☐ Uso los resultados de las evaluaciones para informar a los estudiantes, individualmente, acerca de sus dificultades.
- ☐ En los exámenes utilizo preguntas encaminadas a evaluar contenidos sobre procedimientos.

El trabajo que se presenta a continuación es un ejemplo paradigmático de un análisis de las concepciones sobre la evaluación que integra tres niveles: el de las propias docentes del instituto; el de las y los estudiantes del profesorado; y el correspondiente al cuerpo docente de la escuela secundaria que articula con el instituto.

Análisis de los ítems sobre evaluación

Como sostienen Juan Ignacio Pozo y Miguel Ángel Gómez Crespo (2010), “Es habitual en las aulas de ciencia encontrar que el alumnado se limita a repetir conocimientos, ideas, que, sin embargo, no comprende”.

Asimismo los autores afirman que lo anterior tiene directa relación con:

“... hábitos y prácticas de docentes y alumnado en las aulas de ciencias, lo que podríamos llamar la cultura de la educación científica, que se refleja en las tareas mediante las cuales se enseña y, sobre todo, se evalúa la ciencia y en los estilos de aprendizaje que, en parte como consecuencia de esas tareas, adopta el alumnado ante el conocimiento científico” (p.74).

Al respecto es importante destacar que es necesario valorar conceptos, procedimientos, competencias, así como la actitud e interés del alumno/a por

el conocimiento científico y su relación con la sociedad. Por ende, consideramos que el trabajo de laboratorio debe ser un aspecto relevante dentro de la evaluación y no sólo una parte de ésta. Un trabajo de laboratorio - que exceda la mera aplicación de la teoría estudiada y se encauce hacia la investigación colectiva orientada por situaciones problemáticas- constituye un espacio óptimo para la interrelación de procedimientos y conceptos así como para el desarrollo de una visión de la ciencia en tanto actividad contraintuitiva que requiere poner en duda nuestro conocimiento cotidiano, lo dado por supuesto (Pozo y Gómez Crespo, 2010).

Una competencia se define como saber hacer en situaciones concretas que requieran la aplicación creativa, flexible y responsable de conocimientos, habilidades y actitudes. Si bien involucra saber qué, cómo, por qué y para qué, no es directamente evaluable; sin embargo, podemos hacerlo a través de desempeños que son un referente más preciso que establece el tipo y grado de logro que se espera que los alumnos hayan alcanzado con respecto a capacidades específicas.

Apoyándonos en esta idea, la evaluación de trabajos experimentales, de actividades contextualizadas y de resolución de problemas, brinda espacios para valorar:

“... los conceptos y habilidades de razonamiento necesarias para recoger (y/o evaluar) datos fiables, válidos y bien organizados e interpretarlos hasta un punto donde puedan ser utilizados para la evaluación de teorías y explicaciones” **(Jeong y Songer, 2006) (...)**;

“identificar el sentido de los hechos y datos científicos con el fin de utilizarlos como pruebas para realizar afirmaciones o extraer y/o seleccionar conclusiones alternativas, en función de las evidencias disponibles, dar razones a favor y/o en contra de una conclusión determinada, o bien, presentar de forma lógica las conexiones entre las pruebas y sus conclusiones. Es decir, reconocer si las hipótesis planteadas siguen vigentes o no.” **(Gutiérrez, 2008)**

Del mismo modo, para incluir el trabajo con hablar, leer y escribir y las habilidades cognitivo-lingüísticas como objetivos de las clases de ciencias.

En relación con la evaluación como comprobación, si bien en la encuesta inicial manifestamos estar de acuerdo, es menester aclarar dos cuestiones:

- a. El ítem de la encuesta mencionaba conocimientos y no especificaba conocimientos teóricos; por lo que en las opciones del instrumento, acordamos con la misma, entendiendo que la evaluación constituye un instrumento para la estimar el alcance de logros en relación con diferentes conocimientos (teóricos, instrumentales, procedimentales). Aspectos que no sólo se valoran en los exámenes sino de manera continua en la evaluación formativa de proceso.
- b. No reparamos en el alcance y significado del término comprobar, quizás llevadas por la ceguera de la práctica cotidiana.

Ante ello, destacamos que entendemos que evaluar, lejos de ser la comprobación de los logros y realizaciones de los/as estudiantes en virtud de los objetivos de una asignatura, constituye uno de los pilares mediante el cual

se valoran los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Es el proceso que habilita el análisis y la toma de decisiones a partir de información procedente de una diversidad de fuentes: trabajos prácticos, exposiciones orales, exámenes escritos, elaboración de diseños experimentales, análisis de textos escolares y artículos de divulgación científica, trabajos en campo, defensa de procedimientos puestos en juego para resolver una situación problemática, entre otros. Estas fuentes permiten obtener un juicio valorativo no sólo sobre el estudiante sino también sobre las estrategias de enseñanza, el recorte de contenidos, los recursos, espacios y tiempos destinados a la enseñanza, la intervención del docente, las estrategias e instrumentos de evaluación. Acciones para luego tomar decisiones relacionadas con los diferentes factores que atraviesan el proceso de enseñanza y el de aprendizaje.

Los ítems referidos a la información, análisis y comentario de los resultados y criterios de la evaluación “de” y “a” los estudiantes aluden a la ocasión para que éstos reflexionen sobre lo aprendido, por lo que poseen directa relación con la actividad metacognitiva promoviendo la progresiva toma de conciencia del alumno acerca de sus “modos” de afrontar y resolver situaciones de aprendizaje. El análisis grupal de los resultados así como el diálogo docente- alumno sobre el trabajo evaluativo realizado, propician que los estudiantes atribuyan a la evaluación un sentido positivo, relacionado con la reflexión sobre las propias dificultades para aprender, interpretar consignas, poner en juego saberes previos, realizar anticipaciones, monitorear el propio proceso de aprendizaje, entre otros. Esta reflexión supone hacer conscientes los procedimientos cognitivos y científicos que se han empleado, los conocimientos movilizados, favoreciendo el desarrollo de estrategias de monitoreo, así como la autorregulación, la autocorrección y la adquisición de la autonomía. Por añadidura, promueve la adquisición de procesos mentales plausibles de transferirse a nuevas situaciones.

Análisis de la encuesta aplicada a estudiantes del profesorado

Nuestro relevamiento fue realizado sobre una muestra de estudiantes que cursan el último año del Profesorado de Biología. De acuerdo con los datos obtenidos estamos en condiciones de plantear los siguientes resultados:

2. Sobre los instrumentos de evaluación

- 80% no acuerda con que la clave para una correcta evaluación sea el examen escrito. Sin embargo, sólo el 40% sostiene que “La calificación del trabajo práctico debe constituir una parte importante de la nota de cada evaluación”.
- 90% declara que el instrumento y estrategia de evaluación deben ser preparados por el profesor, que es quien conoce la clase.
- 40% acuerda con que el diseño de las pruebas deba hacerse de forma cooperativa.
- 50% está en desacuerdo, 40% de acuerdo y 10% indeciso acerca de evaluar cada tema siguiendo un libro de texto o apuntes.

2.1. Sobre la evaluación procesual o de producto

- En nuestras aulas no es posible hacer un seguimiento diario e individual de cada alumno: 70% desacuerdo, 20 % acuerdo y 10% indeciso.
- La evaluación del trabajo de aula debe incluir que los alumnos realicen actividades de iniciación, de desarrollo, de reestructuración y de aplicación: 70% acuerda, 20% en indecisión, sólo 10% en desacuerdo.

2.2. Para qué, cómo y qué evaluar

- Es imprescindible resaltar la evaluación de las actitudes en la nota final: 60 % acuerdo, 20% indeciso y 20 totalmente desacuerdo.
- Una parte importante de cada evaluación deberá considerar objetivos referidos a los procedimientos científicos: 60 % en desacuerdo; 40% en acuerdo.
- A todos los alumnos se les debe exigir igual sin tener en cuenta sus características individuales: 50% en desacuerdo, 30 % en acuerdo; 20% indeciso.
- El objetivo principal de la evaluación es comprobar si se ha alcanzado el nivel de conocimientos previsto para la clase: 50% acuerdo; 50% en desacuerdo.

2.3. Evaluación y procesos metacognitivos

- 60% acuerdo, 20% indecisión y 20% desacuerdo en que analizar los resultados de la evaluación favorece el propio aprendizaje.
- 80% acuerda con la afirmación y sólo un 20% se manifiesta en desacuerdo respecto a que “Uno de los objetivos más importantes de la evaluación es conseguir que cada alumno sea consciente de sus dificultades”.

2.4. La evaluación como parte del proceso de enseñanza

- Antes de iniciar un bloque de contenidos, deberían indagarse las ideas de los alumnos para organizar el aprendizaje en consecuencia: 90% de acuerdo; 10% en desacuerdo.
- “Un número significativo de las actividades que se hacen en el aula debería comprobar si las ideas iniciales de los estudiantes cambian” 80% acuerda; desacuerda 20%.
- “En la planificación de la enseñanza, lo más adecuado es utilizar unidades didácticas elaboradas por grupos de profesores” 60% acuerda, 40% indeciso.

- “Las implicancias sociales de las ciencias deberían incluirse en las actividades que se realizan en la clase de formación: 100% de acuerdo
- “Una parte importante de las actividades que se realizan debería buscar la aplicación de lo aprendido a problemas cotidianos”: 100% acuerdo con la afirmación
- “Las actividades prácticas deben servir, fundamentalmente, para comprobar a posteriori los aspectos explicados teóricamente”: 60% desacuerdo, el 30% acuerdo y 10% plantea su indecisión.
- “Conviene que todos los alumnos dispongan del mismo tiempo para realizar las actividades de aprendizaje” 80% en desacuerdo, 20% de acuerdo.

Los datos anteriores permiten mostrar que, a pesar de haber trabajado el tema en diversas cátedras en nuestro instituto, los futuros profesores continúan mirando la evaluación desde un paradigma tradicional en el cual la responsabilidad de la confección del instrumento es exclusiva del docente; el proceso evaluativo no necesita relacionarse con las vivencias e intereses de los estudiantes (Salinas, 2002) ni con un proceso comunicativo y formativo.

Tensionando estos mismos datos con los resultados obtenidos por Hernández Abenza (2010) en su estudio, podemos ver coincidencias en cuanto a que:

- a. Prevalece una concepción de evaluación clásica en la cual es el profesor quien evalúa a los alumnos, implementa estrategias que permitan “comprobar” si las ideas iniciales de los estudiantes cambian y así obtiene información para calificarlos (evaluación no comunicativa).
- b. El profesor es quien asume la responsabilidad absoluta en el proceso evaluativo, incluyendo los contenidos actitudinales que, como es sabido, tienen alta correlación con la concepción subjetiva de estudiante ideal (evaluación no comunicativa).
- c. La evaluación debe centrarse esencialmente en valorar la apropiación de contenidos conceptuales por parte de los estudiantes. “Si se ha alcanzado el nivel de conocimientos previsto para la clase” (50%) de los estudiantes encuestados. (*Evaluación no formativa*)
- d. Por otra parte, el 60% desestima que la evaluación considere objetivos referidos a los procedimientos científicos. Estos datos se relacionan con los obtenidos en una instancia anterior del ciclo de Biología donde al analizar los trabajos prácticos pudimos ver la prevalencia de aquellos que tenían por función la aplicación de la teoría, en detrimento de los procedimientos de la ciencia como generadores de teoría.
- e. La función social de la evaluación se concreta en la calificación de los estudiantes por parte del docente. De este modo, no es posible potenciar la función pedagógica de la evaluación según la cual se convierte en una herramienta útil para aprender y regular los propios procesos de aprendizaje, así como para retroalimentar y mejorar los procesos de enseñanza. (*Evaluación no formativa*) (Hernández Abenza,¹¹³ 2010)

En sus trayectorias escolares los estudiantes han construido una perspectiva de la evaluación esencialmente retroalimentadora, mirada que obtura considerar la función reguladora (y auto-reguladora) de los procesos de enseñanza y de aprendizaje que ésta debería tener. Aun así, manifiestan inclinación por los aspectos cognitivos, metacognitivos y los motivacionales de la evaluación, aun cuando estas elecciones parecen quedar sólo en el plano discursivo si se la coteja con las otras respuestas. En otro sentido, lejos de correlacionar evaluación-medición de los productos y realizaciones, estos estudiantes conciben la evaluación como una práctica continua, formativa, y formadora que respete y oriente procesos individuales de aprendizaje.

La evaluación en la escuela secundaria

Para la resolución de esta consigna se entrevistó a 5 (cinco) docentes de escuelas secundarias diurnas (segundo, tercero, cuarto y quinto año) y 3 (tres) profesores de primer y segundo año de escuelas secundarias nocturnas con planes de cuatro años.

3. Entrevistas a profesores de Ciencias Biológicas

3.1.1. Qué evaluar y para qué.

Se evalúa para comprobar el conocimiento aprendido sobre temas trabajados. Tres docentes también evalúan actitudes relacionadas con el compromiso en la entrega de trabajos, la participación en clase, el cumplimiento en tiempo y forma de los trabajos domiciliarios, aspectos que van consignando en una grilla y que al final del trimestre se traducen en una nota numérica.

Todos los alumnos reciben el mismo tipo de evaluación y se dan los mismos tiempos para la resolución de las consignas o trabajo práctico. A los estudiantes que presentan mayores dificultades se les ofrece un espacio de consulta antes del recuperatorio y se solicita que asistan a clases de apoyo.

La evaluación la confecciona el/la docente a cargo del curso para su grupo de alumnos.

Los objetivos de la evaluación no se plantean a los estudiantes ya que se considera que tienen directa relación con los objetivos del programa de cátedra del docente. Sin embargo, la mayoría enuncia –al menos con una semana de antelación- los temas que se evaluarán y los criterios de aprobación.

Se evalúa tanto el proceso como los resultados. Estos últimos, una vez finalizada una unidad didáctica o eje temático. Está establecido desde la normativa vigente, que los primeros quince días de clase de cada ciclo escolar se realiza una evaluación diagnóstica.

El 50% de los entrevistados indaga las ideas previas de los estudiantes¹¹⁴ antes de iniciar el nuevo tema. Generalmente lo hace a través de un torbellino de

ideas o de consignas tales como: graficar un sistema humano, colocar los nombres a un esquema, completar un diagrama o un cuadro comparativo. A pesar de ello reconoce no volver sobre estas ideas al finalizar el desarrollo del tema.

3.1.2. Cómo evaluar: los instrumentos empleados

Dentro de los instrumentos diseñados por los docentes de nivel medio para la evaluación procesual y sumativa registramos los siguientes, ordenados jerárquicamente de mayor a menor frecuencia.

Instrumentos para evaluar resultados del aprendizaje:

- Pruebas escritas con opciones múltiples, V-F, completamiento.
- Lecciones orales.
- Exposiciones grupales con apoyo de powerpoint o esquema gráfico-lingüístico.
- Trabajos prácticos de indagación y profundización sobre un tema.
- Informes de trabajos en campo o experimentales (sólo en 4to y 5to año)
- Otros: crucigramas, informes de lectura (investigaciones desde la denominación)

Instrumentos para evaluar procesos de aprendizaje:

- Resolución de guías de lectura y cuestionarios.
- Corrección de tareas grupales o domiciliarias: esquemas de sistemas, tipos de célula, partes de las plantas, elaboración de cadenas tróficas, etc.
- Trabajos prácticos de aplicación de la teoría (en general tomados de libros de texto para la escuela secundaria): lectura de imágenes (origen del magma), interpretación de gráficos (ejemplos: capas de la Tierra, ciclos del agua), de análisis clínicos, comentario de artículos de divulgación científica, entre otros.

Justificación de resultados leídos en artículos de divulgación científica o en trabajos de laboratorio.

- Análisis de casos: relaciones de parentesco, deficiencia inmunológica...
- Planilla de seguimiento con datos sobre entregas, resultados de trabajos, participación en clase.
- Resolución de situaciones problemáticas: clonación, basura y contaminación ambiental, sobreexplotación de recursos naturales.
- Opinión e intercambio de ideas sobre temas tales como biotecnología y alimentación, contaminación del aire, especies en extinción, lluvia ácida, sexualidad responsable.

- Otros: elaborar definiciones, redes conceptuales, cuadros comparativos.

3.1.3. Evaluación y procesos metacognitivos

Luego de la evaluación se realiza una devolución grupal y/o individual a los estudiantes, señalando errores, respuestas “correctas” esperadas. En esta instancia también se evacúan dudas de los alumnos.

Se pide a los alumnos que revisen los errores cometidos en la evaluación y revean los temas antes del recuperatorio.

Como podemos observar existen coincidencias entre docentes de nivel secundario y estudiantes del último año del Profesorado en Biología acerca de la responsabilidad de la confección del instrumento de evaluación como tarea exclusiva del docente del curso. Sin embargo, los profesores de la escuela secundaria adhieren aún con mayor fuerza a la evaluación clásica centrada en comprobar el recuerdo de conocimientos, olvidando que los procedimientos forman parte de la enseñanza de las ciencias y que los procesos metacognitivos favorecen aprendizajes autorregulados y autónomos.

3.2. Los instrumentos de evaluación

Aun cuando en las entrevistas los docentes aludieron al análisis de casos, la resolución de problemas, la justificación de resultados y la argumentación, un punto de partida insoslayable para analizar los instrumentos de evaluación entregados es poner de relevancia que no se evalúan –y como hemos visto en anteriores trabajos-, no se enseñan competencias capaces de movilizar diversidad de recursos cognitivos pertinentes en un determinado contexto y aplicables a situaciones problemáticas reales como lo hace el trabajo científico. Podemos afirmar, entonces, siguiendo a Hodson (1992), que la preocupación por evitar la ambigüedad y asegurar la “fiabilidad de las evaluaciones distorsiona la naturaleza misma del trabajo científico, esencialmente difuso, incierto, intuitivo”.

Más allá del tipo de instrumento empleado por los docentes, prevalecen las consignas orientadas hacia el recuerdo, el reconocimiento, la descripción, la identificación, la comparación. Este tipo de evaluaciones hacen hincapié en el aspecto conceptual de las ciencias, pero olvida los aspectos empírico y procedimental. Por ende, si se construyeran evaluaciones con preguntas abiertas, por ejemplo, los alumnos tendrían oportunidad de explicar lo que saben, de relacionar saberes previos con conceptos nuevos, de analizar datos, sacar conclusiones o aplicar conceptos a situaciones nuevas.

En algunos casos, las consignas de las evaluaciones analizadas remiten a la justificación, la opinión, las explicaciones orales o escritas, la graficación. Continúan ausentes propuestas de formulación de hipótesis, planteo de problemas, elaboración de modelos, diseño de experiencias, análisis de datos, realización de cálculos y estimaciones, utilización de explicaciones y pruebas científicas, argumentaciones que involucren actitudes científicas y hacia la ciencia, establecimiento de relaciones CTS. Dimensiones todas de la

competencia científica y por ende relacionadas con el desarrollo de la alfabetización científica.

Otro aspecto a contemplar es el medio representacional propuesto para las actividades evaluativas. Éste es a menudo la lengua oral y la lengua escrita, a lo que puede sumarse la graficación o el uso de imágenes como anexos ilustrativos o disparadores para la identificación de nombres científicos. Lo anterior permite concluir que la lectura y la escritura suelen recibir un tratamiento marginal o inadecuado alejado de la promoción de prácticas discursivas propias de un campo específico (Gutiérrez, 2008), siendo que leer y escribir ciencias es una competencia relacionada directamente no sólo con el quehacer científico sino esencialmente con herramientas sémicas estructuradoras del pensamiento (Edwards y Mercer, 1988; Cazden, 1991).

En este mismo sentido, llama a la reflexión la escasez de diversidad de fuentes de consulta a las que se remite al alumno de la escuela secundaria. Habitualmente se solicita la lectura de libros de texto y artículos seleccionados por el docente o apuntes creados por los profesores para resolver las consignas de trabajos prácticos o evaluaciones sumativas tradicionales.

Como plantea Perrenoud (2004), el ejercicio de las competencias pasa por operaciones mentales complejas, sostenidas por esquemas de pensamiento que permiten determinar y realizar una acción relativamente adaptada al marco concreto de una situación. Al soslayarse el desarrollo de la competencia y las actitudes científicas, no se proporciona a los estudiantes la ocasión de familiarizarse con las estrategias características del trabajo científico. (Fernández et al., 2002).

A modo de conclusión

En este sentido, es preciso revisar las estrategias e instrumentos evaluativos para lograr un cambio de paradigma en el cual, como sostiene Mottier (2010), la evaluación ya no esté solamente vinculada con la certificación y la selección, sino con la “transformación de las prácticas pedagógicas, con un compromiso más cercano al fortalecimiento de las trayectorias escolares y de los procesos de inclusión, reingreso, permanencia y egreso de los estudiantes en la escuela secundaria”. Asimismo, para potenciar la evaluación formadora en tanto procesos que refieren “a la capacidad que tiene el sujeto para pensar y reflexionar acerca de su aprendizaje, definir objetivos y regular por sí mismo la actividad, predecir sus éxitos en determinadas tareas y monitorear su comprensión”. (Bransford, Brown y Cocking, 2000)

Pocas tareas nos provocan a los docentes tantas dudas, inseguridades y contradicciones como las relacionadas con la evaluación y decisiones asociadas con ella. Definir las estrategias de evaluación es una fase especialmente compleja del diseño de la enseñanza. Cuando el propósito de la enseñanza es el desarrollo de competencias y actitudes científicas, la evaluación debe trascender la mera estimación y construir un dispositivo pedagógico que suministre a los estudiantes retroalimentación sobre su aprendizaje a partir de objetivos, criterios claros y compartidos sobre los desempeños meta.

Asimismo, proporcionar diferentes perspectivas valiéndose de la autoevaluación, la co-evaluación y la evaluación entre pares.

BIBLIOGRAFÍA

CAZDEN, C. B. (1991), *El discurso en el aula. El lenguaje de la enseñanza y del aprendizaje*. Barcelona: Paidós.

COLS, E. (2008), *La formación docente inicial como trayectoria*. Ciclo de Desarrollo Profesional de Directores. Disponible en: http://cedoc.infod.edu.ar/upload/Cols_Laformacion_docente_inicial_como_trayectoria.doc

DE JUANAS OLIVA, Á. y M. P. F. LOZANO (2008), "Competencias y estrategias de aprendizaje: reflexiones sobre el proceso de cambio en el EEES", *Cuadernos de trabajo social*, (21), 217-230.

EDWARDS, D. y N. MERCER (1988). *El conocimiento compartido*. Barcelona: Paidós.

FERNÁNDEZ, I., D. GIL, J. CARRASCOSA y A. CACHAPUZ (2002), "Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza", *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.

GIL PÉREZ, D. y J. MARTÍNEZ TORREGROSA (1999), "¿Cómo evaluar si se «hace» ciencia en el aula?", *Alambique* N° 20, abril-junio 1999, 17-27.

GUTIÉRREZ, A. (2008), "La evaluación de las competencias científicas en PISA: perfil de los estudiantes iberoamericanos", *Alambique*, (5), 23-31.

HERNÁNDEZ ABENZA, L. (2010), "Evaluar para aprender: hacia una dimensión comunicativa, formativa y motivadora de la evaluación", *Enseñanza de las ciencias*, 28(2), 285-293.

HODSON, D. (1994), "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio", *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.

MOTTIER, L. (2010), "Evaluación formativa de los aprendizajes. Síntesis crítica de los trabajos francófonos". En ANIJOVICH, R. (Comp.), *La evaluación significativa* (1ª. ed.) (pp. 43-71). Buenos Aires: Paidós.

POZO, J. I. y M. A. GÓMEZ (2010), "Por qué los alumnos no comprenden la ciencia que aprenden", *Alambique*, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 66, 73-79.

TERCERA PARTE

SECUENCIAS DIDÁCTICAS Y USO DE LA INVESTIGACIÓN EN LA FORMACIÓN DOCENTE

Introducción

En esta tercera parte del libro se desarrollan dos módulos con los que se cierra esta experiencia inédita en la formación docente en la Argentina. Se trata de “Las secuencias didácticas” y “La investigación en la enseñanza de las ciencias en los ISFD”, que sostienen el mismo hilo conductor de todo el trayecto: la articulación entre los aportes teóricos de la investigación educativa en la enseñanza de las ciencias y la reflexión sobre las prácticas en la formación de profesores de Biología, Física y Química para la escuela secundaria.

Desde hace bastante tiempo, en numerosos contextos pedagógicos internacionales, está fuera de discusión la consideración de la docencia como una actividad específica de alta complejidad llevada a cabo por profesionales. En ese sentido, consideramos que para avanzar en la profesionalización de la tarea docente y en la construcción de mayores espacios de autonomía, resulta central que los docentes podamos tomar decisiones fundamentadas con relación al acto educativo y al desarrollo de la capacidad reflexiva y crítica. Sin duda, todos estos elementos que acabamos de mencionar se articulan en una instancia crucial: *la planificación de la enseñanza*. Definir qué se ha de enseñar y cómo, ha sido siempre el núcleo de la tarea pedagógica. Incluso cuando ese qué y ese cómo ya vienen predeterminados por algún otro, ya sea el libro de texto canónico o los diseños “*a prueba de profesores*”, tan característicos de los enfoques tecnocráticos que abundan en nuestro medio, donde el docente es reducido a un mero aplicador y la docencia, a una rama adventicia del mundo de las manualidades.

Por el contrario, desde la perspectiva que considera a los profesores como profesionales, la planificación de la enseñanza involucra al docente como el principal decisor, en función de finalidades, objetivos y contextos. En este escenario aparece la noción de secuencia didáctica como unidad de sentido que permite articular actividades, materiales, tiempos y espacios en procura de la consecución de determinados objetivos de aprendizaje.

En el capítulo 13, nos detendremos a analizar el importante papel que le cabe a la elaboración de secuencias didácticas en la formación del profesorado, desde una mirada que recupera la fundamentación teórica –de la mano de constructos, como situaciones, ayudas, obstáculos y niveles de formulación–, que aporta la didáctica francesa, en una propuesta clara de profesionalización de nuestra tarea de formación de futuros profesores.

En el capítulo 14, el foco está puesto en la delimitación del alcance del concepto de secuencia didáctica, en la caracterización de las secuencias didácticas innovadoras, como contrapartida de los enfoques tradicionales. El abordaje incluye la perspectiva del enfoque competencial en un doble sentido: por un lado, el de considerar a la elaboración de secuencias didácticas innovadoras como una competencia imprescindible a ser¹¹⁹ desarrollada en la

formación inicial del profesorado. Por otro, como estrategia para pensar los objetivos de aprendizaje de los estudiantes de secundaria en términos de habilidades de pensamiento y acción con relación a los modelos científicos que se enseñan.

En el capítulo 15, se abordan las secuencias didácticas basadas en la enseñanza por investigación, donde vuelve a ser prioritario el enfoque competencial en una perspectiva que se construye alrededor de la resolución de problemas genuinos. Se toma posición a favor de estas secuencias, en las que se considera necesario organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos, a partir del tratamiento y desarrollo de situaciones problemáticas, y aquellas en las que los alumnos tienen que utilizar y desarrollar ciertas habilidades que podemos denominar “competencias científicas”, como habilidades puestas en juego en el trabajo científico.

En el capítulo 16, titulado “La investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales”, se abordan contenidos relativos a la didáctica de las ciencias naturales como campo de conocimiento y se plantean algunos interrogantes a través de los que se proponen vínculos explícitos entre el conocimiento que se produce en este campo y el propio desarrollo profesional de los docentes de nivel superior.

En los capítulos 17 y 18, se aborda el tema de la investigación en la enseñanza de las ciencias en los ISFD. En el primero, se plantea un estado de situación de la tarea de investigación en los ISFD, analizando algunos aspectos de su institucionalización a través del análisis de los sujetos que investigan, los problemas que se investigan, la presencia de espacios curriculares específicos, la circulación de revistas especializadas, y el planteo de una pregunta central:

¿Cuál es el impacto de la investigación en la enseñanza de los ISFD?, y cierra con algunas consideraciones sobre el aporte de la revisión bibliográfica de artículos de investigación en la formación docente.

En el último capítulo, el desarrollo está centrado en profundizar las reflexiones sobre la enseñanza de las ciencias como disciplina de investigación, y desde dos perspectivas sobre su uso, en el contexto de la formación docente en los ISFD: por un lado, la utilización de los aportes de los trabajos de investigación en la innovación y la mejora de las prácticas de enseñanza; y por otro, ilustrar las prácticas existentes en las aulas de los institutos superiores con aportes teóricos para contribuir, desde la reflexión, a la mejora de las prácticas, y al desarrollo profesional docente.

CAPÍTULO 13

SECUENCIAS DIDÁCTICAS

Antonio Gutiérrez

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- Introducción.
- Situaciones.
- Ayudas.
- Obstáculos.
- Niveles de formulación.

Introducción

Como habrán podido advertir en lo que plasmamos en las páginas anteriores de este libro, nuestra intención no consiste en describir estados de cosas y felicitarnos por eso. Nuestro objetivo contiene un fin político, entendido en el sentido menos usado, propuesta de discusión y cambio. Nuestra invitación de trabajo busca construir un futuro posible diferente, alternativo y deseable de la profesión docente.

Ponernos a estudiar alrededor de la problemática de las secuencias didácticas, es decir, la disposición de los contenidos y los modos de operarlos en las aulas, va mucho más allá del ejercicio y las representaciones de sentido común que suponen al trabajo docente como una sucesión previsible de lecciones. Nos proponemos revisar estas creencias y avanzar hacia la organización de nuestras clases a partir de categorías más amplias, de situaciones de aprendizaje más enriquecedoras y polémicas. En ese sentido, nos planteamos pensar secuencias que incluyan desde las representaciones de los estudiantes, los errores conceptuales, hasta los obstáculos de aprendizaje en el nivel superior. Es decir, continuar nuestro recorrido desde un enfoque formativo que, como vimos en el módulo de evaluación, puede aportarnos muchas alternativas valiosas para mejorar nuestras prácticas.

Antes de seguir con el desarrollo del capítulo, nos interesa visibilizar una toma de posición. No estamos en contra de las llamadas clases magistrales (probablemente esta categoría aluda a un desafío no a una descripción) ni condenamos las clases transmisivas. Proponemos que deben ser un dispositivo didáctico más entre otros, no el emblema de la acción didáctica, ni en el instituto de formación, ni mucho menos en la escuela secundaria.

Organizar y llevar adelante situaciones de aprendizaje se constituye en una de las competencias centrales de la profesión docente (Perrenoud, 2004). Esta idea de situación no presenta ningún interés ni teórico ni práctico para todos

aquellos que piensan que a la escuela se va a “aprender” como sinónimo de callar. Un profesor tradicional asume la ilusión de que está creando una situación de aprendizaje definida por el hecho de que sus estudiantes escuchan la palabra erudita (!) mientras toman apuntes.

Seguramente acordamos en que está claro que para organizar secuencias didácticas hay que conocer los contenidos llamados científicos a enseñar. Condición necesaria pero no suficiente para ser profesor. Ahora bien, en la medida en que el conocimiento (básicamente disciplinar, escasamente histórico, y poco y nada metodológico y epistemológico) se organiza a partir de lecciones sucesivas según un plan fijado por “EL” texto, los objetivos de aprendizaje se definen tácitamente por los contenidos a enseñar en detrimento del contexto particular y de las identidades propias de los estudiantes con los que trabajamos.

Por el contrario, la profesionalización docente pasa por saber demostrar que se analizan las situaciones de aula y se toman decisiones fundadas de un modo muy similar a lo que otros colegas habrían hecho o considerado ante los mismos estudiantes y en las mismas circunstancias. Es decir, ser un profesional consiste en poder explicar una situación didáctica específica, establecer un diagnóstico, construir estrategias y superar obstáculos.

Situaciones

Una situación de aprendizaje se incluye en un dispositivo de progresión que la hace posible y en una secuencia didáctica que la define. Algunos autores consideran las secuencias como hipótesis de enseñanza y aprendizaje que vamos ajustando, revisando, modificando, a medida que se desarrollan las tareas. Desde este punto de vista, asumimos que toda enseñanza debe ser estratégica (Tardiff, 1992).

En tal sentido, decimos que el profesor tiene la responsabilidad de generar el medio didáctico en el cual el estudiante construye su conocimiento. Así, el concepto de situación didáctica se refiere al conjunto de relaciones entre tres sujetos: profesor-estudiante-medio didáctico en un contexto específico. Vamos delineando y reconociendo entonces el *ecosistema pedagógico*.

Gérard Sensevy (2007) desarrolla la teoría de la acción didáctica cuya función esencial consiste en la producción de un vocabulario que permita descripciones sistémicas de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Así dice:

“(…) cuando hablo de acción didáctica quiero decir lo que los individuos hacen en lugares (instituciones) en los que se enseña y aprende”.

La acción didáctica es, pues, una acción conjunta de dos dimensiones particulares donde el término enseñar remite al término aprender y viceversa, y donde la relación didáctica está constituida por la relación ternaria entre el saber, el profesor y los estudiantes.

Definitivamente, observamos en toda acción didáctica una acción de comunicación. Una manera productiva de considerar las interacciones didácticas es contemplarlas como transacciones donde para comprenderlas es

necesario considerar el entorno.

De lo anterior se desprende la noción de *juego* de Sensevy (tomando la noción de Wittgenstein a partir del concepto de “juegos del lenguaje”) donde hace énfasis en los aspectos afectivos (el interés en el juego), efectivos y pragmáticos (cuándo y cómo gano) de la acción. Un juego didáctico que se rige por un contrato didáctico, que supone a la vez de parte de los miembros de la transacción un contexto cognoscitivo común y un conjunto de condiciones posibles y necesarias que orienten la acción (Sensevy, 2007). El propósito es mejorar, con el uso de la noción de juego, la sensibilidad de nuestra observación a los cambios de foco sobre un objeto determinado (saber como objeto, saber como manera de hacer) y en los hábitos de acción (con diversos grados de especificidad) y diferentes tipos de medios implicados por esos cambios de foco.

Recordemos que la expresión *contrato didáctico* fue introducida en la didáctica de las matemáticas por Guy Brousseau (1998) y se extendió a otras áreas de la enseñanza. Esta noción no tiene nada que ver con algunas innovaciones propuestas más recientemente como la llamada pedagogía del contrato, según la cual debemos compartir con los estudiantes, del modo más explícito posible, la definición de metas, objetivos y criterios de las tareas que en conjunto llevaremos adelante.

Recordemos que el contrato didáctico insiste en el hecho de que esta relación de transacción entre docentes y estudiantes preexiste a la situación didáctica (Brousseau hace referencia al contrato social de Jean Jacques Rousseau). Y sólo se pone de manifiesto en ocasión de discordia. Así las cosas, en una situación didáctica todo se desarrolla como si tuviéramos que respetar unas cláusulas que nunca se discutieron y que, en última instancia, nunca se respetan del todo y cuyas rupturas corresponden a avances en el conocimiento compartido, porque, dice Brousseau: “el saber y el proyecto a enseñar van a tener que avanzar bajo una máscara” y no porque nosotros los profesores tratemos de esconder algo, sino porque los obstáculos epistemológicos impiden a los estudiantes la posibilidad de compartir realmente el proyecto didáctico. Es decir, los estudiantes no pueden saber lo que deben saber... antes de saberlo (Astolfi, 2001).

El contrato puede ser definido como:

1. Un sistema de obligaciones recíprocas, en gran medida implícito, que determina la responsabilidad que cada participante tiene en este juego particular que es el juego didáctico.
2. Algo que siempre está; preexiste a la situación didáctica y la sobredetermina. Es decir, el contrato nos configura como docentes y estudiantes.
3. Especifica tanto la “ocupación” de estudiante como la de docente, de modo que ninguno puede reemplazar al otro sin que el contrato se rompa.
4. Sólo se manifiesta en ocasión de ruptura. Evoluciona junto con las actividades.

123

Como ejemplo de este fenómeno se suele citar la investigación de Stella

Baruk referida a la contestación de una amplia muestra de estudiantes al problema denominado "*la edad del capitán*". Un enunciado típico de este problema es el siguiente: "Un barco mide 37 metros de largo y 5 de ancho.

¿Cuál es la edad del capitán?". Preguntados sobre este problema, la mayoría de los niños en los primeros años escolares responde que 42 ó 32 años. Si se cambia el enunciado, incluyendo otros datos o variando los números, se da como respuesta un valor que pueda obtenerse mediante operaciones aritméticas con los datos del enunciado. Son muy pocos los casos de niños que contestan que no tiene sentido la pregunta.

El interés de esta noción de contrato didáctico se debe a que muchos estudiantes responden por ejemplo a una cuestión, no según un razonamiento esperado, sino como consecuencia de un proceso de decodificación de las convenciones didácticas implícitas. Es decir, hay que responder lo que espera el profesor. No la respuesta que puedo elaborar a partir de las categorías que tengo y la interpretación que hago.

Como vemos, los estudios sobre el contrato didáctico y sus relaciones con los procesos de aprendizaje son esenciales ya que lo que está en juego es el significado real del conocimiento construido por los estudiantes.

Dentro de las interacciones que acontecen en la situación didáctica, podemos identificar algunos efectos que pueden inhibir o interrumpir la construcción de conocimiento que lleva a cabo el estudiante dentro del medio didáctico que el profesor elabora.

Básicamente, son actitudes que generan efectos negativos en el proceso enseñanza-aprendizaje, o bien, en la definición del contrato didáctico (Broussau, 1990). Este autor, central en el desarrollo de la didáctica de la matemática, indica cuatro efectos: *efecto Topaze*, *efecto Jourdain*, el *deslizamiento metadidáctico* y el *uso abusivo de la analogía* (Chavarría, 2006; Brousseau, 1990).

Veamos un pequeño desarrollo:

El *efecto Topaze* consiste en que la respuesta de un estudiante está generalmente determinada, más o menos, de antemano, y el profesor negocia las condiciones en las que se producirá y que la dotarán de sentido. El profesor intenta hacer las cosas de tal manera que ese sentido sea lo más rico y lo más exacto posible y, para ello, propone las preguntas más abiertas. En caso de fracaso, brinda más información para hacer más fácil la respuesta. Sucede entonces que acaba por aceptar unas condiciones que provocan la respuesta del estudiante de un modo casi reflejo, sin que éste tenga que invertir el menor esfuerzo.

Este efecto toma su nombre en la primera escena del profesor Topaze, en la obra de Marcel Pagnol². Topaze es un profesor al que el director del colegio privado para niños ricos en que trabaja, le exige que obtenga mejores resultados. Agobiado por esta exigencia que pone en peligro su puesto de trabajo, para conseguir que sus estudiantes no tengan faltas en los dictados, pronuncia con énfasis todas las letras de cada palabra.

El *efecto Jourdain* es una variación del efecto Topaze: para evitar un debate de conocimiento con el estudiante, y eventualmente la constatación de un fracaso, el profesor acepta reconocer como indicador de un saber genuino, o de un modo de actuar auténtico, una producción o un comportamiento del estudiante que no es de hecho más que una respuesta que tiene causas triviales, lugares comunes, opiniones cotidianas y, por tanto, despojadas de valor, e incluso a veces, de sentido.

Por su parte, el *deslizamiento metadidáctico* alcanzó una cierta notoriedad y tuvo consecuencias importantes en un pasado reciente. El fenómeno calificado con este nombre consiste en que, cuando un intento de enseñanza fracasa, el profesor se ve conducido a volver a tomar su texto de enseñanza para explicarlo y completarlo. Entonces, el primer intento, que era un *medio* de enseñanza, deviene ahora como objeto de estudio, e incluso en ocasiones, como objeto de enseñanza. La forma sustituye al fondo.

Estos efectos no nos resultan por completo desconocidos. Sabemos, como profesores, que las actividades que proponemos no siempre dan los resultados esperados. Por ello, asumimos que otra de las competencias centrales de un profesor es la **regulación** (Perrenoud, 1999).

La variedad de situaciones que garanticen aprendizaje y aseguren el trabajo con los conocimientos culturales que se desea que adquieran los estudiantes, es necesaria la implementación de otros dos tipos de intervenciones por parte del profesor: la **institucionalización** y la **devolución**. La institucionalización es la acción por la cual un profesor atribuye a un conocimiento, mediante las situaciones formuladas, la condición de objeto científico digno de interés. El profesor confirma que su actividad ha permitido que los estudiantes encuentren saberes legítimos, legitimados por la llamada comunidad científica, es decir, en la sociedad en una época determinada. Por medio de este proceso, los estudiantes se convierten en examinadores de la adquisición de sus saberes (Sensevy, 2007). La devolución, por su parte, es la acción mediante la cual un profesor traspasa al estudiante la responsabilidad de la situación que le propone con relación a un determinado conocimiento, aceptando el estudiante la responsabilidad de esa transferencia. Esta acción tiene lugar en medio de un contrato muy particular: el contrato didáctico específico del conocimiento en cuestión (Calvo, 2001). Comprende el conjunto de comportamientos que el profesor espera del estudiante y los que el estudiante espera del docente

²Topaze es una comedia satírica sobre la ambición, escrita en 1928.

(Chavarría, 2006).

Un juego debe ser necesariamente definido, los estudiantes deben comprender, por lo menos en el primer nivel del juego efectivo, a qué están jugando. Los estudiantes deben asumir el juego de una manera adecuada. Esta “manera adecuada” encuentra su sentido en el hecho de que **el juego didáctico es un juego de aprendizaje que se centra en el saber**. Eso se traduce en que debe permitir la producción de saberes didácticamente significativos. Por supuesto, el profesor debe poder regular, a lo largo de la duración del juego, las acciones de los estudiantes para producir las estrategias adecuadas que se pretende que produzcan. Esta acción de regulación, que reconocemos como el centro mismo de la actividad de enseñanza *in situ*, caracterizará de tal manera toda la acción docente y facilitará a los estudiantes la comprensión de las reglas estratégicas del juego. El juego didáctico, en la sucesión de las jugadas específicas que lo conforman, sólo toma sentido en los aprendizajes de los estudiantes.

Para cerrar este primer capítulo, que podemos presentar como un homenaje y un agradecimiento a la didáctica francesa y a su fecunda producción teórica, compartimos algunos conceptos didácticos que consideramos valiosos y que juegan un papel importante como herramientas a la hora de elaborar secuencias.

Ayudas

Según desarrolló Jean Pierre Astolfi (2001), las ayudas didácticas son instrumentos seleccionados o elaborados por los docentes para crear medios que facilitan las actividades, es decir, son apoyos para la apropiación de los saberes y del saber hacer. Estos andamios buscan promover la actividad y la reflexión personal de los estudiantes, fomentar el trabajo autónomo, familiarizar con instrumentos de comunicación científicos (artículos, *papers*, comunicaciones, etc.).

En la formación docente una de las principales ayudas son los textos. Así, para cada texto que acercamos a los estudiantes debemos llevar adelante una metodología de lectura que les permita identificar qué tipo de escrito estamos presentando y qué papel juega como ayuda didáctica.

Obstáculos

El aprendizaje implica necesariamente rupturas cognitivas, ajustes, cambio de modelos implícitos (concepciones), de lenguajes, de campos conceptuales. Todos sabemos que las ideas, si bien pueden ser transitorias, también resisten y persisten. Para producir rupturas mediante la enseñanza, debemos tener muy presente en el diseño de secuencias didácticas el papel que juegan los obstáculos.

Veamos. Un obstáculo es una concepción que ha sido en principio eficiente

para resolver algún tipo de problema (en algún contexto particular) pero que falla cuando se aplica a otro. Debido a su funcionalidad previa presenta una cierta resistencia a ser modificado o a ser rechazado: viene a ser una barrera para un aprendizaje posterior. Es sostenida desde un cierto inductivismo ingenuo que cultivamos a diario en la vida cotidiana, “si funcionó antes, funcionará siempre”. Este obstáculo se manifiesta por medio de errores conceptuales específicos que pueden aparecer a lo largo de un curso.

Para superar tales obstáculos se precisan situaciones didácticas diseñadas para favorecer en los estudiantes la toma de consciencia de la necesidad de cambiar sus concepciones (“ha funcionado antes, pero ahora en esta nueva situación, no”). Brousseau (1983) caracteriza a los obstáculos de la siguiente forma:

- un obstáculo es un conocimiento, no una falta de conocimiento;
- el estudiante utiliza este conocimiento para producir respuestas adaptadas a un cierto contexto que encuentra con frecuencia;
- cuando se usa este conocimiento fuera de ese contexto produce respuestas incorrectas. Una respuesta original exigiría un punto de vista diferente;
- el estudiante resiste a las contradicciones que el obstáculo le produce y a la posibilidad de construir un conocimiento mejor. La gimnasia cognitiva es conservadora en muchos espíritus. Por ello, es indispensable identificar el obstáculo, comprenderlo e incorporar su rechazo en el nuevo saber;
- después de haber notado su equivocación, el estudiante continúa utilizándolo, pero de forma esporádica. Hay una melancolía de los obstáculos.

Se distinguen dos tipos de obstáculos:

- o DIDÁCTICOS: que resultan de las elecciones didácticas realizadas para establecer una situación de enseñanza.
- o EPISTEMOLÓGICOS: intrínsecamente relacionados al propio concepto científico. En general, se evidencian por medio de un análisis histórico. Tal tipo de obstáculos deben ser considerados como parte del significado del concepto. Por lo tanto, una tarea que nos compete especialmente al trabajar con nuevos conceptos consiste en presentar los obstáculos, y plantear posibilidades de superación, como condición necesaria para la construcción de concepciones científicas relevantes.

Niveles de formulación

Los enunciados producidos en el curso de los aprendizajes científicos son muy variados. Esta variedad lleva a determinar los llamados *niveles de formulación* del conocimiento. Es decir, por ejemplo, disociando en un concepto el aspecto invariante (el significado) del modo de representarlo (el ¹²⁷significante). Queda claro entonces que es posible formular de modos diversos, en los diferentes niveles educativos, los conceptos científicos. En la escuela primaria se pueden

construir diversas formulaciones del concepto de calor, partiendo de observaciones de sentido común de la vida cotidiana o con experiencias sencillas.

Decimos entonces que las formulaciones de los contenidos dependen de las situaciones de aprendizaje y evolucionan hacia una generalización y abstracción a medida que se van complejizando las actividades de clase a lo largo de un curso, o de un nivel, etc.

Al hablar de formulaciones sucesivas estamos hablando de una progresión del saber, nos ubicamos en un contexto de jerarquización de enunciados y comprendemos que toda reflexión sobre la idea de nivel de formulación se ubica en la articulación del saber enseñado y la consideración de la actividad cognitiva de los estudiantes.

Desde esta perspectiva asumimos que el saber que circula en el aula no es una definición a memorizar mecánicamente para aprobar, sino una reorganización del conocimiento en el cual se integra lo sabido y lo nuevo mediante reflexiones, revisiones y modificaciones.

ACTIVIDAD

A continuación, les proponemos el análisis de un trabajo de colegas de la Universidad Nacional de Río Cuarto de la provincia de Córdoba:

ASTUDILLO, C., A. RIVAROSA y F. ORTIZ (2011), "Formas de pensar la enseñanza en ciencias. Un análisis de secuencias didácticas", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 10, N° 3, 567-586. Disponible en: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/REEC_10_3_10.pdf

En este artículo, de acceso libre en la web, se presenta una categorización de las secuencias a partir de la definición de siete modalidades organizadas en tres dimensiones: el conocimiento, la relación docente-estudiante y la progresión prevista en la secuencia.

Dos cuestiones para ordenar el trabajo.

1. Comenten sus reflexiones sobre la utilidad de las categorías presentadas para las diferentes secuencias.
2. Presenten por lo menos dos secuencias que ustedes trabajen en el instituto, categoricen y analicen las características que presentan en las tres dimensiones señaladas (conocimiento, relación docente-estudiante y progresión).

BIBLIOGRAFÍA

ASTOLFI, J. P. (2001), *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada Editora.

- BROUSSEAU G. (1998): *Théorie des Situations Didactiques*, Grenoble, La Pensée Sauvage.
- BROUSSEAU, G. (1990), “¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las matemáticas? (Primera parte)”, *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 8 No. 3, p. 259-267. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51335/93083><http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51335/93083>
- BROUSSEAU, G. (1991), “¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las matemáticas? (Segunda parte)”, *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 9 No. 1, p. 10-21. Disponible en internet: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51351/93100><http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51351/93100>
- CALVO, C. (2001), *Un estudio sobre el papel de las definiciones y las demostraciones en cursos preuniversitarios de cálculo diferencial e integral*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- CHAVARRÍA, J. (2006), “Teoría de las situaciones didácticas”, *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, Año 1, No. 2. Disponible en: <http://www.cimm.ucr.ac.cr/cuadernos/cuaderno2/Cuadernos%202%20c%203.pdf>[http://www.cimm.ucr.ac.cr/cuadernos/cuaderno2/Cuadernos 2 c 3.pdf](http://www.cimm.ucr.ac.cr/cuadernos/cuaderno2/Cuadernos%202%20c%203.pdf)
- PERRENOUD, Ph. (1999) *Construir competencias desde la escuela*. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones.
- PERRENOUD, Ph. (2004), *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar. Profesionalización y razón pedagógica*. Barcelona, Graó.
- SENSEVY, G. (2007), “Categorías para describir y comprender la acción didáctica”, Traducción de Juan Duque y revisión de René Rickenmann del capítulo de *Agirenssemble*. “*L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*”. PU Rennes.
- TARDIF, J. (1992), *Pour un enseignement stratégique: L'apport de la psychologie cognitive*. Montréal, Éditions Logiques.

CAPÍTULO 14

SECUENCIAS DIDÁCTICAS E INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA

Alejandro Pujalte

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- Alcances de la noción de secuencia didáctica.
- Secuencias didácticas tradicionales.
- Secuencias didácticas innovadoras.
- Sobre la organización de secuencias didácticas.
- La competencia de elaborar secuencias didácticas en la formación inicial y continua del profesorado.

Alcances de la noción de secuencia didáctica

Se podría decir que el hecho de planificar y diseñar la enseñanza es inherente al acto educativo en sí mismo, cualquiera que sea el nivel en el que se desarrolle. Y como toda planificación, trae consigo, explícita o implícitamente, finalidades y valores. Es en este sentido que comenzamos a referirnos a las *secuencias didácticas*. Una primera definición sencilla a la que podríamos acudir es la que caracteriza a una secuencia como:

“[...] una serie ordenada de actividades relacionadas entre sí. Esta serie de actividades, que pretende enseñar un conjunto determinado de contenidos, puede constituir una tarea, una lección completa o una parte de ésta.”³

En general la mayoría de los autores coinciden en que se trata de una serie articulada y secuenciada de actividades que se organizan en el tiempo para abordar determinados contenidos en función de determinados objetivos específicos de aprendizaje que se pretende alcanzar con los alumnos.

En la literatura que hace referencia a la planificación de las clases en función de la articulación de actividades, es muy frecuente hallar la expresión “Unidad didáctica”. Según el Diccionario de las Ciencias de la Educación Santillana (1995), una unidad didáctica:

“[e]s un plan de actuación que, en función de los objetivos de aprendizaje, organiza los contenidos, actividades, metodología y experiencias para la práctica educativa, y selecciona también fórmulas evaluadoras que permitan revisar el

3

http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/secuenciadida c tica.htm

rendimiento del proceso.”

En nuestro contexto educativo es usual asociar “unidad didáctica” con aquellas estructuras de carácter burocrático-administrativo en la que se organizan los contenidos a enseñar en una planificación formal, que suelen coincidir con los capítulos del libro de texto canónico, incluso en su progresión, de lo micro a lo macro o al revés, o según sea la tradición disciplinar. Así es que terminan consistiendo en una formalidad “para cumplir” con lo requerido por los directivos de las instituciones educativas. Desde ya que ésa no es la acepción que usaremos aquí, sino que, en coincidencia con la investigación académica en el tema, nos referiremos a las unidades didácticas como instrumentos que hacen a la profesionalización docente, en tanto se constituyen como hipótesis teóricas de trabajo en el aula, que a partir de su aplicación en las clases y en función de los contextos de uso, se reconstruyen y resignifican en un proceso metaevaluativo continuo. Por tanto, lejos está nuestra idea de “unidad didáctica” de la “receta de cocina”, de una mirada tecnicista y aplicacionista de la enseñanza.

Una unidad didáctica entendida en los términos que acordamos aquí, es un plan de acción que estará constituido por una o más secuencias didácticas, con actividades en función de los diferentes objetivos de aprendizaje que se quieran alcanzar con los alumnos. Dichos objetivos de aprendizaje están en relación directa con contenidos científicos específicos, disciplinares (**de la ciencia** en cuestión: física, química, biología...) y metadisciplinares (**sobre la ciencia**: epistemológicos, históricos, sociológicos...), abordando las esferas conceptual, procedimental y actitudinal.

Retomando el esquema de Arcá y Guidoni reformulado por Mercè Izquierdo (2005), se trata de poner en primer plano nuevamente la cuestión evaluativa: si nuestro propósito es que los estudiantes aprendan determinado modelo científico o metacientífico, entonces las actividades que propongamos en las secuencias didácticas deberían procurar que piensen con esos modelos, y por tanto dichos aprendizajes deberían evidenciarse en su capacidad de argumentar desde dichos modelos y proponer intervenciones en ese sentido:

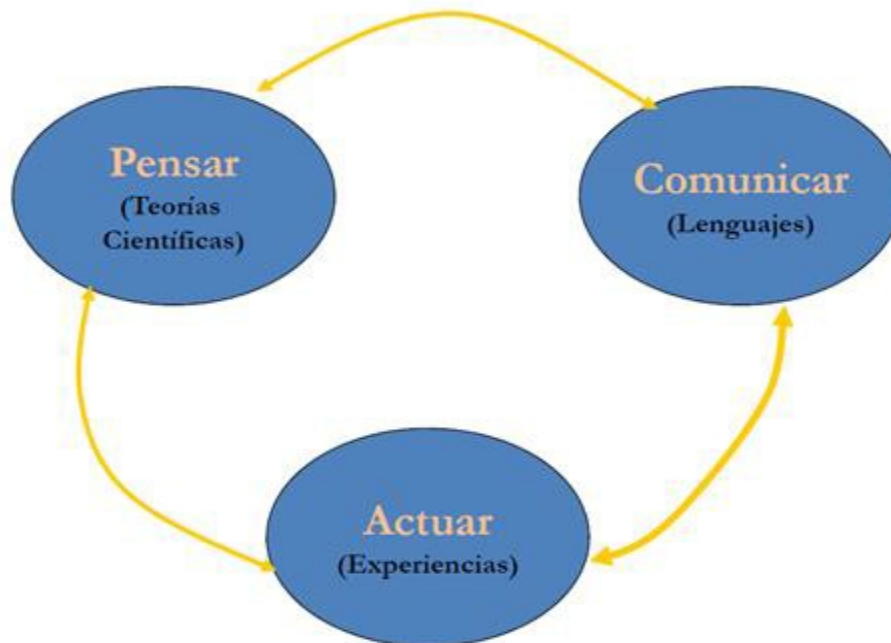


Figura. Dimensiones de la cognición (Izquierdo Aymerich, 2005)

En definitiva entonces, este plan de actuación resulta ni más ni menos que concretar y poner en práctica nuestras ideas e intenciones educativas. Sin embargo, muchas veces esto no es tan sencillo, en el sentido de que muchas de las actividades que se seleccionan para enseñar algún tema parten de la tradición de que “siempre se ha hecho así y entonces para qué modificarlo”, o proceden del texto de cabecera y se aplican sin mayores cuestionamientos. En estas situaciones, en el mejor de los casos los objetivos de enseñanza suelen ser implícitos. Como señala Neus Sanmartí:

“Objetivos que no solemos escribir, ni discutir o replantear abiertamente porque simplemente no acostumbramos a pensar en ellos cuando planificamos o diseñamos actividades. La falta de formación del profesorado con respecto a la toma de decisiones relacionadas con el diseño de unidades didácticas y la presión temporal de ‘acabar el programa’ que los profesores solemos imponernos, conlleva que nuestra actuación sea generalmente el resultado más de la concreción de intuiciones y de rutinas adquiridas a través de la experiencia y no de conocimientos teóricos y prácticos aplicados conscientemente en la planificación”. (Sanmartí, 2005:14)

Como bien refiere Aureli Caamaño (2013) las propuestas de diseño de secuencias o unidades didácticas orientadas desde la investigación han estado generalmente asociadas a ejemplificaciones de diferentes perspectivas teóricas sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, de perspectivas epistemológicas acerca de la naturaleza del conocimiento, por orientaciones desde la psicología del aprendizaje (aprendizaje por descubrimiento, cambio conceptual) y más

recientemente por derivaciones del campo específico de la didáctica de las ciencias naturales: enseñanza basada en la indagación, en la resolución de problemas, en la modelización, en el enfoque CTS, en la enseñanza en contexto, entre otras.

Más allá de las consideraciones expuestas, es bien cierto el papel que ha jugado (y juega) el libro de texto, no sólo en la definición del curriculum en el sentido de qué enseñar, sino también en el cómo enseñar, prescribiendo actividades a tal punto de dejar poco espacio para la toma de decisiones del profesor. Por lo tanto, éste se transforma en un mero ejecutor de lo que otros han pensado, sin tener en cuenta las características específicas de las situaciones y contextos de aplicación. Desde ya que esta perspectiva va en desmedro de la consideración del docente como profesional reflexivo y autónomo, capaz de tomar decisiones justificadas:

“Desde las nuevas visiones sobre el aprendizaje y sobre la enseñanza según las cuales son los propios alumnos quienes construyen su conocimiento, la función del profesorado es promover ese proceso constructivo que forzosamente será distinto para cada estudiante y para cada grupo-clase”. (Sanmartí, 2000:241)

Secuencias didácticas tradicionales

Como señala Antonio Gutiérrez (2011), muchas investigaciones revelan que de alguna manera la gran mayoría del profesorado suele seguir el patrón de planificar la enseñanza a la usanza de la universidad, esto es, proponiendo actividades dirigidas a aumentar la cantidad de información respecto del corpus científico en cuestión, donde la secuencia consiste en la clase magistral donde el docente expone el tema –o bien se remite a lo que el libro de cabecera desarrolla al respecto– para posteriormente indagar mediante preguntas orales el grado de comprensión que han alcanzado los alumnos, y finalmente seleccionar un conjunto de actividades que ilustren la teoría donde los estudiantes tendrán que aplicar lo que fue explicado. Esta tradición, cuando se constituye en el modo de hacer predominante en las instituciones que forman profesores de ciencias, genera un *habitus* en los estudiantes que deviene en la reproducción de la estructura de las secuencias cuando ya profesores van a dar clases en la escuela secundaria.

Por ejemplo, después de pedir a los estudiantes la lectura del texto de referencia, el profesor propone la siguiente actividad a los alumnos:

Responda las siguientes preguntas:

1. Describa las características de un tumor maligno.
2. ¿Qué función cumple el p53?
3. ¿En qué fase de la meiosis ocurre el entrecruzamiento o *crossing-over*?
4. ¿En qué parte de la meiosis ocurre la permutación cromosómica?
5. ¿En qué consiste la citocinesis?

6. ¿Qué tipo de células entran a la etapa G0?
7. Defina apoptosis.
8. Defina oncogen.
9. ¿Qué son las sustancias carcinógenas?
10. Nombre sustancias inductoras del cáncer.

En este caso, la demanda cognitiva de la actividad consiste en responder literalmente a partir del texto. Ubicar la respuesta en el libro para contestar la pregunta de ninguna manera pone a los estudiantes en situación de tener que utilizar el modelo científico para explicar algo. Solamente se centra en la reproducción de conceptos.

Secuencias didácticas innovadoras

Ahora bien, desde ya que no existe una receta canónica de cómo elaborar secuencias didácticas de calidad. De hecho, la Didáctica de las Ciencias no es una disciplina que prescriba cómo enseñar, como dice Sanmartí, sino que sólo debe pronunciarse sobre lo que *no* debería suceder en el aula, y que cualquier propuesta de modelo de enseñanza funciona a modo de hipótesis de trabajo, que luego tendrá sus ajustes correspondientes en función de la retroalimentación que brinda la práctica. El punto de partida ineludible para el diseño es el que resulta de abordar tres aspectos interrelacionados: qué, para qué y cómo enseñar y aprender.

Gutiérrez (op.cit.) afirma que las *Unidades Didácticas de Calidad*, a diferencia de las tradicionales, “se caracterizan por acciones didácticas planificadas que tienen como finalidad el desarrollo de competencias en relación con determinadas situaciones problema, en contextos definidos”. Desde el paradigma competencial se entiende que el futuro profesor debería adquirir en el profesorado la competencia profesional de planificar unidades didácticas. Esta competencia a su vez agrupa un conjunto de subcompetencias algunas de las cuales serían:

“el conocimiento del contenido disciplinar a enseñar, el conocimiento pedagógico del contenido que integra tanto el dominio de lo disciplinar como lo didáctico, este último vinculado al dominio de los temas a enseñar como de las estrategias de enseñanza aprendizaje más afines a las ciencias, el conocimiento curricular, es decir, el manejo del marco curricular vigente y los programas de estudio, el conocimiento pedagógico general centrado en el diseño y organización de actividades de aprendizaje en la clase, el manejo del grupo curso, el conocimiento general de las características biopsicosociales de los estudiantes destinatarios, el conocimiento de la comunidad escolar, su organización y formas de administración y finalmente el conocimiento de las finalidades de la educación, sus propósitos y valores como de sus fundamentos”. (Astroza et al, 2013: 219)

Sobre la organización de secuencias didácticas

Siguiendo a Digna Couso (2013), una unidad didáctica competencial implica la problematización del contenido en dos dimensiones fundamentales: por un lado el contenido debería servir al fin competencial, es decir, poder relacionarse con un contexto de relevancia para el alumnado, para la actuación en el mundo real; por otro lado, el contenido ha de ser el esencial para el pensamiento científico del alumnado, esto es, aquellos modelos y teorías (disciplinares y metadisciplinares) que sirvan para elaborar explicaciones acerca del mundo y por lo tanto, para darle sentido a esos modelos y teorías. A partir de la selección de esas ideas y modelos a enseñar, lo que sigue es el *diseño de actividades para la construcción progresiva, por parte de los alumnos de una versión adecuada de dichas ideas y modelos*. Y para ello, tener en cuenta tres elementos centrales:

- ¿De dónde parten los alumnos?
- ¿Qué hitos del camino debemos alcanzar?
- ¿Dónde queremos llegar y cómo sabremos que hemos llegado?

Respecto de la secuenciación de las actividades de enseñanza y aprendizaje, Digna Couso dice lo siguiente:

“Elaborar una UD de acuerdo a una progresión de conocimiento y demanda cognitiva implica diseñar y secuenciar las actividades para que se pueda hacer emerger en el aula cada aspecto o estadio del modelo objeto de aprendizaje. Sin embargo, ya hace tiempo que sabemos que aprender es muy complejo y que no se pueden construir las nuevas ideas, ni siquiera convenientemente secuenciadas en orden lógico o empírico, a no ser que partamos de lo que los alumnos saben (constructivismo), compartamos con ellos lo que se quiere saber (metacognición), progreseemos en complejidad de forma contextualizada (aprendizaje situado) y consigamos un cierto nivel de abstracción antes de la aplicación (transferencia). En este sentido, tanto a nivel micro de cada actividad [...] como a nivel macro de cada secuencia o toda la UD completa, se deben diseñar momentos de exploración y de apropiación de objetivos al inicio, estructuración o síntesis de lo aprendido y aplicación final”. (Couso, 2013)

La competencia de elaborar secuencias didácticas en la formación inicial y continua del profesorado

Llegados a este punto, parece quedar clara la complejidad que entraña el diseño de secuencias y unidades didácticas innovadoras. Por un lado, los futuros profesores y profesoras se encuentran con que tienen que desaprender unas formas de hacer tradicionales que vienen con su historia educativa y que se constituyen en verdaderos obstáculos a la hora de incorporar estas nuevas perspectivas. Sin dudas, la elaboración de secuencias didácticas debe ser una competencia a adquirir por el profesorado, y por tanto debe ser enseñada. Como afirman Astudillo, Rivarosa y Ortiz:

“[la formación del profesorado] es un escenario potente para promover el diálogo genuino entre teoría educativa, pensamiento y acción reflexiva y situada

de enseñanza. En este marco, concebimos a la secuencia didáctica como una hipótesis de trabajo para la enseñanza de contenidos de ciencia orientada a la promoción de aprendizajes para la significación socio-cognitiva. Su elaboración supone, desde nuestra perspectiva, un proceso recursivo de fundamentación, revisión y reescritura desde un enfoque de problematización del conocimiento escolar [...] La propuesta, entonces, es invertir el modelo clásico de formación, según el cual la teoría precede a la acción. En otras palabras, crear una secuencia didáctica, como experiencia formativa, supone un abordaje espiralado donde la construcción conceptual se desarrolla y retroalimenta a partir de la práctica de diseño y planificación didáctica". (Astudillo et al., 2011:568).

ACTIVIDADES

Actividad N°1: Ingresen al link de Bellaterra, Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y Filosofía de la Ciencia y descarguen el libro *Unidades Didácticas en Biología y Educación Ambiental. Su contribución a la promoción de competencias de pensamiento científico*:

<http://www.sociedadbellaterra.cl/publicaciones/?did=26><http://www.sociedadbellaterra.cl/publicaciones/?did=26>

- Lean la unidad didáctica que constituye el capítulo 2: *"La célula. Unidad didáctica para la promoción de competencias cognitivo-lingüísticas"*.
- Analicen dicha unidad en función de las características que han propuesto para este tipo de unidades los autores citados en esta clase.

Herramientas para el análisis de los libros de texto

En tanto los libros de texto se constituyen en buena parte de los casos no sólo en definidores del contenido a enseñar, sino que se convierten en la fuente privilegiada de secuencias y actividades, es necesario activar una mirada crítica acerca de lo que en ellos se proponen. La bibliografía es muy abundante en artículos que se detienen a analizar diferentes aspectos de lo que se presenta en los libros. Una sistematización reciente del estado del arte en este campo se puede encontrar en Occelli y Valeiras (2013). A partir de este trabajo, les presentamos una categorización que puede resultar útil para el abordaje crítico de los libros que son de uso en los institutos:

1) En relación al contenido científico:

- a) actualizado o desactualizado;
- b) sin errores o con errores;
- c) con muchas explicaciones que permitan la comprensión de las ideas clave o con pocas explicaciones;
- d) contempla las ideas previas con relación a los contenidos o no lo hace;

- e) hace explícitos los modelos científicos puestos en juego y sus relaciones con la realidad o no lo hace;
 - f) aborda el contenido en lo conceptual y también en lo procedimental y actitudinal o no lo hace;
 - g) introduce temas transversales o no;
 - h) con relación a la naturaleza del conocimiento científico:
 - h.i) Analogías: Si las hay o no, y si se hacen explícitos sus alcances y limitaciones.
 - h.ii) Argumentación: Se presenta el contenido fundamentándolo o como hecho acabado.
 - h.iii) Imagen de ciencia:
 - h.iii.1) visión constructiva y dinámica del conocimiento o visión acumulativa;
 - h.iii.2) centrada en procesos o en productos;
 - h.iii.3) visión plurimetodológica o centrada en lo experimental;
 - h.iii.4) visión histórica, contextualizada o ahistórica y descontextualizada;
 - h.iii.5) se muestran los conflictos y controversias o se presenta una visión aséptica;
 - h.iii.6) se incluyen consideraciones de corte epistemológico (acerca de las relaciones entre realidad y predicación, acerca de las finalidades y valores, acerca de la validación del conocimiento...) o no se las incluye;
 - h.iii.7) se presenta a los científicos y científicas desde una perspectiva humana o se los presenta como genios iluminados (visión hagiográfica);
 - h.iii.8) se le da relevancia al papel de la creatividad y la imaginación en la elaboración de las ideas científicas o no se tiene en cuenta.
- 2) En relación al contenido didáctico:
- a) Análisis de las actividades.
 - a.i) Las situaciones problemáticas que se proponen:
 - a.i.1) son contextualizadas o descontextualizadas;
 - a.i.2) tienen en cuenta las ideas previas o no;
 - a.i.3) utilizan lenguaje cotidiano o lenguaje formal;
 - a.i.4) son abiertas o muy pautadas;
 - a.i.5) de alta demanda cognitiva o de baja demanda cognitiva;
 - a.i.6) articuladas con otras actividades o no.

- a.ii) Presencia o ausencia de actividades: a.ii.1) de indagación;
a.ii.2) de selección y organización de la información;
a.ii.3) de interpretación de situaciones;
a.ii.4) de comunicación de resultados;
a.ii.5) de análisis de resultados;
a.ii.6) de experimentación (por parte de los alumnos);
a.ii.7) grupales;
a.ii.8) que atiendan a la diversidad en el aula;
a.ii.9) que propongan estrategias metacognitivas.

Actividad N° 2:

- Elijan un texto de los más usados en su profesorado para la enseñanza de alguna disciplina científica.
- Analícenlo a partir del instrumento que se presenta en este capítulo. ¿Hay algún aspecto que este instrumento no recoja y que quieran especificar?
- Elaboren una reflexión en el marco de lo abordado hasta aquí en el libro.

BIBLIOGRAFÍA

ASTROZA, M., M. QUINTANILLA, R. DE LA FUENTE y T. LÓPEZ (2013), "Análisis y evaluación del diseño de unidades didácticas de docentes en formación de educación general básica: su contribución inicial a la promoción de competencias de pensamiento científico", *Enseñanza de las ciencias, Número extra, IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*.

ASTUDILLO, C., A. RIVAROSA y F. ORTIZ (2011), "Formas de pensar la enseñanza en ciencias. Un análisis de secuencias didácticas", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(3).

AA.VV. (1995) *Diccionario de las Ciencias de la Educación Santillana*, México, Santillana.

CAAMAÑO, A. (2013), Hacer unidades didácticas: Una tarea fundamental en la planificación de las clases de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias experimentales*, 74, 1-11.

COUSO, D. (2013), La elaboración de unidades didácticas¹³⁸ competenciales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias experimentales*, 74, 12-24.

GUTIÉRREZ, A. (2011), "Unidades didácticas de calidad en la enseñanza de la Biología", en CAÑAL, P. (coord.), *Biología y Geología. Investigación, innovación y buenas prácticas*, Barcelona, Graó.

IZQUIERDO AYMERICH, M. M. (2005), "Hacia una teoría de los contenidos escolares", *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111–122.

OCCELLI, M. y N. VALEIRAS (2013), "Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: Una revisión bibliográfica", *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 133-152.

SANMARTÍ, N. (2001), "El diseño de unidades didácticas", en PERALES, F. y P. CAÑAL (dir.), *Didáctica de las ciencias experimentales*, Madrid, Alcoy.

SANMARTÍ, N. (2005), "La unidad didáctica en el paradigma constructivista", en COUSO, D., E. BADILLO, G. PERAFÁN y A. ADÚRIZ-BRAVO (eds.), *Unidades didácticas en ciencias y matemáticas*, Bogotá, Magisterio.

CAPÍTULO 15

LA ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN

Stella Maris Martínez y Marina Gómez Ríos

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- Los modelos de enseñanza por investigación.
- Las secuencias didácticas basadas en la enseñanza por investigación.

Los modelos de enseñanza por investigación

Especialistas en didáctica de las ciencias acuerdan en que el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias se mejora si se desarrolla como un proceso de reconstrucción de conocimientos en un contexto de investigación. Desde principios de la década de los ochenta (Gil, 1987), se han desarrollado propuestas y materiales para el aula enmarcados en el modelo llamado “de enseñanza por investigación orientada”.

En este enfoque se concibe el aprendizaje como un proceso de evolución y cambio conceptual y epistemológico, que se desarrolla a partir de la puesta en práctica de un plan de actividades organizadas a partir del tratamiento de situaciones problemáticas abiertas. La enseñanza es considerada como la puesta en práctica del plan de actividades para favorecer dicho cambio. La propuesta, básicamente consiste en organizar la enseñanza a partir del tratamiento de situaciones problemáticas abiertas. Desde esta perspectiva, la investigación aparece como marco orientador de la actuación del docente, no solamente por la conexión entre los procesos de enseñanza y de aprendizaje, sino debido a que la investigación debe ser una práctica cotidiana en la tarea docente.

En el marco que proponen los modelos de enseñanza por investigación, el aprendizaje de los conocimientos y habilidades científicas será favorecido si los estudiantes analizan y ponen en juego las formas en que se producen y validan los conocimientos científicos. Esta es la hipótesis básica de la propuesta de Gil, quien plantea que, del mismo modo que la superación del paradigma aristotélico/escolástico sólo fue posible cuando se avanzó hacia la producción de conocimientos basada en imaginar nuevas posibilidades, en ir más allá de lo conocido, en pensar en términos de preguntas y posibles respuestas, generando hipótesis que debían ser sometidas a contrastaciones rigurosas y controladas, es razonable pensar que ocurrirá lo mismo con las estructuras conceptuales de los alumnos si se focaliza su trabajo en la investigación en las clases de ciencias.

Una característica de los modelos de enseñanza por investigación es que la familiarización con la metodología científica y la comprensión de la naturaleza de la ciencia no aparecen de manera aislada, separada del objetivo de

aprender conocimientos científicos o de generar actitudes de valoración de los productos de la ciencia y su aprendizaje.

Esto significa que el aprendizaje significativo de conocimientos científicos requiere del desarrollo simultáneo de procesos de producción propios del trabajo científico. Al adoptar este enfoque en la enseñanza, los estudiantes tendrán que relacionarse de tal forma que se involucren valores, compromisos ontológicos y epistemológicos, enfrentándose a la tensión que genera no conocer de antemano las respuestas, ni los recorridos para obtenerlas, lo que provoca gran incertidumbre. Cabe esperar que sólo si se promueve la implicación afectiva de los estudiantes, será posible el cambio conceptual y epistemológico.

Debemos aclarar en este punto que en la enseñanza por investigación no se trata de dar prioridad al aprendizaje de competencias científicas frente al aprendizaje de hechos y conceptos. Como vimos en el capítulo 11, la competencia científica integra cuatro grandes tipos de capacidades: identificación de cuestiones científicas, explicación científica de los fenómenos

–que incluye el empleo de los conceptos científicos apropiados-, utilización de pruebas científicas y actitudes científicas y hacia la ciencia.

Realmente en la ciencia no existe esa separación, estamos frente a una falsa dicotomía. Los conceptos se elaboran para avanzar en el planteamiento y solución de problemas, que resultan fundamentales en la medida que contribuyen al avance en la solución de problemas también fundamentales. Los intentos de enseñar competencias sin una fuerte base de conocimientos conceptuales no promueven la capacidad de resolver problemas ni permiten la transferencia a situaciones nuevas (Bransford et al., 2000).

Es decir, que las capacidades de los estudiantes para adquirir conjuntos organizados de conocimiento disciplinar y habilidades se ven realmente intensificadas cuando ambas están conectadas e integradas en actividades de resolución de problemas contextualizados; de esta forma se puede comprender por qué, cuándo y cómo esos conocimientos y competencias son relevantes.

De esta manera, como afirman Barros y Losada (2011), la investigación en el aula promueve el desarrollo de una visión más adecuada de la ciencia. El conocimiento científico conjuga el saber teórico y el del proceso científico, encargado de generar esos conocimientos en un determinado marco social e ideológico.

Las secuencias didácticas basadas en la enseñanza por investigación

La investigación en sí misma se puede considerar en el contexto escolar, como una secuencia didáctica, ya que para la resolución de problemas se deben realizar necesariamente una serie de actividades secuenciadas, que permiten el desarrollo de las habilidades en ciencias y el aprendizaje de conceptos, dimensiones involucradas en el desarrollo de la competencia científica necesaria para la construcción de ciudadanía. Por este motivo, para diseñar una secuencia didáctica basada en la enseñanza por investigación,¹⁴¹ es necesario organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de

conocimientos a partir del tratamiento y formulación de situaciones problemáticas, que posibiliten el desarrollo de diversas habilidades investigativas como el análisis de problemas, la formulación de hipótesis; así como de habilidades lingüísticas tales como: la descripción de hechos, resultados y modelos teóricos, justificación de los resultados empleando el conocimiento científico, y la argumentación.

Esta idea supone colocar a los alumnos en una situación investigativa, en la que se abordan problemas planteados por el docente, y que pueden, en diferentes niveles de formulación de los modelos conceptuales, integrar aportes de los alumnos, en la que se dispone del apoyo en ese campo y se cuenta con la posibilidad de comparar y discutir los avances y obstáculos que se le presenta al resto del grupo al analizar el problema. En este contexto, el profesor no debe pensar en términos de qué contenidos ha de transmitir a los alumnos, sino en términos de qué situaciones problemáticas, y qué actividades se ha de proponer a los alumnos para que, con la orientación adecuada, puedan aprender los conocimientos, familiarizarse con el modo de producción de la ciencia, y la adquisición de actitudes hacia sus productos, todas habilidades integradas en el desarrollo de la competencia científica. La concreción de este modo de pensar debe producir situaciones problemáticas abiertas que faciliten los aprendizajes mediante la elaboración de secuencias didácticas adecuadas.

Durante el desarrollo de una secuencia didáctica basada en investigación, los estudiantes tendrán que utilizar y desarrollar habilidades, algunas de las que ya mencionamos, integradas en el concepto de competencia científica, como habilidades puestas en juego en el trabajo científico, por ejemplo la capacidad de construir representaciones o modelos de explicación de fenómenos o acontecimientos empleando nociones o conceptos de las ciencias y la capacidad de formular preguntas o plantear problemas acudiendo a modos de representación de las ciencias, entre otras. Este tipo de propuesta dará lugar a evidenciar “actitudes científicas” tales como la disponibilidad para tolerar la incertidumbre y aceptar la naturaleza provisional propia de la exploración científica y la disposición para el trabajo en equipo (Ergül et al., 2011).

Las competencias científicas que se adquieren durante una investigación escolar son habilidades transferibles a otras situaciones de investigación, son aplicables a muchas ciencias, permiten reflejar el comportamiento de los científicos en el marco de un trabajo de investigación y facilitan el aprendizaje de las ciencias. En la realización de las actividades los estudiantes se posicionan de forma activa; esta participación tiende a desarrollar un sentido de responsabilidad sobre su propio aprendizaje, se produce un aumento de la “estabilidad” de dicho aprendizaje ya que los estudiantes relacionan conceptos en estructuras cognitivas, y por otra parte, les permite adquirir medios y métodos de investigación, que pueden mejorar su comprensión acerca de la naturaleza de la ciencia y del modo de producción del conocimiento científico.

Debido a la importancia mencionada de las competencias científicas, muchos de los investigadores se han centrado en este tema. Las competencias científicas pueden entenderse en dos niveles (Ergül, op.cit.):
competencias 142

Básicas y competencias científicas integradas.

Las competencias científicas básicas estarían representadas por las habilidades básicas involucradas en la investigación científica, tal es el caso de la observación, la medición y la clasificación, entre otras. Estas habilidades son las que deben ser adquiridas durante la educación primaria y los primeros años de la educación secundaria.

Las competencias integradas serían aquellas más complejas, donde varias competencias básicas se utilizan en forma simultánea e interrelacionada. Algunas habilidades de este nivel serían la capacidad de hacer preguntas comprobables, la formulación de hipótesis, utilizar diversas formas de datos para identificar patrones, control de variables, la experimentación, confirmar y rechazar hipótesis, construir y defender un modelo o argumento, considerar explicaciones.

Estas competencias requerirán situaciones problemáticas debidamente contextualizadas que permitan avanzar en cuanto al conocimiento disciplinar y el uso de habilidades específicas para desarrollar una investigación. Estas son el tipo de competencias que se utilizarán en el desarrollo de una secuencia didáctica con enfoque investigativo.

Tal como señalamos anteriormente, el diseño de secuencias didácticas basadas en la enseñanza por investigación se centrará especialmente en definir adecuadamente una situación problemática a resolver por parte de los estudiantes. Esto supone un trabajo complejo para el profesor, que deberá disponer de cierto conocimiento específico del contexto de trabajo, conocimiento profesional docente y conocimiento disciplinar sobre el que edificar este diseño. En este punto inicial el docente se plantea cuál o cuáles son sus propósitos y los objetivos de enseñanza; deberá definir los conceptos fundamentales que se pondrán en juego y cuáles serán las competencias a utilizar y desarrollar durante la resolución del problema.

Otra cuestión significativa de este primer momento reposa sobre el conocimiento que el docente tenga del grupo, sus formas de trabajo, sus conocimientos previos y sus intereses; esta información le permitirá ajustar el planteo del problema y hacerlo más interesante y afín al grupo de estudiantes. En el aula de formación, es importante poder identificar los diferentes niveles/grados de desarrollo de las competencias básicas y científicas integradas, anteriormente descriptas, con que cuentan los estudiantes. El conocimiento de las mismas por parte del docente formador le posibilitará planificar secuencias didácticas con diferentes niveles de complejidad para que los estudiantes tengan la oportunidad para desarrollar las habilidades específicas del proceso de investigación en el contexto escolar.

El diseño del problema implica también que el docente defina las ayudas didácticas que requerirán los estudiantes durante el trabajo; el tipo de orientación que proponga dependerán de varias cuestiones, pero especialmente tendrán que ver con el conocimiento del docente sobre los obstáculos que pueden presentarse en la investigación, la disponibilidad de la información, el nivel de complejidad de los conceptos y teorías involucrados, el

contexto de trabajo y los tiempos de resolución, entre otros.

Las ayudas elaboradas por el docente para la resolución de problemas pueden constituirse en verdaderos guiones, con orientaciones y sugerencias definidas en mayor o menor medida, con mucho detalle, o suponer que el docente sólo intervendrá frente a las consultas, posicionándolo en un lugar más expectante, a la espera de que surjan preguntas o dificultades para avanzar por parte de los estudiantes. Es evidente que pueden elaborarse ayudas didácticas con diversos grados de apertura según el tipo y profundidad de investigación planteada y considerando el nivel de conocimiento conceptual, procedimental y el desarrollo de competencias científicas del curso.

La forma en que se plantee el problema definirá el grado de apertura de la investigación; por este motivo, es importante que el docente identifique cuáles serían las posibles dificultades con las que se encontrarán los estudiantes durante la investigación. Esto permitirá graduar la complejidad de las investigaciones e introducir una progresión en el desarrollo de las mismas. Esta anticipación requiere de un amplio conocimiento profesional y experiencia en la resolución de problemas de tipo investigativo. Por esta razón consideramos fundamental que se concreten propuestas de investigación en la formación del profesorado en ciencias, tanto en la enseñanza en los espacios disciplinares como en los espacios de la práctica docente y de la residencia.

Cada investigación que enfrente un estudiante de profesorado se convierte en un entorno formativo en sí mismo, en el que el futuro docente tendrá la oportunidad de desarrollar competencias científicas y profesionales. Frente a un problema a resolver los estudiantes comienzan con la conceptualización del problema, identificando los diversos aspectos que forman parte del planteo, reconociendo cuáles son los conocimientos que están disponibles para la resolución y generando preguntas e hipótesis que les permitirán delinear los pasos a seguir.

Luego de esta primera fase sobrevendrá la definición de una estrategia de investigación y su desarrollo, con permanente reflexión y revisión de las tareas seleccionadas como parte del proceso de investigación. Los detalles de la resolución y las actividades involucradas dependerán de la situación problemática planteada.

Si consideramos los grados de apertura de la investigación nos encontramos con un nivel básico, en el que el problema es definido totalmente por el docente y las ayudas didácticas son amplias, detalladas y permanentes durante el proceso; un siguiente nivel, en que el planteo realizado por el docente es adaptado o modificado por los estudiantes, quienes aportan algunos aspectos a considerar antes de comenzar la resolución, poniéndose en el rol de profesores y avanzando en aspectos que hacen a la práctica docente.

En este nivel de trabajo las ayudas didácticas son más acotadas en cuanto a lo conceptual y procedimental pero aún revisten mucha importancia en cuanto al análisis de conocimiento pedagógico, de forma que el futuro docente tiene la posibilidad de realizar un meta-análisis de la propuesta en cuanto a su aporte formativo. La expectativa de logro es que en los¹⁴⁴ espacios curriculares del

último año, al finalizar el profesorado, los estudiantes desarrollen autonomía para proponer situaciones investigables y diseñar ayudas didácticas, a la vez que dispongan de "herramientas" para resolver otras situaciones planteadas por el docente formador.

En la perspectiva que presentamos de la enseñanza por investigación, cabe destacar, finalmente, que en la misma subyace, por un lado, la concepción de aprendizaje como un proceso de evolución y cambio conceptual y epistemológico; por otro, la concepción de la enseñanza como la puesta en práctica del plan de actividades para la organización de la enseñanza a partir del tratamiento de situaciones problemáticas abiertas de manera espiralada.

Si bien las recomendaciones y justificaciones de la investigación en la enseñanza de las ciencias reconocen el valor formativo del modelo de enseñanza por investigación en el hecho de que la familiarización con la metodología científica y la comprensión de la naturaleza de la Ciencia no aparecen de manera aislada, separada del objetivo de aprender conocimientos científicos o de generar actitudes positivas hacia las Ciencias y su aprendizaje, este tipo de propuestas didácticas alternativas se presentan en las aulas de formación docente de manera menos habitual de lo deseable, y por lo tanto es un desafío para los formadores pensar su inclusión en las prácticas, para la mejora de la calidad de la formación inicial y permanente de los profesores de secundaria en nuestros institutos de formación docente.

ACTIVIDAD

A continuación se presentan las referencias de dos trabajos (de acceso libre en la web) acerca de la temática desarrollada.

Se propone que elijan uno de ellos y realicen un análisis crítico en base a lo trabajado en este capítulo y en lo desarrollado en los capítulos anteriores.

Además, se les sugiere que propongan alguna modificación superadora para la propuesta del trabajo seleccionado, para que la misma pueda ser aplicada en vuestro instituto de formación docente.

- Herrera San Martín, E. e I. Sánchez Soto (2009), "Unidad didáctica para abordar el concepto de célula desde la resolución de problemas por investigación", *Paradigma*, Vol. XXX N° 01, Junio de 2009, pp. 63-85.
- Cano Martínez, M. I. (2009), "Investigación Escolar: un asunto de enseñanza y aprendizaje en la escuela secundaria", *Investigación en la Escuela*, 2009, pp. 63-79.

BIBLIOGRAFÍA

ERGÜL, R., Y. ŞİMŞEKLI, S. ÇALIŞ y otros (2011), "The effects of inquiry-based science teaching on elementary school students' science process 145 skills and science attitudes", *Bulgarian Journal of Science and Education Policy* (BJSEP), Volume 5, Number 1, Turkey, Uludag University.

BARROS, S. y C. LOSADA (2011), "La estrategia de enseñanza por investigación: actividades y secuenciación", en CAÑAL, P. (coord.), *Didáctica de la Biología y la Geología*, Barcelona, Graó.

BRANSFORD, J. D., A. L. BROWN y R. R. COCKING (Eds.) (2000), *How people learn. Brain, Mind, experience, and School*. Washington D. C., USA: National Academy Press.

GIL, D. y J. MARTÍNEZ TORREGROSA (1987), "Los programas guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias", *Investigación en la Escuela*, Vol. 3, 3-12.

CAPÍTULO 16

LA INVESTIGACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

Alejandro Pujalte y Oscar Trinidad

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- La didáctica de las ciencias naturales como campo específico de conocimiento.
- Las líneas de investigación en la didáctica de las ciencias naturales.
- Relación entre investigación e innovación en las prácticas docentes.

La didáctica de las ciencias naturales como campo específico de conocimiento

En los abordajes epistemológicos disponibles, la didáctica de las ciencias naturales fue a menudo modelizada como *dependiente* de otras disciplinas científicas, entre ellas las propias ciencias naturales, la pedagogía y la psicología del aprendizaje. Sin embargo, se fue diferenciando progresiva y gradualmente de aquellos saberes que le dieron origen. Esta separación implicó entre otras cosas la definición de nuevos problemas de investigación y nuevos enfoques metodológicos.

El apartado que desarrollaremos aquí sigue de cerca la discusión planteada al respecto en el artículo “*Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma*” (Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2002, de acceso libre en la web).

El artículo de referencia se sustenta en un cierto grado de *consolidación* de la disciplina. Este afianzamiento es el que en definitiva permitirá a los enseñantes de ciencias apartarse de su propia práctica profesional y tomarla como objeto de reflexión. Si bien en castellano disponemos de la expresión ‘didáctica de las ciencias naturales’ para referirnos al metadiscurso que se construye sobre la enseñanza de las ciencias, la tradición inglesa reserva el mismo nombre para los dos niveles de discurso (el de la enseñanza y el de su teorización) con la expresión *science education*, lo cual a menudo da lugar a confusiones.

Los autores del trabajo citado aluden a cinco etapas en el desarrollo de la didáctica de las ciencias hasta constituirse como disciplina consolidada:

1. *Etapadisciplinar.*
2. *Etapatecnológica.*
3. *Etapaprotodisciplinar.*
4. *Disciplina emergente.*

La quinta etapa: disciplina consolidada

Se puede afirmar que los últimos treinta años han dado cuenta de la consolidación de la didáctica de las ciencias naturales como disciplina autónoma, en tanto conformada como cuerpo teórico y como comunidad académica. Se sostiene que la aparición de una estructura de conocimientos propia que puede ser enseñada a otros, es un indicador del carácter disciplinar que ha alcanzado la didáctica de las ciencias naturales. Esto se evidencia en la producción de materiales para su enseñanza y el diseño de planes de estudio de posgrado.

Signos de la enseñabilidad, que muestran la existencia de un discurso comunicable, son la producción de manuales, compilaciones y diccionarios de didáctica, y la sanción de planes de estudio de postgrado, con titulaciones específicas.

Otros elementos que claramente dan cuenta de esta consolidación son los siguientes:

1. el crecimiento de la cantidad de producciones anuales;
2. la consolidación de redes de comunicación de resultados y de colaboración mutua a nivel internacional. Comienzan los grandes congresos de didáctica de las ciencias y otras reuniones para temáticas más específicas;
3. la complejidad y potencia heurística de modelos didácticos formulados para dar cuenta de los diferentes problemas. Aparecen periódicamente 'handbooks' o manuales que reflejan en sus capítulos los últimos desarrollos de esas familias de modelos.
4. Cada vez más egresados de licenciaturas y profesorados inician sus tareas de investigación en la didáctica de las ciencias sin pasar por la investigación en la propia ciencia de origen.

En el siguiente apartado de este capítulo desarrollaremos con más detalle los puntos 2 y 3.

Las líneas de investigación en la didáctica de las ciencias naturales

Como cuerpo de conocimiento consolidado y como disciplina a la que algunos autores refieren más precisamente como disciplina tecnocientífica (Adúriz- Bravo e Izquierdo Aymerich, 2001), son reconocibles hacia su interior ciertas dinámicas con relación a la aparición de nuevos problemas a ser abordados o bien en relación con nuevas soluciones para problemas de antigua data. En algunos casos se profundizan líneas de investigación que se demuestran progresivas, mientras que en otros casos las líneas disminuyen en su productividad hasta hacerse regresivas y desaparecer por completo. Pongamos por caso la línea pionera en los desarrollos de la didáctica, que fue la que estaba focalizada en indagar las ideas previas de los estudiantes: ha pasado de constituir la línea más fecunda en desarrollo de investigaciones y tesis doctorales a prácticamente desaparecer en los últimos años en cuanto a cantidad de publicaciones en el tema y en cuanto a su presencia en jornadas y

congresos. Se puede decir que llegó un momento donde el interés dejó de centrarse allí y fue cada vez menos la publicación de artículos en ese sentido, un poco por haberse agotado las posibilidades de categorizar preconcepciones sobre temas científicos escolares y otro poco por las exiguas cosas nuevas que se podrían decir sobre el tema. Algo similar ocurrió, vinculado con la línea anterior, con las investigaciones alrededor del denominado cambio conceptual. Este programa de investigación entró en regresión cuando el foco de la didáctica dejó de ponerse en los aprendizajes y viró hacia la enseñanza. Actualmente el tema sigue siendo de interés para psicólogos cognitivos, pero ya dejó de importarle a la didáctica de las ciencias, en el sentido de no haberse producido innovaciones en la investigación que devinieran en intervenciones genuinas sobre las prácticas.

Un caso opuesto a los anteriores lo constituyen los estudios en el área HPS (History and Philosophy of Science and Science Teaching – Aportaciones de la Historia y la Filosofía de la Ciencia a la Enseñanza de las Ciencias) y dentro de esta área particularmente la línea NOS (Nature of Science – Naturaleza de la Ciencia) sobre las aportaciones de las metaciencias a la didáctica. Estos estudios vienen en progresión en los últimos veinte años e incluso se han generado a partir de ellos congresos internacionales y regionales para abordar estas temáticas específicas.

Un ejemplo de una línea de investigación emergente que viene es la relacionada con las TIC y la enseñanza de las ciencias. Aparecen nuevas soluciones para problemas antiguos, pero también aparecen nuevas problemáticas que necesitan ser investigadas.

¿Cómo saber qué es lo que se investiga en la didáctica de las ciencias naturales en la actualidad?

Propondremos aquí diferentes formas de acceder a esa información.

a) Congresos de didáctica de las ciencias naturales

Hay dos encuentros que se constituyen en los principales referentes a escala mundial:

1. El Congreso de ESERA (European Science Education Research Association). Se realiza cada dos años (los años impares), con sedes rotativas en Europa. El idioma oficial es el inglés. Los trabajos presentados se publican en los *proceedings*. Se los puede consultar en esta página: <http://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/> Y visitar su página en facebook: <https://www.facebook.com/ESERA.org>
<https://www.facebook.com/ESERA.org>
2. El Congreso de NARST (National Association in Science Teaching): Se realiza todos los años, con sedes rotativas en los Estados Unidos y, como en ESERA, el idioma oficial es el inglés. La página de NARST es la siguiente: <https://www.narst.org>

Los *proceedings* de NARST no están disponibles en línea.

Por otra parte, el principal Congreso de Didáctica de las Ciencias de Iberoamérica es el que organiza cada cuatro años la revista *Enseñanza de las Ciencias*, que edita la Universitat Autònoma de Barcelona y la Universidad de Valencia. Pueden consultarse los trabajos presentados en la página del último congreso: <http://www.congresoenseciencias.com/ES/>

En escala descendente, en nuestra región latinoamericana también hay encuentros locales, algunos de ellos muy importantes en cuanto a convocatoria de asistentes y presentación de trabajos, como lo es el Congreso Internacional sobre Enseñanza de la Biología, que organiza la Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de la Argentina (ADBiA).

Con todo, lo que queremos señalar es que una forma de ver cuáles son las líneas de investigación vigentes en didáctica de las ciencias naturales, para un determinado lugar y momento histórico, es recurrir a los *proceedings* de los congresos.

b) Manuales (*Handbooks*)

Otra forma, menos dinámica, pero con mayor nivel de profundidad, es recurriendo a los manuales o *handbooks*. Yendo al índice de estos manuales se puede tener un panorama bastante adecuado de los modelos teóricos más pertinentes en la didáctica de las ciencias naturales. Veamos un ejemplo en nuestro idioma:

“Áreas y estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales” (Coordinación: Cristian Merino Rubilar, Adrianna Gómez Galindo y Agustín Adúriz-Bravo), 2008.

- Parte I. Áreas de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales.
 - o Capítulo 1. Las concepciones alternativas, el cambio conceptual y los modelos explicativos del alumnado. Adriana Gómez Galindo.
 - o Capítulo 2. La organización y la secuenciación de los contenidos para su enseñanza. Mercè Izquierdo.
 - o Capítulo 3. La resolución de problemas. Digna Couso, Mercè Izquierdo y Cristian Merino Rubilar.
 - o Capítulo 4. Las tecnologías de la información y la comunicación. Roser Pintó, Marcel·la Saez y Montserrat Tortosa.
 - o Capítulo 5. La naturaleza de la ciencia. Agustín Adúriz-Bravo.
 - o Capítulo 6. La comunicación en el aula. Conxita Márquez.
- Parte II. Estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales.
 - o Capítulo 7. Elaborar unidades didácticas incorporando la historia de la ciencia. Mario Quintanilla y Cristian Merino Rubilar.

- o Capítulo 8. Favorecer la argumentación en la clase. Carolina Pipitone, Anna Sardà y Neus Sanmartí.
- o Capítulo 9. Utilizar las narrativas en el trabajo experimental. Lizette Ramos De Robles y Mariona Espinet.
- o Capítulo 10. Formar profesores mediante la investigación-acción. Fanny Angulo y M^a Pilar García Rovira.

c) Revistas

Una de los indicios de la consolidación de una disciplina es la aparición de órganos de difusión de las ideas circulantes en la comunidad. A nivel internacional existe un número muy importante de revistas que publican las investigaciones en el campo. Algunos ejemplos a continuación, con acceso abierto:

<i>Educación Química</i> http://www.educacionquimica.info	<i>Revista Eureka</i> http://www.apac-eureka.org/revista
Enseñanza de las Ciencias (en este caso son de acceso libre aquellos números que tienen una antigüedad mayor a dos años) http://ensciencias.uab.es	<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> http://www.saum.uvigo.es/reec/index.htm
<i>Ciência e Educação</i> http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/index.php	

Relación entre investigación e innovación en las prácticas docentes

Como ya hemos visto, el surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo de conocimiento específico se encuentra claramente relacionado a las necesidades de dar respuestas a preguntas relacionadas con la mejora de la educación científica. Paradójicamente, esta última afirmación muchas veces suele concretarse solo en partes, o lo que es mucho más preocupante, en partes excluyentes.

En este capítulo intentamos “asomarnos” al proceso por el cual el campo de la didáctica de las ciencias viene, desde hace años, generando (e intentando responder) sus propias preguntas a partir de las investigaciones, aunque el conocimiento logrado en este proceso no siempre se traduce linealmente, en cambios en las prácticas de aula. ¿Con esto queremos decir que no se producen innovaciones en las aulas? Claramente respondemos que no, aunque reconocemos que muchos de los cambios que el profesorado¹⁵¹ intenta no siempre se encuentran relacionados al conocimiento, por parte de los docentes, de las producciones del campo de la didáctica de las

ciencias, y más bien se direccionan a la búsqueda de respuestas que provienen de la propia experiencia, de intuiciones o intentos individuales de mejoras.

En un trabajo del año 2013, Vilches y Gil Pérez, en “Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias: Necesidad de una mayor vinculación”, intentan describir la relación existente entre las investigaciones producidas en el campo de la enseñanza de las ciencias y las innovaciones que intentan implementar los docentes en sus aulas de ciencias, llegando a la conclusión de que dicha relación no es tan estrecha como puede esperarse. En dicho trabajo referencian un gran número de investigaciones (Briscoe, 1991; Cronin-Jones, 1991; Anderson y Helms, 2001; Russell y Martin, 2007) que dan cuenta de la escasa influencia que la investigación en didáctica de las ciencias tiene en la enseñanza vigente. El desconocimiento de una gran parte de docentes de ciencias de las aportaciones de la investigación educativa dio lugar a expresiones como *research-practice gap*, que podemos traducir como “brecha entre la investigación y la práctica en el aula” (Pekarek, Krockover y Shepardson, 1996).

En el trabajo de Vilches y Gil Pérez, se realizan indagaciones sobre las revistas de investigación en didáctica de las ciencias que los profesores manejan o al menos conocen y sobre las percepciones acerca de las aportaciones de la investigación a la mejora de los procesos de enseñanza/aprendizaje. Con tal fin entrevistan a docentes de comprobada experiencia y a docentes en formación, proponiéndoles que contesten las siguientes preguntas:

- Ítem 1. ¿Qué revistas de didáctica de las ciencias conocés?
- Ítem 2. En todo este tiempo que estás trabajando en la enseñanza, ¿introdujiste mejoras en tus clases?, ¿cambiaste cosas que viste que no funcionan pensaste que conviene hacerlo de otra manera? ¿Qué te ayudó a la introducción de esas mejoras? ¿En qué te basaste?
- Ítem 3. ¿Qué aportaciones conocés de la investigación en didáctica de las ciencias para la mejora de la enseñanza?

La gran mayoría de los profesores que constituyen la muestra del trabajo que estamos comentando, manifiestan no conocer ninguna revista especializada en investigación en didáctica de las ciencias, confirmando la percepción sobre la “brecha” entre investigación e innovación, dado que, como es de esperar, un importante número de docentes manifiesta intentar mejoras en sus prácticas de aula (innovación), aunque la mayoría responde, en esencia, que para el diseño de las mismas se apoyaron en su experiencia personal, en lo que fueron probando y viendo si funcionaba bien o no; en su propia reflexión. No hay referencias a la implicación en investigaciones en torno a los problemas encontrados y ni siquiera al estudio de la investigación realizada por otros.

Claramente, los profesores en general conceden escasa importancia a las investigaciones dado que, en la realidad, no se limitan a aplicar en sus clases los lineamientos escritos por expertos. Por el contrario, apelan a su propia experiencia y toman decisiones en los múltiples contextos en los que trabajan, los cuales poseen en sí mismos diversos grados de complejidad y obedecen a múltiples y variados factores (tipos de establecimientos, características del alumnado, dinámica institucional, etc.) que no siempre son contemplados en los modelos que se proponen desde la academia, generando en casos extremos docentes que expresan un cierto rechazo hacia lo que califican de planteamientos “teóricos”. Un rechazo que conecta, además, con concepciones espontáneas de los docentes –y en realidad de toda la sociedad– como la idea de que enseñar es fácil y “basta con un buen conocimiento de la materia y algo de práctica” (Jones y Carter, 2007). Difícilmente podrá lograrse, pues, la necesaria implicación de los profesores en la mejora de la enseñanza, en tanto estas concepciones y sus causas no sean tenidas en cuenta en los procesos de reforma y en la currícula de formación del profesorado (Russell y Martin, 2007; Vilches y Gil-Pérez, 2007).

Por otro lado, entendemos que las causas de la brecha de la cual hablamos, no pueden relacionarse únicamente con el desconocimiento del producto de las investigaciones por parte de los docentes. Realmente es dificultoso encontrar un número significativo de investigaciones, que se originen en el estudio pormenorizado de las innovaciones generadas en las escuelas, sean cuales fueren los problemas que buscan resolver o los fundamentos que les dieron origen. Esta observación no es menor y concuerda con la política editorial de prestigiosas revistas en el campo de la educación científica, que rechazan sistemáticamente aquellos trabajos considerados de innovación, por muy fundamentados que resulten. Esta visión diferenciada entre la investigación y la práctica parece reeditar una vieja (y entendemos superada) rivalidad entre ciencia y tecnología, entendiendo que esta última puede ser comparada con la innovación, en cuanto a una visión simplista, es decir, como mera aplicación de los conocimientos científicos (Gardner, 1994; Ferreira-Gauchía, Vilches y Gil- Pérez, 2012). Creemos evidente que esta visión no ayuda a estrechar el distanciamiento entre la investigación didáctica y los intentos de innovación que producen los profesores. Por otro lado, desde nuestro rol como formadores de futuros docentes, lo hasta aquí trabajado sobre la relación entre el campo de la investigación y el de las prácticas, debería cuanto menos generarnos una pregunta: ¿En qué medida la formación inicial contribuye a generar esta brecha? O quizás... ¿qué lugar tiene la investigación en cuestiones relacionadas con la enseñanza de las ciencias experimentales, dentro de la cultura institucional de nuestro instituto?

La problemática de la producción de conocimiento por parte de los institutos de formación docente en el campo de la didáctica de las ciencias, es un tema que desde hace años viene tratando el INFD. Solo por presentar algunos ejemplos, podemos citar documentos que el Instituto Nacional viene compartiendo con los profesorados, tales como el “Documento metodológico orientador para la

investigación educativa”⁴ (Pievi, N. y C. Bravin, 2009). En la introducción del citado documento, se plantea claramente la necesidad de la producción de investigación por parte de los institutos de formación, en función de lo prescripto por la Ley de Educación Nacional:

“En el artículo 71 de la nueva Ley de Educación se establece que la finalidad de la formación docente es ‘preparar profesionales capaces de enseñar, generar y transmitir los conocimientos y valores necesarios para la formación integral de las personas, el desarrollo nacional y la construcción de una sociedad más justa’. Del mismo modo, en el artículo 72 se establece que la formación docente, en tanto parte constitutiva del nivel de educación superior, tiene como funciones, entre otras, ‘la formación docente inicial, la formación docente continua, el apoyo pedagógico a las escuelas y la investigación educativa”.

Nuevamente, en siguientes articulados, por ej. el 74 ítem c, vuelve a mencionar:

“Incentivar la investigación y la innovación educativa vinculadas con las tareas de enseñanza, la experimentación y sistematización de propuestas que aporten a la reflexión sobre la práctica y a la renovación de las experiencias escolares.”

Es clara la importancia que adquiere la capacidad de producir conocimiento por parte de los profesionales docentes teniendo en cuenta que, a su vez, son formadores de formadores.

“También queda expresa la importancia que la nueva ley otorga a la investigación en los ISFD en el artículo 76 inciso h. Y en el inciso b se hace mención a impulsar políticas de fortalecimiento de las relaciones entre el sistema de formación docente y los otros niveles del sistema educativo”.

El documento continúa, proponiendo una revisión de cuestiones relacionadas a los procesos de construcción del conocimiento científico y trabajando sobre los procesos de diseño de investigaciones. Entre los temas relevantes podemos citar: proceso, proyecto y diseño de la investigación, métodos cuantitativos y cualitativos de investigación, el procesamiento de datos cuantitativos, cualitativos y el sentido de la investigación educativa.

Otro documento que demuestra la preocupación por la producción de conocimiento educativo por parte de los institutos es el denominado “Estado de situación de la investigación en los institutos de formación docente”, realizado por Juan Carlos Serra en el año 2010. El documento se propone:

- Conocer las condiciones y características de las actividades de investigación desarrolladas por los Institutos Superiores de Formación Docente (ISFD).
- Sistematizar información referente a las relaciones entre desarrollo de investigación y formación docente.

⁴ Se puede consultar el documento completo en:

http://cedoc.infed.edu.ar/upload/Documento_metodologico_investigacion.PDF

- Analizar condiciones y procesos institucionales que favorecen la articulación entre investigación educativa y formación docente.

Más allá de recomendar la lectura del documento⁵, el cual nos brinda una visión general de las producciones que los institutos declaran realizar, así como características del contexto en el cual las realizan, existen algunas conclusiones que entendemos aportan a la línea discursiva que venimos trabajando en este capítulo:

“... las limitaciones en la formación para la realización de investigación de muchos de los docentes de los ISFD, que no fueron formados históricamente para ello. La formación en investigación es una tarea de largo aliento que implica un proceso de socialización prolongado junto a expertos, que no se alcanza por una simple disposición normativa o la asignación de algunos recursos para ello.”

El documento resalta las muy buenas experiencias relevadas en muchos puntos del país, aunque los datos que arroja demuestran que estamos lejos de estrechar la “brecha”. Es probable que se necesiten más y mejores espacios que acompañen la formación docente en estas competencias dado que seguramente:

“(...) es necesario ayudar al profesorado a lograr competencias que le permitan manejarse con razonable éxito en su tarea profesional, por lo que se hace necesario la formación profesional, la investigación y la innovación educativa. No se busca que los docentes reconstruyan por sí mismos los conocimientos elaborados por la comunidad científica, sino de una colaboración para que realicen la reconstrucción de dichos conocimientos”. (Tricárico, 2008).

En principio podríamos decir que la mayoría de los alumnos de institutos de formación docente de hoy en día (al igual que los docentes de los ISFD a los que refiere el anterior documento) no se encuentran preparados para afrontar investigaciones; de hecho entendemos que no tienen contacto significativo con las investigaciones del campo de la didáctica de las ciencias, hasta muy avanzada su formación. En la mayoría de las jurisdicciones existe algún espacio curricular, destinado a (o que involucra dentro de sus objetivos) trabajos relacionados con cuestiones sobre metodología de la investigación (para el caso de la provincia de Buenos Aires se destinan dos horas semanales en 4° año para este tipo de estudios). Un muy acotado relevamiento realizado sobre 10 institutos de la provincia de Buenos Aires sobre las modalidades de trabajo y las temáticas tratadas en estos espacios, arrojan datos realmente diversos. En algunos de los casos, los docentes de esta materia realizan un recorrido por los distintos tipos de diseños de investigación, sus características, métodos, etc., llegando a realizar en algunos casos, diseños e implementación de alguna investigación del tipo experimental, generalmente referida al establecimiento de relaciones causales entre variables de algún fenómeno natural, por lo general son muy pocas las veces en donde el objeto de

⁵Disponible en: <http://xurl.es/5aty8>

investigación lo constituyen problemáticas relacionadas a la enseñanza de las ciencias, cuestión que debiera ser natural en una institución cuyo ámbito de incumbencia es la docencia. Esta observación, podría deberse a que el diseño curricular (nuevamente de esta materia, en Buenos Aires) no especifica el trabajo con este objeto de estudio, o a que los docentes de estas materias comparten el distanciamiento con respecto a las producciones realizadas por la investigación en el campo de las didácticas específicas, tal como relatan Vilches y Gil Pérez en el trabajo ya comentado, o que simplemente se espera que este tipo de estudios se realicen en la formación permanente posterior al egreso de los alumnos del instituto. Sea cual fuere el motivo, creemos que indagar sobre qué es lo que ocurre en nuestros institutos con respecto a estas cuestiones, puede ser un interesante punto de partida para pensar si el problema del “encuentro” entre los alumnos del instituto y el trabajo de los investigadores del campo de las didácticas específicas (o lo que sería aún más deseable, el acompañamiento en los primeros diseños de investigación) ya se encuentra resuelto, o esperan algún aporte de parte de los que comenzamos a hacernos este tipo de preguntas.

ACTIVIDADES

Actividad N° 1:

Lea la caracterización que se hace en el trabajo de Adúriz-Bravo e Izquierdo con relación a las primeras cuatro etapas en la conformación de la didáctica de las ciencias naturales. A partir de allí, justifique en qué etapa encuadraría el siguiente párrafo:

“Para demostrar a los niños que la oxidación es una combustión lenta y que, por consiguiente, necesita oxígeno para producirse, realizaremos la siguiente prueba:

Colocaremos en el fondo humedecido de un vaso unas cuantas limaduras de hierro y luego invertiremos el vaso sobre un plato soperero lleno de agua. Al cabo de varios días comprobaremos que el agua ha ascendido en el interior del vaso. Explicaremos a los alumnos que ello obedece a la absorción del oxígeno por las limaduras de hierro, al producirse su oxidación. El agua sube para ocupar el vacío dejado por oxígeno.”

Actividad N° 2

a) Ingrese a la página del 9º Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias (Girona, España, 2013):

<http://www.congresoenseciencias.com/ES>

a.1) Recorra el sitio con total libertad para conocer cómo funciona un congreso de este estilo. Redacte unas pocas líneas con las cuestiones que más le han llamado la atención.

Luego, averigüe cuáles fueron los ejes temáticos propuestos para el envío de trabajos de investigación en el siguiente link:

<http://www.congresoenseciencias.com/ES/comunicaciones.php#modality>

a.2) Consulte el número especial de la revista “Enseñanza de las Ciencias” donde se encuentran los trabajos que se presentaron al congreso, en el siguiente link:

http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/htm/inicio.html

Ingrese a cada uno de los temas para ver la cantidad de trabajos en cada uno de ellos y haga un ranking desde los temas con más abundancia de trabajos a los que menos trabajos registran.

b) Ingrese a la página de las X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología (Villa Giardino, Córdoba, 2012) <http://congresosadbia.com/ocs/index.php/adbia2012/adbia2012>

b.1) Haga lo mismo que hizo en a.1)

Encuentre los trabajos que se presentaron en este congreso, entrando al siguiente link:

<http://congresoadbia2012.com/ocs/index.php/adbia2012/adbia2012/sched Conf/presentations>

Registre los ejes o temáticas propuestos para el envío de trabajos. b.2) Igual que en a.2), confeccione un ranking.

c) Compare a y b. Más allá de que el congreso local es específico de la enseñanza de la Biología, ¿qué puede decir de las líneas de investigación?

¿Podría inferir algún patrón en particular con relación a las problemáticas que más trabajos convocan?

Actividad N° 3

Les proponemos realizar una encuesta en el instituto en que trabajan, para obtener datos que nos describan:

- la existencia de actividades de investigación desarrolladas por el instituto en el cual trabajan;
- condiciones y procesos institucionales que favorecen la articulación entre investigación educativa y formación docente;
- actividades que desarrollen los alumnos del instituto que de alguna manera los acerquen a las producciones del campo de la investigación educativa.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, R. D. y J. V. HELMS (2001), "The Ideal of Standards and the reality of Schools: Needed Research", *Journal of Research in Science Teaching* 38(1), 3-16.

ADÚRIZ-BRAVO, A. y M. IZQUIERDO (2002), "Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 130-140.

BRISCOE, C. (1991), "The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teacherchange", *Science Education* 75(2), 185-199.

CRONIN-JONES, L. L. (1991), "Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies", *Journal of Research in Science Teaching* 38(3), 235-250.

GARDNER, P. L. (1994), "Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum", *Studies in Science Education*, 24, 1-28.

FERREIRA-GAUCHÍA, C., A. VILCHES y D. GIL-PÉREZ (2012), "Concepciones docentes acerca de la naturaleza de la tecnología y de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la educación tecnológica", *Enseñanza de las Ciencias* 30(2), 253-272.

JONES, M. G. y G. CARTER (2007), "Science Teacher Attitudes and Beliefs", en ABELL, S. K. y N. G. LEDERMAN (2007), *Handbook on Research on Science Education*, pp. 1067-1104. Nueva York: Routledge.

MAIZTEGUI, A., J. A. ACEVEDO, A. CAAMAÑO y otros (2002), "Papel de la tecnología en la educación Científica: una dimensión olvidada", *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 128-155.

MERINO RUBILAR, C., A. GÓMEZ GALINDO y A. ADÚRIZ-BRAVO (Coords.) (2008), *Áreas y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Colección Formación en Investigación para Profesores Volumen I. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

PEKAREK, R., G. H. KROCKOVER y D. P. SHEPARDSON (1996), "The Research- Practice Gap in Science Education", *Journal of Research in Science Teaching* 33(2), 111-113.

RUSSELL, T. y A. K. MARTIN (2007), "Learning to Teach Science", en ABELL, S. y N.G. LEDERMAN, *Handbook on Research on Science Education* (pp. 1151- 1178). Nueva York: Routledge.

VILCHES, A y D. GIL-PÉREZ (2013), "Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. Necesidad de una mayor vinculación", *Tecné, Episteme y Didaxis – TED*, N° 34, Julio-Diciembre 2013, pp. 15-27.

VILCHES, A. y D. GIL-PÉREZ (2007), "La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad", *Tecné, Episteme y Didaxis - TED*, 22, 67-85. (Número extraordinario dedicado a los 10 años de la Revista TED).¹⁵⁸

CAPÍTULO 17

LA INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA FORMACIÓN DOCENTE

Marcelo Bazán

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- Antecedentes.
- Los problemas de la investigación: ¿sirven para la formación docente?
- Aportes de la revisión bibliográfica de investigaciones.

Antecedentes

En muchas jurisdicciones de nuestro país el diseño curricular de formación del profesorado incluye asignaturas que tratan sobre metodología de la investigación en general o específicamente alguna metodología de la investigación en enseñanza de las ciencias. Lo mismo ocurre en las licenciaturas en enseñanza de las disciplinas científicas, destinadas a profesores de ciencias, como así también en postítulos y posgrados.

Hemos visto en el capítulo anterior que se reconoce la existencia de una brecha entre las prácticas concretas del profesorado en los diferentes niveles educativos y las producciones académicas surgidas de la investigación, que apuntan justamente a aportar soluciones a los problemas más acuciantes de la enseñanza de las ciencias naturales. Es así que esta brecha muchas veces se ve reflejada en cierta desconfianza presente en los docentes “de trincheras”, esto es, aquellos que están frente a alumnos a diario, en relación con aquellos saberes surgidos de la investigación, en el sentido de su supuesta utilidad y aplicabilidad en los contextos reales. Preguntas tales como ¿qué me aporta esta investigación?, ¿es útil para mis clases?, muchas veces suelen ser retóricas, en tanto presuponen respuestas de corte negativo. Son considerados saberes “de escritorio”, producidos por una élite con poco o ningún acceso a las problemáticas reales del aula. Por supuesto que esto constituye un cuerpo de prejuicios que al mismo tiempo conforma un verdadero obstáculo para el acercamiento de los docentes a las actualizaciones académicas. Se ha hablado en el capítulo anterior (y también se hará referencia en el siguiente) acerca de algunos posibles orígenes de estos prejuicios, sobre todo vinculados a ciertas importaciones de saberes con poca o ninguna relación con los contextos locales.

Se entiende entonces (y de ello hemos intentado dar cuenta hasta aquí en este libro) que no pueden pensarse seriamente recorridos de desarrollo profesional docente si no se vinculan con la producción académica surgida de la investigación. Y que esta vinculación debe darse ya en la formación inicial del profesorado para luego proseguir a lo largo de la carrera profesional. En este

capítulo y el siguiente, les proponemos abordar las relaciones que hemos esbozado hasta aquí y proponer otras nuevas a través del análisis de diversos artículos.

Jordi Solbes y colaboradores señalan que los profesores de ciencias asumen que para enseñar basta con conocer los contenidos y que, si los alumnos no comprenden, es debido a sus propias limitaciones, ya que la ciencia es difícil y no todas las personas están capacitadas para entenderla. A su vez, los autores señalan que esa idea no sólo está presente en la mayoría de los docentes de ciencias, sino que es una idea socialmente aceptada. (Solbes et al., 2004)

Como se abordó en capítulos anteriores, a partir de la década del setenta se iniciaron en diversas universidades tareas para tratar de encontrar respuestas a una preocupación: los alumnos no comprendían ciencias. Fueros esos los primeros esbozos y las primeras aproximaciones a la investigación en didáctica de las ciencias. Para los '80, los grupos y colectivos de profesores habían crecido y las investigaciones eran cada vez más numerosas, y las revistas y publicaciones especializadas cobraban más importancia. Entre ellas se destacan *Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, y, en habla hispana, hace su aparición *Enseñanza de las Ciencias*. Junto a estas publicaciones, también se crean en diferentes universidades, Departamentos o Institutos dedicados a la investigación y difusión de la Didáctica de las Ciencias.

A manera de reflejo de la situación reinante, Solbes et. al. (op. cit.) rescatan el Editorial del primer número de la revista *Enseñanza de las Ciencias*, en marzo de 1983, que decía:

"*Enseñanza de las Ciencias* aparece así con voluntad de contribuir a la promoción de la investigación educativa y de facilitar la comunicación de los trabajos que algunos grupos vienen ya realizando. Y aparece como respuesta a una demanda generalizada y repetidamente manifestada (...) Pero la amplitud del movimiento de renovación didáctica y el creciente interés del profesorado por vincular su docencia a la investigación permiten concebir esperanza de éxito..."

Con la llegada de los siguientes años, los avances continuaron, y se puede afirmar que se ha desarrollado un ámbito específico de conocimientos, surgidos a partir de la investigación educativa en enseñanza de las ciencias.

En un trabajo presentado en el año 2013 por Domínguez Sales, M., J. Solbes,

C. Furió y J. Fernández, en el IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las Ciencias en Girona, con el objetivo de determinar si la investigación educativa llega a las prácticas de aula, se trabaja con un grupo de docentes de física y química. Los resultados de la investigación marcan un distanciamiento entre la práctica docente y los resultados de la investigación. A través de un cuestionario, una entrevista personal y un protocolo de observación, llegan a concluir que:

- De los 37 docentes de un promedio de 25,2 años de antigüedad, habían realizado una media de 8 cursos cada uno, en su mayoría de uso de TIC y de actualización en contenidos conceptuales;

- Sólo 6 habían participado en alguna medida en alguna actividad de investigación en didáctica de las Ciencias;
- Solamente 3 pudieron citar tres revistas especializadas en el tema, 7 citaron entre 2 y 7, y la mitad no pudo citar ninguna.

Muchos trabajos marcan que son muy escasos los profesores que llevan a sus aulas cambios, innovaciones y propuestas surgidas de las investigaciones. Gil, Furió y Gavidia (1998) suman a la escasa repercusión de las investigaciones en las aulas, el rechazo de los profesores hacia las mismas.

Los profesores, tanto de escuelas secundarias, como de formación docente, suelen tomar a la didáctica de las ciencias y a la investigación relacionada a la misma, como acientífica y opinable (Solbes et al., op. cit.). Esto es un claro signo de la existencia de una gran distancia y desencuentro entre las aulas de formación y la investigación.

¿Cuáles pueden ser las causas de esta situación? Diversos autores, señalan tres posibles motivos:

- La formación docente continua (capacitaciones) sólo trata temas muy precisos, olvidando el carácter asociativo de la didáctica de las ciencias.
- Los profesores se sienten criticados, menoscabados, desvalorizados, e incluso ridiculizados en muchas investigaciones, sin que se les reconozca nada positivo en sus prácticas.
- No se tienen en cuenta los obstáculos que suponen las preconcepciones que los docentes poseen, y que traban la incorporación de los resultados de las investigaciones en las aulas.

Con relación a lo que señalábamos al inicio de este capítulo, se puede decir que la experiencia hispanoamericana en los albores de la didáctica de las ciencias naturales como disciplina autónoma contribuyó en cierta medida al distanciamiento al que hemos aludido: *Enseñanza de las Ciencias* fue (y sigue siendo) una revista en la que escriben académicos e investigadores de tiempo completo y cuyos lectores se encuentran mayormente en la misma comunidad, incluso con una jerga que les es propia. Por tanto, la relación que propició con el profesorado se caracterizó como mayoritariamente vertical. Otro caso bien diferente fue y es el de la Revista *Alambique*, originalmente pensada para que los docentes publicaran sus trabajos, con más llegada a los colegas, que hablaban un mismo idioma. Con el tiempo, *Alambique* también se transformó en una publicación prioritaria para los investigadores. Actualmente, la Revista *Eureka* es un muy buen ejemplo de publicación horizontal, hecha por profesores para profesores.

En los párrafos que siguen nos proponemos analizar una serie de trabajos de investigación, con la intención de mostrar de qué manera pueden resultarnos valiosos en la formación inicial. Iniciaremos esta propuesta, partiendo del análisis de algunas categorías como los problemas de investigación, las hipótesis, entre otras, para después continuar el trabajo con otras investigaciones y otras categorías.

Los problemas de la investigación ¿sirven para la formación docente?

Colás Bravo y Buendía Eisman (1994) afirman que en un proceso de investigación, la parte más creativa es la de formular un problema. El primer elemento esencial para que una investigación sea pertinente, es un problema interesante (Jiménez Aleixandre y García Rodeja, 1997).

Estos problemas pueden tener su origen en diferentes situaciones:

1. La experiencia.
2. Las teorías científicas.
3. Las investigaciones previas.

En cuanto a los problemas de investigación surgidos de la experiencia, existe bastante aceptación. Un profesor se hace preguntas sobre cómo está enseñando, o cómo están aprendiendo sus alumnos, o por qué no lo hacen. Las respuestas suelen ser dadas desde el sentido común o la intuición. Sin embargo, si se quieren dar respuestas valederas, y se quiere profundizar sobre el tema, es necesario que haya una investigación que permita dar explicaciones científicas a la problemática planteada.

Las teorías científicas, en este caso del campo educativo, permiten encontrar posibles respuestas a las preguntas surgidas del problema. Sobre ellas, es posible plantear otras preguntas y sugerir hipótesis.

El análisis de investigaciones preexistentes, puede ser motivo de aparición de nuevos problemas y nuevas preguntas. Pueden dar lugar también a la réplica de la investigación en otro contexto, o a la modificación de alguna variable para llevarla a la práctica y generar una ampliación y aportes al trabajo de base.

Sea cual sea el origen del problema, éste debe, a partir de la solución del mismo, ser un insumo que permita incrementar los conocimientos, en este caso en la enseñanza de las ciencias. Pero también, el problema seleccionado debe ser capaz de generar nuevos problemas e investigaciones posteriores.

Cabe entonces reflexionar acerca de si los problemas de investigación son relevantes para los docentes y si es esa una de las causas del distanciamiento entre la investigación y las prácticas.

Aportes de la revisión bibliográfica de investigaciones

Al acceder a artículos de investigación en didáctica de las ciencias, se abre un abanico de fuentes muy amplio. Si se definió el problema con claridad, en una investigación, es fundamental el siguiente paso: la revisión de la bibliografía existente para ese tema.

Generalmente se buscan artículos y publicaciones de autores reconocidos y de amplia trayectoria, o de grupos de universidades o instituciones reconocidas. La revisión bibliográfica, es una excelente oportunidad, tanto para el que investiga como para el que accede a una comunicación, de conocer nuevos actores, diversas publicaciones, grupos de investigación,¹⁶² líneas de trabajo, etc.

A manera de ejemplo, en las lecturas llevadas a cabo en el ciclo que dio

origen a este libro, fueron surgiendo muchos artículos que consideramos valiosos. La consulta y la ampliación de fuentes a partir de la revisión de bibliografía dieron lugar a conocer nuevos autores y propuestas. La posibilidad de acceder a bibliografía para realizar revisiones, es muy grande en la actualidad.

ACTIVIDAD

A continuación les proponemos que seleccionen algún artículo de investigación en enseñanza de las ciencias (pueden acceder a partir de algunos de los sitios webs de las revistas con acceso libre que se reseñaron en el capítulo anterior) en función de sus intereses o predilecciones. Les solicitamos que:

- Realicen una lectura atenta del artículo.
- Identifiquen y describan el problema de la investigación.
- Analicen y justifiquen si ese problema y la posterior investigación tienen relación con la formación docente y en caso afirmativo de qué manera podría incluirse en alguna clase en un instituto.
- Describan qué aportes pudieron encontrar en la revisión bibliográfica (si les parece pertinente y por qué, si accedieron a nuevos autores o publicaciones, etc.) con relación a la formación de profesores.

BIBLIOGRAFÍA

COLAS BRAVO, M. P. y L. BUENDÍA EISMAN (1994), *Investigación educativa*, Sevilla, Editorial Alfar.

DOMINGUEZ SALES, M., J. SOLBES, C. FURIÓ y J. FERNÁNDEZ (2013), *Influencia de la formación del profesorado en su conocimiento didáctico y práctica docente*, IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las Ciencias, Girona, España.

GIL, D., C. FURIÓ y V. GAVIDIA (1998), “El profesorado y la reforma educativa en España”, *Investigación en la Escuela*, N°36, 49-64.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. e I. GARCÍA RODEJA GAYOSO (1997), “Hipótesis, citas, resultados: reflexiones sobre la comunicación científica en didáctica de las Ciencias”, revista *Enseñanza de las Ciencias*, N° 15 (1) pp. 11-19. Disponible en:

<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21473/93468>

SOLBES, J., C. FURIÓ, V. GAVIDIA y A. VILCHES (2004), “Algunas consideraciones sobre la incidencia de la investigación educativa en la enseñanza de las Ciencias”, *Investigación en la Escuela*, N°52, pp. 103-109. Disponible en:

http://www.investigacionenlaescuela.es/articulos/52/R52_8.pdf

CAPÍTULO 18

LOS USOS DE LA INVESTIGACIÓN EN LOS ISFD

Edmundo Aguilera

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- Introducción.
- El uso de la investigación en la formación docente.
- Las tradiciones de investigación en la enseñanza de las ciencias.
- El uso de los aportes de la investigación en la enseñanza de las ciencias y el desarrollo profesional docente en los ISFD: hacia una propuesta posible.
- Breves reflexiones para seguir pensando...

Introducción

En este capítulo continuamos compartiendo las reflexiones en el desarrollo de esta tercera parte del libro, que asumen la articulación entre los aportes de la investigación educativa y las prácticas docentes, como un eje central en la formación inicial y permanente de profesores de ciencias para la escuela secundaria.

En todo el trayecto formativo asumimos el propósito de provocar un movimiento de análisis crítico y de reflexión, sobre las prácticas de enseñanza, en la formación docente de ciencias para secundaria, con la convicción de que la tarea colaborativa y compartida en los equipos institucionales de los ISFD, posibilita una contribución al desarrollo profesional docente.

Una recapitulación del recorrido de esta tercera parte de la experiencia formativa compartida en el ciclo de ciencias para secundaria, nos puede ayudar en la tarea metacognitiva necesaria para reflexionar críticamente sobre los aportes teóricos desarrollados hasta aquí, y poner en marcha la autorregulación de los aprendizajes, como una herramienta que posibilite el cambio y el mejoramiento de las prácticas, como docentes que formamos profesores de secundaria en Biología, Física y Química.

El uso de la investigación en la formación docente

Como ya comentamos, nos interesa trabajar desde las posibilidades del uso de la investigación en la enseñanza de las ciencias en la formación docente y no desde lo que ocurre hoy en día en los institutos. Tampoco tenemos la intención de pontificar lo que debería ser. Nuestra idea es tratar de corrernos del lugar del diagnóstico y la prescripción, y situarnos más en la perspectiva de pensar esa dialéctica entre prácticas educativas de formación y aportes de la investigación, como una estrategia para el desarrollo profesional docente.

La integración de los aportes de investigación a las prácticas de la enseñanza de las ciencias en la formación de profesores de secundaria de Biología, Física y Química, se constituye en una oportunidad para los equipos institucionales de profesores, ya que abre la posibilidad de generar un espacio crítico, a partir de los aportes teóricos de la investigación, dirigidos a la comprensión y explicación de problemas de enseñanza y de aprendizajes del amplio campo, que por su carácter interdisciplinario, aborda la enseñanza de las ciencias en el nivel secundario de educación obligatoria.

En palabras de Bourdieu (2000), abre la posibilidad de generar un campo de "autoanálisis colectivo" que, a través del intercambio, pueda someter a un "examen crítico lo más radical posible" nuestras prácticas, nuestras representaciones cristalizadas y, al proporcionar instrumentos de conocimientos diferentes, permitan, a la vez, orientar otras acciones y políticas educativas en materia de la enseñanza de las ciencias.

Ahora bien, esta posibilidad contrasta con una realidad en la que asumimos la existencia de una brecha en la relación entre la investigación e innovación en las prácticas docentes de formación de profesores, una gran distancia y un viejo, pero para nada nostálgico desencuentro, entre las aulas de formación docente y los aportes de la investigación, como se planteó en esta tercera parte del libro.

En este sentido, el mundo de la investigación en la enseñanza de las ciencias – y, en general, de la investigación educativa– raramente llega a ser visto como próximo y accesible, sino más bien como algo académico, destinado a espíritus elegidos y alejado del desarrollo cotidiano de la tarea docente. Esta misma actitud de distanciamiento ante el mundo de la investigación es compartida, en la formación inicial, por los futuros profesores. Obviamente que estas creencias impiden el desarrollo de la profesionalización docente.

En relación con este desencuentro entre prácticas educativas en la formación docente, debemos reconocer que una característica de los profesores es que, en general, leemos muy poco acerca de las investigaciones e innovaciones generadas por otros y casi nunca registramos por escrito los resultados de nuestro trabajo en el aula y nuestras reflexiones.

No es el objetivo de este capítulo analizar las causas, pero sí nos parece relevante para el análisis y la reflexión institucional dos de ellas:

- Por un lado, nunca se considera que la propia experiencia pueda tener suficiente interés. Normalmente se es muy autocrítico con las propias prácticas y se cree que son muy mejorables y que los resultados no son los esperados, por lo que se tiende a pensar sobre los cambios a introducir, que la próxima vez que se enseñará el tema habrá tiempo de estudiarlo con detenimiento.
- Por otro lado, existe una desconfianza refleja hacia lo que llamamos "teoría", por considerarla poco útil para orientar la práctica. Los profesores tendemos a considerar que una experiencia personal es más relevante que el conocimiento fruto de una investigación y que una ¹⁶⁵ *opinión* es más válida que un argumento (Milton, 2007). Como resultado de estas anomalías nos encontramos con una profesión que avanza muy poco, en la que se tiende más a reproducir aquellas prácticas del

pasado que el profesor considera que le resultaron "buenas", sin ningún referente teórico que posibilite hacer predicciones y modificaciones.

Esto que planteamos acerca de la falta de relación entre los resultados de la investigación y su uso para mejorar la práctica docente, es bien conocida desde finales de los 80. El informe de Blackburn y Moissan publicado en 1987 sobre la formación inicial y continuada del profesorado de la Unión Europea, mostró la existencia de una profunda brecha entre la teoría – asociada a la investigación sobre formación del profesorado- y la práctica habitual (Domínguez et al., 2013). Las propias revistas de investigación han dado gran importancia a esta falta de relación (McGoey y Ross, 1999).

En lo que respecta a los profesores a cargo de espacios en la formación docente, la mayoría desconoce los aportes de las investigaciones educativas y, más concretamente de la investigación en la enseñanza de las ciencias. Son numerosos los docentes que no conocen, o que no tienen acceso a revistas de didáctica de las ciencias, pero sí algunas de divulgación científica (aunque habría que revisar los criterios bajo los cuales se analiza la calidad de estas publicaciones) ya que en general existe el supuesto que para enseñar hay que saber la disciplina y para ello se accede por lo general a textos producidos por comentaristas y agitadores de la ciencia.

En el caso de los alumnos también evidenciamos un desconocimiento de los aportes de las investigaciones en la enseñanza de las ciencias. En opinión de los alumnos que cursan los últimos años de la formación en ciencias, es necesario que el instituto brinde más cursos de actualización, ya que cuando realizan sus prácticas, perciben solamente sus debilidades conceptuales. Solamente el iceberg.

Probablemente se relacione con la creencia acerca de que mientras más se sabe sobre los contenidos conceptuales de la materia mejor se enseña. En general los alumnos manifiestan desconocimiento en el trabajo con revistas en diversos soportes que difundan resultados de la investigación en la enseñanza de las ciencias como un insumo para la formación y las prácticas de enseñanza.

Como dijimos, la enseñanza de las ciencias es una disciplina de síntesis, porque se nutre del aporte de varios campos disciplinares, que tiene como objeto de estudio la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en las escuelas y fuera de ellas.

En relación con esto, la tradición de formación docente en nuestro país tiene que ver con la transmisión de contenidos de la ciencia, y de los modos de enseñarlos por separado. Schulman (1986), ya en los años ochenta del siglo pasado planteaba la necesidad de vincular competencias que provienen del ámbito de los contenidos con las de varias otras disciplinas (entre ellas más particularmente la Pedagogía y la Psicología) constituyendo esto el eje central de la concepción de enseñanza de la ciencia.

En este apartado no perseguimos la intención de una revisión de la investigación en el campo de la didáctica de las ciencias naturales, pero sí pretendemos recuperar un constructo teórico aportado por las investigaciones de Shulman, que puede dar cuenta de ese "divorcio" entre los saberes propios de las disciplinas que enseñamos y el que corresponde a la manera de enseñarlos en situaciones reales de enseñanza y aprendizaje en las aulas, y que se denomina "*conocimiento pedagógico del contenido*" o conocimiento didáctico del contenido. Este conocimiento es el que

corresponde a la integración de los diferentes saberes con que debemos contar los profesores.

Nos parece que su consideración puede permitir transitar propuestas de cátedra que no sólo transmitan saberes disciplinares de Biología Celular, Biología Molecular, Evolución, Ecología, Mecánica Clásica, Astronomía, Química Inorgánica, Química Analítica, etc., sino que las articulen con saberes que ayudan a los estudiantes a pensar en clave de su enseñabilidad. Este es el sentido central que debería tener la formación de los estudiantes que estudian para ser profesores de ciencias en la escuela secundaria.

Entendemos que este concepto teórico puede contribuir al desarrollo profesional docente, y por esta razón lo retomaremos, junto al modelo de reconstrucción educativa de Duiten (2006), el apartado sobre los usos de la investigación en la enseñanza de las ciencias y el desarrollo profesional docente en los ISFD.

Las tradiciones de investigación en la enseñanza de las ciencias

En la didáctica de las ciencias los temas más investigados se relacionan con los profesores, los estudiantes, los libros de texto, la didáctica, el currículum y la evaluación. Jenkins (2001), citado por Duit (2006), reconoce dos tradiciones de investigación, con el riesgo de la simplificación que el mismo autor asume: una tradición más **empírica**, que se identificaría con los estudios como TIMMS y PISA y otra más **pedagógica**, relacionada con la mejora de la práctica docente.

El mismo autor sostiene que: la tradición pedagógica tiene como objetivo principal el mejoramiento directo de la práctica, entendiendo aquí la práctica como la enseñanza de las ciencias; y la tradición empírica está asociada con el positivismo y una búsqueda de “datos objetivos” que se necesitan para entender y ejercer cierta influencia en una realidad educativa predeterminada. Esta distinción resulta relevante para marcar las principales corrientes de la enseñanza de las ciencias como disciplina de investigación.

Podríamos resumir la distinción entre ambas tradiciones llamando a la primera un enfoque orientado *hacia la ciencia* y, a la segunda, *hacia el estudiante*. El progreso en la comprensión y el aprendizaje de las ciencias parece ser posible sólo si existe cierto equilibrio entre estas dos perspectivas. En la perspectiva del autor, la construcción de secuencias de enseñanza y aprendizaje para las ciencias requiere contemplar simultáneamente ambas tradiciones.

Psillos (2001), citado por Duit (op.cit.), también señala la relevancia de esta concepción de la enseñanza de las ciencias. Distingue tres “modos” de investigación: el *práctico* se ocupa de problemas con los que se enfrentan en el aula, el *tecnológico* trata de los intentos de los que toman decisiones para mejorar la enseñanza de las ciencias y, finalmente, el *científico* representa la enseñanza de las ciencias como un ámbito de investigación en sí. Afirma “que es necesario vincular las preocupaciones más importantes de los tres modos para enfrentar las distintas dificultades inherentes al¹⁶⁷ mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Por su parte, Anderson (2007) propone tres grandes tradiciones en la

investigación en didáctica de las ciencias en función de la opción conceptual y metodológica tomada por los autores: la tradición del cambio conceptual, la tradición sociocultural y la tradición crítica. Seguramente es difícil encontrar investigaciones que adopten únicamente una de estas tradiciones, pero sí es factible reconocer que la naturaleza de la investigación se basa en una de ellas en mayor medida.

Las investigaciones en la tradición de cambio conceptual estudian qué aprenden (o qué no aprenden) los alumnos en términos de conflicto entre el conocimiento científico y el propio conocimiento, desarrollándose especialmente durante los 80 y generando una amplia bibliografía. Actualmente las investigaciones acerca de cómo el conocimiento de los alumnos se desarrolla sigue siendo uno de los grandes temas de la didáctica de las ciencias.

Por su parte, la tradición sociocultural tiene como pilar los trabajos de Vygotsky y su foco en cómo los alumnos aprenden al participar en actividades con otras personas, es decir, en cómo aprenden a usar recursos de nuestro contexto intelectual y cultural para pensar y resolver problemas. En general, esta tradición entiende el aprendizaje de las ciencias como un proceso lingüístico, cultural y emocional, además de como un proceso de cambio conceptual.

Esta tradición empezó a popularizarse durante los últimos años de la década de los noventa, y los resultados obtenidos permitieron reconocer que en la escuela, el discurso se construye alrededor del lenguaje, los valores y las normas sociales de los profesores (que pertenecen mayoritariamente a una misma clase social). Así, se empezó a estudiar el fracaso de algunos grupos de estudiantes como conflicto entre su lenguaje, valores y normas sociales y el de los profesores y/o la comunidad científica.

Por último, tanto la tradición del cambio conceptual como la sociocultural, asumen el aprendizaje científico como un conflicto conceptual o cultural. La tradición crítica asume estos conflictos y su importancia, pero centra sus investigaciones en cómo los grupos de poder y la ideología los influyen. Sus investigaciones se basan en mostrar cómo los grupos de poder o las clases dominantes manipulan "la verdad" según sus intereses. En este sentido, la tradición feminista ha tenido una importancia cabal para demostrar cómo las mujeres han sido "escondidas" en la historia de las ciencias o cómo los intereses de las niñas no son tomados en cuenta en las aulas. Actualmente, esta tradición investiga cómo aquellos alumnos que no pertenecen a los grupos dominantes, o no comparten sus intereses, son alienados en el sistema escolar.

Es importante tener en cuenta que, independientemente de la tradición de investigación y de la metodología usada, las investigaciones en este campo, hacen referencia a una multitud de temas relacionados con el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, y también en la formación inicial y permanente de los profesores de ciencias de secundaria.

El uso de los aportes de la investigación en los ISFD: hacia una propuesta posible

En general, los alumnos transitan los dos primeros años de la carrera de formación de profesores, por una formación general con énfasis en aspectos pedagógicos, didácticos y psicológicos y poseen los conocimientos científicos básicos para iniciar la formación específica en una de las disciplinas (Química, Biología o Física), en muchas jurisdicciones educativas. En los años siguientes, se ofrecen espacios de formación complementaria para la adecuada formación en la especialidad elegida, en función de los requerimientos de abordajes interdisciplinarios del conocimiento en la actualidad. Tal estructuración debería garantizar, simultáneamente, el dominio de la propia disciplina y de las formas de enseñanza para desempeñarse en la escuela secundaria, en el Área de Ciencias Naturales. Es marcada la ausencia de vínculos efectivos entre los diferentes espacios de fundamentación:

- Perspectiva Filosófico-Pedagógica;
- Perspectiva Pedagógica-Didáctica;
- Perspectiva Socio-Política;
- Psicología;
- las disciplinas de especialización; y
- la Práctica docente.

Por otra parte, los crecientes cambios institucionales relativos a la formación de profesores de educación secundaria, y el que atraviesa también este nivel educativo en sí mismo, ponen todavía más en actualidad la necesidad del uso de aportes de las investigaciones sobre cómo los estudiantes para profesores de ciencias aprenden el conocimiento necesario para enseñar las disciplinas. Vinculado a esta agenda de investigación sobre el aprendizaje del estudiante para profesor, se encuentran las investigaciones sobre la práctica profesional de los profesores y profesoras. Comprender mejor cómo se desarrolla su práctica en los contextos específicos e identificar los mecanismos que la articulan es una necesidad en estos momentos que debería ser compartida por la enseñanza de las ciencias.

Centramos este capítulo en articular, de la mano de Shulman, aportes teóricos de la investigación con el concepto de conocimiento didáctico del contenido, puesto a dialogar con el modelo de reconstrucción educativa de Reinders Duit. En concreto, planteamos el diseño de secuencias didácticas para las prácticas de enseñanza, que reduzcan la brecha entre los saberes que aporta la formación disciplinar y los que aporta la investigación¹⁷⁰ sobre las formas de enseñarlos en la formación docente en ciencias.

El modelo de reconstrucción educativa que el profesor Reinders Duit (2006)

ha desarrollado, está pensado para “proporcionar un marco de referencia para la concepción de la investigación en educación de las ciencias [...]”. Algunas de las ventajas que brinda su planteo consisten en: “[...] ofrecer una visión más profunda de la naturaleza interdisciplinaria de la investigación en educación en ciencia de lo que había sido esbozado hasta ahora”. Este modelo ha sido desarrollado como un marco teórico para diversos estudios que muestran hasta dónde es posible y vale la pena enseñar dominios particulares de las ciencias. En este sentido, el modelo considera como disciplinas complementarias a la ciencia, la filosofía y la historia de la ciencia, la psicología y la pedagogía, así como la lingüística, la antropología, la sociología y la ética. Con ello se logra un modelo amplio – más allá de lo didáctico como una metodología de enseñanza–, rico en aportes teóricos –no sólo limitado a la psicología y a la pedagogía– y crítico –en el sentido de poner en tela de juicio la enseñanza de los contenidos científicos–.

Habitualmente, cuando los alumnos diseñan secuencias didácticas para la enseñanza (experiencia que por lo general se reduce a algunos ejercicios en el final de la carrera) reconocen la utilización de sitios y páginas web como fuente de contenidos y de actividades, pero sin disponer de criterios válidos para la búsqueda, selección, organización y jerarquización de la información. Otra fuente para la selección de actividades son, por supuesto, los libros de texto escolares que, con frecuencia, son los que utilizan los alumnos en las clases de secundaria.

Es en este contexto, que pensamos que los aportes del modelo de reconstrucción educativa, sustentado en el concepto del conocimiento didáctico del contenido, pueden convertirse en una herramienta válida para integrar en el diseño de secuencias didácticas los aportes de investigaciones en la enseñanza de las ciencias sobre las ideas previas de los alumnos, la construcción histórica del concepto, los obstáculos epistemológicos que se han tenido que superar, por citar algunos ejemplos. Por supuesto estamos pensando la propuesta para los grandes núcleos conceptuales de las disciplinas: por ejemplo, Teoría Celular, Respiración, Evolución –en Biología-, Energía, Fuerza –en Física-, Sustancia, Cambio químico –en Química-. Esto se fundamenta en el reconocimiento de que el modelo:

- a) Sostiene una visión más profunda de la naturaleza interdisciplinaria, tanto de la enseñanza como de la investigación en ciencias, ya que se nutre de los aportes de la Historia de la Ciencia, Filosofía de la Ciencia, Pedagogía, etcétera.
- b) Favorece el desarrollo de niveles satisfactorios de alfabetización científica, equilibrando los contenidos disciplinares y los problemas de enseñanza, orientando la propuesta didáctica a la comprensión por parte de los alumnos.
- c) Se apoya en una perspectiva epistemológica de corte constructivista. El aprendizaje es visto como la labor de estudiantes que construyen sus

propios conocimientos sobre la base de un saber ya preexistente, y el saber científico es visto como una construcción humana, es decir, este modelo parte del punto de vista de que no existe ninguna estructura de contenidos "verdadera", "absoluta" y "dogmática".

- d) Promueve el desarrollo profesional ya que posibilita el aprendizaje de los docentes, para la mejora de la enseñanza de las ciencias.
- e) Se sustenta en el concepto teórico acuñado por Shulman (1986) sobre el conocimiento pedagógico del contenido, que incorpora no sólo el dominio de los principios, teorías, estructuras y marcos teóricos de la disciplina a enseñar, sino también conocer cómo se genera este conocimiento, su epistemología, y cómo se comunica –utilizando el lenguaje visual, verbal o simbólico-.

En lo que sigue pretendemos realizar una síntesis de la propuesta que compartimos para el uso de los resultados de la investigación en la enseñanza de las ciencias en la formación de profesores de la escuela secundaria en el contexto de nuestros institutos superiores.

Esa síntesis se basa en proponer el uso del *modelo de reconstrucción educativa* de Duit (2006) como un eje que posibilita la articulación entre las prácticas de formación de los profesores que tienen a cargo los espacios de la especialización disciplinar –Biología, Física y Química- con la práctica docente, en torno al uso de los resultados de la investigación en la enseñanza de las ciencias, para el diseño y desarrollo de secuencias didácticas para el trabajo en el aula de formación docente y su implementación en el aula de secundaria.

El diseño de una secuencia didáctica desde la perspectiva del modelo de reconstrucción educativa implica, en primer lugar, el análisis de la estructura de los contenidos.

Se trata de un proceso de aclaración de la materia a enseñar que tiene que ver con un conocimiento riguroso del saber disciplinar involucrado, y en una puesta al día con respecto al mismo en fuentes –para el contenido disciplinar- identificadas por el autor como "los manuales más prestigiosos y de publicaciones clave sobre el tema". Esto permite formular ideas básicas sobre el contenido disciplinar que se va a enseñar.

En segundo lugar el proceso de relevancia educativa posibilitará establecer cuál es el *sentido* de enseñar ese contenido a los alumnos. Por esto, una pregunta central que plantea el autor, vinculado con clarificar el sentido de la enseñanza del contenido, es: ¿cuál es el significado profundo de los contenidos en cuestión, y de las experiencias, los conocimientos, las habilidades y las capacidades por adquirir, atendiendo a los contenidos en la vida intelectual real de los estudiantes?

Ahora bien, el modelo presenta dos dimensiones de conocimientos diferentes. Una, relacionada con la estructura de los contenidos de un campo específico del conocimiento (por ejemplo, Biología, Física, Química). Y la otra, que resulta de un proceso de integración y reflexión que construye un objeto apto para la enseñanza. Ambos elementos organizadores son sustancialmente diferentes.

La primera se relaciona con un tema particular (por ejemplo, la noción de “fuerza” en Física o la de “adaptación” en Biología, o la de “cambio químico” en Química), y no puede ser transferida *directamente* hacia la otra dimensión de conocimientos y capacidades para la enseñanza. No sólo tiene que experimentar un proceso de integración didáctica, sino también necesita ser enriquecida al ubicarla en contextos que cobran sentido para los estudiantes concretos que están en un proceso de formación.

En la construcción de la estructura de los contenidos para la enseñanza se toma en cuenta por ejemplo, el desarrollo histórico del contenido científico, las representaciones de los estudiantes antes del proceso de enseñanza y sus habilidades cognitivas generales y, por el otro, sus intereses, sus auto-percepciones y actitudes. En palabras de Duit (op.cit.), la estructura de los contenidos científicos debe ser *reconstruida* desde una perspectiva educativa. Es decir, es preciso un conocimiento didáctico del contenido y el uso de los aportes de la investigación en la enseñanza de las ciencias para llevar adelante ese proceso de reconstrucción que da sentido a la enseñanza y a la formación docente.

Esta tarea no puede ser impulsada en soledad. Demanda el trabajo y la conformación de equipos institucionales de los ISFD, integrados por docentes de campos disciplinares y docentes de la práctica. Un ejemplo acotado e incipiente, pero que pensamos valioso, ha sido el ciclo de ciencias de secundaria que organizamos desde el INFD.

El segundo componente para la elaboración de la secuencia lo constituye la investigación sobre enseñanza y aprendizaje. Este elemento funciona como un eje articulador para el diseño, ya que provee aportes teóricos y empíricos para la construcción de las secuencias didácticas, por ejemplo las representaciones de los alumnos sobre un contenido específico, los procesos de aprendizaje vinculados con determinadas estrategias de enseñanza, las prácticas de laboratorio, la inclusión de las TIC en la enseñanza de las ciencias, entre otros.

Por último, otro componente es el desarrollo y la evaluación de la enseñanza relacionado con la elaboración de secuencias didácticas, actividades y materiales educativos, teniendo en cuenta las necesidades específicas y las capacidades de los estudiantes concretos con los que trabajamos para lograr los objetivos fijados.

Como vemos, el modelo de reconstrucción educativa en la perspectiva que sostenemos del desarrollo profesional tiene como propósito mejorar la práctica. Es decir, mejora nuestro aprendizaje como docentes para enseñar ciencias.

Breves reflexiones para seguir pensando...

El uso de los aportes de la investigación como apoyo para la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos formativos de los futuros docentes y como campo de práctica para los mismos, utilizados como insumos para el diseño de secuencias didácticas innovadoras, puede sentar las bases para una construcción progresiva del conocimiento profesional de los futuros docentes de ciencias para la escuela secundaria.

En ese sentido, la investigación puede contribuir, sobre todo, a una mejor comprensión de la lógica de la cultura escolar. Pero, para aproximar, en la formación docente inicial, a una perspectiva investigadora y poder hacer uso de sus resultados, hace falta una revisión crítica de los aprendizajes implícitos de los que se han impregnado los alumnos en la formación inicial; aprendizajes que, en los profesores noveles, se fortalecen durante la experiencia de las prácticas y con las primeras experiencias de socialización profesional, que se producen con el acceso a los primeros puestos de trabajo en la escuela. Aquí es, donde los aportes de la investigación pueden contribuir a proveer categorías de análisis para ayudar a desnaturalizar los supuestos más consolidados acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la escuela secundaria.

ACTIVIDAD

Les proponemos la siguiente actividad que deberán realizar de manera grupal e institucional.

Seleccionen un artículo de los que trabajamos en los distintos capítulos de esta tercera parte, y que el equipo institucional considere que aportan conceptos teóricos relevantes, para que realicen una propuesta de mejora de alguna secuencia didáctica que trabajen con los alumnos en la formación docente de las cátedras que tienen a cargo en el ISFD.

- a) Lean el resumen. Valoren por qué puede ser de interés su lectura.
- b) Lean la introducción y las conclusiones. Identifiquen los objetivos del trabajo, y los principales aportes que hace.
- c) Lean todo el artículo, subrayando los argumentos que les parecen más relevantes para la mejora de la secuencia didáctica seleccionada, en el marco del modelo de reconstrucción educativa de Duit.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, C. W. (2007), "Perspectives on Science Learning", en ABELL, S. K. y N. G. LEDERMAN (2007), *Handbook on Research on Science Education* (pp. 3-30), Nueva York: Routledge.

BOURDIEU, P. (2000), *Los usos sociales de la ciencia*, Buenos Aires, Ediciones Nueva Visión.

COUSO, D. (2013), "La elaboración de unidades didácticas competenciales", *Alambique. Didáctica de las Ciencias experimentales*, 74, 12-24.

DOMÍNGUEZ, M. C. y otros (2013), *Influencia de la formación del profesorado e su conocimiento didáctico y práctica docente*. IX Congreso Internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, pp. 1090-1094.

DUIT, R. (2006), "La investigación sobre la enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa", *Revista Mexicana*

de *Investigación educativa*, vol. 11, núm. 30, julio-septiembre, 2006, pp. 741-770.

GUTIÉRREZ, A. (2011), "Unidades didácticas de calidad en la enseñanza de la Biología", en CAÑAL, P. (coord.), *Biología y Geología. Investigación, innovación y buenas prácticas*, Barcelona, Graó.

GUTIÉRREZ, A. y otros (2013), La actividad profesional docente: estrategias, diagnósticos, y conceptualizaciones. Aportes de la investigación para la formación inicial y continua. *IX Congreso Internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, pp.1721-1725.

MCGOEY, J. y J. ROSS (1999), Guest editorial: Research, practice, and teacher internship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 121-130.

JONES, M. G. y CARTER, G. (2007), Science Teacher Attitudes and Beliefs. En:

S. K. Abell y N. G. Lederman (2007). *Handbook on Research on Science Education*. pp. 1067-1104. Nueva York: Routledge.

JENKINS, E. (2001), "Research in science education in Europe: Retrospect and prospect", en H. Behrendt *et al.* (eds.) *Research in science education. Past, present, and future*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 17-26.

MILTON, P. (2007), Opening Minds to Change: The Role of Research in Education. *Education Canada*, 47(1), 39-42.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, Plan Nacional de Formación Docente. Ministerio de Educación de la Nación, Instituto Nacional de Formación Docente (INFD), Documento Metodológico Orientador para la Investigación Educativa. Organización de Estados Iberoamericanos. Para la Educación la Ciencia y la Cultura (OEI). Año 2003.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2007), Documento Anexo II. Resolución CFCyE (Nro. 30/07). Lineamientos Nacionales para la Formación Docente Continua y el Desarrollo Profesional.

SHULMAN, L. S. (1987), "Knowledge and teaching: Foundations of the new reform", *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-21.

VILCHES, A y GIL-PÉREZ, D. (2013), "Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. Necesidad de una mayor vinculación", *Tecné, Episteme y Didaxis - TED*. No. 34. Julio-Diciembre 2013, pp. 15-27.

VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2007), "La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad", *Tecné, Episteme y Didaxis - TED*, 22, 67-85. (Número extraordinario dedicado a los 10 años de la Revista *TED*).

CAPÍTULO 19

UNA MIRADA REFLEXIVA Y EN CONTEXTO HACIA EL INTERIOR DE LOS ISFD SOBRE LA INVESTIGACIÓN Y LA ENSEÑANZA DE LAS SECUENCIAS DIDÁCTICAS.

Patricia Bustelo, Carolina Gusmeroli, Valeria Gusmeroli y Eugenia Correa. Ana María Egui, María Valeria Roldán y Elizabeth Roldán (Instituto Superior de Formación Docente “María Inés Elizalde”, Gualeguaychú, Entre Ríos)

María Rosa Batista, Julieta Capomasi, Graciela Cucci y Daniela Durando (Instituto Superior de Formación Docente N° 140 - Profesorado de Física, Gral. Pacheco, Prov. de Buenos Aires)

Introducción

Como ha sido señalado a lo largo de este libro, una de las finalidades principales de este ciclo de formación ha sido la reflexión teóricamente fundamentada sobre la formación docente en ciencias y sobre la práctica de la enseñanza en el nivel superior y en el nivel secundario. Consideramos a esta reflexión como el insumo imprescindible para la mejora de las prácticas, desde la perspectiva del desarrollo profesional docente. Compartimos aquí una selección de valiosos fragmentos de las producciones de colegas de institutos de formación con relación a las secuencias didácticas y la investigación en didáctica de las ciencias naturales.

1. Instituto Superior de Formación Docente “María Inés Elizalde”

-

Profesorado de Física y Química, Gualeguaychú, Entre Ríos.

Patricia Bustelo, Carolina Gusmeroli, Valeria Gusmeroli y Eugenia Correa

Análisis del estado de situación del Instituto en relación con la problemática de las secuencias didácticas

Haciendo un análisis de situación en nuestro Instituto, en relación con la problemática de las secuencias didácticas, observamos que, aunque lamentablemente no queda un registro escrito del tipo de secuencias que se aplican, hay un avance en el transcurso de la carrera ya que la formación inicial es un proceso que, como mínimo, lleva a los estudiantes cuatro años. La mayoría de los alumnos ingresantes provienen del secundario, con un nivel escaso de autonomía, y no todos eligiendo la carrera por vocación docente, lo cual se evidencia en un bajo nivel de compromiso, tanto en su formación académica como en el ejercicio de la profesión elegida. Pero a medida que avanzan en la carrera van poniendo en valor la importancia de la profesión docente y de comprender el conocimiento didáctico del

contenido, según el concepto teórico acuñado por Shulman (1986) sobre el conocimiento pedagógico del contenido, que incorpora no sólo el dominio de los principios, teorías, estructuras y marcos teóricos de la disciplina a enseñar, sino también conocer cómo se genera este conocimiento, su epistemología, y cómo se comunica –utilizando el lenguaje visual, verbal o simbólico-.

En esta etapa los docentes podemos llevar a cabo secuencias didácticas más enriquecedoras, logrando mayor autonomía, trabajo en equipo, donde, los alumnos adquieren mayor nivel de complejización de los aprendizajes. Actualmente estamos transitando la implementación de los nuevos planes de estudio, que tienden a acercar al estudiante de profesorado a la realidad escolar desde los comienzos de su carrera, ya que se han incorporado espacios tales como práctica docente, a partir de primer año.

Este cambio genera la necesidad del uso de aportes del campo de la investigación de la enseñanza de la ciencia durante toda la formación, para incorporarlos a la hora de analizar y diseñar secuencias didácticas, con fundamento teórico. Al comienzo de la formación inicial, las secuencias didácticas propuestas por los profesores de los diferentes espacios tienden a ser más tradicionales, pero consideramos que se está trabajando en modificar este tipo de prácticas a partir de la reflexión y autoevaluación propiciando un cambio genuino y paulatino, avanzando hacia secuencias espiraladas, donde el estudiante tiene un rol protagónico, consciente de su progreso y regulando su propio proceso de aprendizaje.

Lo ideal sería que en el transitar por la formación inicial, las secuencias didácticas sean cada vez más enriquecedoras, tiendan a tener en cuenta los obstáculos epistemológicos, las creencias y las representaciones de los alumnos, apuntando a un enfoque formativo, pasando de modalidades acumulativas y de red de relaciones lábiles en los primeros años, a secuencias de niveles de complejidad creciente tales como las categorías síntesis integradas, ejes transversales y espirales; como explicita Gutiérrez (2011):

“se caracterizan por acciones didácticas planificadas, que tienen como finalidad el desarrollo de competencias, en relación con determinadas situaciones problema, en contextos definidos”.

Se observa que los estudiantes avanzados entienden qué están aprendiendo para luego enseñar, que suprofesión involucra diseñar, organizar y llevar a cabo secuencias didácticas comprendiendo que sus elecciones deberán estar fundamentadas en las teorías de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Mediante la búsqueda y selección de aportes de la investigación, se promueve la profesionalización de los noveles y les abre un horizonte para transformar luego sus propias experiencias en futuras investigaciones, problematizando las prácticas.

Es importante comprender que el cambio se debe dar a partir de los docentes de todos los espacios curriculares que integran el equipo de formación del futuro docente, porque no alcanza con que los profesores de didáctica y residencia se esfuercen por lograr o provocar cambios. Si ha recibido una enseñanza de transmisión de conocimiento, de forma expositiva, no sólo en la escuela secundaria sino también en el nivel¹⁷⁷ terciario, difícilmente podrá modificar esta tendencia a la hora de organizar sus propias secuencias.

Es importante orientar al alumno a integrar los conceptos con la vida cotidiana, a buscar nuevas formas de enseñanza, que provoquen en ellos un deseo de indagar o investigar sobre metodologías innovadoras como formas de llegar a los alumnos de la escuela secundaria, a no ver estos conocimientos sobre las ciencias experimentales como algo fuera de la realidad diaria que nos rodea, permitir que los alumnos puedan observar la naturaleza desde otro punto de vista, acercar la naturaleza a la ciencia.

Considerando que si no se logra un cambio en los docentes, al alumno, futuro docente, le resultará más difícil aunque no imposible, buscar una manera de encarar los temas, para conseguir la participación de todo el grupo de alumnos, lo que evita la distracción y permite una participación activa y enriquecedora para todos.

En las cátedras de didáctica de la ciencia y de la práctica docente se suele trabajar reflexionando sobre el diseño didáctico pasando por las etapas de un análisis técnico, para luego incursionar en un nivel práctico de reflexión donde se problematiza el conocimiento escolar, favoreciendo la profesionalización a la hora de la toma de decisiones fundamentadas, donde se involucran los saberes y valores personales y permite identificar obstáculos vinculados con la enseñanza de la ciencia. Es importante alcanzar en estos espacios un nivel de reflexión crítica, donde además de lo expuesto se contextualicen los saberes escolares, teniendo en cuenta el enfoque epistemológico y su valor sociocultural, propiciando la alfabetización científica.

Es importante trabajar más con publicaciones especializadas en investigación de didáctica de las ciencias, publicaciones presentadas en los congresos, para apropiarse de una visión actualizada y fundamentada en las nuevas teorías y últimas tendencias en la enseñanza, para acortar la distancia entre las aulas de los profesorados y la investigación. La didáctica de la ciencia en los profesorados de nivel inicial debe buscar respuestas a problemas relacionados con la enseñanza de las ciencias naturales mediante la investigación didáctica, la reflexión y la crítica.

Asimismo es importante realizar el análisis profundo, categorizado, tal como el sugerido y trabajado en el capítulo 14 (Ocelli y Valeiras, 2013) de los libros de textos utilizados, tanto de nivel universitario como de secundario, para el abordaje crítico, reconociendo sus fortalezas y debilidades, y así propiciar al novel, la elección fundamentada de material bibliográfico, ya que es el libro una fuente importante a la hora de priorizar los contenidos tanto como de secuenciarlos.

Desde los espacios de didáctica y práctica docente en la formación, sería importante generar, en los estudiantes, un hábito de registro por escrito de sus prácticas, para poder realizar un análisis, socializarlas, problematizarlas, reconocer las fortalezas y debilidades y generar hipótesis para nuevos trabajos.

Análisis del estado de situación del Instituto en relación con la problemática de las secuencias didácticas

Las secuencias didácticas en las escuelas secundarias son variadas. Existen¹⁷⁸ docentes que plantean sus clases en forma tradicional, con clases magistrales, dictando conceptos más importantes, planteando resolución de

ejercicios y evaluando al final, utilizando como instrumento la clásica prueba escrita.

Otros docentes ponen en práctica diferentes estrategias mediante secuencias didácticas más innovadoras, trabajando con textos de divulgación científica, planteando problemas más abiertos, usando otros recursos, tales como las TIC, las páginas web, juegos, lectura de libros, construcciones, poniendo en juego los saberes previos de los alumnos, involucrando otras competencias para lograr alfabetización científica y un interés genuino por el aprendizaje de la ciencia.

Estos intentos de cambio metodológico en la enseñanza de la ciencia generalmente están basados, más en la intuición y la experiencia, que fundamentados en los últimos conocimientos propios de la investigación en el campo de la didáctica de la ciencia. Como señala Neus Sanmartí:

“objetivos que no solemos escribir, ni discutir o replantear abiertamente porque simplemente no acostumbramos a pensar en ellos cuando planificamos o diseñamos actividades. La falta de formación del profesorado con respecto a la toma de decisiones relacionadas con el diseño de unidades didácticas y la presión temporal de ‘acabar el programa’ que los profesores solemos imponernos, conlleva que nuestra actuación sea generalmente el resultado más de la concreción de intuiciones y de rutinas adquiridas a través de la experiencia y no de conocimientos teóricos y prácticos aplicados conscientemente en la planificación”. (Sanmartí, 2005:14)

Por otro lado, estos intentos no quedan registrados por escrito. Sería importante que los docentes comencemos a valorar nuestras propias experiencias como insumo para la investigación en didáctica. Para ello sería fundamental que dejemos registro de nuestras reflexiones acerca de nuestro trabajo, para luego sistematizarlo y utilizarlo como punto de partida para plantear problemas de investigación; de esta manera se puede acercar la brecha entre la práctica cotidiana y la investigación. Esto implica fomentar la escritura en ciencias.

Consideramos que una forma de mejorar en este aspecto sería acercar a los docentes de nivel medio a instancias de capacitación tales como los encuentros nacionales de profesores de Física y Química. Estas instancias tan valiosas de actualización, encuentro y reflexión, en donde el docente de cualquier nivel, puede sentirse miembro de una comunidad, reconocerse en los problemas de los colegas e intercambiar experiencias, son indispensables para buscar respuestas colectivas y abandonar la soledad que muchas veces siente el docente entre las cuatro paredes de su aula.

2. **Instituto Superior de Formación Docente N° 140 - Profesorado de Física**, Gral. Pacheco, Prov. de Buenos Aires.

María Rosa Batista, Julieta Capomasi, Graciela Cucci y Daniela Durando

Análisis del estado de situación de la problemática de las secuencias didácticas

Rancière (2006) nos propone pensar la enseñanza sin explicación docente, donde el estudiante sea capaz de alcanzar sus propios aprendizajes.

Dejar ser, que los estudiantes elaboren sus propias incógnitas. Para poder transmitir esta manera de pensar y planificar las clases y las actividades, debemos también pensar las clases desde otra perspectiva, desde otra mirada. Dejar volar la imaginación en un primer momento con muchísimos objetivos, algunos muy ambiciosos, otros muy sencillos. Empezando a explorar con toda libertad y creatividad. En un segundo paso, organizar las ideas de manera de dejar algunos que son realmente posibles de transmitir y realizar, y descartar aquellos que no son tan útiles o buenos. Por último, evaluar el plan realizado interrogando acerca de lo que falta y lo que se necesita.

Esta perspectiva permite comenzar haciendo la pregunta: ¿Qué quiero lograr? Es nuestro objetivo que los estudiantes, futuros docentes, adquieran otra visión de cómo pensar y planificar sus clases, de manera de poder convertir las clases de ciencias en una aventura del pensamiento. Que comprendan que sus alumnos cuentan con un bagaje de conocimientos, y que son capaces de poder poner todo ese conocimiento en acción para pensar y realizar determinadas actividades.

Generalmente cuando uno planea una clase, piensa más en qué no saben los alumnos; la propuesta de nuestra secuencia didáctica es comenzar pensando en aquello que saben por su experiencia, por su cotidianeidad. En el “diseño de atrás hacia adelante” (Furman 2010), pensamos en una enseñanza que refleje la naturaleza de la ciencia y forme mentes científicas.

¿Por qué consideramos importante para mejorar nuestra práctica dedicarnos a repensar la planificación de clases? Porque en general, al diseñar una secuencia de actividades, sobre todo en educación superior, nos olvidamos de las preguntas fundamentales:

- ¿Qué queremos que nuestros alumnos aprendan?
- ¿Cómo nos daremos cuenta si alcanzaron los saberes que esperábamos?
- ¿Cómo esperamos que los alumnos puedan demostrar esos aprendizajes?

La dirección más clásica que tomamos la mayoría de los docentes es la de poner el foco en la actividad en sí, pensando en cómo vamos a desarrollar nuestras clases sin cuestionarnos previamente estos puntos fundamentales.

Pensando en esta pregunta, nos proponemos que los estudiantes sean capaces de reflexionar y pensar sus propias clases desde otra perspectiva, que sean capaces de planificar secuencias de actividades primero con la experiencia y luego la integración y la comprensión.¹⁸⁰

Las personas aprenden mejor cuando están involucradas con todo su ser en el proceso.

Consideramos nuestra secuencia en “espiral”, encontrando niveles de progresión conceptual que se integran a través de síntesis parciales, donde los estudiantes forman parte de un problema abierto que da lugar a diseños estratégicos con énfasis en la dimensión argumentativa. Teoría y experimentación se introducen como necesarias en el contraste, formulación de hipótesis, argumentaciones, ajustes progresivos, etc. Metarreflexión docente y autorregulación cognitiva del estudiante (individual y grupal).

En el espacio de la práctica estamos abocadas a que los estudiantes se involucren en pensar sus planes de clases comenzando por una pregunta. Ésta es la disparadora del contenido a enseñar. Los estudiantes del secundario hacen preguntas o se les pueden hacer preguntas y, a partir de ellas, formulan algunas hipótesis acerca de qué puede suceder. Una vez formuladas las hipótesis, deberían proponer diseños experimentales que permitan refutar o validar dichas hipótesis.

Esa es nuestra intención. En la práctica, la verdad es que los estudiantes en sus primeros intentos reproducen la forma de clases que ellos han recibido en su escuela secundaria, y, por qué no decirlo, la que reciben (en algunos casos) en la formación superior. El peso de la biografía escolar es de tal magnitud, que desde el discurso pueden acordar con la enseñanza por investigación, pero a la hora de poner en papel sus planes de clases, vuelven a la enseñanza tradicional con la que se hallan familiarizados.

La construcción por parte del alumno de secundaria de sus modelos mentales no está separada de su realidad cotidiana. Si encuentran los recursos necesarios en la escuela para que los estudiantes de secundaria armen su subjetividad, podrán transitar exitosamente sus estudios, sobre todo en la materia Física, que generalmente la piensan como algo inalcanzable y de poca relación con la vida cotidiana. A menudo escuchamos, hasta de estudiantes a los que la asignatura pareciera gustarles, la pregunta “¿Y esto para qué sirve?”; pregunta que a los profesores de Física nos parece de respuesta obvia. Evidentemente, en el desarrollo de las clases no se pone en evidencia esta cuestión; aparentemente la curiosidad sobre el porqué de los fenómenos naturales, que tan necesaria es para abordar este tipo de ciencias, no está presente en gran parte de nuestras clases, quizás porque no se la incentiva o no se le da espacio para que aflore.

La investigación en el aula se puede tomar como un disparador para sondear los conocimientos previos. De allí tomar el camino correcto para que puedan alcanzar su nuevo conocimiento, en forma espiralada. De manera que cada nuevo conocimiento se pueda crear sobre el anterior. Y también que se puedan intercalar como una red. Es importante tener en cuenta no solamente los contenidos, sino también las competencias y habilidades que los alumnos del secundario desarrollan en cada actividad de investigación. En la bibliografía propuesta se puede observar cómo en la secuencia didáctica de Solbes se vuelve sobre los conceptos una y otra vez, ya que sería muy ingenuo pensar que porque un concepto se trabajó en una actividad, el alumno ya lo construyó y se apropió de él. El volver¹⁸¹ sobre los temas en una enseñanza espiralada, el incluirlos en redes de conceptos ya afianzados y establecer nuevas relaciones, ayuda a que dicho concepto nuevo se afiance.

Secuencia didáctica

Espacio de la Práctica II

Profesorado de Biología y

Física *Objetivos:*

- desarrollar la capacidad para realizar una observación detallada de una situación o de un fenómeno;
- describir claramente un objeto o una situación;
- hacer un análisis metarreflexivo que permita formular y expresar interrogantes y a partir de ellos, formular una hipótesis de investigación;
- poner en práctica técnicas de investigación a fin de validar o refutar dichas hipótesis.

Desarrollo de la actividad

Comenzamos nuestra secuencia didáctica con una actividad: “observación de una vela”.

Se divide a los alumnos en grupos, se los provee de una vela, un plato, frascos, encendedor, regla, hilo y tijera.

Se les solicita que hagan una observación detallada de la vela, incluyendo una descripción de la misma. La consigna es abierta, para permitir que los alumnos hagan su exploración libremente, pueden medir, tomar tiempos, etc.

Una vez terminado el tiempo destinado para la actividad, se hace una puesta en común y lo que en general sucede es que en la descripción hay varios elementos que se dan por supuestos. Se reflexiona sobre el particular, haciendo un paralelo con la actividad docente, para evidenciar que es necesario ser muy cuidadosos con nuestro hilo conductor de la actividad para que no queden “huecos” que el docente da como supuestos obvios que hacen que los alumnos no puedan construir los conceptos tal como se pretende.

También se establece un paralelo entre la observación de la vela y la actividad de observación que ellos van a realizar en las aulas cuando empiecen su período en las escuelas, cómo observar, qué observar, cómo registrar, son cuestiones que se debaten para que todos puedan involucrarse en la planificación de la actividad que van a tener que realizar.

En un tercer momento se plantean las preguntas que ellos como alumnos tienen en referencia a lo que sucede dentro de un aula, y con esas

preguntas se plantean hipótesis de trabajo que son las que van a llevar a las observaciones para poder validarlas o refutarlas.

Uno de nuestros objetivos en el espacio es poner a los alumnos en actitud de docentes investigadores desde su formación inicial, consideramos que este tipo de actividades se tienen que vivenciar para poder después ser tenidas en cuenta a la hora de planificar en el futuro sus clases.

Para que los estudiantes futuros docentes, puedan utilizar en forma coherente y con conocimiento este tipo de secuencias, es muy importante que ellos las experimenten. La experiencia según Larrosa “es eso que nos pasa, que podemos realizar por nuestros propios medios”. Por ello, tal como se expresa en la investigación de Cañal, existe la necesidad de promover procesos de investigación didáctica, de experimentación curricular y de formación del profesorado que, con el apoyo de las administraciones educativas, permitan su utilización generalizada, junto a otras estrategias, en las aulas escolares. Finalmente, creemos que los tipos de actividades que deberíamos implementar desde los primeros años del profesorado son aquellas donde los estudiantes desarrollen las habilidades básicas, tales como: confirmar y rechazar hipótesis, construir y defender un modelo o argumento, capacidad de hacer preguntas comprobables, formulación de hipótesis, utilizar diversas formas de datos para identificar patrones, control de variables, entre otras, dando lugar a “Actitudes Científicas”. Esto, a su vez, permite desarrollar competencias científicas.

Todas estas actitudes y competencias están insertas evidentemente en la alfabetización científica que resuena en muchos de los ámbitos en los que se trata sobre las didácticas específicas.

Evaluación:

Los estudiantes futuros docentes realizan una puesta en común:

- ¿Cómo se sintieron?
- ¿Qué observaron?
- ¿Qué escucharon?
- Desarrollan una argumentación a favor o en contra de la actividad.
- Escriben una hipótesis de ¿Qué va a pasar con su experiencia en la clase? ¿Qué creen que van a encontrar?

Una vez que realicen sus observaciones y hayan desarrollado su práctica, estarán en condiciones de validar o refutar la hipótesis. La intención es que en caso que su hipótesis no haya sido verificada, se reformulen nuevas hipótesis de trabajo. Consideramos que este tipo de práctica en su formación inicial favorece la construcción de un futuro profesional que sea investigador de su propia práctica. Que se replantee las estrategias de enseñanza para cada grupo de alumnos con los que interactúe y en función de los resultados obtenidos pueda hacer las correcciones que considere conveniente a fin de optimizar el aprendizaje realizado por los alumnos. Este proceso, de enseñanza y aprendizaje es dinámico por lo tanto debe ser evaluado permanentemente.

En este sentido, siguiendo los trabajos de Porlán y Cañal (1984), se pretende que el modelo de profesor a formar sea un profesional que conciba la programación como hipótesis de trabajo en construcción permanente. Que

se considere a la evaluación como investigación de los acontecimientos del aula, a la luz de la programación diseñada y de esta manera se fomenten las actitudes científicas en los profesores.

Stenhouse en 1985, consideraba que si la mayoría de los profesores se posicionaban como profesor / investigador, una consecuencia importante sería la mejora de las escuelas. Estimaba que ello exigiría el trabajo de una generación. Hoy, casi treinta años después se sigue discutiendo sobre el rol de profesor, la imagen profesional que el profesor tiene de sí mismo y sus condiciones de trabajo. La única manera de promover un cambio es ampliar la mirada a esta compleja situación y atender a la multicausalidad de la misma.

Concepciones que presentan los estudiantes de sobre las secuencias didácticas

A la luz de los planes de clases presentados por nuestros alumnos de práctica docente II del tronco común de los profesorados de Biología y Física, se puede inferir que los estudiantes presentan una concepción de ciencias como algo acabado, donde no queda nada por descubrir. Donde no puede haber errores que modifiquen una teoría.

Si bien aparentemente en dichos planes se observan intentos por diseñar secuencias en las que la concepción de ciencia no sea la anteriormente mencionada, en la puesta en marcha de las actividades se ponen de manifiesto evidencias que refieren a su biografía escolar, donde el positivismo se hace presente.

La concepción constructivista otorga al alumno un papel activo en la conformación de su conocimiento, como co-responsable de su propio aprendizaje y formación, sin embargo durante la observación del desarrollo de las clases de práctica, el docente en formación en algunas ocasiones formula preguntas, que implicarían la participación activa del alumno, pero no espera el tiempo necesario ni genera las condiciones para que le respondan y termina preguntando y respondiendo en forma de monólogo.

Tampoco se plantean como objetivo el hecho que el alumno plantee sus propias preguntas. Para que se disponga de ese espacio donde el alumno se involucra en el proceso de aprendizaje de manera que su interés ponga en marcha su curiosidad es necesario generar condiciones particulares. Existe una especie de temor ante el hecho que el alumno presente interrogantes, cuando consideramos que si el adolescente participa en la clase preguntando, esto es evidencia de que está intentando poner en relación sus saberes previos con la nueva información recibida, viendo esto como un indicador muy positivo de que el proceso de aprendizaje está en marcha.

En el Taller de Práctica se trabaja con los estudiantes futuros docentes el concepto de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, también se les propone analizar las ventajas de incluir la historia de la ciencia como recurso para sus prácticas, se los invita a pensar la Ciencia en un contexto histórico relacionado con lo cotidiano. Se reflexiona sobre la potencialidad de seguir un enfoque de indagación y experimentación para favorecer el desarrollo de capacidades científicas.

184

Otro aspecto considerado es la incorporación del uso de las TIC en sus planes de clase. Así como las ventajas de utilizar modelos a fin de favorecer

el aprendizaje significativo de los conceptos.

Es notable que los alumnos futuros docentes pueden presentar dificultades en dos aspectos diferentes: por un lado, el diseño de la secuencia didáctica y por el otro en la implementación de la misma.

Con respecto al diseño, los contenidos a trabajar se los designa el profesor orientador, representando una dificultad la selección de actividades secuenciadas a incluir en el desarrollo de la clase. En muchos casos la biografía escolar pesa más que los recursos que se proponen en el Taller desde las dinámicas realizadas hasta la bibliografía propuesta.

De todas maneras, en muchos casos también las secuencias presentadas, después de un proceso de reformulación, de trabajo compartido entre los estudiantes futuros docentes y los docentes del Espacio, son sumamente interesantes, hay propuestas innovadoras que incluyen la toma de riesgos como el planteo de actividades experimentales o inclusión de las TIC, por ejemplo, en lugar de quedarse en un planteo tradicional, más seguro por ser más conocido.

3. Instituto Superior de Formación Docente María Inés Elizalde

-
Profesorado de Física y Química - Gualeguaychú, Entre
Ríos. Ana María Egui, María Valeria Roldán y Elizabeth
Roldán.

Análisis del estado de situación de la problemática de las secuencias didácticas

Desde nuestra óptica, trabajar y repensar secuencias didácticas, nos ofrece la posibilidad de mirar críticamente nuestras propias secuencias, las que ponemos en práctica a diario en nuestro ISFD, y a las cuales, muchas veces, por distintos motivos, no sometemos a reflexión. Así, la categorización planteada por C. Astudillo, A. Rivarosa y F. Ortiz (2011), en "*Formas de pensar la enseñanza en ciencias. Un análisis de secuencias didácticas*", nos plantea el reto de apostar a nuevos modelos que, recuperando un enfoque de cambio didáctico, desafíen genuinamente concepciones y rutinas profesionales.

Una recorrida por la situación de las secuencias didácticas en nuestro ISFD nos permite por un lado analizar y reflexionar sobre nuestras propias prácticas y por otro anticipar las posibles formas que tienen los estudiantes de plantear una secuencia didáctica y los aspectos subyacentes en las mismas como por ejemplo:

- Falta de integración entre los distintos momentos de la secuencia, y donde la explicación conceptual precede a las actividades propuestas, las cuales son presentadas solo como mera ejercitación y aplicación de lo explicitado por el profesor (modelo acumulativo). En este caso el estudiante es concebido como un mero receptor de información y reproductor de la misma.
- Presentación de una secuencia de relaciones conceptuales lábiles y de naturaleza arbitraria. 185
- Presentación de un núcleo conceptual que toma relevancia o que se

diluye en problematización contextual que se propone.

- No posibilitar un aprendizaje con significación socio-cognitiva.

Otra de las preocupaciones que nos planteamos es cómo hacer para dar todos los contenidos, y si, el trabajar desde las secuencias didácticas nos ayudaría a relacionar propósitos, objetivos, contenidos y así obtener mejores aprendizajes.

Reflexionar sobre cómo enseñar para que los alumnos aprendan y luego puedan dar evidencias de ello hace que se busquen estrategias para responder a las demandas del estudiante, implementando nuevas formas de enseñar, para mejorar nuestras prácticas atendiendo a lineamientos jurisdiccionales e institucionales, a los tiempos que nos proponen y a la responsabilidad de desarrollar en el aula los contenidos necesarios para formar al futuro docente. Entonces, debemos repensar qué propósitos perseguimos y así flexibilizar las prácticas y adecuar los contenidos. Como apunta Paula Pogr :

“Si tuviéramos que decirlo en una frase, es la cantidad y calidad de la reflexión que llevamos a cabo acerca de la manera como nos desempeñamos en el mundo lo que nos permite crear y solucionar problemas de manera creativa”.

Por otra parte, en lo que se refiere al equipo docente de nuestra institución, en su mayoría, trabaja normalmente secuenciando los contenidos a enseñar, partiendo de los contenidos previos y paso a paso construyendo el saber, pero nos encontramos con que los docentes no escriben las secuencias, solo las piensan, delinean y aplican sin dejar registro de lo realizado, ni de su implementación, ni de su evaluación.

La escritura en ciencia en los ISFD no es frecuente, no se narran las experiencias ni los resultados obtenidos.

El uso de secuencias didácticas nos interpela a pensar nuestras prácticas, apuntando al aprendizaje real, entonces reflexionamos sobre el texto de Pogr :

“La enseñanza para la comprensión tiene como herramienta básica el compromiso con la metacognición, proceso de pensar sobre la propia comprensión, que se produce a través de un acto reflexivo e intencional. Las anticipaciones e intervenciones que el docente realiza antes y durante la clase, deben incluir estrategias que favorezcan y promuevan tanto el despliegue de desempeños que ayuden a construir comprensión como escenarios que permitan la reflexión y la comunicación de aquello que se est  comprendiendo”.

Además, y en relación a esta falta de escritura de las secuencias, nos preocupa el hecho de que nuestros estudiantes, en algunos casos no sepan diagramar una secuencia y mucho menos plasmarla, dado que este comportamiento de los profesores se traduce al aula, no dando importancia a la escritura de las secuencias didácticas.

Ante ello, un aspecto importante a tener en cuenta es la escritura de experiencias o diseños de enseñanza como una estrategia necesaria para el ejercicio metacognitivo posibilitando una reflexión en y sobre la práctica.

En función de lo antes expresado consideramos que el enfoque de cambio¹⁸⁶ didáctico nos posibilita un encuadre de trabajo en el cual podamos ayudar a nuestros estudiantes a romper con esos modelos tradicionales, que aún

persisten, posicionándolos desde la acción reflexiva, concibiendo a la planificación de las secuencias didácticas como una hipótesis de trabajo y no como una organización secuencial de contenidos y actividades de las cuales sí o sí deben desarrollarse.

Coincidimos con los autores del ciclo de ciencias de desarrollo profesional del INFD y consideramos que “la elaboración de secuencias didácticas integradas en procesos de formación, es un escenario potente para promover el diálogo entre teoría educativa, pensamiento y acción reflexiva y situada de enseñanza. Su elaboración supone, desde nuestra perspectiva, un proceso recursivo de fundamentación, revisión y reescritura desde un enfoque de problematización del conocimiento escolar”.

Por otra parte, estas categorías podrían impulsar al docente a tomar decisiones autónomas y argumentadas respecto del saber que se quiere enseñar, favoreciendo la elaboración de secuencias didácticas como una instancia de formación pensada para desafiar la motivación y el interés, ampliando el campo científico actual y promoviendo nuevas categorías de interpretación y comprensión sobre los qué y para qué aprender y enseñar contenidos de las Ciencias Biológicas.

En función de ello, la aplicación de categorías a nuestras secuencias, contribuye a definir algunos niveles de progresión del conocimiento docente en instancias de formación. Y la posibilidad de conocer y comprender estos niveles aporta referentes para el diseño de nuevas alternativas de formación, pues ofrece algunas hipótesis acerca de obstáculos y trayectorias de posibilidad para favorecer la evolución del pensamiento y la acción docente. Crear una secuencia didáctica, como experiencia formativa, supone un abordaje espiralado donde la construcción conceptual se desarrolla y retroalimenta a partir de la práctica de diseño y planificación didáctica (Martín y Cervi, 2006; Perrenoud, 2007).

Y así, tal como señala Tardif, (2004:169):

“Supone asumir que el profesor no es ya un técnico que aplica conocimientos producidos por otros, sino [...] un actor que asume su práctica a partir de los significados que él mismo le da, un sujeto que posee conocimientos y un saber hacer proveniente de su propia actividad...”.

Análisis del estado de situación de la problemática de las secuencias didácticas en la escuela secundaria

Las secuencias que se presentan a continuación fueron recabadas en escuelas de distintas zonas de la ciudad y con realidades socio-económicas diversas; a las cuales nuestros estudiantes del ISFD concurren a realizar sus observaciones, prácticas, etc.

Dado que parte de los docentes de nivel secundario expresaron que no escriben sus secuencias sino que sólo las piensan y ejecutan; algunas de ellas son aportadas por los profesores y otras salen de la observación directa de clases que realizamos.

La secuenciación de contenidos en la escuela secundaria es menos frecuente ya que no se toma como una herramienta en el proceso de enseñanza aprendizaje sino que se piensa como tarea “extra” para el docente; ya que, como lo comentamos anteriormente, los docentes aplican las secuencias pero solo las piensan y casi nunca las escriben como tal.

En la educación de Nivel Medio no se invita a los alumnos a producir narraciones de lo desarrollado en clase, no se le da importancia a la comunicación que implica un ejercicio que permite al alumno darse cuenta de lo que comprende; utilizando el lenguaje acorde a la ciencia y compartiendo sus ideas.

Sin embargo, desde nuestro parecer, este tipo de producciones permitirían a los docentes evaluar el proceso y tener una retroalimentación continua que serviría para realizar ajustes necesarios y así mejorar las prácticas y los logros obtenidos.

Análisis de las concepciones que presentan los estudiantes de vuestro profesorado sobre las secuencias didácticas

Tras la lectura del material bibliográfico presentado para analizar, rescatamos algunos conceptos claves que merecen mencionarse:

De forma similar a lo que sucede con las concepciones sobre la ciencia, algunos estudios muestran que los profesores no poseen siempre concepciones uniformes y coherentes sobre el aprendizaje (Desautels, 1993; Hewson et al., 1995).

Un trabajo realizado por Porlán (1989) estudiando a futuros profesores y a profesores en actividad, detectó una variedad de modelos didácticos:

- **Modelo tecnológico**, en el que los objetivos eran concebidos como el elemento estructurador tanto de la práctica como de la evaluación del aprendizaje de los alumnos. Se concibe la enseñanza como una actividad técnica que debe asumir métodos didácticos científicos.
- **Modelo tradicional**, caracterizado por la transmisión verbal de los contenidos disciplinares. Éste parece ser el modelo predominante entre el profesorado en activo.
- **Modelo alternativo**, en el que se resaltaría la participación de los alumnos y la investigación del profesor, siendo este planteamiento¹⁸⁸ minoritario.

Por otro lado, Pozo (1994) analizando las unidades didácticas elaboradas por 24 estudiantes de ciencias, nos plantea las siguientes conclusiones:

- Los contenidos eran considerados como un conjunto acumulativo y fragmentario de conceptos, leyes y teorías que se organizan en forma de listas sin conexión. En su selección, el libro de texto es la clave.
- Respecto a la metodología, existe una tendencia generalizada a ligar actividad con aprendizaje. Asimismo, correlacionan la explicación del profesor con el aprendizaje de los alumnos. Generalmente se tiende a concebir la metodología de trabajo como una secuencia única y cerrada de actividades
- La evaluación es considerada como comprobación de aprendizajes conceptuales utilizando básicamente pruebas escritas. A veces aparecen otras tendencias como: una orientación tecnológica (con prueba inicial y final); o una orientación espontaneísta (no incluyendo exámenes de evaluación y sólo evaluando por actitudes); o un planteamiento complejo, promoviendo una evaluación continua de estudiantes y profesores pero sin clarificarla.

Además se realiza un estudio, respondiendo a una encuesta; que arroja los siguientes resultados:

- La mayoría de los estudiantes son mujeres.
- En cuanto a los contenidos, parece indispensable “demostrar lo que se sabe”, “lo que se ha aprendido”
- Evaluación tradicional; se debería valorar también actitudes, evaluar los trabajos prácticos.
- Planificación que atienda los saberes previos de los alumnos. Constructivista. Comprobar la reestructuración y adaptación de los alumnos.
- Motivación y participación, se sugiere revisar la metodología, motivar, programar investigaciones. Resaltar la cooperación

En función de lo antes expuesto, es posible rescatar algunas consideraciones para la formación inicial:

- “Reflexionar sobre el contenido que tendrá que enseñar, sobre lo que sabe, sobre lo que aprende, para lograr la transposición didáctica”.
- “Incrementar el tratamiento de las cuestiones epistemológicas relacionadas con el conocimiento científico y también con el conocimiento cotidiano”.
- “Profundizar en las características de una metodología didáctica de corte constructivista e investigativo”.
- “Diseñar instrumentos de evaluación ligados a situaciones reales de aula”.
- “Potenciar el diseño, la puesta en práctica y la evaluación de unidades didácticas. La aceptación por parte de los futuros profesores de la idea de organizar la asignatura en unidades didácticas es un buen punto de partida para integrar los diferentes elementos curriculares”.
- “Un mejor reconocimiento social de nuestra profesión también pasaría

por potenciar, desde la formación inicial, la idea de que es necesario un continuo desarrollo profesional.”

- “En definitiva, lo que se propone es facilitar la construcción de un conocimiento profesional significativo y riguroso, cercano a la realidad escolar, para consolidar los planteamientos más teóricos que los futuros profesores parecen asumir con facilidad”.
- “Dicho en otros términos, el desarrollo profesional que empieza con la formación inicial debe tender gradualmente a que el profesor sea un facilitador del aprendizaje significativo de los alumnos y un investigador de los procesos de enseñanza-aprendizaje que se dan en su aula.”

Teniendo en cuenta las lecturas realizadas y sondeando las concepciones de los estudiantes de nuestro profesorado es posible plantear que tienen una concepción empobrecida sobre la implementación de secuencias en clases de ciencias.

Vivencia que la enseñanza de los contenidos es desarticulada entre las distintas cátedras del Profesorado, y también hacia el interior de las mismas. Por lo que entonces la organización del conocimiento se les dificulta y no se vuelve a re-trabajar sobre ello, perdiendo la posibilidad de recuperar y recrear instancias de apropiación de los mismos y de enriquecimiento de los aprendizajes.

Sugieren la incorporación de secuencias para evitar prácticas aisladas, dándole así continuidad y sentido a los contenidos desarrollados.

Por otra parte, aceptan la necesidad de realizar propuestas variadas para alcanzar un equilibrio entre prácticas tradicionales y el trabajo con secuencias didácticas. Esta forma de trabajar abre puertas, que implican diferentes acercamientos a los contenidos y brindan la oportunidad de complejizar, recrear y variar las propuestas según se considere importante para el desarrollo de los aprendizajes seleccionados.

Cuando se les pide explicitar fortalezas, debilidades y propuestas para mejorar las secuencias que ellos viven en el profesorado, se plantea:

- Vinculación entre el trabajo institucional y el trabajo que se genera en el aula, en cada disciplina.
- Actitudes de compromiso y responsabilidad acordes con el rol desempeñado por cada actor.
- Coherencia entre objetivos, contenidos y el proceso de acercamiento entre ellos.
- Que los contenidos trabajados, demuestren su pertinencia, adecuación, contextualización, significatividad.

BIBLIOGRAFÍA

ASTOLFI, J. P. (2001). *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*, Sevilla, Díada Editora.

ASTROZA, M., M. QUINTANILLA, R. DE LA FUENTE y T. LÓPEZ (2013), "Análisis y evaluación del diseño de unidades didácticas de docentes en formación de educación general básica: su contribución inicial a la promoción de competencias de pensamiento científico", *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias.

ASTUDILLO, C., A. RIVAROSA y F. ORTIZ (2011), "Formas de pensar la enseñanza en ciencias. Un análisis de secuencias didácticas", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 10, Nº 3, 567-586.

BROUSSEAU, G. (1990), "¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las matemáticas? (Primera parte)", *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 8, Nº 3, pp. 259-267. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51335/93083>

BROUSSEAU, G. (1991), "¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las matemáticas? (Segunda parte)", *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9, Nº 1, pp. 10-21. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51351/93100ousseau>

CALVO, C. (2001), *Un estudio sobre el papel de las definiciones y las demostraciones en cursos preuniversitarios de cálculo diferencial e integral*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.

CHAVARRÍA, J. (2006), "Teoría de las situaciones didácticas", *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*. Año 1, No. 2. Disponible en: <http://www.cimm.ucr.ac.cr/cuadernos/cuaderno2/Cuadernos%202%20c%203.pdf>

FURMAN, M. y G. GELLON (2010), "El camino inverso: diseño de clases de atrás hacia adelante", FLACSO Virtual, Curso Enseñanza de las Ciencias 2010.

GANGOSO, Z. (2013). "Clase Nº 6: De los propósitos a la evaluación", *Enseñar con TIC Física II*. Especialización docente de nivel superior en educación y TIC. Buenos Aires, Ministerio de Educación de la Nación.

MARTINEZ AZNAR, M. M., R. MARTÍN DEL POZO, M. RODRIGO VEGA y otros (2001), "¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria?", *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 67- 87.

PERRENOUD, Ph. (1999), *Construir competencias desde la escuela*, Santiago de Chile, Dolmen Ediciones.

PERRENOUD, Ph. (2004), *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar. Profesionalización y razón pedagógica*, Barcelona, Graó.

POGRÉ, P. y G. LOMBARDI (2004), *Escuelas que enseñan a pensar*, Buenos Aires, Papers Editores.

PORLAN ARIZA, R. (1987), "El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar", *Investigación en la escuela*, N°1.

RANCIÈRE, J. (2003), *El Maestro Ignorante*, Barcelona, Editorial Laertes.

SAGOL, C. (2012), "Material de lectura: De qué hablamos cuando hablamos de modelos 1 a 1", El modelo 1 a 1, *Especialización docente de nivel superior en educación y TIC*, Buenos Aires, Ministerio de Educación de la Nación.

SANMARTÍ, N. (2001), "El diseño de unidades didácticas", en PERALES, F. y P. CAÑAL (dir.), *Didáctica de las ciencias experimentales*, Madrid, Alcoy.

SENSEVY, G. (2007), *Categorías para describir y comprender la acción didáctica*. Traducción de Juan Duque y revisión de René Rickenmann del capítulo de Agirensemble. "L'action didactique con jointe du professeur et des élèves", PU Rennes.

STENHOUSE, L. (1985), *Investigación y desarrollo del curriculum*, Madrid, Ed. Morata, pp. 194-221.

TARDIF, J. (1992), *Pour un enseignement stratégique: L'apport de la psychologie cognitive*. Montréal: Éditions Logiques

