

Para reflexionar

REFLEXIONES SOBRE LA CAPACITACIÓN DE PROFESORES. LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS Y LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL COMO PROMOTORES DE LA DISCUSIÓN

Ignacio J. Idoyaga^{1, 2}, Horacio Torti², Andrés Barrado², Diego Spina², M. Gabriela Lorenzo^{1,3}

¹Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC), Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires; ²Cátedra de Física, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires; ³CONICET.

ignacio_idoyaga@hotmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar el estudio descriptivo sobre experiencias con modalidad de taller en donde se introduce el diseño de modelos como contenido conceptual, procedimental y actitudinal, central en la enseñanza de las ciencias en un marco constructivista. La construcción de conocimientos en alumnos universitarios y de nivel medio (al menos) puede articularse, del mismo modo en que avanza la ciencia, proponiendo modelos para explicar la experiencia. Dentro de las actividades encaradas por el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC), el grupo dicta periódicamente un taller destinado a la actualización de profesores de todos los niveles. El análisis del material producido por los capacitandos y las observaciones de los capacitadores muestran como principales logros la reflexión sobre el proceso de construcción de conocimiento; la incorporación del concepto de modelo; y la práctica en las tareas medición y comunicación de resultados.

Palabras clave: capacitación docente, metacognición, actividad experimental, modelos

Thinking about teachers training. Model construction and experimental activities as discussion promoters.

Abstract.

The aim of this work is to describe the experiences in a workshop that presents modeling design as conceptual, procedural and attitudinal contents. Modeling design is positioned in science teaching in a constructivist environment.

The construction of knowledge in college and school pupils can be articulated in the

same way that science improves, proposing models to explain the experiences.

As one of the activities developed by the Research Center and Support to Scientific Education (CIAEC), the group periodically gives an actualization workshop for professors of all levels.

The observation and the analysis of the work production of the assistants shows that manuality in the use of laboratory instruments, correct communication of results and reflection about how knowledge is constructed are the principal achieves of the workshop.

Key-words: teachers training, metacognition, experimental activities, models

INTRODUCCIÓN

Hace ya más de veinte años que la investigación en la enseñanza de las Ciencias adopta en sus fundamentos epistemológicos, psicológicos y gnoseológicos una postura denominada constructivismo (Moreira, 1993). Si bien pueden reconocerse diferentes versiones constructivistas, todas ellas tienen en común que surgieron en oposición a las teorías empiristas y conductistas de la producción del conocimiento y del aprendizaje como una copia del mundo. En general, podemos afirmar que el constructivismo adopta dos afirmaciones básicas (Matthews, 1994): La primera establece que el conocimiento no es pasivamente recibido sino que por el contrario es activamente construido por el sujeto cognoscente. La segunda afirma que la función de cognición es adaptativa y permite que los aprendices construyan explicaciones viables de la experiencia, a partir de sus conocimientos previos que sirven como anclaje en el proceso de reconstrucción (Ausubel, 1978).

Por su parte, el avance de las ciencias naturales recurre a la construcción de modelos, que pueden resultar una buena interpretación de la realidad, pero no deben ser confundidos con la realidad misma (del Re, 2000). El científico hace siempre una abstracción de la realidad seleccio-

nando, no sin algo de arbitrariedad, sólo algunas de las propiedades que considera relevantes, por lo que los modelos nunca dejan de ser conjeturas sobre lo real, a la vez que actúan como herramientas para predecir y calcular. En este sentido el término modelo indica tanto provisionalidad como valor instrumental para producir explicaciones y predicciones de fenómenos reales.

Estas ideas centradas en la explicación y contrastación de modelos han propiciado el desarrollo de un enfoque particular para la enseñanza de las ciencias en las últimas décadas, que asume que el conocimiento de diversos modelos alternativos en la interpretación y comprensión de la naturaleza y su contrastación, ayudará al alumno no sólo a comprender mejor los fenómenos estudiados sino sobre todo, a reconocer la naturaleza del conocimiento científico elaborado para interpretarlos. La educación científica debe ayudar al alumno a construir sus propios modelos, pero también a interrogarlos y redescubrirlos a partir de los elaborados por otros, ya sean sus propios compañeros o científicos eminentes (Glynn y Duit, 1995; Ogbron, 1996).

A pesar de la aparente aceptación del constructivismo como basamento pedagógico y la enseñanza por explicación y contrastación de modelos como estrategia didáctica, en la práctica

de la enseñanza de las ciencias se siguen observando situaciones propias de un marco empirista. Abundan las estrategias áulicas que suponen absoluta compatibilidad con los alumnos y realismo interpretativo; y que transmiten una postura epistemológica netamente positivista.

La poca práctica en la articulación de enfoques de enseñanza diferentes al tradicional y la incapacidad de diagramar clases dentro de otros enfoques puede entenderse como una posible causa de su persistencia. Consecuentemente, si se desea cambiar lo que ocurre en las aulas, y aunque parezca una obviedad, resulta necesario que los profesores estén preparados para el cambio. Para ello se requieren nuevas propuestas y alternativas tanto en la formación inicial como en la capacitación de los profesores en servicio que promuevan la reflexión sobre los diferentes saberes que se articulan en la práctica.

Para hacer frente a esta situación, dentro de las actividades encaradas por el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC), se dicta periódicamente un taller destinado a la actualización y capacitación de profesores de ciencias de todos los niveles, que admite el trabajo en grupos interdisciplinarios entre profesores de química, física y biología. En este trabajo presentamos un estudio descriptivo de las actividades realizadas en el marco de dicho taller y analizamos los resultados obtenidos; debe ser entendido como un aporte para la reflexión de nuestras prácticas de enseñanza.

EL MODO DE TRABAJO COMO PROPUESTA DE APRENDIZAJE

El taller “*Reflexiones y práctica experimental para la construcción y el ajuste de modelos científicos. Una alternativa pedagógica en un marco constructivista*” se ha dictado en diversas ocasiones desde 2007, incluidos encuentros regionales y congresos de enseñanza de las ciencias en todo el país. Está destinado a profesores de secundaria, de institutos de formación docente, profesionales en ejercicio de la docencia, docentes de cursos preuniversitarios y primeros años de universidad y estudiantes de profesorado.

Se trata de un curso intensivo con modalidad de taller, diagramado para realizarse en cuatro jornadas de cuatro horas cada una. La dinámica del curso propone la conformación de grupos interdisciplinarios en los que los capacitandos provengan de instancias formativas diferentes. Esta estrategia resulta adecuada para resaltar la necesidad de adquirir determinadas competencias que hagan posible el trabajo cooperativo.

Los principales propósitos que se persigue en el taller son que los capacitandos logren:

- Reflexionar sobre el concepto de ciencia como un conjunto de teorías en constante cambio y plausible de modificaciones paulatinas o abruptas.
- Conceptualizar el aprendizaje como un proceso constructivo individual e idiosincrásico de cada alumno y que el rol docente es de acompañamiento.
- Revisar el concepto de modelo a través del estudio de un caso particular.
- Evaluar la posibilidad de adoptar enfoques de enseñanza diferentes al tradicional o expositivo; particularmente “la enseñanza por

explicación y contrastación de modelos”.

- Entender la integración de los diferentes enfoques de la enseñanza o los múltiples papeles del profesor.
- Rescatar la importancia de los contenidos procedimentales y actitudinales, reflexionando sobre la necesidad de explicitarlos en la práctica docente.
- Expresar concretamente en forma oral y escrita los fenómenos observados, el conocimiento construido y la descripción del proceso que llevó a esa construcción.
- Ampliar el sentido crítico, la agudeza de la observación y el interés por el trabajo en grupo
- Transferir los saberes adquiridos en el taller a su práctica docente cotidiana.

Los contenidos a desarrollar en el taller se detallan en la tabla 1. Si bien la clasificación que se hace

de ellos es arbitraria (Coll y col., 1994), resulta de utilidad para poner a la luz ciertos tópicos que suelen obviarse a la hora de planificar una actividad de aprendizaje por no ser considerados “contenidos de la enseñanza”; nos referimos claro está, fundamentalmente a los contenidos actitudinales aunque también a algunos procedimentales.

Dentro del diseño del taller, se otorga mucha importancia a la realización cronológica de las actividades pautadas para cada jornada basándonos en la recursividad de las tareas. Los capacitadores guardan especial cuidado en no adelantar información sobre las actividades subsiguientes a los capacitandos para que de esta forma ellos puedan asumir un rol de alumnos y se encuentren frente a los capacitadores del mismo modo que sus estudiantes ante ellos, es decir sin conocer la estrategia que se implementará sujetos al factor sorpresa como suele ocurrir en una gran mayoría de las clases de ciencias.

Tabla 1: Contenidos desarrollados en el taller.

Contenidos Conceptuales	Equilibrio de fuerzas. Concepto de momento. Principio Fundamental de la hidrostática. Principio de Arquímedes. Fundamento de la balanza de Mohr-Westphal. Métodos para la determinación de la densidad (líquidos y sólidos). Concepto de Tensión superficial. Bases Químicas y Fisicoquímicas. Métodos para la determinación del coeficiente de tensión superficial (balanza de torsión, estalagmometría). Concepto de Tensioactivos. Tensioactivos biológicos. Estructura Química. Concentración micelar Crítica. Concepto de modelos científicos. Principios constructivistas.
Contenidos Procedimentales	Búsqueda bibliográfica. Procesos de medición y calibración. Construcción de gráficos. Expresión de resultados. Elaboración de informe científico. Construcción de portafolios. Construcción y ajuste de modelos científicos. Contrastación de datos, resultados, modelos, teorías. Comunicación de modelos científicos. Argumentación.
Contenidos Actitudinales	Trabajo cooperativo. Participación en debate. Escucha activa. Tolerancia y respeto a las propuestas alternativas. Pensamiento crítico.

Al comenzar el taller se llevan adelante las presentaciones obligadas y uno de los capacitadores interroga a los asistentes con respecto a qué lo motivó a asistir al curso. También se intenta evidenciar las posturas epistemológicas y pedagógicas de los concurrentes haciendo preguntas como: ¿Qué cree que es la ciencia? ¿Dónde se puede hacer ciencia? ¿Quién puede hacer ciencia? ¿Por qué es importante la educación científica? ¿Qué problemas encontró al intentar enseñar ciencias? ¿Qué hace en su clase? ¿Qué hacen sus alumnos en su clase? El otro capacitador registra las respuestas y actúa como observador. La información recopilada se utiliza en el cierre del curso como insumo para la reflexión de los propios cursantes, y además en la evaluación permanente de las actividades del equipo de trabajo y como sustrato de nuestras investigaciones. Desde el comienzo, se señala a los alumnos del taller la necesidad de llevar una bitácora de lo actuado en el curso, en la cual vuelquen también sus expresiones y que junto con bocetos, anotaciones, selección de bibliografía, protocolos de trabajo e informes conformarán los portafolios que serán el objeto de evaluación.

Durante la primera jornada se lleva adelante una intervención de tipo expositivo. Se exponen conceptos para explicar el fenómeno de flotabilidad asumiendo cierto grado de compatibilidad, se secuencian los contenidos siguiendo la lógica de la disciplina y se espera de los asistentes un papel de recepción y asimilación. En general, por tratarse de nociones básicas de física y de química, los contenidos suelen ser conocidos por los capacitandos, al menos en una concepción clásica del conocimiento. Con esta base, los asistentes al taller elaboran su propio modelo considerando la información disponible

hasta el momento.

Simultáneamente, se aprovecha la primera jornada para incorporar los métodos de medición de la densidad, se hace hincapié en la expresión correcta de los resultados y en la confección de un informe de la experiencia.

Cerca de la finalización del primer encuentro los capacitadores hacen notar que han logrado “*hacer flotar un objeto metálico en agua*” (en realidad logran la suspensión de una chinche en la interfaz agua-aire), lo que parece oponerse al modelo presentado y aceptado. Consecuentemente el modelo entra en conflicto.

Se pide a los capacitandos que expliquen lo que está sucediendo, que lo resuelvan grupalmente y que lo expongan en el próximo encuentro. El diagrama de la primera jornada puede resumirse según la tabla 2.

Tabla 2: Actividades del la primera jornada.

Día 1:	
1°	Revisión de contenidos previos: equilibrio de fuerzas, concepto de momento, principio fundamental de la hidrostática, concepto de empuje, principio de Arquímedes.
2°	Resolución de los casos de flotación en forma grupal.
3°	Acuerdo de un modelo para explicar el equilibrio de sólidos en líquidos.
4°	Medida de densidades con balanza de Mohr-Westphal.
5°	Primer conflicto: chinche apoyada en la interfaz agua/aire.
6°	Propuesta a los capacitandos de diseño de un nuevo modelo.

Las actividades del segundo encuentro giran en torno a la explicitación y comunicación de los modelos desarrollados por los concurrentes como resultado del primer encuentro. A lo largo de la jornada se logran nuevos acuerdos y se

acercan posiciones para finalmente consensuar un modelo que permita explicar lo observado: *“la chinche no se hunde”*.

Los capacitadores guían a los alumnos en la formalización del modelo arribando al concepto de tensión superficial como parte fundamental de la interpretación. Se discute la naturaleza del concepto desde perspectivas químicas, físicas y fisicoquímicas.

Se presta especial atención a la forma en la que los capacitandos expresan sus modelos, se toma nota de ello o se lo graba y se les recuerda que registren todas sus apreciaciones en la bitácora junto con los bocetos para poder luego elaborar sus portafolios.

Tras incorporar métodos para la medición de la tensión superficial el modelo vuelve a entrar en conflicto: *“según el coeficiente de tensión superficial determinado para el agua y el perímetro de la chinche, la máxima fuerza de tensión posible no lograría equiparar el peso”*.

Nuevamente los capacitandos deberán reelaborar el modelo. El diagrama de la segunda jornada puede resumirse según la tabla 3.

Tabla 3: Actividades de la segunda jornada.

Día 2:	
1°	Puesta en común de los modelos propuestos por los capacitandos.
2°	Medida de la densidad de la chinche por picnometría.
3°	Formalización del nuevo modelo incorporando el concepto de tensión superficial.
4°	Determinación del coeficiente de tensión superficial del agua utilizando balanza de torsión.
5°	Segundo conflicto: el peso es mayor que la fuerza de tensión superficial.
6°	Propuesta a los capacitandos de diseño de un nuevo modelo.

Al retomar la actividad los grupos de trabajo ponen a consideración del plenario sus propuestas; con los mismos recaudos que en la jornada anterior los capacitadores median en el debate acelerando los consensos y formalizando un nuevo modelo. Este resulta ser más amplio y resiste las contrastaciones que pusieron a los anteriores en conflicto: *“el peso de la chinche es equiparado por la fuerza de tensión superficial y el empuje de forma mancomunada”*.

Se presenta a los alumnos una serie de experiencias y se los invita a explicarlas a partir de los acuerdos alcanzados. Se profundiza en las implicaciones químicas de la Tensión Superficial, el concepto de Concentración Micelar Crítica y de tensioactivos químicos y biológicos. El diagrama de la tercera jornada puede resumirse según la tabla 4.

Tabla 4: Actividades de la tercera jornada.

Día 3:	
1°	Puesta en común de los modelos propuestos por los capacitandos.
2°	Consenso y formalización del nuevo modelo y de implicaciones químicas y fisicoquímicas de la tensión superficial.
3°	Observación y análisis de experiencias plausibles de explicación utilizando el modelo acordado. Esta actividad se realiza en grupos reducidos en primera instancia y luego en plenario.

El cuarto encuentro es un espacio de reflexión. Es el momento de repensar lo actuado, de llevar adelante la integración de los conocimientos y de promover la metacognición individual. Articulado como un debate y con los capacitadores oficiando de mediadores se retoman algunas de las preguntas realizadas en la primera jornada. Se discuten las principales características del constructivismo, se analizan las prácticas habituales de los docentes en el aula, se explicitan

las ideas del enfoque de la enseñanza por explicación y contrastación de modelos y se presenta la idea de los múltiples papeles del profesor (integración de diferentes enfoques de la enseñanza).

Los capacitandos suelen llevar el debate hacia la posibilidad de implementación de algunas de las actividades realizadas a la situación áulica de cada uno.

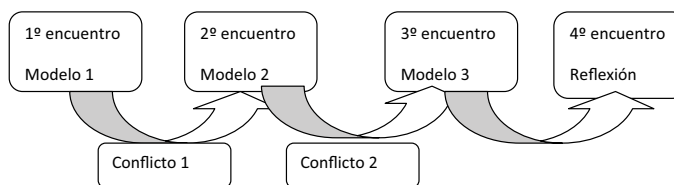
Los capacitadores recopilan los portafolios y hacen un primer análisis de ellos, participando a los alumnos del mismo, la intención es mostrar el funcionamiento de este tipo de herramientas. Se procede a la realización de una autoevaluación y evaluación por pares. El diagrama de la cuarta jornada puede resumirse según la tabla 5.

Tabla 5: Actividades de la cuarta jornada.

Día 4:	
1°	Análisis y reflexión de lo actuado.
2°	Herramientas accesorias a la actividad en el aula: el portafolios.
3°	Autoevaluación.

En la figura 1 se resumen las características primordiales de cada jornada de trabajo durante el taller. La idea general es promover el pensamiento crítico y creativo, a partir de ciertos conceptos teóricos y ciertas actividades prácticas experimentales donde cada capacitando es parte activa del proceso de construcción de conocimiento. Ese conocimiento que comienza a construirse durante el primer encuentro es revisado, puesto a prueba, cuestionado durante los encuentros siguientes hasta que se logra un consenso entre el conocimiento construido de modo personal y el conocimiento científico.

Figura 1. Resumen de las jornadas del taller



La devolución final por parte de los coordinadores se realiza en una instancia en general no presencial, por correo electrónico, dado que la mayor parte de las dudas fueron discutidas de manera presencial durante el debate de cierre del taller.

DISCUSIÓN Y PERSPECTIVAS PARA LA CAPACITACIÓN DOCENTE

En una sociedad donde la ciencia esta cada vez mas presente en la vida cotidiana, parece necesario hacerla accesible a la mayor parte de los alumnos. No obstante muchos datos revelan que éstos, en vez de hacer propias las teorías y modelos científicos enseñados en clase, siguen interpretando el mundo según esquemas intuitivos o culturales ajenos a la ciencia. Por otra parte, cada vez hay más profesores de ciencia que comprueban, con frustración, que sus alumnos apenas están interesados en ese saber científico y tienen también serias dificultades para utilizarlo tanto en la resolución de problemas escolares como en los cotidianos (Pozo y Gómez Crespo, 2001).

La necesidad imperiosa de avanzar en la alfabetización científica de la sociedad en su conjunto es puesta de manifiesto en los discursos de académicos, intelectuales y políticos.

La respuesta a la crisis de la educación científica debe basarse en su renovación pro-

funda, reafirmando sus propósitos y contenidos esenciales; hacer participar a los estudiantes y futuros ciudadanos de las actividades, las formas de pensamiento y los modelos y teorías propios de la ciencia como discurso social. La universidad debe asumir su rol preponderante en esta renovación; entendiéndose como parte integrante de un sistema educativo que debe tender al mejoramiento de sus prácticas en lo que a educación científica refiere.

Para lograr estos cambios, es necesario que los profesores sean actores principales en este proceso. Los aportes, como el taller descriptivo, son esfuerzos tendientes al mejoramiento de la enseñanza de la ciencia en general y de ciertos contenidos en particular en todos los niveles del sistema educativo formal, porque reconocemos que no puede abandonarse el contenido específico en cualquier instancia de formación pedagógica (Shulman, 1986), por ello, nos enmarcamos en nuestro modelo de enseñar enseñando.

El análisis de los resultados obtenidos en las distintas repeticiones del taller arroja resultados positivos. La propuesta resulta exitosa al combinar procedimientos tanto intelectuales como sensoriomotores y sobre todo por propiciar la reflexión y la metacognición.

Un detenido estudio de las desgrabaciones de las intervenciones de los capacitandos, de los portafolios y de las bitácoras nos permitió evidenciar sutiles cambios en sus posturas epistemológicas. Los participantes comenzaron a reflexionar sobre sus propias realidades áulicas y evaluaron la posibilidad de incorporar alguna de las herramientas desarrolladas durante el taller en su propia práctica docente.

Esta instancia se convierte en un punto de

doble evaluación, formando parte del cierre del taller y siendo valiosa para el análisis del mismo por parte de los capacitadores.

Al alcanzar la adquisición de ciertos contenidos procedimentales y actitudinales y trabajar con la construcción de modelos se logra percibir que los modelos (y teorías científicas) no son ni ciertos ni falsos. Se llega al entendimiento que el conocimiento cuestionado se convierte en punto de partida del nuevo conocimiento.

No es menor el hecho de que los asistentes valoren actividades relacionadas con la comunicación y expresión de resultados, la planificación de experiencias y la práctica en métodos de medición. Para muchos de los participantes el taller es la primera instancia de acercamiento a herramientas como la bitácora del curso, el portafolio, la autoevaluación y la evaluación por pares. Entre otros resultados obtenidos durante la implementación del taller se destacan los siguientes:

Los profesores tuvieron dificultades en el uso de instrumentos de medida.

El trabajo cooperativo favorece la construcción y la contrastación de modelos.

Se observó un aumento paulatino del uso de bibliografía.

Los capacitandos se mantienen expectantes al inicio del taller y asumen un rol receptivo, que a lo largo del taller se modifica a un mayor grado de compromiso individual y un aumento gradual en los niveles de participación.

Aparición de un marcado interés por el potencial de la teoría constructivista.

Notorio desarrollo del espíritu crítico.

Se observó un aumento en los niveles de tolerancia y capacidad de negociación

Este trabajo no pretende proporcionar recetas ni soluciones preconcebidas, sino ayudar a los docentes a dar más sentido a su práctica y a superar las dificultades que conlleva, acercándose al entendimiento de cómo aprenden ciencia sus alumnos y cómo, a través de su enseñanza, pueden ayudarles a lograr un mejor y más significativo aprendizaje.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de los Proyectos UBACYT B-055(2008-2010), y UBANEX 2008.

REFERENCIAS

Coll, C., Pozo, J. I., Sarabia, B. y Valls, E. (1994). *Los contenidos en la Reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Buenos Aires: Santillana, Aula XXI.

del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *HYLE, An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 6(1), 5-15.

Lorenzo, M. G. y Farré, A. S. (2010) Epistemología, Historia y Filosofía de las ciencias: Un puente entre la investigación didáctica y la enseñanza de las ciencias. (Enviado para su publicación, septiembre 2010)

Lorenzo, M., Reverdito, A., Perillo, I., y Salerno, A. (2001). Los contenidos procedimentales en el laboratorio de química orgánica para la formación docente. *Journal of Science Education*, 102-105.

Lorenzo, M., y Rossi, A. (2007). Experimental practical activities in scientific education. *The Chemical Educator*, 1-6.

Matthews, M. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: Un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las ciencias*, 79-88.

Moreira, M. (1993). Sobre la enseñanza del método científico. *Memorias REF VIII*, 3-12.

Otero, R. (1997). Fundamentos epistemológicos del constructivismo y la enseñanza de la física. *Revista de enseñanza de la física*, 5-13.

Pozo, J. I. (1999). *Aprendices y maestros*. Madrid, España: Editorial Alianza.

Pozo, J. I., y Postigo, Y. (2000). *Los procedimientos como contenidos escolares*. Barcelona, España: Editorial Edebe.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.