



Melina Gabriela Furman

Doctora en Educación
Profesora Asociada de la Escuela de Educación
Universidad de San Andrés, Buenos Aires, y CONICET, Argentina.
Grupo de Investigación en Educación en Ciencias de la Universidad de San Andrés, Argentina
mfurman@udesa.edu.ar

María Verónica Poenitz

Licenciada en Ciencias de la Educación
Grupo de Investigación en Educación en Ciencias.
Universidad de San Andrés – Argentina
veronicapoenitz@hotmail.com

María Eugenia Podestá

Magister en Educación
Grupo de Investigación en Educación en Ciencias
Universidad de San Andrés – Argentina
mepodesta@udesa.edu.ar

Artículo de investigación científica y tecnológica

Recibido 8 de abril de 2012
Aceptado 4 de junio de 2012

LA EVALUACIÓN EN LA FORMACIÓN DE LOS PROFESORES DE CIENCIAS

Resumen

La presente investigación analiza las evaluaciones finales de la carrera de Profesorado de Biología, tomando como caso una institución del nordeste de Argentina. Se observaron las situaciones de evaluación y se realizaron entrevistas posteriores a los profesores formadores. Se analizaron las preguntas formuladas por los profesores en el examen de acuerdo al objetivo de sus intervenciones y a la dimensión de las ciencias evaluadas, utilizando las categorías de ciencia como producto (conjunto de conocimiento) y como proceso (modos de conocer). El 78% de las preguntas de los profesores correspondió a la dimensión de ciencia como producto, frente a un 22% como proceso. Las preguntas formuladas apuntaron mayoritariamente a operaciones cognitivas de poca complejidad tales como la enunciación de definiciones o descripciones y a competencias científicas sencillas como la clasificación. Estos resultados entran en contradicción con las preocupaciones de los profesores por la falta de comprensión en sus estudiantes y su objetivo declarado de “enseñarles a pensar”. Este trabajo aporta evidencias respecto de la necesidad imperiosa de fortalecer el trabajo con los formadores docentes en la evaluación de los aprendizajes.

Palabras clave: formación de profesores de Ciencias Naturales, evaluación, preguntas de examen, ciencia como producto y como proceso.

EVALUATION IN SCIENCE TEACHERS TRAINING

Abstract

This research analyzes the final evaluations of the major in Biology Teaching in an institution in northeastern Argentina. The evaluation circumstances were observed, and the professors were subsequently interviewed. The questions formulated by the professors in the test were analyzed according to the objective of their speech and the dimension of the evaluated sciences, by using the categories of science as a product (set of knowledge) and as a process (ways to know). 78% of the questions correspond to the category of science as a product compared to 22% as a process. Most of the formulated questions aimed to low-complex cognitive processes such as the enunciation of definitions or descriptions, and simple scientific skills as classifying. These results contradict professors' concern about their students' low level of reading comprehension and their stated objective of 'teaching them to think'. This paper brings evidences as for the imperative need of strengthening the work with teacher trainers in learning evaluation aspects.

Key words: natural sciences teachers training, evaluation, test questions, science as a product and as a process.

L'ÉVALUATION DANS LA FORMATION DES PROFESSEURS DE SCIENCES

Résumé

Cette recherche analyse les évaluations finales de la carrière de Professorat de Biologie, en prenant pour cas une institution du Nord-est de l'Argentine. Les situations d'évaluation ont été observées et des entrevues postérieures aux professeurs formateurs ont été réalisées. Les questions posées par les professeurs lors de l'examen ont été analysées, en accord avec l'objectif de leurs interventions et l'évaluation de la dimension des sciences, en utilisant les catégories de science comme produit (ensemble de connaissance) et comme processus (modes de connaissance). 78% des questions posées par les professeurs correspondait à la dimension de la science comme produit, face à 22% comme processus. Les questions

posées traitent généralement d'opérations cognitives peu complexes telles que l'énoncé de définitions ou des descriptions et a des compétences scientifiques simples comme la classification. Ces résultats entrent en contradiction avec les préoccupations des professeur quant au manque de compréhension de leurs étudiants et leur objectif déclaré de leur "enseigner à penser". Ce travail nous apporte des évidences quant au besoin impérieux de renforcer le travail dans l'évaluation des apprentissages avec les enseignants formateurs.

Mots clés: formation des professeurs de Sciences Naturelles, évaluation, questions d'examens, science comme produit et comme processus.

A AVALIAÇÃO NA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Resumo

A pesquisa analisou as avaliações finais da carreira de Professorado de Biologia, tomando como caso uma instituição do nordeste da Argentina. Observaram-se as situações de avaliação e realizaram-se entrevistas posteriores aos professores formadores. Analisaram-se as perguntas formuladas pelos professores no exame em acordo com o objetivo das suas intervenções e à dimensão avaliada das ciências, usando categorias de ciência como produto (conjunto de conhecimento) e como processo (modos de conhecer). O 78% das perguntas dos professores correspondeu à dimensão de ciência como produto, e o 22% como processo. As perguntas formuladas apontaram especialmente a operações cognitivas de pouca complexidade tais como a enunciar definições ou descrições e a competências científicas simples como a classificação. Estes resultados entram em contradição com as preocupações dos professores pela falta de compreensão nos seus alunos e seu objetivo declarado de "ensinar-lhes a pensar". Esta pesquisa aporta evidencias a respeito da necessidade imperiosa de fortalecer o trabalho com os formadores docentes na avaliação dos aprendizados.

Palavras chave: formação de professores de Ciências Naturais, avaliação, perguntas de exame, ciência como produto e como processo.

Introducción

En los últimos años, la investigación educativa ha dado muestras claras de que la calidad docente juega un papel fundamental en los aprendizajes que alcanzan los alumnos, superando ampliamente a otros factores. El informe de la organización *The Educational Trust*, que compila los resultados de numerosas investigaciones, muestra por ejemplo que el docente asignado a un grupo de alumnos tiene más influencia en sus aprendizajes que otros factores usualmente asociados a la calidad educativa como la cantidad de alumnos por curso o los recursos con los que cuenta la escuela (Carey, 2004).

En la enseñanza de las ciencias, el objetivo de la alfabetización científica demanda docentes altamente preparados, que puedan poner en juego estrategias de enseñanza que involucren a sus alumnos en un aprendizaje activo y reflexivo y fomenten la comprensión conceptual profunda de las ideas clave de sus disciplinas y los guíen en el desarrollo de competencias de pensamiento crítico (Furman & Podestá, 2008). En este marco, la necesidad de fortalecer la formación de los futuros profesores de ciencias se presenta como una prioridad estratégica ante el imperativo de mejorar la calidad y equidad de la oferta educativa para niños y jóvenes (NCTAF, 2003; Valverde & Näslund-Halley, 2010).

Sin embargo, en la región latinoamericana, la formación docente inicial para los profesores del nivel primario y secundario tiene deficiencias importantes, tanto en la formación disciplinar como en su didáctica específica (Adúriz Bravo, 2009; Bittar, 2011). Las investigaciones revelan que los contenidos que manejan los profesores formadores de docentes son, en general, desactualizados y alejados del saber de referencia, que la mayoría de las instituciones de formación carecen o tienen escasas tareas de investigación y generación de nuevos conocimientos y que en los profesorados generalmente se presentan visiones rígidas, lineales y acumulativas de la ciencia que dan la idea de una ciencia difícil, inalcanzable y elitista.

¿Cómo se evalúa a los futuros profesores de ciencias?

En la formación de futuros docentes, como en cualquier otro proceso de enseñanza y aprendizaje, la evaluación juega un rol fundamental, tanto para orientar las estrategias de enseñanza de los profesores formadores como para acreditar a los alumnos para ejercer en un futuro la profesión docente. Al ser evaluados, los futuros docentes comprenden qué es lo que sus profesores formadores consideran prioritario, en qué saberes poner el acento y cuáles son los modelos de evaluación más pertinentes, entre

muchos otros aspectos que hacen al usualmente llamado “currículum oculto” (Jackson, 1968).

Si bien en los últimos años se han realizado en Latinoamérica estudios diagnósticos acerca de algunos aspectos de la formación inicial de los docentes de ciencias tales como los saberes de los profesores formadores y las visiones de ciencia que sostienen, las estrategias de evaluación que dichos profesores ponen en juego a la hora de analizar los aprendizajes de los futuros docentes constituyen un terreno mucho menos explorado.

En las evaluaciones, los docentes se constituyen como verdaderos organizadores implícitos con una carga de preconcepciones, creencias, significados e imágenes mentales con las que miran y perciben la asignatura que enseñan, a la que sintetizan en sus procesos evaluativos (Moreno & Azcárate, 2003). Detrás de cada situación de evaluación hay una serie de decisiones que debe tomar el docente con respecto a qué y cómo evaluar, como sostiene Camilloni y colegas (1998): *“están fundadas sobre las concepciones que ellos tienen acerca de qué es enseñar, qué es aprender, cuál es la naturaleza de los conocimientos que los alumnos deben adquirir y qué funciones debe adquirir la institución educativa”*. Desde este punto de vista, la evaluación es un dispositivo que nos permite ver reflejado lo que el docente espera del alumno, su mirada sobre el proceso de aprendizaje y enseñanza, sus concepciones acerca del conocimiento y, por ende, pensar en posibles líneas de acción en torno a la posibilidad de mejorar la formación docente en esta área.

Dentro de los diagnósticos realizados acerca de las problemáticas que hoy presenta la formación del profesorado en el área de las ciencias experimentales, sobresale la dificultad de los profesores formadores en el manejo de una concepción de ciencia que contemple el modo en que se producen los conocimientos en cada disciplina (Adúriz Bravo, 2009). La comunidad de especialistas en didáctica de las ciencias coincide en que, para poder proveer una adecuada formación en este área, es necesario no sólo dominar los conceptos científicos sino también los modos en que dichos conocimientos fueron construidos, *“incluyendo los problemas que originaron el conocimiento, las dificultades para construirlos, las orientaciones metodológicas empleadas en la construcción de los conocimientos y la influencia de las interacciones sociales sobre dicha construcción”* (Gil & Pessoa, 1994). En este sentido, resulta fundamental que las clases del profesorado involucren la dimensión de la ciencia como proceso, es decir, *“un entendimiento acerca de cómo se arriba a los nuevos conceptos a través de la investigación”* (Gellon et ál., 2005), además de la dimensión de la ciencia como producto o conjunto de conocimientos (Furman & Podestá, 2008).

En la investigación se analizaron en qué medida las dimensiones de ciencia como proceso y como producto se hicieron presentes en dichas evaluaciones, junto con las características generales de las situaciones de examen y los objetivos de las distintas intervenciones de los docentes formadores. Dada la importancia de las evaluaciones sumativas como instrumentos para acreditar los aprendizajes de los alumnos al final de una asignatura, se analizaron los exámenes orales finales de los cursos de diferentes materias de ciencias naturales a partir del caso de un Instituto del Profesorado de Biología para el nivel secundario.

Preguntas de investigación

El presente trabajo abordó las siguientes preguntas:

- ♦ ¿Qué características tienen los exámenes finales de las asignaturas de un Profesorado de Biología de prestigio en la región del nordeste argentino?
- ♦ ¿Qué saberes se evalúan en dichas instancias de evaluación?
- ♦ ¿En qué medida las preguntas de evaluación reflejan una mirada acerca de la ciencia como producto y como proceso?
- ♦ ¿Qué tipo de operaciones cognitivas se les demandan a los alumnos con relación a los contenidos evaluados?
- ♦ ¿Qué intervenciones realizan los profesores formadores durante las evaluaciones y a qué preocupaciones responden dichas intervenciones?

Metodología

El análisis se realizó a partir de un estudio de caso (Yin, 1994) que combinó un abordaje mixto, incluyendo componentes cualitativos y cuantitativos, descritos más adelante.

Contexto del estudio

Se analizaron, a través de una experiencia de campo, las instancias de evaluación final realizadas por el equipo docente de un Instituto Superior de Formación Docente del nordeste argentino, con prestigio en la región y 50 años de trayectoria. Se seleccionó este centro dado que ha sido, y continúa siendo aún, el principal ámbito de formación docente de la región. El instituto nuclea el 70% de los alumnos de nivel superior no universitario que contaba la región de acuerdo al censo de 2010.

Para los propósitos de este estudio, se tomó como caso de análisis el Profesorado de Biología. Dentro del plan de estudios, dividido en materias

específicas de Ciencias Naturales, materias pedagógicas y materias de formación general (Filosofía, Taller de Escritura), se consideraron para esta investigación aquellas asignaturas específicas de Ciencias Naturales de los primeros dos años de la carrera. Este total de seis asignaturas son orientadas por cinco profesores, uno de los cuales dirige dos materias.

Recolección de datos

Se realizaron observaciones directas, no participantes, de la totalidad de exámenes de las asignaturas mencionadas correspondientes a febrero del 2011. Se observaron once exámenes finales orales, de aproximadamente una hora de duración cada uno, de las siguientes disciplinas: Biología Vegetal (dos alumnos), Taller Integrador (tres alumnos), Fundamentos de la Biología (dos alumnos), Histología y Embriología (un alumno), Epistemología de la Ciencia (un alumno) e Introducción a la Física (dos alumnos).

Para orientar la observación se utilizó una guía elaborada previamente, que sirvió para el análisis posterior de las intervenciones docentes en las evaluaciones, así como para la clasificación de los saberes evaluados. Se grabaron en audio los diálogos entre docentes y estudiantes a lo largo de todo el examen y se transcribieron posteriormente. La guía de observación consideró los siguientes aspectos:

- ♦ Programa de la materia y los contenidos a evaluar.
- ♦ Lugar del examen.
- ♦ Ubicación del observador, del docente y del alumno.
- ♦ Modelo de examen: (defensa de un proyecto de trabajo personal, debate entre alumnos, entrevista profesor-alumno, ponencia preparada por los alumnos, etc.).
- ♦ Tiempo de examen.
- ♦ Clima del examen (tenso, distendido, etc.).
- ♦ Preguntas formuladas por los docentes.
- ♦ Preguntas formuladas por los alumnos.
- ♦ Respuestas formuladas por los alumnos.
- ♦ Intervenciones de los docentes (más allá de las preguntas específicas).
- ♦ Recursos utilizados por alumnos (láminas, carpetas, presentaciones en Power Point, etc.).
- ♦ Recursos utilizados por docentes.
- ♦ Devolución de docentes luego del examen.
- ♦ Respuesta de los alumnos a la devolución de los docentes.

Posteriormente a las observaciones se realizaron entrevistas semiestructuradas de aproximadamente media hora de duración con los profesores evaluadores para comprender mejor los sentidos que éstos le atribuyeron a sus propias preguntas e intervenciones dentro de la situación de evaluación. Se indagó también acerca de sus interpretaciones sobre los desempeños de sus alumnos y sus miradas sobre la propia disciplina de enseñanza. La entrevista tuvo como eje central las siguientes preguntas:

- ♦ ¿Cómo describiría usted la disciplina que enseña?
- ♦ ¿Qué es lo más importante que los alumnos deben aprender en su asignatura?
- ♦ ¿Cuáles son sus principales objetivos como docente de esta asignatura?
- ♦ ¿Qué cree que es lo más importante evaluar en su disciplina?
- ♦ ¿Cómo cree que debe ser una buena evaluación en su materia?
- ♦ ¿Cómo describiría la situación de evaluación que acabamos de observar con relación a sus propósitos y al desempeño del alumno evaluado? ¿A qué atribuye dicho desempeño?

Por otra parte, la elección de técnicas cuantitativas nos permitió una mirada general sobre los contenidos evaluados por los docentes y los tipos de preguntas formuladas en el contexto de las situaciones de examen. Para ello, se transcribieron y luego analizaron las formuladas por los docentes en relación a la dimensión de ciencia evaluada, como se describe a continuación.

Análisis de datos

En primer lugar, se elaboró una descripción detallada de las situaciones de examen observadas y se identificaron aspectos comunes a todas ellas. Luego, se analizaron los tipos de intervenciones de los docentes formadores, identificando los propósitos detrás de dichas preguntas, que se cotejaron y complementaron con lo declarado por ellos en las entrevistas posteriores.

Dentro de las intervenciones de los profesores formadores se analizaron específicamente aquellas preguntas que buscaban evaluar contenidos específicos de cada asignatura. A fin de simplificar el análisis, las preguntas se agruparon en unidades de sentido, definidas como aquellos conjuntos de preguntas correspondientes al mismo contenido evaluado.

Dichas preguntas se categorizaron de acuerdo a las dimensiones de ciencia como *producto* (que incluía las preguntas relacionadas con conceptos, hechos y datos) y ciencia como *proceso* (que incluía las preguntas

relacionadas con el despliegue de habilidades científicas —clasificación, formulación de hipótesis, diseño experimental, análisis de datos, manejo de instrumentos de laboratorio— y con el desarrollo de ideas acerca de la construcción del conocimiento científico) (Furman & Podestá, 2008). Se contabilizaron las preguntas correspondientes a cada categoría y, posteriormente, se realizó un análisis dentro de cada una de ellas.

Dentro de la dimensión de ciencia como producto, se categorizaron las preguntas de acuerdo al tipo de operación cognitiva que se les demandaba a los alumnos, definidas del siguiente modo:

- *Preguntas terminológicas*: interrogan acerca de términos y definiciones (¿qué significa?, ¿cómo se llama?)
- *Preguntas descriptivas*: requieren enumerar, representar las cualidades y características de un cierto objeto o fenómeno (¿cómo es?, ¿cuáles son?)
- *Preguntas explicativas*: orientadas a formular un proceso, mecanismo, causa o motivo que da lugar a un cierto fenómeno (¿a qué se debe?, ¿por qué sucede?, ¿cuál es el mecanismo que le da origen?).

Al comienzo del trabajo se consideraron otras categorías de mayor complejidad a nivel cognitivo tales como las *preguntas de relación o de argumentación*, que requerían que el alumno vinculará conceptos diferentes o diera argumentos a favor o en contra de una determinada afirmación, pero finalmente fueron dejadas de lado en el análisis final ya que no se encontraron preguntas de estos tipos en las evaluaciones observadas.

Dentro de la dimensión de ciencia como producto, se clasificaron las preguntas de acuerdo a dos subcategorías, siguiendo el marco teórico propuesto por DeBoer (1991):

- *Preguntas orientadas a procesos lógicos* (formular hipótesis, interpretar datos, clasificar, proponer experimentos para responder a una pregunta, etc.)
- *Preguntas orientadas a procesos técnicos* (relacionadas con utilizar instrumentos o material de laboratorio).

Resultados

Descripción de las situaciones de evaluación observadas

En las evaluaciones se notó un clima distendido y de confianza que, de acuerdo a los profesores entrevistados, es producto de una cultura institucional de fuertes vínculos entre docentes y alumnos. Todas las

evaluaciones observadas siguieron el mismo formato: exámenes orales e individuales, en los cuales los alumnos debían seleccionar previamente un tema para exponer, a partir del cual el profesor evaluador intervenía, ampliando las preguntas a otras unidades del programa. Esta uniformidad responde, de acuerdo a los profesores, al ejercicio de una práctica habitual e instalada a lo largo de los años.

Una práctica común en todas las evaluaciones fue el uso de las *carpetas de gráficos*, (recopilación del material gráfico utilizado a lo largo del ciclo lectivo). Estas carpetas son recursos que los profesores dan como apuntes a los alumnos como complemento de las clases. En el caso del examen de la asignatura Biología Vegetal, por ejemplo, las carpetas estaban compuestas por gráficos y esquemas que representaban procesos biológicos (“ciclo de Krebs”, “respiración celular”) que tenían como fin ayudar a los alumnos en sus explicaciones.

En todo momento los docentes asignaron esencial importancia a las explicaciones de los alumnos sobre dichos gráficos y esquemas. Una de las docentes entrevistadas explicó que su uso tenía el objetivo de hacer la situación de evaluación más sencilla para los estudiantes, en tanto funcionaba como un recurso mnemotécnico, y para garantizarles un material con el que pudieran contar como futuros docentes: *“Nosotros utilizamos carpetas con gráficos para que sea más fácil, porque ellos sino hablan en el aire, y como van a ser docentes siempre van a tener la posibilidad de tener el recurso de los gráficos”*.

Todos los exámenes se iniciaron con la exposición de un tema previamente elegido y preparado por el alumno. Consultados los docentes, nos indicaron que este inicio tenía como fin, quitar ansiedad al alumno que rinde en el examen, además de darle una oportunidad de “sumar puntos para la calificación final”.

El problema de la memorización del contenido estuvo muy presente a lo largo de los exámenes, posiblemente favorecido por la estrategia de que los alumnos comenzaran el examen presentando un contenido preparado de antemano. Esto se hizo evidente en todas las situaciones de evaluación, que comenzaban con una exposición oral “recitada”. Los alumnos observados tuvieron serias dificultades de retomar el hilo de la exposición tras las preguntas de los docentes, o de irse de la exposición ensayada para aportar ejemplos u otros datos pedidos por los evaluadores. Un ejemplo claro de esto se observa en el siguiente diálogo que se dio en el examen de Taller Integrador;

Alumno: (comienza con la exposición, pareciera que recita de memoria, menciona los aumentos del microscopio)

Docente: ¿Qué son los aumentos?

A: El tamaño.

D: No, no es el tamaño, piensa lo que estás diciendo...

A: (no responde)

D: Bueno, sigue nomás, haz como que no te preguntamos nada.

Sigue de la manera en que preparaste tu examen, después nosotros te preguntamos...

A: Sí, porque le tengo que decir todas las partes, profe...

La preocupación por la memorización de los contenidos por parte de los alumnos estuvo muy presente en los docentes entrevistados. En general, el problema es concebido por los docentes como un resultado de los malos hábitos de estudio de los alumnos:

D: Esperamos que internalicen los saberes, pero que a la vez los sepan transmitir, que no sólo repitan lo que saben, que puedan relacionar los temas. Los chicos suelen estudiar todo de memoria y eso lo repiten en los exámenes.

En muchos casos, los docentes solicitaban ejemplos de los conceptos enunciados a los alumnos como modo de evaluar su comprensión del contenido. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, se observó que los alumnos no pudieron sustraerse de ejemplos previamente aprendidos en clase y aportar ejemplos nuevos. Por ejemplo, en un momento en que el docente de Introducción a la Física interrogaba por la relación entre aceleración y fuerza, se dio el siguiente diálogo donde el alumno menciona que estudió “el ejemplo del tiqui taca” (un juguete de niños en el que dos bolas de plástico atadas con hilos chocan entre sí), discutido previamente en clase:

D: A ver, dame un ejemplo.

A: Por ejemplo cuando empujo un carrito de supermercado con determinada fuerza va a determinada velocidad, pero si le aplico más fuerza, la velocidad aumenta. (Expone acerca de la relación entre acción y reacción y da el ejemplo del “tiqui taca”).

D: ¿Para qué sirve el principio de acción y reacción? Dame un ejemplo en animales...

A: No sé, profe, yo estudié el ejemplo del “tiqui taca”, no más.

Una mirada centrada en la ciencia como producto

La mayor parte de las preguntas formuladas por los docentes durante las situaciones de examen tuvieron como fin, naturalmente, la evaluación del aprendizaje de contenidos específicos de las asignaturas. Analizando

dichas preguntas de acuerdo a la dimensión de ciencia evaluada (producto o proceso), se observó que la dimensión de ciencia como producto fue mayoritaria. De los datos recogidos, el 78% de las preguntas de evaluación registradas en las observaciones (122 preguntas), fueron preguntas de tipo producto, mientras que sólo el 22% se orientó a preguntas que tienden a una visión de ciencia como proceso (Figura 1).

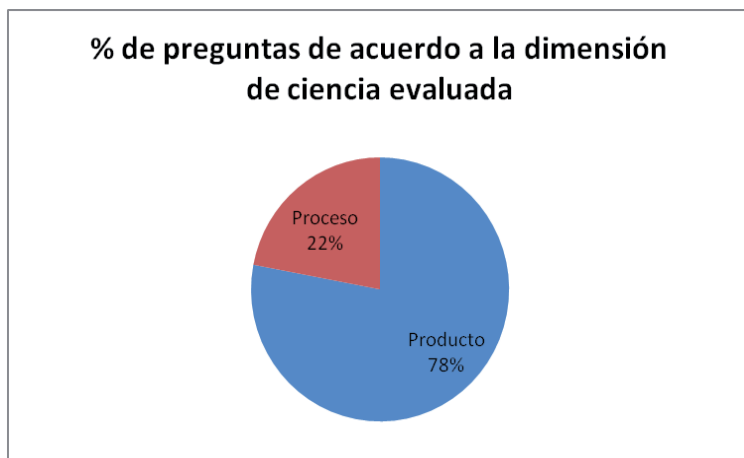


Figura 1: Porcentaje del total de preguntas correspondiente a las dimensiones de ciencia como producto y como proceso.

Estos porcentajes fueron relativamente homogéneos en todos los docentes, lo que revela una mirada general de los profesores acerca de las ciencias experimentales que privilegia su dimensión factual, centrada en la información y en el conocimiento acabado, en la que está mayormente ausente el proceso de generación de conocimiento científico como objetivo de enseñanza, en tanto no aparece como parte central de la evaluación.

Como se ampliará luego, esta mirada sobre la ciencia se acentúa dado que la mayor parte de las preguntas relativas a la dimensión de la ciencia como proceso se refirieron al uso de instrumentos de laboratorio y otras cuestiones técnicas como el armado de preparados de microscopia, en detrimento de preguntas que demandarán el despliegue de habilidades científicas tales como el análisis de datos o la formulación de diseños experimentales.

En las entrevistas realizadas esta visión de ciencia como producto se puso en evidencia en varios de los profesores, cuyos testimonios fueron coherentes con lo observado en las evaluaciones:

D1: *Yo creo que la ciencia son esos conocimientos, esos saberes que nos permiten comprender el mundo, la realidad en que vivimos. Todos estos conocimientos están interrelacionados e integrados.*

D2: *Espero que mis alumnos sepan los conceptos necesarios para que a la hora de dar la clase tengan las partes más tradicionales del aprendizaje.*

En algunos casos, sin embargo, los docentes entrevistados sostuvieron la importancia de la enseñanza y evaluación del proceso de generación de conocimiento científico:

Los alumnos tienen que darse cuenta que ellos pueden producir conocimiento. No sólo que el alumno sepa que puede transportar el conocimiento, sino que sepa que puede producir el conocimiento (...) No sirven esos exámenes en los que el alumno repite todo y no entiende. ¿Por qué para historia, biología, física se utiliza un método y para la educación física otro? En educación física yo no pregunto “¿cómo se corre?”, yo le digo “a ver, corre”. ¡Así se debería evaluar en física también! (Docente 3).

Sin embargo, esta mirada no se tradujo en las preguntas que estos mismos docentes formularon en sus evaluaciones.

Preguntas que demandan operaciones cognitivas simples

Dentro de las preguntas relacionadas con la dimensión de ciencia como producto, se observó que la mayor parte de ellas demandaban que los alumnos desplegaran operaciones cognitivas simples con relación al contenido evaluado, con un 44% de preguntas terminológicas, un 27% de preguntas descriptivas y un 29% explicativas (Figura 2).

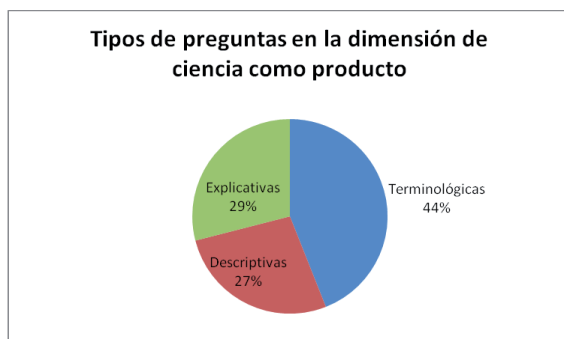


Figura 2: Dentro de las preguntas orientadas a la ciencia como producto, porcentaje de preguntas de tipo explicativo, descriptivo y terminológico.

Respecto del alto porcentaje de preguntas terminológicas, la exigencia de definiciones o términos exactos fue recurrente a lo largo de los exámenes observados. El ejemplo siguiente presenta una situación donde una profesora busca que su alumna le diga un término concreto cuando está explicándole el Ciclo de Krebs:

P: No es “donar”, ¿qué es? ¿Cuál es la palabra correcta?

A: (no responde)

P: Por ejemplo, si yo vivo en Posadas y un hijo está en Corrientes y necesita plata, ¿qué hago?

A: Le envío.

P: Sí, pero piensa la palabra, ¿cómo se llama eso en el banco? Transsss....

A: ¡Transporte!

P: No, le “transfiero” Hay que cuidarse con los términos porque sino parece que dices cosas distintas. No es lo mismo “donar” que “transferir”.

Por otra parte, el 27% de las preguntas de tipo de producto, fueron *descriptivas*, es decir aquellas orientadas a describir las cualidades o características de un cierto objeto o fenómeno, como la siguiente:

P: Pasemos al tema de los reinos, cuéntame: ¿cuáles son?, ¿cuántos hay?, ¿qué características tiene cada uno?

A: Bueno, hay cinco reinos, el Animal, Vegetal, Monera, Protista y Fungi.

El 29% de las preguntas registradas en la dimensión de la ciencia como producto fueron explicativas. Estas preguntas son aquellas que apelan a que el alumno dé cuenta de cómo sucede un proceso, como en este ejemplo:

A: La replicación del ADN es el mecanismo que le permite a la célula duplicarse y sintetizar una copia idéntica.

P: ¿Por qué se “abre” la molécula de ADN?

A: Y, para poder duplicarse.

P: Sí, pero ¿por qué?, ¿qué hace que se abra? Trata de explicar con tus palabras lo que entiendes, ¿qué es lo que entiendes tú por esto? (indica el gráfico de la carpeta de la alumna)

A: Y, es como una escalera que se separa, y se replica el ADN.

D: Pero, ¿qué significa que se replica el ADN? Yo me pongo en el lugar del alumno y tú dices “una escalera que se separa”, ¿qué significa eso?

A: (no responde)

Finalmente, en ninguno de los exámenes analizados se formularon preguntas que demandaran operaciones cognitivas de mayor complejidad en relación al contenido, tales como establecer relaciones entre distintas ideas aprendidas o explicar una situación no conocida de antemano en la que se manifestara el mismo fenómeno. Dicha falta podría ser reflejo de una ausencia del trabajo con modos más complejos de operar con el conocimiento dentro de las clases, o de la dificultad de los profesores de generar preguntas que evalúen operaciones cognitivas más complejas.

De acuerdo al análisis de las preguntas formuladas por los docentes, dentro de las preguntas de evaluación tienen un peso importante aquellas que demandan definiciones o contenidos meramente descriptivos. Dado que este tipo de saberes son potencialmente “memorizables”, no sorprende la tendencia de los alumnos a la memorización de parte del contenido de las asignaturas. Por ese motivo, resulta llamativa la sorpresa de los docentes ante la memorización como estrategia de estudio. Esta sorpresa se relaciona, a nuestro entender, con una distancia importante entre lo que los docentes enuncian como los objetivos de enseñanza de sus asignaturas (que apuntan a “aprender a pensar” y a la integración y comprensión profunda de los conceptos) y el tipo de preguntas formuladas por ellos en las evaluaciones. En el siguiente extracto de una entrevista un docente explica que sus preguntas de examen tienen como fin que los alumnos piensen y no que repitan sin comprender:

D: “Nosotros les hacemos preguntas para que piensen, reflexionen. Siempre les decimos que no nos interesa que repitan, pero ellos están muy acostumbrados a eso, se basan en los resúmenes y muchas veces ni entienden lo que dicen.”

Como se plantea en la discusión, pensamos que esto constituye un campo fértil de trabajo con los docentes formadores, que requiere, en primer lugar, una concientización acerca de los tipos de saberes que se están evaluando, una posterior confrontación con los propósitos de enseñanza y, finalmente, un trabajo centrado en la posibilidad de acercar las estrategias de evaluación a dichos propósitos.

Preguntas orientadas a la ciencia como proceso

El porcentaje de preguntas centradas en la dimensión de la ciencia como proceso de generación de conocimiento fue bajo en todas las evaluaciones (22%). Dentro de ellas, se analizaron los porcentajes relativos de las

preguntas orientadas a los procesos definidos por George De boer (1991) como “lógicos” (habilidades como el diseño experimental, la clasificación, la argumentación, etc.) y los procesos “técnicos”, relacionados con el uso de instrumental de laboratorio, como muestra el siguiente gráfico (Figura 3).

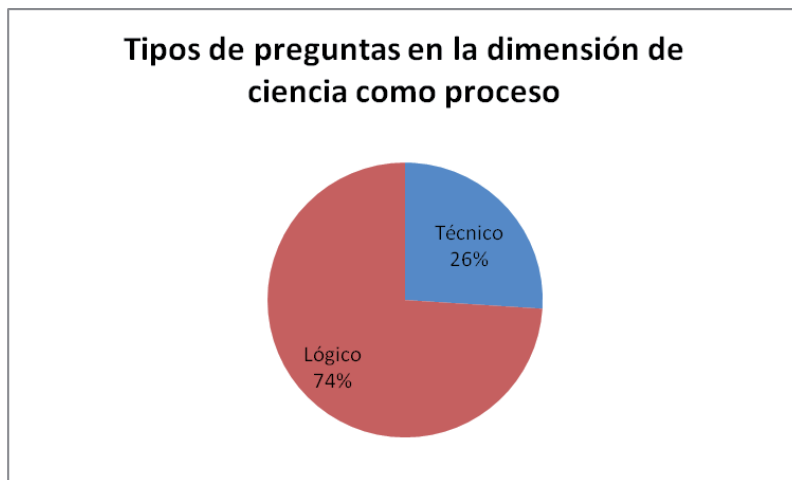


Figura 3: Dentro de las preguntas orientadas a la ciencia como proceso, porcentaje de preguntas de tipo lógico y técnico.

Como muestra el gráfico anterior, el 74% de las preguntas de proceso correspondió a la categoría de proceso lógico, y el 26% restante a la de proceso técnico.

Las preguntas de proceso lógico apuntan a aquellas orientadas hacia una demostración de dominio de competencias científicas por parte del alumno, tales como la capacidad de predecir, interpretar datos, formular hipótesis, clasificar una serie de elementos, etc.

Así, por ejemplo, en Fundamentos de la Biología, la docente pide al alumno que clasifique una planta que ella le muestra (y ella categoriza adrede de manera equivocada):

D: A ver, busca una monocotiledónea en tu carpeta.

A: (Busca y no encuentra)

D: A ver, espera que te busco una. (La docente se para y busca un jarro con plantas en agua que hay en el laboratorio). Aquí tienes una monocotiledónea.

A: No, esa es una dicotiledónea.

D: ¿Dicotiledónea? ¿Por qué estás tan seguro?

A: Por el tallo.

D: ¿Por el tallo? Pero, ¿cómo es el tallo?

A: (...)

D: Mira que el tallo no es un rasgo distintivo. Según el origen, ¿qué tipo de raíz tengo? Piensa eso, y fíjate en tu carpeta los primeros gráficos.

Es importante señalar que la totalidad de las preguntas se concentraron en competencias cognitivas simples tales como la clasificación, como en el ejemplo expuesto, que demanda un grado de análisis de los alumnos muy elemental. En general, las preguntas de proceso lógico se remitieron a clasificaciones simples y algunas pocas a interpretaciones sencillas de resultados. No se observaron situaciones en las cuales los alumnos debieran hacer análisis más profundos o poner en juego competencias como formular hipótesis, predecir, interpretar una serie de datos, diseñar un experimento, mencionar las evidencias detrás de una cierta explicación u otras que hacen al pensamiento científico más complejo.

Más allá de la evaluación de contenidos específicos

Además de las preguntas que evaluaban contenidos de las asignaturas, se observaron otros tipos de intervenciones que respondían a distintos objetivos y preocupaciones por parte de los docentes formadores, que se describen a continuación en diálogo con el análisis de las preguntas de contenido realizado en la sección anterior.

Intervenciones para volver a enseñar

En muchos casos, los docentes formadores intervinieron durante los exámenes para dar nuevamente información acerca de contenidos que habían enseñado en sus asignaturas cuando los alumnos no respondían de manera satisfactoria a sus preguntas. Este tipo de intervenciones se desprenden de una mirada de los docentes acerca de la situación de evaluación como parte del proceso de aprendizaje de sus alumnos y de su preocupación por lo que perciben como falta de comprensión de lo enseñado. Por ejemplo, en los exámenes de las asignaturas Biología Vegetal y del Taller Integrador se dieron los siguientes diálogos:

D: Tú me hablaste de las propiedades de las enzimas, pero ¿qué condiciones debe tener la enzima para fijar el nitrógeno?

A: PH, temperatura.

D: Bien, y sobre todo presencia de oxígeno, que haya abundante oxígeno.

D: ¿Viste cuando te compras zapatos y carteras que dentro hay una bolsita?, ¿para qué servirá?, ¿qué contiene?

A: No sé, la verdad....

D: Eso se llama “silica gel” y sirve para evitar que se desarrolle la humedad. Bueno, aprendimos algo, ¿viste? Esto es lo bueno de las evaluaciones, que aprendemos también.

En los diálogos anteriores vemos cómo los profesores reconocen la evaluación como una oportunidad de aprendizaje para los alumnos de aquellas ideas que, a la vista de lo que pueden demostrar en la situación de examen, aún no han comprendido del todo. En palabras de uno de los docentes entrevistados: *“También en el examen muchas veces ellos terminan entendiendo, nosotros les vamos haciendo preguntas. Así muchas veces ellos mismos se dan cuenta, quizás es un tema que no tenían bien visto, pero terminan de entenderlo acá, ese es el objetivo”*.

Esta mirada sobre los exámenes finales como instancia de aprendizaje es reconocida también por los estudiantes, como muestra el siguiente diálogo:

D: Bien, entonces los testículos son glándulas, no músculos como habías dicho. Bueno, y ¿qué fabrica la próstata?

A: (Lo dice incorrectamente)

D: ¿Te acuerdas que vimos esto? La próstata fabrica un fluido que protege, alimenta y facilita la movilidad de los espermatozoides.

A: Lo bueno es que siempre que rendí, aprendí.

La mirada de los profesores formadores sobre la evaluación como una instancia de aprendizaje se inscribe dentro de lo que Anijovich y González (2011) describen como *“el error como una oportunidad para aprender”*. Los autores sostienen que, a partir de un error, se puede iniciar un diálogo de retroalimentación que contribuya a la mejora de los aprendizajes de los estudiantes y de los docentes. Sin embargo, en el marco de situaciones de examen final como las observadas, la devolución se remitió solamente a que los profesores les brindaran a los alumnos la información faltante, es decir, la respuesta correcta a la pregunta que ellos habían formulado originalmente.

En este sentido, si bien las situaciones de evaluación son comprendidas por los profesores formadores como nuevas oportunidades de aprendizaje, estas oportunidades, de algún modo, “llegan tarde”, ya que la estructura del examen final oral no permite una reflexión sobre el aprendizaje que lleve a los alumnos a tomar conciencia del error “*para luego superarlo, lo que significará lograr un aprendizaje más completo y profundo*” (Camilloni, 1994). En otras palabras, como sostienen Anijovich y González, “*no es suficiente decir ‘está mal’, pero tampoco alcanza con enunciar la respuesta correcta*”. Si se quiere que los errores sean el punto de partida para profundizar el aprendizaje, deben convertirse en una oportunidad para dialogar, investigar y reflexionar.

La consideración del examen como una instancia de aprendizaje está íntimamente relacionada con el siguiente tipo de intervención de los docentes en el rol de consejeros sobre cómo estudiar:

Intervenciones para aportar “consejos” para seguir estudiando

Aquí se observa nuevamente la preocupación por seguir formando a los alumnos, incluso en situaciones de examen que, como se mencionó, los docentes reconocen como parte del proceso de enseñanza. Se observa además, la preocupación de los profesores por profundizar los buenos vínculos con los estudiantes y por el rol de éstos como futuros docentes, poniéndose en un rol de consejeros para el buen desempeño en sus próximos exámenes y su profesión futura. Al respecto, en el examen del Taller Integrador se dio este caso:

María, cuando estudias es bueno que leas los apuntes, los libros, pero también tienes que practicar y preguntarte: ¿qué ves?, ¿por qué?, ¿qué pasa? Es fundamental que sepas de microscopía, si no sabes de microscopía no puedes seguir con el programa de la materia. Un profesor que no sabe de microscopía no es un buen docente. Se nota que tú estudiaste la teoría, pero no puedes conectarla con lo práctico. Es como que el libro está de un lado y el microscopio del otro. Yo noto que en clase tú vienes, haces el preparado y te vas, ¿pero no preguntas nada! Y preguntar es la única manera de trabajar y aprender.

Yo te recomiendo que cuando estudies juegues a la maestra, haz como si fueras una docente y cuéntales y explícales a los alumnos qué estás estudiando. Porque si yo fuera tu alumna ¡ya tendría un merengue terrible en la cabeza! Yo siento que estás un poco encasillada. Sabes que yo vengo todos los días y estoy dispuesta a explicarte y practicar

con vos. Comprometete a venir, ¡pero no diez minutos y te vas! Y tráeme lo que tienes, de dónde estudias, que quiero ver qué tienes mal. Yo no puedo aprobarte así. Ven la próxima mesa, ¡pero estudia como te dije y ven a practicar más!

En este segundo ejemplo, las intervenciones del docente de Fundamentos de la Biología giran en torno a la importancia de la carpeta de gráficos que ya mencionamos:

D: ¿Tú estudiaste con los esquemitas?

A: Sí.

D: ¿Por qué no los usas?

A: Yo lo estudié, pregúntele a Carlos, me tomó como cinco veces.

D: Sí, yo veo que estudiaste, pero no puedes relacionarlo con los esquemas, maquetas, etc. Es como que tu cabeza va por un lado y los esquemas y la maqueta van por otro. Se nota que sabes pero no puedes integrar las cosas, tienes que ir uniendo todo, tienes que entender, si no, no sirve para nada. Nosotros vimos todo esto, y encima tienes los dibujos, que son el mejor resumen. Además, lo que te preguntamos son conceptos demasiado básicos y no pudiste contestarlos bien. Cuando repases no tomes sólo los apuntes, toma también los esquemas y ve explicándolos, sólo así puedes ir fijando las ideas. Tú eres buena alumna, responsable, pero acuérdate que vas a ser docente, no puedes traer una hermosa maqueta ¡pero no poder explicarla!

En la misma mesa examinadora, se aconsejó a un alumno del siguiente modo:

D: Me parece que tú estudias, pero estudias el término que está en el libro, y eso no me sirve, y no te sirve a ti tampoco. Tú tienes que tener las cosas claras y no tienes que dudar, tienes que entender lo que me estás diciendo. No es que yo me empeñe en hacerte preguntas, pero necesito que entiendas qué estás diciendo. Fíjate que yo me pongo en el lugar de alumna y tú no sabes qué responderme.

En las entrevistas realizadas luego de los exámenes, los profesores manifestaron su profunda frustración por lo que describen como la falta de comprensión de sus estudiantes. Por ejemplo, cuando se consultó a los docentes de Fundamentos de la Biología acerca de sus expectativas sobre los aprendizajes de los alumnos, ambos coincidieron en que esperaban que pudieran demostrar en los exámenes una mejor comprensión e integración de los contenidos de su disciplina.

D1: No pretendemos sólo que los alumnos nos demuestren que saben, o que nos repitan todo tal cual, sino que puedan integrarlo con lo anterior. Pero la verdad es que les cuesta hacerlo.

D2: Claro, y que también aprendan a leer y buscar la información críticamente. Porque hay mucho escrito, muchos resúmenes dando vueltas, y ellos estudian de ahí, y vienen con eso de memoria, y a veces ni entienden lo que dicen.

En esta línea de pensamiento respecto a la necesidad de una comprensión integrada de los contenidos en la evaluación de su materia, la docente de Fundamentos de la Biología sostenía la importancia de las evaluaciones integradas como instancia sumativa que permitiera a los alumnos realizar una síntesis personal del camino recorrido en la asignatura:

Debe ser una evaluación “integral”, es decir conceptos, procedimientos y actitudes; todo ello en forma constante, en proceso. Si bien el alumno tiene la exigencia de pasar por una mesa examinadora final, ella debe ser el cierre de todo lo realizado durante el año, comprobar que el alumno realmente sea capaz de integrar todo lo aprendido.

Este tipo de discurso resulta sumamente interesante para el análisis. Los resultados de esta investigación muestran que las preguntas de contenido formuladas por los docentes privilegiaron, mayoritariamente, las preguntas centradas en la ciencia como producto y en competencias cognitivas simples como la descripción o la enunciación de definiciones, y no se corresponden con su preocupación por la comprensión profunda de las ideas ni por el despliegue de otro tipo de saberes relacionados con los modos de conocer de las ciencias (descritos por la última docente entrevistada como los “procedimientos y actitudes”). En este sentido, vale la pena preguntarnos acerca de la relación entre el tipo de preguntas que los docentes formulan en las evaluaciones y las dificultades que ellos mismos encuentran en los aprendizajes de los estudiantes.

Discusión

Este trabajo muestra que las evaluaciones finales de los cursos del profesorado del caso estudiado privilegian una mirada acerca de la ciencia que la define como un cuerpo de conocimientos, en detrimento de los procesos por los cuales dichos conocimientos fueron construidos. Los resultados ponen en evidencia que, incluso dentro de esa misma concepción de la ciencia como conjunto acabado de conocimiento,

los profesores formulan preguntas de poca complejidad y que ponen el acento, sobre todo, en conocer si los alumnos manejan definiciones y vocabulario específico y si pueden dar descripciones y explicaciones sencillas de los conceptos estudiados. Esto nos permite conjeturar que la falta de una evaluación de competencias de pensamiento más complejas puede ser reflejo de una ausencia del trabajo con modos más complejos de operar con el conocimiento dentro de las clases, una pregunta que sería interesante abordar en un futuro trabajo.

Los resultados obtenidos son preocupantes en el contexto de los marcos curriculares de enseñanza básica de las ciencias, que demandan que los docentes sean capaces de enseñar competencias de pensamiento científico complejas y comprensión conceptual profunda.

En paralelo, nuestros hallazgos resultan sumamente interesantes a la luz de las genuinas preocupaciones que los profesores manifestaron en las entrevistas, como la falta de comprensión en sus alumnos, que adjudicaron a una falta de dedicación o a problemas previos de aprendizaje, trasladando la responsabilidad a los alumnos por estas dificultades. Al describir sus objetivos de enseñanza, los profesores coincidieron en su búsqueda constante de estrategias para lograr “hacer pensar” a sus alumnos y manifestaron su profunda desazón ante las dificultades que prevén que los alumnos tendrán a la hora de ejercer su tarea como docentes. En particular, los profesores entrevistados manifestaron una gran preocupación por el desempeño de sus alumnos como futuros docentes, que se evidenció en numerosas oportunidades en las mismas situaciones de evaluación, en las que sus intervenciones apuntaban a evaluar las posibilidades de los alumnos de transmitir los contenidos y su énfasis en el uso de la carpeta de gráficos como herramienta didáctica.

Claramente aquí aparece una contradicción entre lo que los docentes formadores buscan como propósito de sus asignaturas y el modo en que evalúan lo que los alumnos han aprendido. Por una parte, los docentes manifiestan enorme frustración ante lo que perciben como el fracaso de sus alumnos en la comprensión de las ideas enseñadas. Sin embargo, a la hora de evaluar dicha comprensión, las intervenciones de los docentes van en una dirección opuesta, enfatizando la importancia del manejo de vocabulario específico o el conocimiento de las características básicas de los fenómenos estudiados, fomentando especialmente el uso de la carpeta de gráficos como sostén para la transmisión de contenidos. Esto fue así

incluso en aquellos casos en los que los docentes manifestaron de manera enfática que un objetivo importante de la enseñanza de las ciencias es la formación de habilidades y conocimientos relacionados con el proceso de generación de ideas en ciencia.

Un resultado similar reporta la investigación realizada por Polino y Chiappe (2011) del Observatorio de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos. Los docentes y especialistas entrevistados en el estudio reconocieron el amplio predominio que tiene la enseñanza teórica sobre la práctica y la participación mas bien escasa de los alumnos en las clases. Sin embargo, a la hora de atribuir el fracaso escolar y la falta de interés de los alumnos por las materias científicas, los profesores adjudicaron éstos a factores externos tales como la falta de “cultura del esfuerzo” y no a sus prácticas pedagógicas.

Con relación a esta evidente contradicción, surge la pregunta de si los docentes formadores poseen suficientes recursos, tanto conceptuales como didácticos, para elaborar evaluaciones (y, posiblemente, propuestas de enseñanza) diferentes, que apunten a la comprensión profunda de conceptos o los contenidos asociados a la ciencia como proceso. Desde este punto de vista, nuestra investigación tiene implicaciones importantes en la formación de los profesores formadores. En lo referente a la ausencia de la mirada de la ciencia como proceso en las evaluaciones, nuestros resultados muestran la imperiosa necesidad de fortalecer la formación disciplinar de los profesores, focalizándose muy especialmente en los modos de construcción de los conocimientos científicos y en el trabajo con competencias cognitivas más complejas. Sin embargo, los testimonios de nuestras entrevistas ponen en evidencia que no alcanza con una apropiación discursiva de la necesidad de enseñar y evaluar los procesos de las ciencias experimentales, y apuntan hacia la importancia fundamental de involucrar a los profesores en tareas de investigación en las que puedan recorrer de primera mano y de manera reflexiva el proceso de generar nuevo conocimiento y el trabajo con herramientas de evaluación que apunten a evaluar la comprensión conceptual más profunda.

De nuestro trabajo se desprende un camino posible en el trabajo con los docentes formadores, que tiene como requisito indispensable confrontar, en primer lugar, su propia mirada sobre la evaluación y el aprendizaje con los tipos de preguntas que efectivamente están formulando en las situaciones

de examen. Tomar conciencia de la enorme distancia entre ambas es un primer paso indispensable para luego trabajar en la elaboración de nuevas modalidades de evaluación y preguntas coherentes con los objetivos de enseñanza que ellos mismos se han propuesto. Nuestro estudio habla, entonces, de la necesidad de fortalecer a los docentes específicamente en el plano de la evaluación de los aprendizajes, no solo en su dimensión teórica sino en la generación de instrumentos y estrategias de evaluación acordes con sus propósitos de enseñanza.

Referencias

- Adúriz Bravo, A. (2009). *Informe final: Saberes que circulan en los profesorados de ciencias naturales para el nivel secundario*. Instituto Nacional de Formación Docente (INFOD). Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.
- Anijovich, R. & González, C. (2011). *Evaluar para aprender*. Buenos Aires: Aique.
- Bittar, S. (2011). *Formación docente en Chile*. Serie Documentos N° 57. Programa de Promoción de la Reforma Educativa en América Latina y el Caribe (PREAL).
- Camilloni, A., Celman, S., Litwin, E. & Palou de Maté, M. (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Buenos Aires: Paidós.
- Carey, K. (2004). The real value of teachers. *Thinking K-16*, 8(1), 3-32.
- DeBoer, G. (1991). *A history of ideas in science education*. New York: Teachers College Press.
- Furman, M. y Podestá, M.E. (2008). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires: Aique.
- Gellon, G., Rosenvasser Feher, E., Furman, M., & Golombek, D. (2005). *La Ciencia en el Aula: Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Buenos Aires: Paidós.
- Gil, D. & Pessoa, A. M. (1994). *Formación del Profesorado de las Ciencias y la Matemática*. Madrid: Editorial Popular.
- Jackson, P. (1968) *Life in classrooms*. New York: Holt, Rinchart & Winston.
- National Commission on Teaching and America's Future. (2003). *No dream denied: A pledge to America's children*. Washington, D.C.

- Moreno, M. & Azcárate, C. (2003). 'Concepciones y creencias de los profesores universitarios de matemática acerca de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales'. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 265-280.
- Polino, C. & Chiappe, D. (2011). *Enseñanza y elección de carreras científicas en las áreas de ciencias exactas, naturales e ingenierías. La perspectiva de los profesores de educación media*. Papeles del Observatorio N° 04, OEI.
- Valverde, G. & Näslund-Hadley, E. (2010). *La condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. Education Division.
- Yin, R. (2003). *Case study research: Design and methods* (3 ed. Vol. 5). California: Sage Publications Ltd.