

# *El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada*

**Javier Carlos Mosquera<sup>1</sup> y Carles Furió - Más<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias y Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
(Bogotá – Colombia)

<sup>2</sup>Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales.  
Universidad de Valencia

## **Resumen:**

Se muestra aquí una experiencia de investigación aplicada en el campo de la formación continuada de profesores universitarios de ciencias, concretamente de aquellos encargados de la formación inicial de profesores de química en una Facultad de Ciencias y Educación en Colombia. Se parte de la consideración del cambio didáctico desde la perspectiva de cambios en la epistemología y en la práctica docente de los profesores. Este cambio ha supuesto la identificación, como punto de partida, de algunas concepciones y actitudes habituales de los profesores intervenidos hacia la ciencia, la función de la historia de la ciencia y la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia; de igual forma se han caracterizado algunas prácticas docentes habituales. A partir de los conocimientos actuales en Didáctica de las Ciencias se ha elaborado y aplicado un Programa de Actividades para la formación continuada de Profesores Universitarios de Química basado en el modelo de enseñanza por investigación orientada el cual ha favorecido que los profesores intervenidos cambien hacia concepciones y actitudes más innovadoras hacia la ciencia y hacia su enseñanza, y hayan manifestado prácticas docentes más próximas a lo esperado por la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias Experimentales.

**Palabras clave:** Cambio Didáctico, epistemología docente, práctica docente, programa de actividades, investigación orientada.

## **Abstract:**

This article shows an applied research on Science Teacher Education, specifically with university science teachers whose students are forming to be science teachers in a Faculty of Science and Education in a Colombian University. We consider the idea of didactic change like changes in a teacher's epistemology and practice. Didactic change requires knowing common conceptions and attitudes toward science, uses of history of science and teaching and learning of science. By other wise, didactic change requires to know common teaching practice too. Using contemporary knowledge about science education, we are design and applied a set of activity program to development with university science teachers based on oriented research model teaching. This program have be becoming to teachers for change toward conceptions, attitudes and practices nearness to an innovator science and science teaching.

**Key Words:** Didactic change, teacher epistemology, teacher practice, activity program, oriented research model.

(Fecha de recepción: abril, 2008, y de aceptación: septiembre, 2008)

## **Introducción**

Hoy parece indudable la consolidación de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo teórico que fundamenta la investigación y la práctica sobre la enseñanza de la ciencia como ayuda para la mejora de su aprendizaje. Una de las líneas de investigación en este ámbito de conocimiento tiene que ver con la Formación inicial y continuada de Profesores de Ciencias. En tal sentido, una de las preguntas esenciales que surgen, es plantearnos y reflexionar argumentadamente sobre todo aquello que se considera relevante para plantear lo que han de saber y saber hacer los profesores de ciencias (Gil, 1991).

El auge mismo y la expansión de resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, nos llevan a considerar con toda atención la problemática asociada con la formación de los profesores de ciencias, pues es indudable que en manos de todos ellos, recae la puesta en práctica de dichos resultados. De hecho, poco conseguiríamos si no se conectan apropiadamente los resultados de la investigación en enseñanza de las ciencias con la práctica docente que día a día adelantamos los profesores de ciencias en las diferentes instituciones escolares y en todos los niveles de los sistemas educativos.

Las tesis constructivistas que fundamentan buena parte de la investigación y de la innovación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, nos llevan a considerar el aprendizaje de las ciencias como sinónimo de cambios muchas radicales y fuertes respecto a ideas, actitudes y prácticas previas y cotidianas.

Consideramos en consecuencia, que el aprendizaje del cuerpo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias por parte del profesorado de ciencias sigue la misma ruta. En contraposición con las tendencias del aprendizaje conductual y asociacionista que supone que es posible aprender desde una perspectiva externalista, es decir, considerando que los conocimientos existen previos al sujeto y que por tanto es posible descubrirlos a través de su transmisión acrítica y neutral (esto es, los conocimientos vienen desde fuera hacia adentro), nos encontramos en la actualidad con la idea de una concepción internalista del aprendizaje que supone que éste se hace posible debido a nuestras capacidades y habilidades cognitivas cuando interactuamos con el mundo a través de problemas y cuya resultante son conocimientos que estructuramos temporalmente. En tal sentido, los conocimientos no se descubren y sí más bien se construyen, van desde dentro hacia fuera. Por ello hoy es posible cuestionar la imagen de la observación neutral como punto de partida para conocer, pues lo que observamos depende teóricamente de nuestras ideas y creencias previamente elaboradas a través de experiencias de aprendizaje formales o no formales.

Este conocimiento, que ha sido fuertemente fundamentado por la epistemología contemporánea de las ciencias ha incidido en las investigaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. No sorprende en consecuencia que una de las líneas más fructíferas desarrolladas en el contexto de la Didáctica de las Ciencias, sea la que tienen que ver

con las ideas previas de quien aprende. La extrapolación de estas investigaciones al campo de la formación de profesores, hace pensar, como hemos anotado anteriormente, que el aprendizaje acerca de cómo enseñar ha de seguir caminos similares y por ello la importancia que en estos procesos se consideren las ideas previas de los profesores acerca de la ciencia y de la enseñanza y del aprendizaje de la ciencia.

### ***Hacia una epistemología y práctica docente de estatus profesional: fundamentos del cambio didáctico***

Las nuevas tendencias en educación en relación con las competencias de aprendizaje, también vienen impactando en el desarrollo de nuevas ideas en relación con las competencias docentes (Zabalza, 2003). De otra parte, desde las perspectivas constructivistas en Didáctica de las Ciencias, nos referimos al aprendizaje como cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales (Gil y Martínez – Torregrosa, 1987; Gil et al, 1991). El logro de competencias docentes, implica en consecuencia favorecer cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales en los profesores de ciencias en relación con el conocimiento teórico y práctico elaborado desde la investigación en Didáctica de las Ciencias y que como hemos dicho, pueden considerarse en suma, como cambios didácticos.

La comprensión del cambio didáctico ha implicado interesantes debates en la línea de investigación en formación de profesores de ciencias desde los cuales, se plantean las condiciones necesarias

para su desarrollo desde la perspectiva de la epistemología docente y de su relación con la práctica docente (Gil, 1991; Bell, 1998; Carnicer y Furió, 2002; Tobin y Espinet, 1989; Bell y Pearson, 1992; Briscoe, 1991; Porlán, 1989). Desde la perspectiva de la investigación que hemos llevado a cabo, se ha elaborado un cuerpo conceptual apoyado por los desarrollos recientes en Didáctica de las Ciencias Experimentales desde los cuales se han concebido y contrastado dos factores claves para favorecer el cambio didáctico en el profesorado: los cambios en la epistemología docente, que comprenden cambios de naturaleza conceptual y actitudinal, y los cambios en la práctica docente. Los cambios en la epistemología docente, nos permiten comprender y desarrollar estrategias que favorecen cambios conceptuales y actitudinales en los profesores de ciencias; de otra parte, cambios en la práctica docente, nos permiten considerar claves curriculares para favorecer cambios procedimentales. El desarrollo de estos cambios, ha sido impulsado luego del diseño y aplicación de un programa de actividades seguido para la formación de profesores universitarios de ciencias centrado en el modelo de enseñanza por resolución de problemas (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez – Torregrosa, 1991).

A lo largo de la estrategia seguida para favorecer el cambio didáctico, se consideró y analizó críticamente el pensamiento docente espontáneo mediante la caracterización de las ideas espontáneas docentes de los profesores (Furió, 1992). La premisa que aquí hemos considerado, es que los profesores de ciencias, al igual que los estudiantes, pen-

samos, sentimos y actuamos con ideas previas. Desde este principio, es posible considerar en forma equivalente la manera como aprenden los alumnos y la manera como aprendemos los profesores de ciencias acerca de la enseñanza de las ciencias. Ya que la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias demuestra que el desarrollo de competencias científicas es posible a través del cambio conceptual, actitudinal y procedimental de quienes aprenden ciencias, es lógico suponer que el desarrollo de competencias profesionales docentes en un profesor de ciencias, es posible cuando se favorecen cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales sobre las ciencias, sobre la actividad científica y en general, sobre los aspectos curriculares de la ciencia (enseñanza, aprendizaje, evaluación).

Como hemos indicado anteriormente, la epistemología personal docente integra una componente conceptual, basada en los esquemas de conocimientos propios sobre la ciencia y sobre la enseñanza de las ciencias y una componente actitudinal. Simpson et al (1994) muestran cómo las actitudes pueden comprenderse e identificarse desde el plano cognitivo. De hecho, la componente conceptual, estructurada sobre conocimientos (teorías y conceptos) se organizan en un plano cognoscitivo; la componente actitudinal por otra parte, se estructura sobre planos cognitivos. De aquí, que entre lo conceptual y lo actitudinal haya una profunda relación pero al mismo tiempo, fuertes diferencias para su comprensión. Creemos que esas diferencias son decisivas a la hora de diseñar estrategias de enseñanza,

pues una forma es promover e identificar lo que sabemos las personas y otra lo que creemos o ideamos en relación con lo que sabemos.

La componente actitudinal, clave para reconocer cambios actitudinales o cognitivos, se organiza según Simpson et al (1994) en ideas y creencias apoyadas en normas o grandes principios casi siempre de aceptación universal, en gradientes de valoración individual o colectiva sobre las ideas y creencias consideradas y en las necesarias tomas de decisión que al final, las personas consideramos y manifestamos en la práctica. Así las cosas, un aprendizaje significativo y relevante (Ausubel et al, 1976), suponen adecuadas relaciones entre lo que sabemos, lo que creemos acerca de lo que sabemos, las decisiones que tomamos a partir de lo que sabemos y creemos, y lo que en la práctica efectivamente hacemos. Solamente saber, por ejemplo, haciendo estructuras organizativas adecuadas de los conceptos de una teoría, no implica un aprendizaje completo. De allí, que al revisar el desarrollo histórico de la Didáctica de las Ciencias, se comprenda por qué hemos superado concepciones de enseñanza y prácticas de aprendizaje apoyadas en las teorías del cambio conceptual (Pozo y Gómez Crespo, 2000; Martínez – Terrades, 1998).

En síntesis, los cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales que han de vivenciar profesores de ciencias para un aprendizaje significativo y relevante de la Didáctica de las Ciencias, supone que a partir de sus ideas espontáneas sobre la ciencia y sobre la enseñanza de la ciencia, logren trans-

formaciones profundas en cuanto a sus conocimientos sobre el cuerpo teórico de la Didáctica de las Ciencias, en cuanto a sus actitudes hacia la ciencia y su enseñanza (ideas, creencias, valores, tomas de decisión) y en cuanto a sus prácticas docentes (explicitación de esquemas de acción en el aula y en el trabajo con los estudiantes). La coherencia entre lo que ha de saber, saber hacer y hacer un profesor de ciencias queda apoyada por los cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales hacia la enseñanza; en nuestra investigación hemos partido del supuesto que se trata de cambios que deben favorecerse simultáneamente como alternativa para encontrar la coherencia y articulación debida entre lo que piensa, predispone y hace el profesor, esto es, para aproximarnos a un correcto cambio didáctico en el profesor que aprende significativamente sobre Didáctica de las Ciencias lo que en última, le permite el desarrollo de competencias profesionales docentes coherentes con los resultados de la investigación actual en formación de profesores de ciencias.

Dado que el trabajo en Educación Científica no se considera un proceso neutral y sí más bien asociado con unos intereses curriculares, con políticas educativas y fundamentalmente con la consolidación de un conjunto de conocimientos y creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, debemos considerar al profesor como un sujeto social donde su trabajo está continuamente configurándose y reestructurándose en cuanto a conocimientos, ideas, actitudes y esquemas de acción como factor para su desarrollo profesio-

nal y para la modificación de sus prácticas educativas. No debemos olvidar que la práctica pedagógica de los docentes está impregnada por una formación ambiental basada en la experiencia que como estudiantes han tenido y que después se consolida en la actividad profesoral, así pues, considerar un modelo epistemológico docente que nos permita realmente transformar la práctica docente, implica considerar los conocimientos, las actitudes y las prácticas previas para que a partir de ellas, en un aprendizaje continuo y mediado por cambios radicales o débiles según sea el caso, favorezca nuevos conocimientos, actitudes y prácticas que de igual forma, serán susceptibles de modificar en el futuro cuando las necesidades y expectativas profesionales y sociales así lo ameriten.

En tal sentido debemos ubicar la realidad de muchos profesores de ciencias tanto de colegio como de universidad. Muchos de ellos no han sido preparados explícitamente para su desempeño como profesores de ciencias, pues su formación inicial ha estado centrada no tanto en la Didáctica de las ciencias y sí más en las Ciencias. Sin embargo, tal y como lo refieren Garrett et al (1990), a pesar que los profesores no posean conocimientos didácticos explícitamente elaborados, no debe hacernos olvidar la experiencia que desde su vivencia como estudiantes han adquirido, así como su propia experiencia empírica docente. Por tanto, desconocer los conocimientos y las prácticas docentes previas, puede constituirse en obstáculos para el desarrollo de auténticos cambios didácticos. Pero de otra parte, no es

posible pasar por alto la urgente necesidad de una formación inicial y continuada de profesores de ciencias que los aproxime significativamente a los resultados de la investigación actual en Didáctica de las Ciencias, aprendiendo sobre este nuevo campo de conocimientos como precisamente el propio campo viene suponiendo ha de ser la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

Esto cobra más sentido en la educación superior pues como apunta Campanario (2002), la formación permanente del profesorado universitario ha sido muy débil. En el caso particular de Colombia, ha logrado demostrarse que no hay políticas estatales definidas para intervenir la formación continuada de profesores universitarios de ciencias, especialmente de aquellos encargados de la formación inicial de profesores de ciencias (Mosquera, 2001). Hemos encontrado en investigaciones precedentes que los profesores universitarios de ciencias separan ciencia de enseñanza de la ciencia de acuerdo con los caminos necesarios para aproximarse a ellas. Mientras que la ciencia requiere de la investigación rigurosa, del planteamiento de problemas relevantes, del diseño en muchas ocasiones de experimentos con altos grados de desarrollo tecnológico, del análisis cuidadoso de resultados siguiendo tratamientos estadísticos e informáticos de alta complejidad, la enseñanza de la ciencia por su parte, solo requiere de conocer unas cuantas técnicas sobre trabajar en el aula y sobre como mantener la atención de los estudiantes (Mosquera, 2001).

Se corrobora así una idea espontánea de los profesores de ciencias bas-

tante extendida y bien caracterizada por investigaciones precedentes (Gil, 1991). Se trata del supuesto que enseñar es fácil. Con ello queda demostrado que en su inmensa mayoría, los profesores universitarios de ciencias desconocen los avances recientes logrados en la investigación en Didáctica de las Ciencias y concretamente los del campo específico de la formación docente. En sentido positivo, vemos como la línea de investigación en formación de profesores puede aportar sensiblemente al desarrollo de una educación científica para todas y todos (Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2001) y que al tiempo favorezca el interés de unos cuantos por seguir programas de formación científica o de formación como profesores de ciencias. Se trata de poner en práctica con los profesores de ciencias los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias; debemos suponer que transformaciones significativas en las concepciones y prácticas de los profesores de ciencias, especialmente en los profesores universitarios de ciencias encargados de la formación inicial de profesores de ciencias, contribuye a vivenciar y a fundamentar en las futuras generaciones de profesores de ciencias, formas alternativas de pensar, de sentir y de actuar en la enseñanza de la ciencia. Seguramente, profesores de ciencias formados más cercanamente a las expectativas de lo que ha de ser la educación científica contemporánea, podrían favorecer una enseñanza de las ciencias más próxima al sentido actual de “alfabetización científica” y por tanto más alejada a una idea de “preparación propedéutica”.

De aquí el interés de mostrar en una investigación en formación de profesores universitarios de ciencias como lo que aquí reportamos, la necesidad de superar en los profesores intervenidos la idea que enseñar es fácil y que es cuestión de sentido común (Furió, 1994), que no exige rigurosidad sino aplicaciones metodológicas aprendidas más por impregnación ambiental desde su experiencia como estudiantes (Gil, 1991). En tal sentido, la formación inicial y continuada de Profesores de Ciencias, ha de ser consistente con los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias y a la vez ha de ser y ha de resultar ser eficaz para el desarrollo profesional de los docentes. Por ello hemos procurado integrar en un continuo-coherente, las relaciones teoría-práctica en las que se concibe al profesor como un aprendiz novato tanto de las investigaciones como de las innovaciones en problemas referidos a la enseñanza de las ciencias, así como en la participación activa en modelos conceptuales y metodológicos propios de la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, es importante insistir que los nuevos modelos de formación de profesores no solo han de basarse en el cuerpo de conocimientos propio de la Didáctica de las Ciencias, deben también considerar en la práctica nuevas formas de enseñar y de aprender. Por tanto, la formación inicial y permanente del profesorado no puede reducirse a programas donde se transmiten nuevas ideas o nuevas alternativas de trabajo en el aula, ya que no estaríamos favoreciendo el desarrollo de perspectivas innovadoras en lo conceptual, lo meto-

dológico y lo actitudinal propias de un Cambio Didáctico radical.

Tal y como lo hemos anotado anteriormente, partiendo de la epistemología personal inicial del profesor y de sus esquemas de acción habitualmente seguidos en la práctica docente, el docente ha de aprender construyendo significativamente nuevos conocimientos didácticos desarrollados en la investigación en este campo. Modelos de formación del profesorado coherentes con estos planteamientos constructivistas, pueden ser apoyados tanto en formación inicial como en formación permanente de profesores de ciencias, a partir de la metáfora de los “profesores investigadores noveles” que trabajan en equipo replicando investigaciones didácticas dirigidas en una fase inicial por un profesor experto que se puede constituir como tutor, asesor o coordinador de aquellas investigaciones y que al final, pasará a hacer parte del equipo de trabajo docente que enseña desde la premisa de la innovación permanente (Carnicer, 1998).

Considerando el cambio didáctico de los profesores de ciencias como variable que depende de la epistemología y de la práctica docente inicial y del tratamiento seguido (en nuestro caso, consistente en un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada), lo consideramos como la distancia entre la epistemología y la práctica docente al final de una intervención respecto a las concepciones, actitudes y prácticas iniciales.

## ***Estrategias para la identificación de concepciones, actitudes y prácticas docentes de sentido común***

Nuestra hipótesis de partida fue la siguiente: “Los conocimientos, las actitudes y la práctica docente de los profesores universitarios de ciencias corresponden a una epistemología y práctica docentes próximas a modelos tradicionales de enseñanza de las ciencias, fruto de visiones simplistas sobre la ciencia y sobre su enseñanza y aprendizaje”.

La Operativización de variables para confirmar o no esta hipótesis, se ha apoyado en resultados de la investigación que en el campo de la formación de profesores, se ha producido en la Didáctica

de las Ciencias (Furió, 2001; Désautels y Larocehille, 1998; Feiman – Nemser, 1990; Fraser, 1994; Gené y Gil, 1987; Gil y Pessoa de Carvalho, 2000; Gunstone y White, 1998; McDermott, 1990; Mellado, 1998; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 2000).

### **Indicadores utilizados para reconocer aspectos de una epistemología docente cotidiana en relación con la ciencia y la actividad científica**

En el cuadro 1 se muestran los indicadores para operativizar la epistemología docente cotidiana en relación con la ciencia y la actividad científica.

#### **Cuadro 1. Indicadores de una epistemología docente habitual en relación con la ciencia y la actividad científica**

- Visión empiro-inductivista y ateórica
- Visión rígida (algorítmica, exacta, infalible)
- Visión acumulativa, lineal
- Visión individualista y elitista
- Visión descontextualizada, socialmente neutra

### **Indicadores utilizados para reconocer aspectos de una epistemología docente cotidiana en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias**

En el cuadro 2 se muestran los indicadores para operativizar la epistemología docente cotidiana en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias.

### **Indicadores utilizados para reconocer aspectos de una práctica docente cotidiana en la enseñanza de las ciencias**

En el cuadro 3 se muestran los indicadores para operativizar la práctica docente cotidiana en la enseñanza de las ciencias

## **Cuadro 2. Indicadores de una epistemología docente habitual en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias**

- El aprendizaje es independiente de la enseñanza (la responsabilidad del estudiante es aprender y la del profesor es enseñar);
- Hipótesis de la tabula rasa, es decir, no existe ningún tipo de información en el cerebro del estudiante antes de cualquier nueva actividad de aprendizaje;
- Para favorecer el aprendizaje se requiere únicamente que el profesor conozca los contenidos conceptuales de la materia que enseña;
- Aprender ciencias implica el dominio de algunos contenidos conceptuales y de algunas habilidades técnicas complementarias;
- Un adecuado aprendizaje de las ciencias se expresa por el conocimiento de una amplia gama de contenidos conceptuales;
- En la enseñanza de las ciencias debe primar la extensión de contenidos sobre la profundidad con que éstos se tratan;
- Un programa curricular debe aplicarse rígidamente y por igual a todos los estudiantes; una buena estrategia de enseñanza se centra en la explicación del profesor, en las lecturas de textos o de guías de prácticas de laboratorio y en la exposición algorítmica en la resolución de ejercicios;
- La eficacia de la enseñanza depende del tiempo disponible para explicar el contenido y debe ser independiente del método seguido;
- La evaluación debe favorecer en los estudiantes la repetición de las explicaciones suministradas por el Profesor, debe estar centrada en sancionar el aprendizaje logrado y es discontinua y terminal...

## **Cuadro 3. Indicadores de una práctica docente habitual en la enseñanza de las ciencias**

- El profesor actúa como el portavoz de las autoridades académicas y presenta a los alumnos los productos del conocimiento de la forma más rigurosa y comprensible posible; en la evaluación, el profesor procura que los estudiantes “devuelvan” el conocimiento que en su momento les dio de la forma más precisa posible;
- Para la evaluación, el profesor utiliza preferentemente ejercicios repetitivos (problemas – tipo) en los que se trata de comprobar el grado en que el alumno domina una rutina o un sistema de resolución previamente explicado;
- El profesor practica una evaluación predominantemente selectiva y sumativa; una rutina de clase es más o menos la siguiente: explicación del tema (contenido conceptual) por parte del profesor, presentación de ejercicios – tipo, repetición de ejercicios – tipo para mecanizar formas de resolución; presentación de una(s) práctica(s) de laboratorio mediante guías pre-establecidas, desarrollo de la(s) práctica(s) de laboratorio, elaboración de informe(s) de laboratorio(s), evaluación de la unidad...

Como se trata de una investigación cualitativa por estudio de casos, se han considerado para el análisis de los resultados y a fin de interpretarlos a la luz del cuerpo de conocimientos que desde la Didáctica de las Ciencias fundamentan la Hipótesis planteada anteriormente, respuestas individuales de cada profesor y análisis de resultados comunes obtenidos en el colectivo de profesores. Esta investigación se desarrolló con cuatro profesores universitarios de química. Sin embargo, por razones de espacio, se presentan a continuación

algunos de los resultados generales más relevantes; más detalles pueden consultarse en Mosquera (2008). La obtención de información para tratar la primera hipótesis se logró mediante la aplicación de un cuestionario (Q1) acompañado de observaciones intencionadas de clase (R1), los cuales se aplicaron seis semanas antes de iniciar con los profesores participantes en el programa el desarrollo del programa de actividades. En el cuadro 4 se resumen los instrumentos utilizados.

#### **Cuadro 4. Resumen de los instrumentos utilizados para identificar la epistemología y la práctica docente habitual**

Concepciones y actitudes habituales sobre la ciencia y la actividad científica: Cuestionario inicial (Q1-A)

Concepciones y actitudes habituales sobre la historia de la ciencia: Cuestionario inicial (Q1-B)

Concepciones y actitudes habituales sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias: Cuestionario inicial (Q1-C)

Práctica docente habitual: Observación intencionada analizada desde la rejilla de observación R1

En el anexo 1 se presenta el cuestionario Q1 y la Rejilla R1.

#### ***Algunos rasgos comunes identificados en los profesores en relación con su epistemología personal docente***

En cuanto a la epistemología personal docente de partida de los profesores intervenidos, los resultados obtenidos indican que se trata de concepciones y predisposiciones hacia la ciencia y hacia la enseñanza de la ciencia, muy próximas a modelos epistemológicos y didácticos habituales. A modo de sín-

tesis, destacamos los siguientes rasgos comunes identificados:

- La investigación científica es un proceso que se realiza según las etapas del método científico.
- El conocimiento científico es objetivo y con el se describe cómo es en verdad la realidad.
- La observación científica, al contrario de la observación cotidiana, no puede ser deformada si es que queremos

saber cómo es la realidad. Además, la observación científica es neutral.

- Las hipótesis sirven para comprobar si una teoría científica es verdadera o falsa.
- La ciencia ha sido elaborada por grandes genios que conectan unos descubrimientos con otros para poder descartar aquellos poco útiles y dar relevancia a los muy útiles.
- Las teorías científicas actuales resultan de la adición de muchas teorías hechas en el pasado, aunque algunas se encuentran en desuso en la actualidad.
- El conocimiento científico progresa sin traumatismos y en forma continua.
- El aprendizaje es independiente de la enseñanza: la responsabilidad del estudiante es aprender y la del profesor es enseñar.
- Aprender ciencias implica dominar variados contenidos conceptuales y adquirir destrezas y habilidades para un correcto trabajo en el laboratorio.
- Las mejores estrategias de enseñanza son aquellas que favorecen la explicación del profesor, las lecturas de textos o de guías de laboratorio y la solución algorítmica de ejercicios de aplicación.
- Una evaluación exitosa es aquella que favorece la repetición de contenidos conceptuales y la resolución operativa de ejercicios de lápiz y papel y de guías de laboratorio.
- La evaluación ha de ser terminal, es mejor verificar los aprendizajes de los estudiantes al final del proceso.

- El profesor es el protagonista en el aula: explica contenidos, ilustra técnicas para resolver problemas y demuestra resultados experimentales. El estudiante es un espectador que sigue las instrucciones del profesor y que si las atiende a cabalidad, aprende sin inconvenientes.

### ***Algunos rasgos comunes identificados en los profesores en relación con su práctica personal docente***

En cuanto a la práctica personal docente habitual, cabe destacarse los siguientes rasgos comunes:

- Los contenidos que se abordan y que se evalúan con mayor énfasis son casi exclusivamente conceptuales.
- La evaluación tiene una finalidad marcadamente selectiva.
- El papel de los alumnos se relega a una actividad casi exclusivamente reproductiva.
- El profesor provee conocimientos elaborados.
- La metodología básica consiste en presentar conceptos claves de una cierta unidad temática, presentar posibles ejercicios – caso de aplicación, seguir prácticas de laboratorio relacionadas con el tema que se trata, evaluar a capacidad para resolver ejercicios de lápiz y papel, la definición correcta de conceptos, y la presentación de un adecuado informe de trabajo de laboratorio.
- Los conocimientos son casi exclusivamente conceptuales y se presentan como saberes acabados. No se

hace énfasis, ni se citan, aspectos de la historia de la química que puedan servir como referente para dar una imagen dinámica de la ciencia.

- Para la evaluación, se utilizan ejercicios repetitivos (problemas – tipo) dirigidos a que los estudiantes se familiaricen con técnicas para su resolución.
- El método científico es el método de enseñanza.
- El profesor facilita el descubrimiento de teorías científicas por parte de los alumnos a partir de actividades guiadas.
- Los mapas conceptuales se utilizan solamente como instrumento de evaluación.

Habiendo reconocido la epistemología y la práctica docente inicial de los profesores, que permitieron encontrar consistencia a la primera hipótesis de nuestra investigación, procedimos a la formulación de una segunda hipótesis como orientadora de la intervención a seguir con los profesores que formaron parte de este equipo. Esta segunda hipótesis es:

“Un programa de actividades para la formación de profesores universitarios de química que favorezca involucrarse en los resultados de la investigación y la innovación en didácticas de las ciencias, facilitará cambios didácticos en forma de cambios en la epistemología y en la práctica docente”.

Considerando que esta segunda hipótesis considera el desarrollo de un Programa de Actividades que espera favorecer cambios didácticos en los pro-

fesores intervenidos desde una orientación constructivista ligada a los resultados actuales de la investigación en enseñanza de las ciencias siguiendo un modelo de enseñanza por investigación orientada, pasamos a presentar a continuación los fundamentos que nos han permitido diseñar y poner en práctica dicho Programa.

### ***Fundamentos de la estrategia de investigación seguida para favorecer el cambio didáctico: características de un programa eficaz de formación de profesores de ciencias***

Nuestra propuesta, como lo hemos señalado anteriormente, ha consistido en primer lugar, en auscultar en los profesores intervenidos sus concepciones, actitudes y esquemas de acción previos acerca de la ciencia y de su enseñanza. Suponemos que los profesores, al igual que los estudiantes, poseemos ideas previas las cuales podrían ser muy cercanas a las propias del razonamiento y práctica desde el sentido común, especialmente cuando la persona que se indaga no ha tenido experiencias previas de aprendizaje. Dicha consideración es relevante en el contexto de esta investigación, pues el grupo de docentes que se ha intervenido lo componen en su totalidad, profesores universitarios de química sin ninguna aproximación teórica a la Didáctica de las Ciencias. Podemos caracterizar que su trabajo docente ha seguido el modelo del “profesor espejo”, siguiendo rutinas de enseñanza de acuerdo a su experiencia previa como estudiantes o a la imi-

tación de lo que hacen otros profesores en el trabajo de aula.

Reconocidas algunas concepciones, actitudes y prácticas previas que nos permiten afirmar con alta seguridad que nos encontrábamos ante profesores universitarios de ciencias que suponen la ciencia y la enseñanza de las ciencias desde posturas docentes de sentido común, el reto ahora consistía en descifrar claves para sustentar la elaboración y el desarrollo de actividades de formación de profesores de ciencias, que en un contexto constructivista, favoreciera aprendizajes significativos y relevantes sobre la Didáctica de las Ciencias y sobre sus posibilidades de ser utilizada en el trabajo de aula en la actividad como profesores.

Estas claves, las hemos logrado considerando algunos de los resultados de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias (Gil y Pessoa de Carvalho, 1998; Furió y Gil, 1999; Gil y Pessoa de Carvalho, 2000) y las presentamos a continuación:

- Se planifica en conexión con los problemas que plantea la práctica docente.
- Debe posibilitar la construcción de un cuerpo conceptual sobre la enseñanza de las ciencias.
- Dicho cuerpo conceptual corresponde al logrado por la investigación actual en Didáctica de las Ciencias y en particular al de un modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias como investigación dirigida.
- Ha de favorecer la reflexión didáctica y epistemológica que sustenta los principios del modelo de enseñanza y aprendizaje como investigación

dirigida, coherente con los nuevos aportes de la historia y la filosofía de las ciencias.

- Ha de favorecer la reflexión didáctica explícita que cuestiona el carácter natural de la enseñanza que siempre se ha hecho.
- Debe permitir identificar y poner en cuestión por parte de los mismos asistentes al Programa sus concepciones, comportamientos y acciones docentes espontáneas que muchas veces actúan como obstáculos en la transformación de la enseñanza de las ciencias.
- Ha de desarrollar los contenidos del programa en forma de situaciones didácticas problemáticas abiertas y que son debatidas colectivamente en un clima de colaboración y cooperación constructivo.
- Debe favorecer vivencias que fundamenten la innovación didáctica, que muestren nuevas posibilidades de transformación de la docencia habitual y que sean posibles para generar aprendizaje significativo en los estudiantes.
- Ha de favorecer cambios positivos en las actitudes y en las prácticas docentes de los profesores.
- Debe estar diseñado para incorporar al profesorado en tareas de innovación e investigación en torno a los problemas didácticos planteados.

### ***El Programa de Actividades***

El Programa de Actividades seguido se puede apreciar en detalle en Mosquera (2008). Fue aplicado a una mues-

tra de cuatro profesores universitarios de química, todos ellos encargados de la formación inicial de profesores de química en una Universidad Pública Colombiana. Dicho Programa se desarrolló durante dos periodos académicos (cada uno de 16 semanas) dedicando a su desarrollo 6 horas semanales para encuentros entre el coordinador (uno de los autores de este artículo) y los profesores. Así, se desarrolló con un total de 192 horas de trabajo presencial. Adicionalmente, hubo tiempos de trabajo tutoriado, dedicadas al acompañamiento a los profesores que formaron parte de la investigación en sesiones de trabajo de aula o de trabajos prácticos de laboratorio o en sesiones de profundización de algunas de las problemáticas abordadas durante el Programa.

El hilo conductor seguido fue el siguiente:

- **Introducción:** Aquí se abordó la identificación y análisis crítico de problemas frecuentes a los que nos enfrentamos los profesores de ciencias en nuestra práctica docente cotidiana, es decir, problemas en el aula de clase, problemas en el aula de laboratorio y problemas de centro que podrían constituirse en obstáculos para nuestro desarrollo profesional. Así mismo, se adelantó un análisis crítico de algunos resultados obtenidos en investigaciones sobre formación de profesores de ciencias en la perspectiva de identificar y hacer explícitas nuestras propias concepciones sobre la enseñanza, el aprendizaje y el currículo de ciencias.
- **Primera Parte:** Consistió en tratar la pregunta ¿Qué hemos de conocer

los profesores de ciencias? en su sentido más amplio tomando como referencia los aportes discutidos por Gil (1991).

- **Segunda Parte:** La enseñanza y el aprendizaje significativo de conocimientos científicos. Aquí se trataron los siguientes aspectos:
  - a. La investigación didáctica en relación con las ideas previas, crítica argumentada a las teorías habituales sobre el aprendizaje de las ciencias, las teorías de cambio conceptual desde una perspectiva constructivista y sus relaciones con las nuevas concepciones sobre el aprendizaje de las ciencias. Finalmente se consideraron críticamente algunos modelos habituales de enseñanza de las ciencias (transmisión de conocimientos acabados, descubrimiento inductivo y autónomo, transmisión verbal significativa).
  - b. Modelos contemporáneos de orientación constructivista acerca de la enseñanza de las ciencias: hipótesis del conflicto cognitivo, hipótesis de la explicación y la contrastación de modelos, hipótesis de la investigación orientada (Pozo y Gómez Crespo, 2000)
  - c. La enseñanza de las ciencias mediante investigación orientada y sus implicaciones en la formación inicial del profesorado: el problema de los errores conceptuales, hipótesis sobre las causas de la persistencia en los errores conceptuales, crítica argumentada a la enseñanza habitual de las ciencias, propuestas alternativas para

favorecer aprendizajes significativos de las ciencias.

- d. Trabajos prácticos de laboratorio: análisis crítico de las visiones deformadas de la ciencia y de la actividad científica, familiarización con la metodología científica compatible con corrientes epistemológicas más acordes con los resultados de la investigación actual en este campo, el uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. A partir de todo ello, se logra alcanzar un buen nivel para enfrentar discusiones argumentadas en torno al aprendizaje de las ciencias como cambio conceptual, metodológico y actitudinal y sus implicaciones en clases de ciencias sobre trabajos prácticos y análisis crítico de los trabajos habituales de laboratorio.
- e. Resolución de problemas de lápiz y papel: distinción entre ejercicios y problemas, análisis crítico de la presentación y resolución habitual de problemas en química y el aprendizaje de las ciencias como cambio conceptual, metodológico y actitudinal, implicaciones en las clases de ciencias sobre resolución de problemas de lápiz y papel.
- f. Hacia un modelo integrado de enseñanza de las ciencias que favorezca el aprendizaje de teorías y conceptos científicos, de trabajos prácticos y de problemas de lápiz y papel: el modelo didáctico por investigación orientada. Desde aquí se abordó la necesidad de un replanteamiento global en la enseñanza de las ciencias, relaciones

entre la investigación científica (tratamiento científico de situaciones problemáticas de interés para la sociedad y para las comunidades científicas especializadas) y la investigación en la enseñanza de las ciencias (la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias como actividad orientada para resolver situaciones problemáticas de interés para la sociedad y para los alumnos en particular).

- Tercera Parte: Las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje. Se trataron aquí situaciones problemáticas relevantes como ¿Qué son las actitudes?, ¿Qué son las actitudes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje? Y se trataron algunos resultados de la investigación didáctica en la detección de las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje, algunos resultados de la investigación didáctica sobre la persistencia de las actitudes negativas de los estudiantes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje, la enseñanza de las ciencias orientada para favorecer el cambio conceptual, metodológico y actitudinal, las relaciones ciencias, tecnología, sociedad (CTS) como contribución al cambio actitudinal en el aprendizaje de las ciencias, el clima institucional y el clima de aula como contribución al cambio conceptual, metodológico y actitudinal de los estudiantes.
- Cuarta Parte: La evaluación de la enseñanza, del aprendizaje y del currículo de ciencias: Se trataron algunas concepciones espontáneas sobre la evaluación, la evaluación en

los modelos de enseñanza habitual de las ciencias y la evaluación en los modelos de enseñanza contemporánea de las ciencias, la evaluación como instrumento de aprendizaje de las ciencias, la evaluación como instrumento de mejora en la enseñanza, el desarrollo y la práctica de actividades de evaluación alternativas...

- Quinta Parte: Construcción de criterios para la elaboración de un currículo de ciencias desde la perspectiva de la Didáctica Contemporánea de las Ciencias. Se consideraron aspectos como la planificación del currículo, criterios básicos para la planificación del currículo, finalidades y objetivos de la formación de profesores de ciencias, la selección de contenidos, el análisis crítico de la secuenciación de contenidos de química en la educación media y de química en la formación de profesores de química, la concreción de un currículo de orientación constructivista, el diseño de unidades didácticas como programas de actividades...

### ***Estrategias para la identificación de concepciones, actitudes y prácticas docentes innovadoras como expresión del cambio didáctico logrado***

Para identificar el cambio didáctico logrado en los profesores que formaron parte de esta investigación, se consideraron, después de haberse aplicado el Programa de Actividades descrito en la sección anterior, consecuencias contrastables para identificar nuevas concepciones, actitudes y esquemas de acción

de los profesores en torno a la ciencia, a los usos de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, y a la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Los resultados obtenidos, y su distancia respecto a los resultados logrados antes de la aplicación del Programa de Actividades, constituían la base para la elaboración de conclusiones de nuestra investigación.

### **Indicadores utilizados para reconocer aspectos de una epistemología docente innovadora en relación con la ciencia y la actividad científica**

La Operativización de las variables para cada caso se ha logrado considerando algunos de los resultados más relevantes alcanzados hasta ahora por la investigación en Didáctica de las Ciencias. En el cuadro 5 se muestran los indicadores para operativizar la epistemología docente innovadora en relación con la ciencia y la actividad científica.

### **Indicadores utilizados para reconocer aspectos de una epistemología docente innovadora en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias**

En el cuadro 6 se resumen las consecuencias contrastables asociadas con una epistemología personal docente innovadora sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación, principalmente se previeron las siguientes:

## **Cuadro 5. Indicadores de una epistemología docente innovadora sobre la ciencia y la actividad científica**

- Aspectos que salen al paso a visiones empiristas y ateóricas de la ciencia y de la actividad científica
- Aspectos que salen al paso a visiones rígidas de la ciencia y de la actividad científica
- Aspectos que salen al paso a visiones aporéticas y ahistóricas
- Aspectos que salen al paso a visiones exclusivamente analíticas
- Aspectos que salen al paso a visiones acumulativas, lineales
- Aspectos que salen al paso a visiones de sentido común

## **Cuadro 6. Indicadores de una epistemología docente innovadora sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencia**

- Se admite un *status* a los conocimientos y destrezas de los alumnos antes de la instrucción.
- Entre el aprendizaje y la enseñanza (entendida ésta última como ayuda para el aprendizaje) hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre la enseñanza y el aprendizaje.
- Para favorecer el aprendizaje se requiere por parte del profesor conocer, además de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña (conocimientos disciplinares y conocimientos metadisciplinares), conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar (conocimientos didácticos).
- Aprender ciencias implica el dominio de contenidos conceptuales (teorías y conceptos que las estructuran), de contenidos metodológicos (relacionados con los modos de producción, estrategias y técnicas propios de los conocimientos científicos), y de contenidos actitudinales (relacionados con las predisposiciones que caracterizan a una persona cuando aborda problemas desde los conocimientos científicos y con los modos de relación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente). El dominio de estas tres clases de contenidos favorece el desarrollo de una cultura científica.
- Un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de unos cuantos contenidos fundamentales (conceptuales, metodológicos y actitudinales) abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.
- La enseñanza de las ciencias es una actividad práctica teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias (la práctica puede ser innovadora a lo largo de todo el proceso)
- Un programa curricular se selecciona y se adapta según los niveles cognitivos y los intereses de los estudiantes.
- Estrategias próximas a una perspectiva constructivista han de favorecer el tratamiento científico de situaciones problemáticas por parte de los alumnos, apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio.
- Para que las estrategias de enseñanza favorezcan el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales, éstas deben favorecer el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos.
- La evaluación contribuye a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor, por tanto, es una herramienta para la autorregulación de los aprendizajes y de las enseñanzas). De otra parte, ha de ser continua y permanente a lo largo del proceso.
- El profesor aborda su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo.

## **Indicadores utilizados para reconocer aspectos de una práctica docente innovadora en profesores de ciencias**

Las consecuencias contrastables desarrolladas para identificar una práctica docente innovadora, se muestran en el cuadro 7.

### **Cuadro 7. Indicadores de una práctica docente innovadora en la enseñanza de las ciencias**

- Estrategias basadas en modelos constructivistas que permitan identificar ideas, actitudes y prácticas previas cotidianas o de menor poder explicativo, por otras que respondan mejor a los problemas planteados.
- En la evaluación, se trata que los alumnos compartan y hagan suyas las teorías científicas y abandonen sus concepciones alternativas. Las concepciones alternativas de los alumnos no se penalizan; por el contrario, a partir de ellas se fomenta su activación y discusión.
- La enseñanza de las ciencias se logra preferentemente secuenciando contenidos a partir del planteamiento y resolución conjunta de problemas los cuales se abordan entre el profesor y los alumnos.
- Los problemas que se abordan son situaciones abiertas, que exigen la búsqueda de nuevas respuestas por parte de los alumnos bajo la supervisión del profesor. Se trata de la resolución de problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos.
- Se desarrollan programas de actividades (Gil et al, 1991; Duschl y Gitomer, 1991) basados en los siguientes pasos no necesariamente teleológicos: 1) Despertar el interés de los alumnos por el problema que va a abordarse, 2) Realizar un estudio cualitativo de la situación, intentando definir de la manera más precisa el problema, identificando las variables más relevantes que lo restringen, etc., 3) Emitir hipótesis fundamentadas en modelos teóricos sobre los factores que pueden estar determinando el posible resultado del problema y sobre la forma en que estos factores condicionan el mismo, 4) Elaborar y explicitar posibles estrategias de solución del problema, planificando su puesta en marcha en lugar de actuar por ensayo y error. Buscar vías alternativas para la resolución del problema, 5) Poner en marcha la estrategia o estrategias seleccionadas, explicitando y fundamentando al máximo lo que se va haciendo, 6) Analizar los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis fundamentadas teóricamente previamente explicitadas, 7) Reflexionar sobre las nuevas perspectivas abiertas por la resolución realizada, replanteando o redefiniendo el problema en un nuevo nivel de análisis, en relación con otros contenidos teóricos y con nuevas situaciones prácticas. Idear nuevas situaciones que merezcan ser investigadas a partir del proceso realizado, 8) Elaborar una memoria final en la que se analicen no solo los resultados obtenidos en relación a problema planteado sino también el propio proceso de resolución llevado a cabo.
- El profesor puede ejercer papeles diversos: debe guiar las indagaciones de los alumnos, exponer alternativas orientadoras, inducir o generar contra-argumentos, promover la explicitación de los conocimientos, su redescrición en lenguajes o códigos más elaborados, etc. (Pozo y Carretero, 1992)

## Indicadores del cambio didáctico en profesores universitarios de ciencias

Las consecuencias contrastables cercanas a una epistemología y a una práctica docente innovadora y próxima a los resultados de la investigación contemporánea en Didáctica de las ciencias, fueron auscultadas en los profesores mediante la aplicación de un cuestionario (Q2) especialmente diseñado para tal fin, la observación intencionadas del trabajo de los profesores en el aula de clase (R2) y una entrevista que buscó profundizar en las respuestas dadas por los participantes tanto en el cuestionario inicial (Q1) como en el final (Q2). Los indicios de una actividad docente innovadora fueron tratados sistemáticamente en las últimas dos semanas

previas a la finalización del Programa de Formación y durante las cuatro siguientes luego de su terminación.

Considerando que se ha tratado de una investigación cualitativa por estudio de casos, y por razones de espacio, presentamos a continuación algunos resultados comunes identificados en los profesores. Los análisis más detallados se pueden encontrar en Mosqueira (2008). Para caracterizar mejor el cambio didáctico logrado, se muestra en el cuadro 8 los cambios más significativos obtenidos luego de la aplicación del Programa de Actividades luego de contrastar concepciones y actitudes finales respecto con los que habíamos obtenido con la muestra de profesores tratados antes de su participación en el Programa.

**Cuadro 8. Indicadores del Cambio Didáctico conseguido**

Ahora	Antes
<b>Conocimientos y actitudes sobre (y hacia) la ciencia y su desarrollo</b>	
La investigación científica es un proceso complejo, resolver problemas implica el diseño y desarrollo de diferentes variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. Existen múltiples metodologías y estrategias para resolver un problema de interés para el conocimiento científico.	La investigación científica es un proceso que se realiza siguiendo los pasos del método científico.
El conocimiento científico es resultado de la interacción entre el sujeto en actitud cognoscente y la realidad, de manera que los logros obtenidos se expresan a través de modelos alternativos al conocimiento de sentido común.	El conocimiento científico es objetivo y con el se describe cómo es en verdad la realidad.
En la investigación científica, la observación no es neutral, es “teóricamente dependiente”.	La observación científica, al contrario de la observación cotidiana, no puede ser deformada si es que queremos saber cómo es la realidad. Además, la observación científica es neutral.

Ahora	Antes
<b>Conocimientos y actitudes sobre (y hacia) la ciencia y su desarrollo</b>	
Las teorías científicas son provisionales y no son descripciones de la realidad.	Las teorías científicas son buenas cuando encuentran explicaciones verdaderas acerca de diversos hechos del mundo.
Las hipótesis científicas nos ayudan a encontrar soluciones tentativas a los problemas planteados en una investigación.	Las hipótesis se elaboran con el propósito de verificar si una teoría científica es verdadera o falsa.
El conocimiento científico se expresa mediante teorías y por tanto es necesario que los investigadores revisen las elaboradas por ellos mismos y por otros investigadores, de forma que sirvan de referente para los propósitos de una nueva investigación.	Para abordar un nuevo hecho de la naturaleza, sólo se requiere el interés por su estudio de parte de un investigador o de un grupo de investigadores sin necesidad de una fundamentación previa.
Un mismo problema puede explicarse desde diversas teorías que compiten entre sí y promueven el desarrollo de unas nuevas. El avance de la ciencia se da en gran medida por rupturas débiles o fuertes entre teorías más recientes respecto a teorías del sentido común o respecto a teorías científicas anteriores.	El conocimiento científico progresa sin traumas y en forma continua.
La ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica que a lo largo de nuestra historia han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas en procura de lograr solucionar problemas de interés.	La ciencia ha sido elaborada por grandes genios que conectan unos descubrimientos con otros para poder descartar aquellos poco útiles y dar relevancia a los muy útiles.
Una nueva teoría científica ha de ser más coherente, predictiva y explicativa que las anteriores, caracterizándose entonces por solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. La emergencia de una nueva teoría casi siempre implica rupturas respecto a teorías anteriores.	Las teorías científicas actuales resultan de la adición de muchas teorías hechas en el pasado, aunque algunas se encuentran en desuso en la actualidad.
La verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.	Los científicos tienen el objetivo de lograr una explicación verdadera del mundo, sin embargo en muchas ocasiones no pueden saber con seguridad que sus hallazgos son verdaderos.

Ahora	Antes
<b>Conocimientos y actitudes sobre (y hacia) la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias</b>	
Se admite un <i>status</i> a los conocimientos y destrezas de los alumnos antes de la instrucción.	Antes de una nueva actividad de aprendizaje, los estudiantes no poseen ideas ni conocimientos sobre el contenido a estudiar.
Entre el aprendizaje y la enseñanza hay corresponsabilidad.	El aprendizaje es independiente de la enseñanza: la responsabilidad del estudiante es aprender y la del profesor es enseñar.
Las estrategias didácticas privilegian el tratamiento científico de situaciones problémicas por parte de los alumnos, apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio.	Las mejores estrategias de enseñanza son aquellas que favorecen la explicación del profesor, las lecturas de textos o de guías de laboratorio y la solución algorítmica de ejercicios de aplicación.
La evaluación contribuye a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor.	Una evaluación exitosa es aquella que favorece la repetición de contenidos conceptuales y la resolución operativa de ejercicios de lápiz y papel y de guías de laboratorio.
En relación con el clima de aula y con el rol del Profesor, es importante privilegiar que los estudiantes sean copartícipes de las actividades de trabajo en el aula y que el trabajo de los estudiantes se haga en pequeños grupos cooperativos.	El profesor es el protagonista en el aula: explica contenidos, ilustra técnicas para resolver problemas y demuestra resultados experimentales. El estudiante es un espectador que sigue las instrucciones del profesor y que si las atiende a cabalidad, aprende sin inconvenientes.
Enseñar y aprender ciencias es equivalente a resolver problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos.	Si el estudiante pone mucha atención, puede comprender rápidamente los contenidos científicos. Ello sumado a un curso bien planificado, puede favorecer el tratamiento de la mayor cantidad de contenidos previstos para que los estudiantes aprendan una buena ciencia.
Aprender ciencias implica el logro de cambios concientes en el dominio de contenidos conceptuales, de contenidos metodológicos y de contenidos actitudinales que en suma dan consistencia al conocimiento científico.	Aprender ciencias implica dominar variados contenidos conceptuales y adquirir destrezas y habilidades para un correcto trabajo en el laboratorio.

Ahora	Antes
<b>Esquemas de acción más relevantes en el aula de clase</b>	
Se procuran cambios en la mente de los alumnos, no sólo conceptuales sino también metodológicos y actitudinales.	Los contenidos que se abordan y que se evalúan con mayor énfasis son casi exclusivamente conceptuales.
La evaluación es incluyente, sirve para determinar las ayudas que cada alumno(a) necesita y no compara unos estudiantes con otros sino cada estudiante consigo mismo para evaluar el progreso que lleva.	La evaluación tiene una finalidad marcadamente selectiva.
Los alumnos siguen una enseñanza a través de pequeñas investigaciones, trabajan en pequeños grupos y hay un fuerte énfasis al trabajo cooperativo.	El papel de los alumnos se relega a una actividad casi exclusivamente reproductiva.
Se procura adoptar una posición constructivista al considerar que las teorías, sus métodos y sus valores, son construcciones sociales en permanente desarrollo.	El profesor provee conocimientos elaborados.
La metodología más frecuente consiste en plantear problemas de interés para los estudiantes, acotarlos en grupo, explicitar ideas para su solución, contrastar estas ideas con información científica de referencia, interiorizar la información hasta adquirir el estatus de conocimiento en los alumnos, proponer diseños experimentales, emitir hipótesis fundamentadas en los conocimientos elaborados, analizar los resultados a la luz de las hipótesis, proponer la aplicación de los conocimientos elaborados en diversidad de situaciones, proponer ejercicios de lápiz y papel que pueden abordarse con los conocimientos elaborados, discutir sobre el impacto social de los conocimientos elaborados, presentar memorias del trabajo realizado, buscar alternativas de socialización de memorias, conexión con nuevos problemas a tratar en siguientes unidades didácticas...	La metodología básica consiste en presentar conceptos claves de una cierta unidad temática, presentar posibles ejercicios – caso de aplicación, seguir prácticas de laboratorio relacionadas con el tema que se trata, evaluar a capacidad para resolver ejercicios de lápiz y papel, la definición correcta de conceptos, y la presentación de un adecuado informe de trabajo de laboratorio.
Los conocimientos científicos se abordan desde su componente conceptual, actitudinal y procedimental. La historia de la ciencia ayuda a dar una imagen dinámica de la ciencia, a desmitificar el trabajo de los científicos y científicas, y a descifrar claves para comprender la naturaleza de ideas, conceptos o teorías que en ocasiones pueden ser difíciles de interiorizar y comprender.	Los conocimientos son casi exclusivamente conceptuales y se presentan como saberes acabados. No se hace énfasis, ni se citan, aspectos de la historia de la química que puedan servir como referente para dar una imagen dinámica de la ciencia.

Ahora	Antes
<b>Esquemas de acción más relevantes en el aula de clase</b>	
La evaluación del aprendizaje se hace mediante el uso de diferentes instrumentos orales y escritos y promueve la comprensión de los estudiantes, el desarrollo de un espíritu crítico, analítico y reflexivo. Se hace para valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor.	Para la evaluación, se utilizan ejercicios repetitivos (problemas – tipo) dirigidos a que los estudiantes se familiaricen con técnicas para su resolución.
La secuencia de contenidos se apoya en el planteamiento y resolución conjunta de problemas por parte del profesor y de los alumnos.	El método científico es el método de enseñanza.
El profesor actúa como un director de investigaciones y los alumnos como “investigadores novatos”. Entre todos, enfrentan problemas de interés para los estudiantes y relevantes con el curso.	El profesor facilita el descubrimiento de teorías científicas por parte de los alumnos a partir de actividades guiadas.
Los mapas conceptuales se utilizan para visibilizar relaciones conceptuales establecidas por los alumnos.	Los mapas conceptuales se utilizan solamente como instrumento de evaluación.

Estos resultados nos llevan a pensar que el programa de Actividades seguido, apoyado en orientaciones constructivistas sobre la enseñanza y el aprendizaje y centrado en un modelo de enseñanza por investigación orientada, ha resultado eficaz para promover un aprendi-

zaje significativo de la Didáctica de las Ciencias por parte de profesores universitarios de química.

En el Cuadro 9 se señalan los instrumentos utilizados para la identificación de la epistemología y práctica docente innovadora.

### **Cuadro 9. Resumen de los instrumentos utilizados para identificar la epistemología y la práctica docente innovadora**

Concepciones y actitudes innovadoras sobre la ciencia y la actividad científica: Cuestionario final (Q2-A)  
 Concepciones y actitudes innovadoras sobre la historia de la ciencia: Cuestionario final (Q2-B)  
 Concepciones y actitudes innovadoras sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias: Cuestionario final (Q2-C)  
 Práctica docente innovadora: Observación intencionada analizada desde la rejilla de observación R2  
 Entrevista estructurada: dirigida a la profundización de los resultados obtenidos por cada profesor en los cuestionarios iniciales (Q1-A, Q1-B y Q1-C) y los cuestionarios finales (Q2-A, Q2-B y Q2-C).  
 Análisis comparativo de los resultados.

En el anexo 2 se presenta el cuestionario Q2 y la Rejilla R2.

## **Conclusiones**

Es claro que el desarrollo conceptual y práctico de la Didáctica de las Ciencias Experimentales viene siendo prometedor. Mediante la innovación y la investigación en este campo, se han logrado encontrar soluciones interesantes a problemas asociados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, con los currículos de ciencias, con la evaluación, etc. Sin embargo, sigue siendo una preocupación latente la formación de los profesores de ciencias, pues son ellos quienes, innovando a partir de investigaciones previas reportadas por la comunidad de especialistas en educación científica y posteriormente, asumiendo actitudes positivas hacia la investigación en este campo, habrán de llevar masivamente a las aulas de clase y a la mente de cada uno de sus alumnos, los avances logrados.

De hecho, debemos hacer todos los esfuerzos posibles por lograr cerrar las brechas que puedan existir entre los profesores de ciencias y los investigadores en Didáctica de las Ciencias. Ello ha de ser posible si no perdemos de vista que la investigación en formación de profesores y los programas de formación inicial y continuada, se plantean como finalidad la formación de profesores – investigadores. Ello resulta más relevante en el caso de los profesores encargados de la formación inicial de profesores. En países como Colombia, dicha formación inicial se adelanta como carrera universitaria, es decir, los alumnos que desean formarse como profesores, se inscriben en Facultades de Educación o de Ciencias que ofrecen titulaciones

como Licenciados. En Colombia, el título de Licenciado(a) acredita a quien lo ostenta a desempeñarse como profesor y dependiendo su campo de formación, puede serlo en la educación preescolar, primaria o secundaria. Posteriormente, cursando y terminando programas de postgrado en educación, como en el caso de las Didácticas Específicas, estos profesores pueden desempeñarse como profesores universitarios.

Una alternativa para cerrar esta brecha anteriormente anotada, consideramos, es que la formación inicial y continuada de los profesores de ciencias en nuestro caso, se fundamente en los resultados de la investigación actual en Didáctica de las Ciencias. La investigación que hemos desarrollado ha tenido esa pretensión: identificar epistemologías y prácticas docentes en profesores universitarios de química encargados de la formación inicial de profesores de química con el propósito de identificar posibles rasgos particulares y comunes propios de lo que hemos denominado una docencia del sentido común. Como hemos visto, los resultados encontrados nos muestran que efectivamente, los profesores intervenidos se ubicaban por completo dentro de estos rasgos. El siguiente problema consistió en prever cómo transformar esos rasgos de una docencia habitual y para ello, formulamos, apoyándonos en orientaciones constructivistas sobre la enseñanza y en un modelo de enseñanza por investigación orientada, un Programa de Actividades que pusiera en posición de aprender colaborativamente y constructivamente, a profesores de ciencias aspectos conceptuales y prácticos de la

Didáctica de las Ciencias contemporánea. Luego de casi un año de intervención, vemos como hemos logrado nuestro propósito: favorecer cambios didácticos en profesores universitarios de química, pasando de concepciones y actitudes sobre la ciencia y su enseñanza (epistemología docente) y de prácticas docentes marcadas por posturas habituales y tradicionales, a concepciones, actitudes y prácticas más próximas y compatibles con los resultados de la investigación contemporánea en este cuerpo de conocimientos.

Dichos resultados son más significativos al suponer que esta investigación puede ser el inicio de la ruptura de un círculo vicioso en la formación inicial de profesores. Habitualmente, la mayoría de los profesores encargados de los futuros profesores, centran sus enseñanzas en las disciplinas científicas (y que como hemos visto, a partir de posturas epistemológicas e históricas ya superadas que conducen a visiones distorsionadas sobre la ciencia y la actividad científica) y en ninguna fundamentación desde la didáctica de las ciencias, pues la desconocen o la consideran como un ejercicio puramente instruccional y técnico. Ello habrá de conducir a un imaginario en los futuros profesores de ciencias, que la enseñanza es fácil y que basta con conocer algunas habilidades y con desarrollar algunas destrezas para ser un buen profesor. Nada más lejano de la realidad. La investigación en Didáctica de las Ciencias nos muestra por el contrario, que enseñar no es fácil y que entre otras cosas, se requiere el desarrollo de competencias docentes fundamentadas para aproximar a los estudiantes a más

y mejores aprendizajes de las ciencias. De esta manera, haber logrado cambios didácticos significativos en profesores universitarios de química que tienen a su cargo estudiantes para profesores de química, favorece como se ha visto en la epistemología y en la práctica docente que actualmente manifiestan, que sus enseñanzas permitan vivenciar nuevas formas de comprender como pensamos las personas, como aprendemos más en contexto y a más largo plazo y como le damos utilidad social a lo que aprendemos. Sin duda, en un efecto cascada, estamos dando pasos para cualificar la actividad docente.

Obviamente esto implica variados esfuerzos continuados: desarrollo de políticas que estimulen la formación permanente del profesorado, mayores niveles de exigencia para aquellos profesores que imparten cursos de formación inicial o continuada de profesores, acompañamiento permanente a profesores que inician su trayectoria por la innovación y la investigación en educación y en particular, en didácticas específicas, y cuando menos, consolidación de redes de profesores – investigadores donde participan los profesores encargados de la formación inicial o continuada, los profesores practicantes y los profesores tutores de las instituciones educativas donde se adelantan las prácticas docentes.

En particular, en lo que concierne a esta investigación, presentamos las siguientes conclusiones principales:

- El programa de Actividades seguido con los Profesores Universitarios de Química que han formado parte de esta investigación, ha favoreci-

do explícitamente su formación en Didáctica de las Ciencias.

- El programa de Actividades seguido con los Profesores Universitarios de Química tratados, también, ha servido para hacer ver la importancia de otras disciplinas como la epistemología y la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.
- Se ha mostrado que el tratamiento de situaciones problemáticas que deben ser resueltas desde una orientación radicalmente constructivista, ha resultado ser un modo eficaz de formación de profesores.
- Cuando se facilita la implicación de los profesores en tareas abiertas, creativas, en la difusión de experiencias innovadoras, en el reconocimiento a los resultados de investigación precedentes que han sido provechosos y se favorece el trabajo colaborativo entre los profesores, se han generado expectativas positivas que permitieron asumir la práctica docente con una actitud muy diferente.
- El Programa de Actividades diseñado ha permitido reconocer cómo la enseñanza puede favorecer el aprendizaje de conocimientos, de actitudes y de prácticas en forma comprensiva, significativa y relevante en los estudiantes.

Tenemos pues, un largo camino por recorrer. Y cuanto antes lo iniciemos mejor será de cara a nuestro aporte a la constitución de sociedades más equitativas, incluyentes y justas. Y ante todo, para formar niños, niñas y jóvenes más felices, analíticos, reflexivos y críticos.

## Referencias bibliográficas

- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. (1976) *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México.
- BELL, B. (1998) Teacher development in science education. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K. (Eds). London: Kluwer academic publishers.
- BELL, B.F. y PEARSON, J. (1992) Better learning. *International Journal of Science Education*, 14(3), 349-361.
- BRISCOE, C. (1991) The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teachers change. *Science Education*, 75(2), 185-199.
- CAMPANARIO, J.M. (2002) Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 315 – 325.
- CARNICER, J. (1998) *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos*. Tesis doctoral. Valencia: Universidad de Valencia.
- CARNICER, J. y FURIÓ, C. (2002) La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. *Investigación en la Escuela*, 47, 33 – 52.
- DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1998) About the epistemological posture of science teachers. En: *ICPE Books. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Tiberghien, A.; Jossem, L. y Barojas, J (Eds). International Commission on Physics Education.

- DUSCHL, R. y GITOMER, D. (1991) Epistemological perspectives on conceptual change: implication for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.
- FEIMAN – NEMSER, S. (1990) Teacher preparation: structural and conceptual alternatives. En: *Handbook of Research on Teacher Education*, Houston, W.R. (Ed). New York: MacMillan.
- FRASER, B.J. (1994) Research on classroom and school climate. En: Gabel, D. (Ed) 1994. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.
- FURIÓ, C. (1992) ¿Por qué es importante la teoría para la práctica en la educación científica? *Aula de innovación educativa*, 4-5, 5-10.
- FURIÓ, C. (1994) Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 188-199.
- FURIÓ, C. (2001) *Proyecto Docente: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Valencia: Universitat de València – Estudi General.
- FURIÓ, C. y GIL, D. (1999) Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesor de ciencias. En: *Memorias Educación Científica. Congreso iberoamericano de educación en ciencias experimentales. Formación permanente de profesores*, 129-146. España: Edición Servicio publicaciones Universidad de Alcalá.
- FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIASOLA, G. y ROMO, V. (2001) Spanish Teachers' View of the Goals of Science Education in Secondary Education. *Research in Science and Technological Education*.
- GARRETT, R.M., SATTERLY, D.; GIL, D. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1990) Turning exercises into problems: an experimental study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, 12(1), 1-12.
- GENÉ, A. y GIL, D. (1987) La formación del profesorado como cambio didáctico. *Revista interamericana de formación del profesorado*, 2, 155-159.
- GIL, D. (1991) ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- GIL, D. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1987) Los programas guías de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 3, 3-12.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1991) *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIL, D. y PESSOA DE CARVALHO, A.M. (1998) Physics teacher training: analysis and proposals. En: *ICPE Books. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Tiberghien, A.; Jossem, L. y Barojas, J (Eds). International Commission on Physics Education.
- GIL, D. y PESSOA DE CARVALHO, A. M. (2000) Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación y la innovación en didáctica de la ciencia. *Educación Química*, 11(2), 244-251.

- GUNSTONE, R. F. y WHITE, R. (1998) Teacher's attitudes about physics classroom practice. En: *ICPE Books. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Tiberghien, A.; Jossem, L. y Barojas, J (Eds). International Commission on Physics Education.
- MARTÍNEZ - TERRADES, F. (1998) *La didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. Génesis, estado actual y perspectivas*. Tesis doctoral. Valencia: Universidad de Valencia.
- MC DERMOTT, L. (1990) A perspective on teacher preparation in physics –other sciences-. The need for special science courses for teachers. *American Journal of physics*, 58(8), 734-742.
- MELLADO, V. (1998) The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education*, 82(2), 197-214.
- MOSQUERA, C.J. (2001) *Concepciones sobre enseñanza, aprendizaje, currículo y evaluación de profesores de química en formación inicial*. Tesina de Investigación. Valencia: Universitat de València.
- MOSQUERA, C.J. (2008) *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química*. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat de València.
- PORLÁN, R. (1989) *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (2000) El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En: Perales, F.J. y Cañal, P. (Editores) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Editorial Marfil: Alcoy, p.363 – 388.
- POZO, J.I. y CARRETERO, M. (1992) Causal theories and reasoning strategies by experts and novices in Mechanics. En: Demetriou, A., Shayer, M. y Efklides, A. (eds). *Neopietian theories of cognitive development: implications and applications*. Routledge Kegan Paul: London.
- POZO, J. y GÓMEZ CRESPO, M. A. (2000) *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- SIMPSON, R.D., KOBALA, T.R., OLIVER, J.S. y CRAWLEY, F.E. (1994) Research on the affective dimension of science learning. En: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Gabel, D. (Ed). New York: MacMillan Pub. Co.
- TOBIN, K. y ESPINET, M. (1989) Impediments to change: applications of coaching in high school science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(2), 105-120.
- ZABALZA, M.A. (2003) *Competencias Docentes del Profesorado Universitario. Calidad y Desarrollo profesional*. Madrid: Narcea S.A. de Ediciones.

## Anexo 1

### Cuestionarios Q1 para la identificación de la epistemología docente habitual y Rejilla R1 para la identificación de la práctica docente habitual

*Cuestionario Q1-A. Caracterización de la epistemología docente habitual.*

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

1. La investigación es un proceso que se realiza por etapas previamente establecidas según el método científico.
2. El método científico garantiza la objetividad en el estudio de la realidad.
3. Toda investigación científica comienza por la observación sistemática del fenómeno que se estudia.
4. Los científicos tienen el objetivo de lograr una explicación verdadera del mundo, pero no pueden saber con seguridad que sus hallazgos son verdaderos.
5. Las teorías científicas tienen un estatus definitivo. Si ellas cambian, se debe a que se les encuentran errores que no pueden ser superados.
6. La diferencia entre la observación cotidiana y la observación científica, es que esta última requiere una atención cuidadosa y sin interferencias para lograr descubrir las verdades de la naturaleza.
7. A través del experimento, el investigador comprueba si su hipótesis de trabajo es verdadera o falsa.
8. El conocimiento científico surge por el interés de algunas personas de estudiar hechos casuales de la naturaleza.
9. Para abordar un nuevo hecho de la naturaleza, sólo se requiere el interés por su estudio de parte de un investigador o de un grupo de investigadores sin necesidad de una fundamentación previa.
10. Las hipótesis son una parte del método científico y tienen como finalidad comprobar si una teoría es verdadera o es falsa.
11. Una correcta investigación científica debe seguir un proceso metodológico riguroso, de forma que un nuevo paso no puede darse sino hasta terminar completamente los pasos anteriores.
12. Una investigación científica culmina cuando se responde satisfactoriamente una pregunta. Cumplido este logro, se puede pasar a una nueva investigación.

*Cuestionario Q1-B. Caracterización de la epistemología docente habitual.*

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

- 13. El avance de la ciencia se logra cuando se sistematizan experimentos cruciales que dan explicaciones verdaderas del mundo, fruto de una gran experiencia y de una metodología de investigación que ha llevado desde lo más simple hasta lo más complejo.
- 14. El principal reto de la creación científica es organizar los aspectos formales y matemáticos de las teorías como representaciones fieles de la realidad.
- 15. A lo largo de nuestra historia, muchas personas se han interesado por la investigación científica; sin embargo, dada su dificultad, a solo unos pocos se les puede atribuir sus avances.
- 16. Una buena teoría científica se caracteriza por su exactitud y precisión. Si no lo es, es apenas un intento de teoría científica (pseudo-teoría).
- 17. Las teorías científicas actuales son el resultado de las diferentes teorías elaboradas en el pasado. Sin embargo, algunas de estas teorías pasadas que han entrado en desuso, no se consideran como parte constituyente de las teorías actuales.
- 18. Las teorías científicas adquieren su condición como tales, cuando logran hacer diferentes explicaciones verdaderas acerca de diversos hechos del mundo.
- 19. Mientras que una investigación científica se desarrolle cumpliendo fielmente los pasos del método científico, ésta se adelantará sin tropiezos ni traumatismos.
- 20. El éxito de la investigación científica es un asunto enteramente interno al mundo de los científicos. Los problemas del contexto social poco o nada inciden para alcanzar resultados satisfactorios.
- 21. La ciencia es fundamentalmente cosa de hombres. La contribución al desarrollo de la ciencia por parte de las mujeres ha sido más bien tangencial.

*Cuestionario Q1-C. Caracterización de la epistemología docente habitual.*

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

- 22. Antes de una nueva actividad de aprendizaje, los estudiantes no poseen ideas ni conocimientos sobre el contenido a estudiar.
- 23. La responsabilidad del profesor de ciencias es enseñar a sus estudiantes las diferentes teorías científicas; la responsabilidad del estudiante de ciencias es aprender las teorías científicas.
- 24. Lo realmente importante en el aprendizaje de las ciencias es abarcar los datos y los conceptos fundamentales que en una teoría utilizan los científicos.
- 25. Una manera correcta de aprender ciencias es la de asimilar contenidos conceptuales y la de ejercitarse en técnicas del trabajo experimental.
- 26. Puede decirse que un estudiante posee un buen dominio de las teorías científicas cuando conoce gran variedad de contenidos conceptuales.
- 27. La formación de un profesor de ciencias debe tener una fuerte componente científica complementada por habilidades y técnicas acerca de cómo enseñar.
- 28. a) Si el estudiante pone mucha atención, puede comprender rápidamente los contenidos científicos. Ello sumado a un curso bien planificado, puede favorecer el tratamiento de la mayor cantidad de contenidos previstos para que los estudiantes aprendan una buena ciencia. b) La enseñanza de las ciencias es una actividad enteramente práctica que se afina con la experiencia reiterada del trabajo con estudiantes y por tanto no requiere de tanta profundidad teórica.  
c) Dado que el objetivo de la educación científica es que todos los alumnos aprendan las teorías científicas, el currículo para tal efecto debe ser igual para todos los estudiantes.
- 29. a) Un buen método de enseñanza de las ciencias se logra cuando el profesor encuentra las claves para dar claramente los contenidos científicos a los alumnos, cuando ayuda a que los alumnos asimilen buenas ideas y técnicas a partir de lecturas y de guías de laboratorio, y cuando logra que los estudiantes adquieran habilidad en la resolución de ejercicios de lápiz y papel.  
b) Una buena estrategia de enseñanza se logra cuando el alumno es capaz de repetir sin dificultades conceptos científicos, cuando mecaniza adecuadamente la solución de ejercicios de lápiz y papel, y cuando sigue adecuadamente las técnicas de un trabajo práctico de laboratorio.

c) La eficacia del aprendizaje de las ciencias en los alumnos depende del tiempo con que se dispone para el tratamiento de los contenidos del programa.

30. a) Una buena evaluación del aprendizaje de las ciencias en los alumnos debe favorecer la repetición de las explicaciones suministradas por el profesor para mecanizar la nueva información disponible.

b) La evaluación debe servir para diferenciar los estudiantes que merecen valoraciones positivas de los que merecen valoraciones negativas.

c) La evaluación del aprendizaje de las ciencias debe concentrarse en evidenciar los niveles de asimilación de los contenidos conceptuales por parte de los estudiantes y en corroborar su habilidad para resolver ejercicios de lápiz y papel y para seguir guías de trabajos prácticos de laboratorio.

d) La evaluación, para que entregue información completa al profesor, debe aplicarse al final de un contenido, es decir, cuando se han tratado por completo aspectos conceptuales, ejercicios de aplicación y prácticas de laboratorio en caso que sea posible su realización.

31. a) Para un adecuado aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes, han de manifestar una actitud de atención y silencio en tanto el profesor realiza su explicación.

b) Un trabajo individual, que responda a las motivaciones de los alumnos, puede favorecer un adecuado aprendizaje de las ciencias.

c) Para alcanzar un adecuado clima de trabajo en el aula de clase y en la sala de experimentación, el profesor debe ser el centro de atención al momento de explicar contenidos, al ilustrar técnicas para resolver ejercicios de lápiz y papel, y al demostrar resultados experimentales. El estudiante debe prestar la mayor atención posible para comprender las explicaciones del profesor.

d) Una manera rápida y efectiva de enseñar es programar, desarrollar y evaluar sus clases de manera individual.

*Rejilla de Observación R1. Guía de observación de profesores de ciencias sobre los esquemas de acción que siguen en el aula de clase y en el aula de laboratorio*

32. El profesor actúa como un portavoz de las comunidades científicas especializadas. Es el puente entre los científicos y los alumnos y por ello se predispone principalmente a presentar a los alumnos los productos del conocimiento de la forma más rigurosa, objetiva y comprensible posible.
33. La evaluación procura ser objetiva, centrada en los contenidos suministrados por el profesor, en procura que ellos reproduzcan las explicaciones antes impartidas.
34. La evaluación de actividades de los alumnos en forma de ejercicios, procura evidenciar las habilidades técnicas que emplean para dominar un mecanismo, una rutina o un sistema de resolución previamente explicado.
35. La evaluación permite seleccionar estudiantes según su grado de asimilación de contenidos conceptuales, según sus habilidades para emplear técnicas de solución de ejercicios de lápiz y papel, y según sus habilidades para poner en práctica actividades de laboratorio.
36. El método científico clásico, es el método de enseñanza que se sigue para que los alumnos descubran y asimilen conocimientos y técnicas científicas.
37. Las guías de trabajo que eventualmente el profesor pasa a sus estudiantes, favorecen el descubrimiento de conocimientos científicos aceptados y validados por las comunidades especializadas.
38. En las actividades planeadas para favorecer el descubrimiento de conocimientos y técnicas científicas por parte de los estudiantes, siguen en general las siguientes rutinas: presentación del problema o del tema a estudiar, observación - identificación de variables – recogida de datos, postulación de una o varias hipótesis a partir de los datos recogidos, experimentos para comprobar las hipótesis formuladas, organización e interpretación de los resultados obtenidos en el experimento, síntesis de los resultados obtenidos – análisis del proceso seguido.
39. En las actividades planeadas para favorecer las explicaciones del profesor, se buscan conexiones entre la nueva información y los conocimientos previos de los estudiantes. Si el contenido a explicar es nuevo, no preocupa entablar dichas conexiones.
40. Se da un mayor peso relativo al aprendizaje de los contenidos conceptuales de los alumnos que a las actividades prácticas que adelantan.

## Anexo 2

### Cuestionarios Q2 para la identificación de la epistemología docente innovadora y Rejilla R2 para la identificación de la práctica docente innovadora

*Cuestionario Q2-A. Caracterización de la epistemología docente innovadora.*

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

41. La investigación científica es un proceso complejo donde, con el ánimo de resolver problemas de investigación, se diseñan y desarrollan diferentes variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. En consecuencia, existen múltiples metodologías y estrategias para resolver un problema de interés para el conocimiento científico.
42. Los conocimientos acerca del mundo son producto de nuestras interacciones entre cuerpos de conocimientos progresivamente elaborados por las comunidades científicas especializadas que nos sirven de soporte y de fundamentación, y la porción de una realidad natural o social que se problematiza y estudia.
43. La observación no es neutral, pues depende de nuestros conocimientos e ideas previas.
44. El conocimiento científico siempre está en permanente construcción y por tanto tiene el carácter de provisional y no constituye en sí mismo la realidad.
45. Dado que las teorías científicas se desarrollan permanentemente, nuestras concepciones sobre el mundo no son siempre las mismas.
46. En la observación de la realidad es imposible evitar algunas deformaciones que puede introducir el observador, dependiendo de sus ideas, experiencias y conocimientos previos.
47. El experimento científico hace parte de las estrategias que ponemos en marcha en un proceso de investigación científica, incluye el desarrollo de habilidades técnicas para su ejecución y nos ayuda a plantear nuevos problemas de estudio o a validar la coherencia y el poder explicativo de las teorías científicas.
48. El conocimiento científico surge por el interés de las comunidades científicas de solucionar situaciones problemáticas que emergen del mundo natural o social o de las ideas propias de dichas comunidades. Las respuestas a dichas situaciones, son en muchas ocasiones, una alternativa para dar respuesta a las necesidades de las personas en general.

49. El conocimiento científico se fundamenta en teorías científicas y por tanto los científicos revisan el trabajo que ellos mismos u otros elaboran al momento de emprender la tarea de solución de problemas.
50. Las hipótesis científicas nos ayudan a evaluar la coherencia entre los objetos de estudio, la teoría, las metodologías seguidas en forma de técnicas y estrategias y los resultados alcanzados.
51. Una investigación científica se considera adecuada cuando producto de las revisiones necesarias, se va encontrando coherencia entre una concepción teórica que fundamenta la situación problémica y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.
52. La investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, estos resultados por lo general son dinamizadores para la apertura a nuevas investigaciones derivadas de las anteriores.

*Cuestionario Q2-B. Caracterización de la epistemología docente innovadora.*

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

53. La ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos. Por tanto, el avance de la ciencia se debe en gran medida a rupturas débiles o fuertes entre modelos teóricos más recientes respecto a modelos del sentido común o respecto a modelos teóricos anteriores.
54. La ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y a la preservación de un equilibrio dinámico entre lo natural, lo físico y lo social, abordando problemas de interés que ayudan a solucionar diversos aspectos. Sin embargo, muchas veces sus resultados son utilizados con otros fines (destrucción, hegemonía, etc.)
55. La ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica que a lo largo de la historia han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas, procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.

56. Los resultados obtenidos por la investigación científica tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.
57. Una nueva teoría científica ha de ser más coherente, predictiva y explicativa, caracterizándose entonces por solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello indica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas y avances respecto a teorías anteriores.
58. La verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.
59. En el difícil y espinoso camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante, pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.
60. Los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un contexto cultural y por tanto son parte de la sociedad. Buena parte de los problemas de investigación que aborda la investigación científica surgen de intereses sociales, políticos, económicos, etc.
61. Gracias a la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia.

*Cuestionario Q2-C. Caracterización de la epistemología docente habitual.*

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

62. Incluso antes de una nueva actividad de aprendizaje, los estudiantes poseen ideas, conocimientos y destrezas.
63. Entre el aprendizaje y la enseñanza (entendida ésta última como ayuda para el aprendizaje) hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre la enseñanza y el aprendizaje.
64. Para favorecer el aprendizaje de las ciencias en los estudiantes, se requiere por parte del profesor conocer, además de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña, conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar.

65. Aprender ciencias implica tener cambios concientes en el dominio de contenidos conceptuales (conceptos, teorías y principios), de contenidos metodológicos (modos de producción, estrategias y técnicas propios de la ciencia), y de contenidos actitudinales (predisposiciones de la persona hacia la ciencia, el aprendizaje de la ciencia y las implicaciones sociales de la ciencia).
66. Un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de unos cuantos contenidos fundamentales de la ciencia abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.
67. La formación inicial y continuada de un profesor de química es una investigación didáctica ya que para enseñar, deben aprenderse cuerpos de conocimientos, actitudes y procedimientos acerca de cómo enseñar.
68. a') La comprensión de los conocimientos científicos exige tiempo y tratamientos en profundidad. Es necesario, pues, seleccionar la materia a estudiar, sin pretender ver todo lo que es importante, pues ello conduce a tratamientos superficiales que deforman la imagen de las ciencias y no proporcionan conocimientos durables.
- b') La enseñanza de las ciencias es una actividad práctica y teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias. Dicha práctica puede ser innovadora a lo largo de todo el proceso.
- c') Una secuencia de contenidos científicos debe seleccionarse y adaptarse según los niveles cognitivos y los intereses de los estudiantes.
69. a') Un buen método de enseñanza de las ciencias se logra cuando el profesor es capaz de desarrollar estrategias que favorecen el tratamiento científico de situaciones problemáticas por parte de los alumnos, apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio.
- b') Una buena estrategia de enseñanza de las ciencias debiera favorecer el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos.
- c') La eficacia del aprendizaje de las ciencias en los alumnos depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y su calidad implica conceder "un tiempo propio" que necesariamente deben invertir los estudiantes.
70. a') Una buena evaluación del aprendizaje de las ciencias en los alumnos debe contribuir a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor.
- b') La evaluación debe servir como instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo.
- c') La evaluación del aprendizaje de las ciencias debe centrarse en la identificación del aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio.
- d') La evaluación, debe ser continua a lo largo de todo el proceso.

71. a') Para un adecuado aprendizaje de las ciencias, los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula.
- b') En clases de ciencias, el trabajo de los estudiantes ha de realizarse preferentemente en pequeños grupos cooperativos.
- c') Para alcanzar un adecuado clima de trabajo en las clases de ciencias, el profesor y los estudiantes deben ser los protagonistas en el aula para abordar pequeñas investigaciones dirigidas.
- d') El profesor debe abordar su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo donde han de participar otros colegas.

*Rejilla de Observación R2. Guía de observación de profesores de ciencias sobre los esquemas de acción innovadores que siguen en el aula de clase y en el aula de laboratorio*

72. El profesor procura el desarrollo de estrategias basadas en conflictos empíricos o teóricos que permiten sustituir algunos conocimientos previos de los alumnos. Intenta que los estudiantes se aproximen a un aprendizaje de las ciencias mediante elaboración de sus propias teorías, compatibles con las elaboradas en el campo de las ciencias.
73. La evaluación procura identificar si los alumnos han logrado transformar unos conocimientos por otros, de tal forma que sus nuevos conocimientos parezcan a los alumnos más potentes que sus propias ideas.
74. La evaluación trata que los alumnos compartan y hagan suyas las teorías científicas y abandonen sus concepciones alternativas. Las concepciones alternativas de los alumnos no se penalizan; por el contrario, a partir de ellas se fomenta su activación y discusión.
75. Una manera de enseñar ciencias, es secuenciando contenidos a partir del planteamiento y resolución conjunta de problemas los cuales se abordan entre el profesor y los alumnos.
76. No se utiliza ni implícita ni explícitamente un método científico único. Por el contrario, se parte de problemas que se abordan como situaciones abiertas, que exigen la búsqueda de nuevas respuestas por parte de los alumnos bajo la supervisión del profesor. Se trata de la resolución de problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos.
77. Se desarrollan programas de actividades basados en los siguientes pasos no necesariamente teleológicos: 1) Despertar el interés de los alumnos por el problema que va a abordarse, 2) Realizar un estudio cualitativo de la situación, intentando definir de la manera más precisa el problema, identificando las variables más relevantes que lo restringen, etc., 3) Emitir hipótesis fundamentadas en modelos teóricos sobre los factores que pueden estar determinando el posible resultado del problema y sobre la forma en que estos factores condicionan el mismo, 4) Elaborar y explicitar posibles estrategias de solución del problema, planificando

su puesta en marcha en lugar de actuar por ensayo y error. Buscar vías alternativas para la resolución del problema, 5) Poner en marcha la estrategia o estrategias seleccionadas, explicitando y fundamentando al máximo lo que se va haciendo, 6) Analizar los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis fundamentadas teóricamente previamente explicitadas, 7) Reflexionar sobre las nuevas perspectivas abiertas por la resolución realizada, replanteando o redefiniendo el problema en un nuevo nivel de análisis, en relación con otros contenidos teóricos y con nuevas situaciones prácticas. Idear nuevas situaciones que merezcan ser investigadas a partir del proceso realizado, 8) Elaborar una memoria final en la que se analicen no solo los resultados obtenidos en relación a problema planteado sino también el propio proceso de resolución llevado a cabo.

78. Para el desarrollo de actividades, el profesor emplea una amplia diversidad metodológica. Entre las actividades más desarrolladas, destacan: búsqueda de aplicación de los conocimientos aprendidos en diversidad de situaciones, y enriquecimiento de los modelos elaborados por los propios alumnos a partir de las discusiones con sus compañeros, de las explicaciones del profesor y de las evaluaciones recibidas.
79. En las actividades planeadas por el profesor, se concede énfasis a que los alumnos se enfrenten a problemas que despierten en ellos la necesidad de encontrar respuestas.
80. El profesor ejerce papeles diversos: guía las indagaciones de los alumnos, expone alternativas, induce o genera contra argumentos, promueve la explicitación de los conocimientos, su redescrición en lenguajes o códigos más elaborados, etc.

