

Indagación. Las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje.

Parte II. El cuestionario y su aplicación

Juana Silvia Espinosa-Bueno,¹ Andoni Garritz,² Diana Verónica Labastida-Piña¹ y Kira Padilla²

ABSTRACT (Inquiry: Abilities to develop it and promote learning.

Part II. The questionnaire and its application)

Teachers' Pedagogical Inquiry Knowledge can be documented and assessed by means of a Loughran et al. (2004) Inquiry Content Representation (I-CoRe) developed by the authors through seven inquiry activities mentioned in the last editorial of this Journal, and Inventories collected in interviews. Five high school and college teachers with experience on inquiry-teaching were the subjects of this research. It was observed that all teachers have used inquiry to modify their students' way of thinking, mainly through question posing but also with open research activities as main tools to promote scientific inquiry. It is interesting to notice that in spite of the fact that inquiry is out of the curriculum, the teachers made use of it to improve their teaching practice. Several verbatim phrases expressed by the teachers are included in this study.

KEYWORDS: pedagogical content knowledge, inquiry, inventory, activities, content representation

Introducción. Las siete actividades para indagar

Comencemos por la descripción del conjunto de siete actividades que los estudiantes realizan para indagar en el aula o el laboratorio, motivados por la conducción de su profesor o profesora (ver la tabla 1). Estas actividades fueron presentadas por Garritz (2010) y por los autores de esta editorial en el X Congreso Mexicano de Investigación Educativa (Garritz, Espinosa, Labastida y Padilla, 2009) y en la Conferencia Internacional de la National Association of Research in Science Teaching-2010 (Garritz, Labastida, Espinosa y Padilla, 2010).

En un apretado resumen diremos que estas siete actividades se obtuvieron de una revisión bibliográfica exhaustiva de varios artículos, libros y capítulos centrados en la indagación (Schwab, 1978; NRC, 1996; 2000; Bybee, 2004; Lederman, 2004; Khan, 2007). Las actividades de la tabla 1 pueden emplearse para ayudar a definir la indagación, un ente que no acaba de conseguir una definición unívoca en la literatura.

El conocimiento pedagógico del contenido y cómo documentarlo

Shulman (1986) plantea que la famosa frase de descrédito para los profesores expresada por George Bernard Shaw (1903): "El que puede, hace. El que no puede, enseña", debe transformarse en "Aquellos que pueden, hacen. Aquellos que en-

tienden, enseñan". Habla también sobre la importancia del conocimiento de los profesores y la influencia decisiva que tiene sobre la práctica docente. Menciona que para ubicar el conocimiento que se desarrolla en las mentes de los profesores, hay que distinguir tres tipos del mismo:

- El conocimiento del contenido temático de la asignatura, (CA).
- El conocimiento pedagógico del contenido (CPC), y
- El conocimiento curricular (CC).

Para caracterizar al segundo, dice que "es el conocimiento que va más allá del tema de la materia *per sé* y que llega a la dimensión del conocimiento de la materia *para la enseñanza*" (Shulman, 1987, p. 9). En el CPC se incluye, para los tópicos más regularmente enseñados en el área temática del profesor, lo que lo habilita para responder a preguntas tales como: "¿Qué analogías, metáforas, ejemplos, símiles, demostraciones, simulaciones, manipulaciones, o similares, son las formas más efectivas para comunicar los entendimientos apropiados o las actitudes de este tópico a estudiantes con antecedentes particulares?" (Shulman y Sykes, 1986, p. 9). El CPC también incluye un entendimiento de lo que hace fácil o difícil el aprendizaje de tópicos específicos: "las concepciones y preconcepciones que los estudiantes de diferentes edades y antecedentes traen al aprendizaje de los tópicos y lecciones más frecuentemente enseñados". Si estas concepciones son alternativas al conocimiento científico, como a menudo sucede, los profesores necesitan el conocimiento de las estrategias que con mayor probabilidad van a ser fructíferas en la reorganización del entendimiento de los aprendices.

Casi tres décadas antes que Shulman, Wolfgang Klafki (1958) insistió en la importancia de plantear hechos, fenóme-

¹ Escuela Nacional Preparatoria de la Universidad Nacional Autónoma de México.

² Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Tabla 1. Siete actividades de la indagación.

1. Identificar y plantear preguntas que puedan ser respondidas mediante indagación.
2. Definir y analizar bien el problema a resolver e identificar sus aspectos relevantes.
3. Reunir información bibliográfica que sirva de prueba.
4. Formular explicaciones al problema planteado, a partir de las pruebas.
5. Plantear problemas de la vida cotidiana y tocar aspectos históricos relevantes.
6. Diseñar y conducir trabajo de investigación a través de diversas acciones.
7. Compartir con otros mediante argumentación lo que ha sido aprendido a través de indagación.

nos, situaciones, experimentos, controversias, intuiciones, imágenes, indicaciones, cuentos, observaciones, modelos y tareas, para ayudar a los estudiantes a contestar sus preguntas sobre la esencia y al estructura del tópico de la clase, de una manera lo más autónoma posible. Klafki, sin darle nombre, estaba planteando lo que Shulman llamó CPC. Una traducción de las cinco preguntas de Klafki dirigidas a los profesores para elevar su conocimiento ha sido ofrecida por Uljens (1995), en inglés, y por Izquierdo (2006), en español.

Shulman (1987) nos presenta un ‘modelo de razonamiento y acción pedagógicos’, en el que habla de varias etapas consecutivas en las que el profesor va preparando su clase y en la que construye finalmente su CPC; menciona cuatro de ellas:

- *Preparación:* interpretación y análisis crítico de textos, estructuración y segmentación, creación de un repertorio curricular y clarificación de los objetivos.
- *Representación:* uso a partir de un repertorio de representaciones que incluye analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, explicaciones, etc.
- *Selección:* escoger a partir de un repertorio didáctico que incluye modalidades de enseñanza, organización, manejo y ordenamiento.
- *Adaptación y ajuste a las características de los alumnos:* considerar los conceptos, preconceptos, conceptos erróneos y dificultades, idioma, cultura y motivaciones, clase social, género, edad, capacidad, aptitud, intereses, conceptos de sí mismos y atención (Shulman, 1987; p. 20).

Menciona Geddis (1993) que un profesor sobresaliente no es considerado simplemente como ‘un profesor’ sino más bien como ‘un profesor de historia’ o ‘un profesor de química’ o ‘un profesor de lengua’. Mientras que, en cierto sentido, existen habilidades genéricas para enseñar, muchas de las capacidades didácticas del profesor exitoso versan sobre contenidos específicos, es decir, forman parte del CPC.

Recientemente, dos de los autores de este trabajo publicaron un artículo en un número especial del *International Journal of Science Education*, dedicado al «*Pedagogical Content Knowledge*» (Padilla, Ponce-de-León, Rembado & Garritz, 2008).

Tabla 2. Marco de cuestiones para obtener la ReCo.

- a. ¿Qué intentas que los estudiantes aprendan alrededor de esta idea?
- b. ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender esta idea?
- c. ¿Qué más sabes sobre esta idea?
- d. ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de esta idea?
- e. ¿Qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en tu enseñanza de esta idea?
- f. ¿Qué factores influyen en la enseñanza de esta idea?
- g. ¿Qué procedimientos empleas para que los alumnos se comprometan con la idea?
- h. ¿Qué maneras específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre la idea?

Loughran, Mulhall y Berry (2004) presentan dos herramientas para documentar el CPC de los profesores:

- CoRe (*Content Representation*, ReCo en español, por “Representación del Contenido”).
- PaP-eRs (*Professional and Pedagogical experience Repertoires*, Inventarios [Raviolo y Garritz, 2005], en español, o RePyPs “Repertorios de experiencia Profesional y Pedagógica”).

Para obtener la Representación del Contenido (ReCo) se empieza por preguntar al profesor las ideas o conceptos centrales de su exposición del tema, y para cada idea central se le preguntan las ocho cuestiones de la tabla 2.

De esta manera, la ReCo es una matriz en la que en cada una de sus columnas aparecen las ideas centrales para impartir el tema que han sido declaradas por el profesor y en las filas cada una de estas ocho preguntas. Generalmente, los profesores deben invertir un tiempo razonable para el llenado de la matriz y, si existe la confianza para responder, se logran documentar las ideas centrales; los objetivos de la enseñanza señalados por el profesor; el conocimiento de las concepciones alternativas de los alumnos y sus dificultades de aprendizaje; la secuenciación apropiada de los tópicos; el empleo correcto de analogías y ejemplos; formas de abordar el entramado de ideas centrales; los experimentos, problemas y proyectos que el profesor emplea durante su clase; formas ingeniosas de evaluar el entendimiento, entre otras (Talanquer, 2004). En pocas palabras: lo más importante del conocimiento pedagógico del contenido.

Por su parte, los Inventarios o RePyPs son explicaciones narrativas del CPC de un profesor para una pieza particular de contenido científico. Cada inventario “desempaca” el pensamiento del profesor alrededor de un elemento del CPC de ese contenido. Los inventarios son ampliaciones de alguno o algunos espacios de la matriz de la ReCo que muestran la acción en el salón de clases llevada a cabo por el profesor en cuestión y están basados en observaciones *in situ* y comentarios hechos por él o ella durante entrevistas dirigidas a ampliar el punto, por considerarse incompleto o por detectarse un filo especial en la respuesta dada en la ReCo.

Preguntas/actividades pedagógicas de indagación	a. Identificar y plantear preguntas que puedan ser respondidas mediante indagación.	b. Definir y analizar bien el problema a resolver e identificar sus aspectos relevantes.	c. Reunir información bibliográfica que sirva de prueba.	d. Formular explicaciones al problema planteado, a partir de las pruebas.	e. Plantear problemas de la vida cotidiana y tocar aspectos históricos relevantes.	f. Diseñar y conducir trabajo de investigación a través de diversas acciones.	g. Compartir con otros mediante argumentación lo que ha sido aprendido a través de indagación.
1. Describa brevemente por qué considera importante el desarrollo de algunas de las actividades de indagación mencionadas.							
2. ¿A qué dificultades o limitaciones se enfrenta al implantar esta actividad?							
3. ¿Cuáles considera que son las dificultades de los estudiantes cuando aborda esta actividad?							
4. ¿Qué ejemplos y procedimientos emplea para llevar a cabo esta actividad?							
5. ¿De qué manera evalúa si los estudiantes han entendido o se han confundido con esta actividad?							

Figura 1. La forma matricial de la ReCo-I, con un máximo de 35 celdas que deben ser llenadas por los profesores con experiencia en enseñar a través de la indagación (a los cinco profesores a quienes se solicitó llenar esta matriz se pidió responder solamente las columnas —de la “a” a la “g”— con las actividades que más emplean durante su ejercicio profesional como profesores).

El CPC de la indagación.

Una Representación para documentarlo

Los autores han construido una ReCo-I (Representación del Contenido de la Indagación) en la que se optó por darle homogeneidad a las respuestas colocando en las columnas de la matriz las siete actividades de la indagación a las que se llegó en la tabla 1. Adicionalmente se redujeron a cinco las preguntas de Loughran, Mulhall y Berry (2004), hasta alcanzar la matriz de la figura 1. Ya con la matriz elaborada, se pidió a cinco profesores que la llenaran atendiendo sólo las actividades de las columnas que ellos emplean con mayor frecuencia en sus clases.

Los profesores a quienes se aplicó la ReCo-I

La matriz de la figura 1 fue contestada por cinco profesores, cuatro de ellos de bachillerato y uno de la educación superior. A continuación se hará una descripción de cada uno, con nombres ficticios para proteger su confidencialidad:

Arturo enseña química en una escuela del bachillerato público de la Universidad Nacional Autónoma de México, desde hace 45 años. Opina acerca de la indagación lo siguiente:

Considero que la indagación constante en el salón de clase, en el laboratorio y en su vida cotidiana es muy formativa y estimulante para los alumnos; además, ayuda a desarrollar en ellos el hábito de observar, de razonar y de relacionar diferentes conceptos tanto de la propia asignatura como de otras y de su experiencia personal.

Elisa trabaja desde hace siete años en una universidad pública de la ciudad de México, aunque tiene una experiencia docente de 12 años en total, parte de ella en el bachillerato. Imparte la asignatura de Física, materia en la que está licenciada y estudia actualmente la maestría. Ella considera sobre la indagación:

Con base en algunos estudios hechos desde la perspectiva piagetiana, buena parte de los estudiantes de los primeros semestres de licenciatura se encuentra entre el periodo concreto y el formal. Para que ocurra la transición es necesario que haya un involucramiento mental activo por parte del aprendiz, por lo cual —mi grupo de trabajo y yo— consideramos que la “indagación guiada en el contexto del laboratorio” (o aprendizaje como investigación orientada, como lo llaman otros; Gil, 1983), es la estrategia pedagógica adecuada para los estudiantes en esta situación.

Margarita labora en la misma institución que Arturo, aunque solamente tiene 18 años de experiencia. Ella concluyó adicionalmente a su carrera de Química una maestría en Química Orgánica y varios diplomados. Durante cinco años tuvo un cargo administrativo en su escuela. La frase que incluye en relación con la importancia de la indagación es:

Considero que tiene una importancia medular en la labor docente que realizo. Ocupa buena parte de mi tiempo esta indagación: antes del inicio del ciclo lectivo para experimentar nuevas situaciones de aprendizaje; durante el ciclo lectivo para incluir u omitir experiencias nuevas, y después de cada ciclo lectivo para reflexionar sobre el curso mismo, sus logros y debilidades, y para proponer nuevas experiencias de aprendizaje, reajustar las ya existentes y desechar aquellas que ofrecieron resultados insatisfactorios tanto para el alumno como para el profesor.

Olegario también trabaja en el mismo bachillerato que Margarita y Arturo, donde da clase de Química. Él no conocía con el nombre de indagación a las actividades que realizaba en el salón de clase, pero basa la estructura de su clase en hacer que los estudiantes respondan preguntas, sean planteadas por él o por los propios alumnos. Nos indica:

Tales estrategias son importantes ya que dirigen a procesos de pensamiento organizado y articulado, que son básicos para la comprensión de la química. También este estilo de pensamiento resulta útil para abordar otros tipos de problemas de la vida diaria. El plantear preguntas, así como solicitar a los alumnos que revisen otros libros y fuentes de información, forma parte del estilo de mi clase, así como analizar e interpretar datos, y comunicar los resultados.

Finalmente, Ruperto trabaja en un bachillerato público de la ciudad de México. Él estudió Ingeniería Química como licenciatura y como maestría, y ahora está cerca de concluir la carrera de Pedagogía en la universidad abierta. Coordina actualmente el plantel donde labora en su institución. Ha completado 16 años de experiencia docente y opina lo siguiente sobre la indagación:

Es de gran importancia, ya que intentamos implementar un enfoque constructivista en el aprendizaje de la Química y la indagación es una forma de realizarlo; es decir, que el estudiante se involucre en las actividades de enseñanza-aprendizaje es el centro de la estrategia de trabajo. Por otro lado, se trata de llamar la atención respecto a la forma como se construye el conocimiento y el trabajo de indagación permite esto.

Resultados

Al solicitar a los profesores que respondieran la ReCo-I se encontró que mostraban cierto temor ya que no les quedaba claro a qué nos referíamos con indagación; sin embargo, al entregarles el cuestionario en el que se define la indagación científica de acuerdo con los “National Science Education Standards” (NSES) de los Estados Unidos, elaborados por el National Research Council (NRC, 1996), estuvieron en la mejor disposición de colaborar y compartir sus experiencias. Cada profesor respondió las preguntas para un cierto número de actividades, las que vienen marcadas en la tabla 3.

Tabla 3. Actividades de indagación respondidas por cada uno de los cinco profesores (se coloca únicamente la letra mayúscula de su nombre en la columna y una marca más obscura en el fondo de la casilla donde respondió el profesor o la profesora).

Preguntas/Profesores	A	E	M	O	R
a. Identificar y plantear preguntas que puedan ser respondidas mediante indagación.					
b. Definir y analizar bien el problema a resolver e identificar sus aspectos relevantes.					
c. Reunir información bibliográfica que sirva de prueba.					
d. Formular explicaciones al problema planteado, a partir de la prueba.					
e. Plantear problemas de la vida cotidiana y tocar aspectos históricos relevantes.					
f. Diseñar y conducir trabajo de investigación a través de diversas acciones.					
g. Compartir con otros mediante argumentación lo que ha sido aprendido a través de indagación.					

En esta tabla se observa que sólo dos de los profesores dicen emplear todas las actividades. No obstante, como puede leerse en las frases incluidas en la descripción de los cinco docentes, todos ellos remarcaron el proceso formativo que puede lograrse al trabajar con la indagación, el cual está centrado en el trabajo de los estudiantes. Todos ellos consideran que, mediante la indagación, los alumnos logran mejorar su estructura cognitiva racional y conocer la forma en la que se construye el conocimiento científico. Parece que todos están convencidos de que la indagación va más allá de ser una actividad puramente informativa, que llega a convertirse en una forma dinámica de enseñanza.

A continuación se revisarán, una a una, algunas de las actividades de indagación referidas en las tablas 1 y 3 para ver y comentar las respuestas textuales de algunos de los profesores.

Plantear preguntas

Algunas preguntas motivadoras lanzadas por los profesores para iniciar su labor de indagación son las siguientes:

- ¿Qué necesito saber para poder predecir si cierto objeto se hunde o flota en un líquido dado? Esta construcción es orientada por el profesor con base en dos estrategias 1) develar ideas previas, confrontar y resolver, y 2) dialogar sócráticamente (Elisa).
- ¿Podemos engañar al alcoholímetro? Cuando tienes acidez ¿qué medicina tomas? ¿Cuál será la mejor? (Olegario).

- ¿Qué contienen esos jugos de frutas comerciales que regularmente consumen ustedes? ¿Cómo saberlo? (Ruperto).

Como puede observarse, para responder alguna de estas preguntas es necesario desarrollar pequeñas o grandes investigaciones en el laboratorio, además de reunir información bibliográfica. Algunas de las preguntas pueden tomar un largo periodo de sesiones en el laboratorio (por ejemplo la planteada por Elisa, en las que nos extenderemos más adelante, en la sección denominada RePyPs o Inventarios). En el caso de la pregunta de Ruperto se requiere una búsqueda bibliográfica importante para conocer qué tipo de mezclas se hacen para elaborar esos jugos y después se llevan a cabo actividades experimentales para separar esos componentes de la mejor manera posible.

Formular explicaciones a partir de las pruebas

Solamente dos profesores contestaron positivamente esta actividad y marcaron su relevancia.

Ésta es la parte principal de la finalidad de la indagación y considero que es la forma de adquirir un conocimiento y no aprender de memoria definiciones de conceptos (Arturo).

Es un elemento fundamental el formular explicaciones a un problema a partir de las pruebas. El ejercicio obliga a analizar la información, establecer relaciones, echar mano del bagaje de conocimientos con los que se cuenta, incorporar la información recabada en la investigación bibliográfica, organizar todos los datos y generar una explicación plausible. (Olegario).

Estos dos profesores sí encuentran importante que durante la indagación se formulen hipótesis que puedan acercarse a explicar la pregunta planteada y que ello se haga a partir de las pruebas reunidas, ya sea mediante la búsqueda bibliográfica o por el desarrollo de investigación. Los científicos trabajan de esa manera, así que resulta crucial que los estudiantes los simulen al formular explicaciones plausibles.

Con relación a esta actividad, nos dice Bybee (2004) que las explicaciones son centrales para conocer el mundo natural y que son formas de aprender lo que no es familiar para el alumno a partir de lo que ya le resulta familiar. Varios profesores lo consideran importante porque indican que ayuda a los alumnos a aprender sin memorizar y a desarrollar el razonamiento científico, basado en analogías y modelos.

Plantear aspectos de la vida cotidiana y tocar aspectos históricos

Resulta importante relacionar el conocimiento científico con los hechos de la vida cotidiana. En relación con aspectos de este tipo, hemos seleccionado dos frases de los profesores:

La mayor dificultad a la que se enfrenta uno es precisamente la búsqueda, o diseño, o selección del problema que

plantee una situación de la vida cotidiana creíble, acorde con la realidad del estudiante, que sea a la vez de fácil comprensión para él, pero que al mismo tiempo tenga un grado de dificultad que vuelva atractiva la búsqueda de la resolución (Margarita).

Porque el problema a abordar debe ser lo más cercano posible a la cotidianidad del estudiante, para así facilitar el aprendizaje significativo. Además, el estudiante tiene que darse cuenta de que la construcción de la ciencia es un proceso histórico (Ruperto).

En estas frases resulta evidente que para construir explicaciones de la ciencia vale la pena partir de algo conocido por el alumno, algo que esté más cerca de su dominio cognitivo, es decir, una situación familiar, y a partir de ella plantear una analogía para acercarlo al conocimiento científico.

Relacionadas con los aspectos históricos, tenemos por ejemplo los siguientes argumentos:

Es importante el momento histórico en el que se desvenluyen los hallazgos científicos y la construcción del conocimiento científico no debe mostrarse como un evento aislado y completamente ausente de la realidad del momento, sino como parte de su momento, susceptible a la influencia de éste y como resultado de las propias condiciones del mismo (Margarita).

Sé que los aspectos históricos muestran la evolución del conocimiento, pero decido tocarlos brevemente por razones del tiempo disponible de clase (Olegario).

Hacer investigaciones

Se aprecia en la tabla 3 que cuatro de los profesores marcaron ésta como una actividad que ellos desarrollan durante sus cursos. Se han seleccionado tres de las frases expresadas por ellos sea en la ReCo-I o en el inventario producto de la entrevista:

Procuró buscar situaciones problemáticas que tengan conexión con lo cotidiano. Por poner un ejemplo, este ciclo lectivo desarrollamos alumnas de sexto año del bachillerato y yo, un proyecto para obtener bioetanol a partir de la hidrólisis ácida de la celulosa del periódico, para obtener el monómero glucosa, que se fermentó con levadura para obtener finalmente el biocombustible. En clase, dado que no se pueden desarrollar investigaciones tan vastas, se plantean pequeñas investigaciones, de preferencia teóricas, que puedan ser desarrolladas en pocas clases, pero que permitan al alumno conectar los contenidos científicos con lo cotidiano (Margarita).

La serie de acciones mencionadas son fundamentales para desarrollar un estilo de pensamiento que conduzca por caminos seguros para la adquisición de conocimiento confiable. Por ejemplo, un equipo de alumnos eligió investigar

acerca del efecto de la radiación ultravioleta en los vegetales. La hipótesis era que la luz UV iba a causar daño y el crecimiento del vegetal iba a ser menor. Diseñaron el experimento a partir de semillas de frijol que germinaron y fueron trasplantadas a macetas pequeñas. Las separaron en tres grupos: una parte se dejó en condiciones ambientales, otra parte fue sometida a la luz de una lámpara UV una hora diaria y última parte recibió luz UV dos horas diarias. Desafortunadamente no obtuvieron resultados concluyentes (Olegario).

Por ejemplo, poder contestar a la pregunta ¿qué necesito saber para poder predecir si cierto objeto se hunde o flota en un líquido dado? implica aprender a definir operacionalmente las propiedades y luego aprender a hacer experimentos donde se controlen las variables e investigar si cada una ellas influye o determina el comportamiento de hundimiento o flotación del objeto (Elisa).

En estos tres ejemplos puede observarse el tipo de ejercicio de investigación que los profesores proponen a sus estudiantes. Algunas de las investigaciones, como dice Margarita, son “teóricas”, pero en otros casos, como el de Olegario o el de Elisa, son investigaciones de carácter experimental, donde el profesor puede seguir el desarrollo de lo que hacen los estudiantes a través de las bitácoras que piden a los alumnos elaborar.

Es importante mencionar que en el bachillerato los profesores no desarrollan cotidianamente actividades de investigación formal. No obstante, en el nivel de licenciatura en el campo de la química se ha mencionado frecuentemente la necesidad de enfrentar a los alumnos a la investigación temprana de carácter abierto (Cruz-Garriz, Chamizo & Torrens, 1989).

Evaluación de las actividades de indagación

Respecto a la evaluación, los profesores entrevistados coinciden en utilizar diferentes herramientas como: informes escritos, mapas conceptuales, preguntas orales y escritas, planteamiento de problemas de la vida cotidiana, construcción de enunciados lógicos del problema, revisión de la información bibliográfica, así como de la fuente utilizada, entre otras. A continuación se relatan algunos de sus comentarios:

Para identificar y plantear problemas, Elisa realiza cortes constantes durante el proceso (orales y por escrito) donde se confronta a los estudiantes respecto a las conclusiones que han alcanzado hasta ese momento, haciendo énfasis en la prueba para llegar a ello y en el razonamiento.

Con respecto a definir y analizar problemas, Margarita asume que la actividad cumple su cometido cuando los alumnos son capaces de construir enunciados lógicos que describen el problema y que permiten desarrollar la posterior investigación.

Acerca de reunir información bibliográfica, Olegario revisa la información que han recabado, preguntándoles acerca de la confiabilidad de la fuente. Verificando que los datos localizados, efectivamente estén relacionados con el tema en

estudio y la manera en que pueden ser empleados como demostración de la hipótesis del problema planteado durante el trabajo.

Margarita considera que la actividad de plantear problemas de la vida cotidiana cumple su cometido cuando el alumno es capaz de establecer, documentar e informar la relación entre el suceso cotidiano y los conceptos científicos que lo definen, lo explican, con que se relacionan, etcétera.

Elisa evalúa los trabajos de investigación, básicamente explorando de manera oral y escrita si los estudiantes: 1) distinguen entre definiciones operacionales o no de masa, volumen, densidad, etc.; 2) viendo si reconocen y pueden diseñar experimentos correctos donde se controlen las variables para averiguar si una variable influye o determina el comportamiento de distintos sistemas simples, y 3) pidiéndoles un informe donde relaten su proceso de indagación para predecir si un objeto se hunde o flota en cierto líquido al comparar las densidades del objeto y del líquido y si la densidad del objeto es menor a la del líquido éste flotará (y viceversa).

Finalmente, Ruperto evalúa la argumentación pidiéndoles, por ejemplo, la elaboración en equipo de una exposición empleando recursos multimedia y presentándola de manera oral ante el grupo, así como un informe escrito de los resultados del trabajo.

RePyPs o Inventarios

Los inventarios recopilados a través de las entrevistas describen con mucho más detalle las actividades de indagación realizadas con los estudiantes. Como ejemplo de ellas vamos a transcribir un fragmento de las de dos de los profesores:

Se colocan al frente dos enormes probetas (4 L) llenas de agua. Se introduce en una de ellas una lata de Coca Cola normal y en la otra una lata de Coca Cola Light. La normal se va al fondo y la light flota. Se pide a los alumnos que den una explicación a lo que observan. Dentro de las diversas explicaciones finalmente aparece la relacionada con la densidad. Se les pide que calculen la densidad de los dos líquidos, para ello tienen que diseñar un procedimiento, solicitar el material que van a requerir y proceder. El valor numérico calculado debe analizarse para ver si es congruente con lo que se observa. Algunos presentan errores, se les pide identificarlos. Finalmente deciden leer en cada lata el listado de ingredientes y encontrar la diferencia (Olegario).

El trabajo de indagación realizado por Elisa está tomado de la propuesta de McDermott *et al.* (1996) de la Universidad de Washington. Ella indica en su entrevista:

El marco teórico de McDermott está basado a su vez en el de 1) Arnold Arons, que fue un profesor de la Universidad de Washington; 2) en la propuesta de Piaget de desarrollo cognitivo, y 3) en el constructivismo como propuesta di-

dáctica. Arons considera que existe una serie de habilidades que él llama 'de pensamiento crítico' que forman parte a su vez del pensamiento científico, que se requieren para un 'entendimiento funcional u operativo' de las disciplinas. Tú te apropias de los conocimientos y los aplicas en circunstancias distintas a las que los aprendiste. Debes ser capaz de no solamente entender los hechos sino poder explicar de dónde provienen. Creo que el acierto que tienen los profesores de la Universidad de Washington es partir del desarrollo cognitivo piagetiano, en términos de las características de las etapas del desarrollo cognitivo, y llegar a una implementación de propuesta didáctica de carácter constructivista, en la que ellos promueven el desarrollo de las habilidades necesarias. Este grupo tiene cuatro ramas de trabajo: 1) Para los alumnos de física en la universidad, en donde complementan los cursos tradicionales con actividades de cierto estilo, el material curricular desarrollado se llama *Tutorials in Introductory Physics*; 2) Para estudiantes universitarios que no van a carreras científicas; 3) Para estudiantes que comienzan carreras científicas pero que tienen rezagos, y 4) Para formar profesores de física de la primaria y secundaria (que corresponde al currículo de los americanos, para formarlos en indagación conforme establecen los *National Standards*) el material curricular desarrollado se llama *Physics by Inquiry*. Lo que se dieron cuenta es que los alumnos llegan a la universidad con problemas y la manera de remediarlo está en dar una formación adecuada a los profesores de los cursos preuniversitarios (Elisa).

Conclusiones

De acuerdo con las respuestas y comentarios emitidos por los cinco profesores a través de la ReCo-I y la entrevista complementaria se puede apreciar el gran interés que se tiene por mejorar la enseñanza tradicional de asignaturas como física y química, pues ellos están convencidos de que el proceso de indagación conlleva a trascender de una enseñanza meramente informativa hacia una enseñanza dinámica, basada en la reflexión constante derivada del planteamiento de preguntas contextualizadas, y que para dar con una respuesta plausible es necesario proponer un diseño lógicamente estructurado que permita dar una respuesta basada en la prueba a los planteamientos. Coinciden, aunque sea parcialmente, en lo importante que resulta el planteamiento de preguntas, la búsqueda de información en la bibliografía y la realización de investigaciones. Todos los profesores están de acuerdo en que la indagación conduce a los estudiantes hacia la modificación de su forma de pensar, tornándola más científica.

Con la indagación dirigida y contextualizada se logra que los estudiantes poco a poco establezcan relaciones y razonamientos cercanos a los de los científicos, es decir, cómo utilizar actividades de pensamiento crítico. A pesar de que la indagación no forma parte del currículo en nuestro país, estos cinco profesores la emplean con éxito en sus clases.

Bibliografía

- Bybee, Rodger. Scientific Inquiry and Science Teaching. En: Lawrence B. Flick & Norman G. Lederman (eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science*, capítulo 1, pp. 1-14, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher, 2004.
- Cruz-Garritz, D., Chamizo, J. A. & Torrens, H., Early research, *Journal of Chemical Education*, **66**(4), 320-321, 1989.
- Garritz, A., Espinosa Bueno, J. S., Labastida Piña, D. V. & Padilla, K., El conocimiento didáctico del contenido de la indagación. Un instrumento de captura, *Memorias del X Congreso Mexicano de Investigación Educativa*, Veracruz, México, 21-25 de septiembre de 2009.
- Garritz, A., Labastida-Piña, D. V., Espinosa-Bueno, S. & Padilla, K. Pedagogical Content Knowledge of Inquiry: An instrument to document it and its application to high school science teachers. *Proceedings of National Association of Research in Science Teaching*, NARST-2010 conference, Philadelphia, PA, March 20-24, 2010.
- Garritz, A., Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje (Editorial), *Educ. quím.*, **21**(2), 106-110, 2010.
- Geddis, A. N., Transforming subject-matter knowledge: the role of pedagogical content knowledge in learning to reflect on teaching, *International Journal of Science Education*, **15**(6), 673-683, 1993.
- Gil-Perez, D., Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, **1**(1), 26-33, 1983.
- Izquierdo, M. La educación química frente a los retos del tercer milenio, *Educ. quím.*, **17**(extraord), 286-299, 2006.
- Khan, S., Model-Based Inquiries in Chemistry, *Science Education*, **91**, 877-905, 2007.
- Klafki, W. *Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung*. Basel: Wienheim, 1958.
- Lederman, Norman, Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. En: Lawrence B. Flick & Norman G. Lederman (eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science*, capítulo 14, pp. 301-317, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher, 2004.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. In search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice, *Journal of Research in Science Teaching*, **41**(4), 370-391, 2004.
- McDermott, L. C. & the Physics Education Group. *Physics by Inquiry*, New York, USA: John Wiley & Sons, 1996.
- NRC "National Research Council", *The National Science Education Standards*, Washington DC: National Academies Press, 1996.
- NRC "National Research Council", *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academies Press, 2000.
- Padilla, K., Ponce-de-León, A. M., Rembado, F. M. & Garritz, A., Undergraduate Professors' Pedagogical Content Knowledge: The case of 'amount of substance', *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1389-1404, 2008.
- Raviolo, A. y Garritz, A., Decálogos e inventarios, *Educ. quím.*, **16** (extraord.), 106-110, 2005.
- Schwab, J., *Science, curriculum and liberal education*. Chicago: University of Chicago Press, 1978.
- Shaw, George Bernard, *Man and Superman*. London: Penguin Classics, 1903.
- Shulman, Lee S., Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching, *Educational Researcher*, **15**(2), 4-14, 1986.
- Shulman, L. S. y Sykes, G., *A national board for teaching? In search of a bold standard: A report for the task force on teaching as a profession*. New York: Carnegie Corporation, 1986.
- Shulman, Lee S., Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform, *Harvard Educational Review*, **57**(1), 1-22, 1987. La frase textual incluida en este trabajo se extrajo de la traducción de este artículo: Shulman, Lee S., Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma, *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, **9**, 2, 1-30, 2005. Puede bajarse de la URL siguiente: <http://www.ugr.es/local/recfpro/Rev92ART1.pdf> de donde se obtuvo el 7 de marzo de 2010.
- Talanquer, V., Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química?, *Educ. quím.*, **15**(1), 52-58, 2004.
- Uljens, M. A model of school Didaktiks and its role in academic teacher education. In: S. Hopmann & K. Riquarts (eds.), *Didaktik and/or curriculum* (pp. 301-331). Kiel, Germany: IPN, 1995.

FE DE ERRATAS

En la editorial del número 2 de este año, empleé numerosas veces el término 'evidencia' como una traducción inmediata de "evidence", sin conocer que 'evidencia' significa otra cosa en español. Pongo a continuación el párrafo del artículo que apareció en abril-junio de 2009 en el volumen 20 número 2, págs.137-142 de Beatriz Bravo, Blanca Puig y Marilar Jiménez-Alexandre como autoras, con el título "Competencias en el uso de pruebas en argumentación", donde se alerta de ese error y me disculpo:

En los debates hay que utilizar el término 'prueba' como la traducción de evidence, pues en castellano 'evidencia' sig-

nifica otra cosa: 'lo que no necesita ser probado'. El *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española* (DRAE) da distintas acepciones de 'prueba', y combinándolas (con algunos añadidos) se puede definirla como: observación, hecho, experimento, señal, muestra o razón con la que se pretende mostrar que un enunciado es cierto o que es falso. En el contexto de la argumentación, las pruebas son entendidas como datos de naturaleza empírica o teórica que sirven para apoyar una conclusión. Desarrollar una perspectiva adecuada sobre la naturaleza de la ciencia requiere entender cómo se generan y validan las pruebas científicas (Bravo, Puig y Jiménez, 2009).

Andoni Garritz