

IDEAS EPISTEMOLÓGICAS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA DE DOCENTES EN FORMACIÓN DE BIOLOGÍA Y DE QUÍMICA*

Julia Flores*
María Concesa Caballero**
Marco Antonio Moreira***

RESUMEN

En este estudio de caso tipo diagnóstico se identificaron las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de un grupo de veinte estudiantes de profesorado de las áreas de Biología y Química de la UPEL-IPC, Venezuela, que habían terminado de cursar el período académico 2006-II. Se aplicó un instrumento escrito diseñado por la investigadora y validado para este estudio. Se consideraron varios aspectos de la naturaleza de la ciencia: la metodología científica, la observación, la experimentación científica, la vigencia o carácter tentativo del conocimiento científico, la dinámica generativa/desarrollo del conocimiento científico, la relación de las teorías con las hipótesis y leyes, y la relación social de la ciencia. Los resultados del análisis de contenido de las respuestas revelaron que los estudiantes manifiestan ideas epistemológicas con tendencias tradicionales sobre la naturaleza de la ciencia en la mayoría de los aspectos estudiados, excepto en cuanto al carácter tentativo del conocimiento científico y su dinámica generativa; la relación social de la ciencia fue el aspecto que presentó el mayor porcentaje de ideas no manifestadas. Los resultados son consistentes con otros estudios y constituyen la base diagnóstica para el diseño de una futura intervención didáctica.

Palabras claves: naturaleza de la ciencia, ideas epistemológicas, docentes en formación.

ABSTRACT

«Epistemological ideas about the nature of science in preservice biology and chemistry teachers». In this case study was carried out a diagnosis of the conceptions about the nature of science in a group of twenty preservice biology and chemistry teachers at the UPEL-IPC, Venezuela, who had finished the 2006-II semester. Several aspects of the nature of science were considered: scientific methodology, observation, scientific experimentation, tentative nature of scientific knowledge, dynamic generation of scientific knowledge, relation theory-law, relation theory-hypothesis and relation science-society. The results of the content analysis of the answers revealed that students manifested epistemological ideas with a traditional tendency about most of the aspects considered in this study, except the tentative nature of scientific knowledge and the dynamic generation of knowledge; the social-science relation presented a high percentage of non manifested ideas. The results are consistent with other studies and constitute a diagnostic basis for the design of a future didactic intervention.

KEY WORDS: nature of science, epistemological ideas, preservice teachers.



INTRODUCCIÓN

Diversas investigaciones han puesto de manifiesto que la mayoría de los estudiantes y docentes de diversas áreas científicas tienen concepciones sobre la ciencia y sus procesos que no se corresponden con la naturaleza aceptada hoy por los estudios de epistemología, historia y sociología de la ciencia. Dichas concepciones se han tipificado como mitos (McComas, 1996), visiones deformadas (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002), concepciones erróneas (Moreira y Ostermann, 1993), creencias inadecuadas o ingenuas (Acevedo-Díaz, Vásquez-Alonso, Manassero-Mas y Acevedo Romero, 2007a), así como creencias sobre la naturaleza de la ciencia (Acevedo Díaz, 2008), concepciones epistemológicas (Campanario y Otero, 2000; Raval Romero y Quintanilla Gatica, 2010) o concepciones sobre la naturaleza de la ciencia (Lederman, 1992, 2006). Esto parece estar relacionado con la enseñanza tradicional de la ciencia, reflejada de manera explícita e implícita en muchos libros de texto, manuales de laboratorio y prácticas educativas (Abd-El-Khalick, Waters y Phong Le, 2008; Cutrera, 2004; Cutrera y Dell'oro, 2003; Díaz, 2006; Hodson, 1994; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2002; Malaver, Pujol y D'Alessandro, 2003; Moreira y Ostermann, 1993; Niaz y Mazza, 2011; Pérez y Niaz, 2008), lo que ha contribuido a la propagación de una concepción epistemológica¹ inadecuada sobre la naturaleza del conocimiento científico y de su construcción, la cual en realidad responde más bien a una tendencia positivista o tradicional de la naturaleza de la ciencia. Desde el punto de vista de la nueva filosofía de la ciencia, en la que se destacan los aportes de Popper, Kuhn, Lakatos, Bachelard, Laudan, Feyerabend, Toulmin y Maturana (Lang y Ostermann, 1999; Moreira, 2002; Pesa y Greca, 2000), se han definido las tendencias epistemológicas contemporáneas en contraposición a la tendencia tradicional, positivista, por lo que las mismas han servido de orientación para determinar los aspectos de la naturaleza de la ciencia que requieren ser atendidos a nivel educacional, que se han resumido en diferentes documentos oficiales para fines de reformas educativas (NSTA, 2000; Lederman, 2006).

Las principales ideas tradicionales sobre la ciencia en docentes y estudiantes se han reportado en diferentes trabajos (Fernández y otros, 2002; Lederman, 2002; McComas, 1996). Éstas se resumen a continuación: (a) Se ignora el precedente teórico

♦ Fecha de recepción: 14/07/2012; Fecha de aceptación: 30/10/2012.

* Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Instituto Pedagógico de Caracas (IPC). E-mail: jflorespejo@hotmail.com.

** Departamento de Física, Universidad de Burgos, España. E-mail: concesa@ubu.es.

*** Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: moireira@if.ufrgs.br.

¹ Campanario y Moya (1999) consideran que «las concepciones epistemológicas se refieren a las ideas acerca del conocimiento en general o, [...] acerca del conocimiento científico: cómo se estructura, cómo evoluciona y cómo se produce» (p. 179). En este trabajo de investigación se usará el término concepciones o concepciones epistemológicas en este mismo sentido; otros términos como ideas, visión o creencias sobre la ciencia se usarán sin mayores diferenciaciones conceptuales con relación al de concepciones.

de la observación y experimentación, por lo que se concibe una idea empirista de la ciencia; (b) El conocimiento científico se concibe como el producto de la aplicación rigurosa del método científico, de forma rígida, algorítmica, mecánica e infalible, sujeto a una lógica inductiva que permite generalizar el conocimiento en leyes a partir de observaciones particulares, ignorándose la función de la creatividad; (c) El conocimiento científico es concebido como inmutable, definitivo, y no como perfectible y en evolución constante; (d) Se concibe la ciencia de forma aproblemática y ahistórica, debido a la presentación de contenidos acabados sin planteamientos críticos acerca de sus orígenes y construcción, por lo que el conocimiento científico es visto como un proceso acumulativo y lineal, no como una construcción humana sujeta a su dinámica natural de falibilidad; (e) Se enfatiza el carácter principalmente analítico de la ciencia, derivado de su parcelamiento reduccionista de otras áreas a las cuales se integra; (f) Se desconoce el trabajo constructivo social de la ciencia y se enfatiza una concepción individualista y elitista, desarrollada principalmente por hombres; (g) La actividad científica se concibe de forma socialmente neutra, obviándose las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad.

La definición o descripción de lo que es ciencia fue un tema de grandes debates y desencuentros filosóficos en el siglo xx y continúa en la actualidad entre epistemólogos, sociólogos, historiadores, así como entre algunos científicos (Acevedo-Díaz, Vásquez-Alonso, Manassero-Mas y Acevedo-Romero, 2007b). No obstante, pese a que esta polémica sigue abierta y existen varios puntos de desacuerdos, se han logrado algunos consensos útiles para fines curriculares (Acevedo Díaz, 2008; Acevedo-Díaz y otros, 2007a; McComas, 2005a, 2005b; NSTA, 2000), tales como: (a) la investigación científica no responde a un método científico universal, sino a ciertos principios metodológicos de racionalidad y de evidencia empírica; (b) el conocimiento científico es confiable y tentativo, modificable a la luz de nuevas evidencias o consideraciones teóricas, de manera tanto evolucionaria como revolucionaria, por lo que es dinámico; (c) la ciencia surge de las interpretaciones racionales y creativas sobre las observaciones del mundo natural en un contexto cultural, por lo que es parcialmente subjetiva; (d) las teorías explican aspectos del mundo natural y las leyes expresan relaciones entre variables, pero las teorías no se convierten en leyes ni éstas siempre son explicadas por una teoría.

Aunque las investigaciones sobre las concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia datan de mediados del siglo pasado (Lederman, 1992), éstas se centraron inicialmente en docentes y estudiantes a nivel de primaria y secundaria; no obstante, actualmente han tomado gran importancia las investigaciones a nivel universitario, especialmente en docentes en formación inicial, motivadas por su función comunicadora futura (Parker, Krockover-Lasher-Trapp y Eichinger, 2008). Por lo tanto, actualmente se siguen realizando investigaciones sobre las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia, especialmente con fines de identificarlas y caracterizarlas en diferentes grupos de estudiantes, docentes e incluso científicos, a fin de enriquecer el conocimiento al respecto y tener una base diagnóstica para la intervención didáctica. A continuación se mencionan algunos de estos trabajos seleccionados, correspondientes a los últimos tres quinquenios:



1. Con *estudiantes*: (a) en el área de las ciencias atmosféricas: Parker, Krockover-Lasher-Trapp y Eichinger (2008); (b) de áreas científicas y no científicas: Liu y Tsai (2008); (c) de física: Ibrahim, Buffler y Lubben (2009); (d) en todos los niveles educativos: Vásquez Alonso y Manassero Mas (1999); (e) preuniversitarios: Vásquez Alonso, Manassero Mas y Talavera (2010); (f) de educación secundaria: Vhurumuku, Holtman Mikalsen y Kolsto (2006).
2. Con *docentes*: (a) en preservicio de educación primaria: Liu y Lederman (2007); Thomaz, Cruz, Martins y Cachapuz (1996); (b) en formación de ciencias naturales, Biología y Química: Pérez, Ascanio y Añez (2002); (c) en ejercicio del área de Biología: Ravanal Moreno y Quintanilla Gatica (2010); (e) en ejercicio en los niveles de educación básica y media (Briceño, 1999).
3. Con *científicos*: Wong y Hodson (2008).
4. Con relación a *revisiones en general*: Deng, Chen, Tsai y Chai (2011).

En el cuadro 1 se presenta un esbozo de estos artículos en función de los aspectos más relevantes considerados como aportes para fines de esta investigación; los mismos se ordenan desde el más reciente dentro del lapso de 2011-1996.



CUADRO 1. ALGUNOS ARTÍCULOS SOBRE INVESTIGACIONES Y REVISIONES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA (NdC)

AUTORES	ASPECTOS INVESTIGADOS	PARTICIPANTES	FUENTE DE DATOS/INSTRUMENTOS	RESULTADOS/CONCLUSIONES
1. Deng, Chen, Tsai y Chai (2011)	Tres marcos teóricos abordados en las investigaciones sobre la NdC: unidimensional (UD), multidimensional (MD) y recursos argumentativos (AR).	Se analizaron 105 artículos.	Artículos sobre estudios empíricos acerca de la NdC desde primaria hasta postgrado.	Los marcos UD y MD son libres de contexto; el AR es contextual; las investigaciones abarcan desde lo que los estudiantes dicen hasta lo que construyen argumentativamente; la metodología varía desde lo cualitativo hasta lo cuantitativo con múltiples fuentes de datos y uso de análisis de contenido; UD y MD revelan ideas mixtas, pero AR muestra que los estudiantes pueden elaborar argumentos críticos; no hay conclusiones sobre la relación entre NdC con la edad y el sexo, aunque se reconoce la dependencia con la cultura; hay diferentes tipos de intervenciones didácticas; se busca relacionar las concepciones sobre la NdC con el aprendizaje en ciencia.
2. Ravanel Moreno y Quintanilla Gatica (2010)	Concepciones sobre la NdC	53 docentes de Biología de colegios privados, subvencionados y municipalizados.	Se aplicó instrumento elaborado por Quintanilla y otros en el 2007, tipo Likert, con 80 ítems en 8 dimensiones.	Los docentes de Biología han mantenido por más de 20 años una concepción de la ciencia racionalista, dogmática, empirista, objetivista, neutral, imparcial, en la que se concibe como verdades absolutas, sin vinculación con el mundo real y erigiendo el método científico como la forma de construir el conocimiento científico; esta posición conspira contra el mejoramiento de una praxis docente con una orientación.
3. Vásquez Alonso, Massarero Mas y Talavera de (2010)	14 cuestiones relacionadas con tres dimensiones del instrumento aplicado: definición de C y T; epistemología; e interacciones CTS.	787 estudiantes de áreas científicas y humanísticas.	Se aplicó Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) que ha sido mejorado progresivamente y tiene un banco de 100 cuestiones de elección múltiple.	Los estudiantes manifiestan creencias ingenuas y creencias adecuadas que se corresponden con lo aceptado por la comunidad de expertos. Aquéllas se proponen como importantes para planificar la enseñanza y aprendizaje sobre la NdC.
4. Ibrahim, Buffer y Lubben (2009)	Determinar la relación entre las visiones de la NdC y la naturaleza de la medición científica.	Un grupo de 179 estudiantes del primer año de pregrado del área de Física de una universidad de África del Sur	Se usó un cuestionario (views about scientific measurement-VASM) escrito con 14 preguntas abiertas (6 sobre NdC y 8 sobre medición); fue elaborado por adaptación a partir del VNOS y otros instrumentos.	Se generaron cuatro perfiles de la NdC: el modelador (44%), el experimentador (16%), el examinador (19%) y el descubridor (7%), en función de los siguientes aspectos de la NdC: naturaleza del conocimiento científico, origen de leyes y teorías, propósito de experimentos científicos con relación a las teorías, función de la creatividad en la experimentación científica y precedencia de resultados teóricos y experimentales.





<p>5. Parker, Krock-over-Lasher-Trapp y Eichinger (2008)</p>	<p>Las ideas elicítadas sobre la NdC en cuanto a: definición de ciencia, ideas sobre el conocimiento científico, la función de las evidencias científicas y la empresa científica.</p> <p>Un grupo de 17 estudiantes de un curso de Termodinámica Atmosférica de la Universidad de Purdue, EEUU.</p>	<p>Se seleccionaron los estudiantes de uno de los últimos cursos que los agrupaba antes de su diversificación hacia diferentes especialidades atmosféricas. Se aplicó el instrumento VNOS-C con entrevistas. Se codificaron y categorizaron las respuestas y analizaron con frecuencias.</p>	<p>La mayoría de los estudiantes concibe la ciencia en términos de su comprobación empírica, hechos y respuestas correctas e incorrectas sobre el mundo circundante; el conocimiento científico validado repetidamente deja de ser una teoría para convertirse en una ley científica; se le atribuye un carácter comprobatorio a los experimentos y una posición ontológica de correcto o errado a los datos; se reconoció la importancia de la creatividad en los científicos</p>
<p>6. Liu y Tsai (2008)</p>	<p>Comparar la visión epistemológica sobre la ciencia de estudiantes de áreas científicas y no científicas.</p> <p>Un grupo de 220 estudiantes del primer año de dos universidades taiwanesas de diferentes áreas científicas y no científicas.</p>	<p>Se usó un instrumento multidimensional que se desarrolló en un estudio previo y que contiene 5 dimensiones: función de la negociación social (SN), naturaleza de la ciencia inventada o creada (IC), exploración cargada de teoría TL, impactos culturales (CU), característica cambiante y tentativa del conocimiento científico (CT); se disponía también de una pregunta abierta sobre ciencia.</p>	<p>Los estudiantes de áreas científicas no mostraron visiones más sofisticadas sobre la ciencia que los de las áreas no científicas; particularmente, los primeros tienen una visión menos sofisticada en cuanto a los aspectos referidos a la dependencia de la ciencia con la teoría y la cultura. Se le atribuye al enfoque positivista con el que se ha enseñado tradicionalmente la ciencia; se recomiendan estrategias constructivistas para superar las visiones no sofisticadas acerca de la ciencia.</p>
<p>7. Wong y Hodson (2008)</p>	<p>Comparar la visión sobre la ciencia de científicos en las fronteras de la investigación científica en diferentes disciplinas en cuanto a métodos de investigación científica (variación de la investigación científica; creatividad e imaginación vs objetividad), la función y status del conocimiento científico (observación e interpretación cargada de teorías; leyes, teorías y modelos y su interpretación)</p> <p>Un grupo de 13 científicos de diferentes partes del mundo pertenecientes a diferentes disciplinas científicas (12 hombres y una mujer).</p>	<p>Se realizaron entrevistas cara a cara que fueron grabadas en vídeo y se aplicó una versión modificada del cuestionario abierto VNOS-C en la que se buscó que los científicos elicitaran sus visiones en vez de buscar si poseían o no las consideradas adecuadas por consenso.</p>	<p>Se encontró que los científicos sostienen visiones tanto «adecuadas» como «ingenuas» sobre la ciencia. Todos sostuvieron la universalidad de la ciencia así como la visión de que la misma se encuentra inmersa social y culturalmente. No le atribuyen una objetividad absoluta a la ciencia, ni una universalidad a los métodos, así como tampoco una certeza absoluta al conocimiento. Asimismo se encontró que el inductivismo está presente en la visión de los científicos participantes del estudio. Los científicos no desplegaron un fuerte conocimiento sobre términos como teoría, leyes, modelos y principios aunque precisaron su función descriptiva, predictiva y explicativa.</p>

<p>8. Liu y Lederman (2007)</p>	<p>Explora la relación entre la visión sobre la NdC y la cosmovisión.</p>	<p>Un total de 54 docentes prospectivos del área de ciencias taiwaneses de primaria del tercer año de estudios.</p>	<p>Se aplicaron dos cuestionarios y entrevistas correspondientes. El de la cosmovisión tenía cinco ítems; el de la NdC fue el Nature of Science Questionnaire (NOSQ) de ocho ítems, 7 de los cuales fueron adaptados del VNOS-C.</p>	<p>En cuanto a los resultados relacionados con NdC, las frecuencias más altas se encontraron en los siguientes aspectos: visión empirista por evidencia observacional o experimental; diferenciación entre observación e inferencia; carácter cambiante de las teorías; relación jerárquica entre teorías y leyes; reconocimiento de la creatividad e imaginación en la ciencia; justificación de la subjetividad frente a la falta de evidencia; la universalidad del conocimiento científico sin considerar la influencia de los sistemas de creencia en su uso y producción.</p>
<p>9. Vhurumuku, Holtman, Milkalsen y Kolsto (2006)</p>	<p>La visión distal y proximal de la NdC y su relación.</p>	<p>Participaron 12 de 30 escuelas y 6 estudiantes de cada una en Zimbabwe que estudiaban diferentes cursos de ciencia; la selección fue al azar.</p>	<p>Se usó un cuestionario abierto de cuatro preguntas y entrevistas semiestructuradas.</p>	<p>En cuanto a la visión distal de la NdC, se encontró que la mayoría de los estudiantes son verificacionistas por considerar los experimentos comprobatorios del conocimiento verdadero; son empiristas por considerar que las observaciones y experimentos prueban el conocimiento; son feyerabendianos por considerar que el conocimiento científico surge de diferentes fuentes incluyendo creatividad, serendipia, sueños, entre otros; son empiristas lógicos por considerar que el conocimiento se valida por repetición de experimentos.</p>
<p>10. Pérez, Ascario y Áñez (2002)</p>	<p>Docentes en formación de las áreas de Ciencias Naturales, Biología y Química de semestres iniciales (EI) y los dos últimos semestres de estudios (EA).</p>	<p>Se aplicaron tres instrumentos: el VOST'S y dos elaborados por otros autores.</p>	<p>Aunque hubo manifestación de una tendencia positivista y constructivista en diferentes aspectos de la NdC, los estudiantes iniciales muestran tendencias positivistas mayores que los estudiantes avanzados, siendo mayor en los de Educación Integral que en los estudiantes de Biología y Química. La mayoría de los estudiantes iniciales de las tres áreas mostraron una visión positivista del método científico, teorías científicas y modelos. Los estudiantes de niveles avanzados se muestran constructivistas en cuanto al carácter tentativo de la ciencia y positivistas en cuanto a las leyes científicas. Todos se muestran positivistas en cuanto al carácter acumulativo del conocimiento, la experimentación, construcción de teorías y las características del científico.</p>	





<p>Las actitudes y creencias sobre algunos aspectos del conocimiento científico: naturaleza de los modelos científicos, esquemas de clasificación, carácter tentativo de la ciencia, naturaleza del método científico, la influencia social sobre la ciencia y controversias internas de la comunidad científica.</p>	<p>Una muestra representativa de 2.675 estudiantes de todos los niveles y modalidades del sistema educativo de Mallorca.</p>	<p>La mayoría de los estudiantes considera que la discrepancia que puede existir entre los científicos se debe a datos incompletos, obviando otras fuentes como lo social y las motivaciones personales; consideran que el método científico garantiza resultados válidos; reconocen el carácter tentativo.</p>
<p>Diagnóstico de las ideas de los docentes sobre la ciencia y su enseñanza para fines de insertar una alternativa didáctica.</p>	<p>100 docentes de ciencias de la 2a. y 3a. etapas de educación básica y de media.</p>	<p>Se encontraron altos porcentajes de ideas sostenidas por los docentes en cuanto a: relación jerárquica entre hipótesis, teorías y leyes; descontextualización social del científico y de la ciencia; verificacionismo positivista, la observación como proceso atóxico; el conocimiento como descubrimiento y no como construcción.</p>
<p>Concepciones sobre la NdC: finalidad de la ciencia, procesos de construcción, naturaleza del conocimiento científico, estatus epistemológico de teorías y leyes científicas, relación ciencia-sociedad.</p>	<p>Docentes en formación del primer ciclo de primaria de cinco centros de formación inicial.</p>	<p>Las frecuencias más altas de respuestas se correspondieron con: concebir la finalidad de la ciencia como búsqueda de conocimiento independientemente de su aplicación; una visión empirista e inductivista de la construcción del conocimiento; una visión dinámica del conocimiento científico; y una concepción jerárquica entre teorías y leyes.</p>

Instrumento de opción múltiple con 6 cuestiones en las que se presenta cada caso y luego las opciones.

Se aplicó el instrumento Cispeci, adaptado del cuestionario VOSTS de Aikenhead y Ryan (1992), y Désautels y Laroche (1992), acerca de las ideas de ciencia, tecnología y sociedad.

Un test de preguntas abiertas.

Particularmente en Venezuela son escasos los estudios realizados en el área de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de los docentes en ejercicio y en formación inicial, aunque es destacable el trabajo realizado por Niaz (2011). Algunas investigaciones realizadas en la UPEL/IPC y otras instituciones han reportado que estudiantes de profesorado de diversas áreas científicas como Biología, Física, Química, Ciencias de la Tierra y Educación Integral sostienen una visión positivista sobre diferentes aspectos de la naturaleza de la ciencia (Andrés, Pesa y Meneses, 2006; Briceño, 1996, 1999; Delgado, Ojeda, Pérez y Ascanio, 2008; Pérez y otros, 2002), situación que no difiere de lo reportado por Fernández y otros (2002). En una línea similar, la Cátedra de Bioquímica del IPC, por una parte, reconociendo la importancia de esta problemática en los estudiantes de profesorado de ciencias, se ha interesado en conocer qué concepciones sobre la ciencia tienen los docentes en formación de Biología y de Química que ya han cursado Bioquímica y, por lo tanto, se encuentran en un nivel de estudio intermedio o avanzado. En este sentido, se parte de la premisa de que los estudiantes que llegan a este nivel de estudio reciben poca o ninguna atención académica obligatoria que esté orientada hacia el mejoramiento de su visión sobre la naturaleza de la ciencia y que un diagnóstico sería la base para emprender cualquier proyecto didáctico que pretenda tener algún logro en esta área casi ignorada en el IPC. Por lo tanto, con este primer trabajo diagnóstico la Cátedra de Bioquímica pretende allanar un camino hacia una práctica curricular que le otorgue importancia al *saber sobre ciencia*, como lo expresa Hodson (1994), en sintonía con los contenidos disciplinares, pedagógicos y didácticos, como señala Adúriz-Bravo (2007).

Con base en lo antes planteado, en este estudio se buscó responder la siguiente pregunta: *¿Cuáles son las tendencias epistemológicas de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia que expresan los estudiantes de profesorado de Biología y de Química que se encuentran en un nivel de estudio intermediolavanzado en la UPEL-IPC?* Para responderla, se formularon los siguientes objetivos:

1. Identificar, mediante un cuestionario escrito, las tendencias epistemológicas de las concepciones sobre la ciencia de estudiantes de profesorado de Biología y de Química que se encuentren en un nivel avanzado de la carrera docente.
2. Comparar, en términos de frecuencias relativas, las tendencias epistemológicas de las concepciones sobre la ciencia de los estudiantes de profesorado de Biología y de Química que se encuentren en un nivel avanzado de la carrera docente.

REFERENCIAL TEÓRICO

Las concepciones sobre la ciencia en general se han estudiado principalmente a través de dos líneas de investigación o referenciales teóricos, denominados *naturaleza de la ciencia y epistemología personal* (Havdala y Ashkenazi, 2007). La naturaleza de la ciencia se desarrolla bajo dos perspectivas (Acevedo Díaz, 2008): (a) la de Lederman, que implica una posición más hacia la epistemología de la ciencia; y (b) la del movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), que tiene una posición



más amplia; sin embargo, en ambos casos, se puede entender que las concepciones que se abordan se refieren a las relacionadas con la ciencia profesional, es decir, la epistemología científica, como lo ha referido Sandoval (2003). Otros autores han reconocido un enfoque cognitivo que se puede ubicar dentro de la epistemología profesional y que se corresponde con la línea de Fernández y otros (2002), de acuerdo con Marín, Benarroch y Niaz (en prensa). Con relación a la epistemología personal, este constructo complejo y confuso (Castañeda Figueiras y Peñalosa Castro, 2010) se encuentra aún en vías de una definición clara (Elby, 2009), pero en general aborda las creencias sobre la naturaleza del conocimiento y del conocer del propio individuo e incluye las creencias sobre el aprendizaje y la enseñanza, a pesar de la polémica definitoria al respecto; este referencial teórico se ha abordado en la literatura bajo diferentes nombres, tales como creencias epistemológicas, juicio reflexivo, reflexión epistemológica, modos de conocer, teorías epistemológicas, creencias epistémicas o recursos epistemológicos (Hofer, 2001).

Otra manera de ubicar teóricamente las creencias o concepciones sobre la ciencia es a través de lo que se ha denominado *conocimiento distal* («distal knowledge»), que concierne al conocimiento declarativo del estudiante sobre la ciencia profesional, y *conocimiento proximal* («proximal knowledge»), que implica la comprensión que el individuo tiene de su propio aprendizaje de la ciencia (Hogan, 2000); el primero es relacionable a la línea de naturaleza de la ciencia, mientras que el segundo se identifica más con la epistemología personal. Este trabajo de investigación, particularmente, se enmarca de modo general dentro de la línea teórica de la naturaleza de la ciencia como conocimiento distal.

METODOLOGÍA

Este trabajo fue un estudio de campo, tipo diagnóstico, que se desarrolló bajo un enfoque cualitativo con apoyo en datos de frecuencias. Los *participantes* fueron dos grupos de estudiantes de profesorado de ciencias: (a) doce del área de Biología (cuatro de sexo femenino y dos de sexo masculino) y (b) ocho del área de Química (seis de sexo femenino y dos de sexo masculino), lo cual es en cierto modo indicativo del número de estudiantes de estas áreas en la institución: el número de estudiantes de Biología es superior al de los de Química, y el número de estudiantes de sexo femenino es superior a los de sexo masculino, en general. La selección de los participantes se hizo considerando que tuvieran un nivel avanzado de estudios, por lo que se tomó como criterio el haber cursado Bioquímica en el semestre anterior a la aplicación del estudio. De este modo, se realizó con estudiantes que cursaron Bioquímica en el período académico 2006-II, curso que se corresponde con el VII semestre de estudios para los estudiantes de Química y V semestre para los de Biología en una carrera docente que está diseñada para 10 semestres. En este nivel de estudios, los estudiantes del área de Biología ya han aprobado los siguientes cursos obligatorios: Fundamentos de Biología, Matemática, Cálculo, Fundamentos de Física, Fundamentos de Química, Biofísicoquímica, Química Orgánica y Bioquímica; y los de Química, los siguientes: Fundamentos de Biología, Química General,



Fisicoquímica I y Química Orgánica I y Bioquímica. Los doce participantes del área de Biología se identificaron como B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11 y B12; y los ocho del área de Química se identificaron como Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7 y Q8.

La *fente de datos* provino de una vertiente declarativa sin contexto disciplinar, referida a un cuestionario escrito denominado *instrumento sobre la visión epistemológica acerca de la ciencia* (IVEC-A, en su primera versión), que fue elaborada para este estudio por la investigadora (ver anexo). El instrumento se construyó y validó en contenido y diseño, considerando varias fuentes informativas: (a) literatura sobre el tema, (b) respuestas escritas y entrevistas semi-abiertas de una muestra previa de ocho estudiantes de un curso de Bioquímica, y (c) el juicio de cuatro expertos del área de enseñanza de la ciencia (particularmente Física y Química), dos de los cuales han trabajado en cursos relacionados con epistemología de la ciencia, y los otros dos en la enseñanza de la ciencia. El instrumento contempló tres partes: Parte I (seis preguntas de selección libre con opción alternativa y/o explicativa), Parte II (cinco preguntas de respuestas abiertas) y Parte III (nueve planteamientos para opinar). El instrumento se aplicó dándole a conocer a los estudiantes que se trataba de un estudio que tenía como objeto mejorar la enseñanza de la ciencia, particularmente desde la Cátedra de Bioquímica, por lo que era importante responder con la mayor sinceridad posible, teniendo la libertad de aclarar cualquier duda sobre la comprensión de algún ítem o término usado antes de responder.

El *diseño de la investigación* diagnóstica realizada se resume a continuación:

CUADRO 2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN					
PARTICIPANTES	CONDICIÓN	INSTRUMENTO APLICADO	FUENTE DE DATOS	MOMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TIPO DE PROCESAMIENTO DE DATOS
Estudiantes de profesorado de Biología y de Química	Haber cursado Bioquímica en el período académico 2006-II	Cuestionario escrito (IVEC-A)	Respuestas a las preguntas del IVEC-A	Al finalizar el período académico 2006-II; (marzo 2007)	Análisis de contenido

Las respuestas expresadas por los estudiantes en el IVEC-A permitieron precisar 11 aspectos sobre la naturaleza de la ciencia, que fueron descritos previamente, considerando lo reportado por Acevedo Díaz (2008), Fernández y otros (2002), Moreira y Ostermann (1993), así como el aporte de diversas investigaciones en el área, pero que se refinaron durante el proceso de análisis de contenido. En este sentido, se logró discriminar la tendencia contemporánea y la tradicional de las ideas epistemológicas buscadas, las cuales se describen en el cuadro siguiente, en el que se resumieron los aspectos de interés de la investigación.



CUADRO 3. ASPECTOS ANALIZADOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA, MEDIANTE EL CUESTIONARIO ESCRITO Y LA DESCRIPCIÓN DE LAS IDEAS EPISTEMOLÓGICAS EN CONTRASTE

ASPECTOS	DESCRIPCIÓN DE LAS IDEAS EPISTEMOLÓGICAS		
	TRADICIONAL	CONTEMPORÁNEA	
OM	Organización de la metodología científica	Pasos organizados en secuencia lineal; método científico unificado universalmente.	Proceso no lineal; diversidad metodológica en ciencias.
DM	Dinámica de la metodología científica	Proceso rígido/algorítmico	Proceso flexible/heurístico.
RC	Razonamiento científico	Centrado en inductivismo ingenuo.	Racionalista, hipotético deductivo, lógica dialéctica, generalizaciones sin absolutismos (bajo condiciones específicas).
UO	Ubicación de la observación en la investigación científica	La investigación científica se inicia siempre con la observación.	La investigación se inicia con procesos variados a la observación (teoría, problema).
OT	Relación de la observación científica con la teoría	La observación es un proceso desprovisto de teorías, ideas previas o prejuicios.	La observación es un proceso que depende de teorías y no está libre de ideas previas o prejuicios.
EC	Experimentalidad científica	Experimentalismo crédulo, como verificación de hipótesis y testeo de teorías científicas.	Experimentalismo dependiente de la teoría, visto como la experimentación en el contexto de una teoría que la sustenta y orienta.
VC	Vigencia del conocimiento científico	El conocimiento científico es inmutable y perfecto.	El conocimiento científico es provisional y perfectible.
DG	Dinámica generativa y desarrollo del conocimiento científico	El conocimiento científico surge y se desarrolla en el medio científico y social sin problemas o conflictos.	El conocimiento científico surge progresivamente, sin negarse un contexto problemático, conflictivo en el medio científico o social.
TL	Relación de las teorías con las leyes	Las teorías surgen de hipótesis comprobadas y se convierten en leyes al desarrollar mayor poder explicativo y comprobarse.	Las teorías explican fenómenos y las leyes describen relaciones observadas de fenómenos; no se prelan entre sí y ambas pueden generarse de hipótesis bien sustentadas.
TH	Relación de las teorías con las hipótesis	Las hipótesis son explicaciones tentativas que comprueban las teorías; las teorías están comprobadas.	Las hipótesis son explicaciones tentativas corroborables, sin considerarse pruebas absolutas de una teoría; las teorías no son verdades absolutas de comprobación irrefutable.
RS	Relación social de la ciencia	La ciencia siempre beneficia a la sociedad; la sociedad no influye sobre el desarrollo de la ciencia.	La ciencia es una actividad influida por la sociedad; la ciencia influye sobre la sociedad, no siempre de forma beneficiosa.



Debido a la apertura del instrumento, cada idea relacionada con un aspecto se determinó sobre la base de las respuestas encontradas en diferentes ítems que permitieron evidenciar su manifestación en alguna medida, de acuerdo con las especificaciones del cuadro 4.

CUADRO 4. ASPECTOS ANALIZADOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA, MEDIANTE EL CUESTIONARIO ESCRITO Y LA DESCRIPCIÓN DE LAS IDEAS EPISTEMOLÓGICAS EN CONTRASTE

ASPECTOS		ÍTEMES
OM	Organización de la metodología científica	Parte I: 1, 5; Parte II: 5
DM	Dinámica de la metodología científica	Parte I: 2, 4 ; Parte III: 2
RC	Razonamiento científico	Parte I: 4; Parte III: 3, 7
UO	Ubicación de la observación en la investigación científica	Parte I: 3,5; Parte III: 1, 3, 7
OT	Relación de la observación científica con la teoría	Parte III: 1, 7, 8
EC	Experimentalidad científica	Parte I: 4; Parte II: 1, 2, 3, 4
VC	Vigencia del conocimiento científico	Parte III: 5, 6
DG	Dinámica generativa y desarrollo del conocimiento científico	Parte III: 4, 6
TL	Relación de las teorías con las leyes	Parte I: 6; Parte II: 2; Parte III: 3,9
TH	Relación de las teorías con las hipótesis	Parte I: 6; Parte II: 2, 3; Parte III: 9
RS	Relación social de la ciencia	Parte III: 6

La categorización de las respuestas respondió a criterios descriptivos en cuanto a si tenían una tendencia predominantemente contemporánea o tradicional, como se muestra en el cuadro 5; en el caso de que existieran dudas, se recurría a la revisión de todo el instrumento respondido para definir la categorización. Aquellos casos que no arrojaban suficiente información por ser confusa o ambigua se categorizaron como «sin tendencia epistemológica definida», mientras que aquellos que no mostraron evidencia de la idea epistemológica que se buscaba precisar, se categorizaron como «oculta», lo que bien puede indicar que el estudiante no logró representarla lingüísticamente. El análisis de contenido condujo a organizar las respuestas en cuatro categorías que surgieron de la contrastación de las respuestas encontradas y las buscadas. Las categorías en cada aspecto precisado fueron las siguientes:



CUADRO 5. CATEGORÍAS CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS DE CONTENIDO EN CUANTO A LAS IDEAS EPISTEMOLÓGICAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE DIFERENTES ASPECTOS DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CODIFICACIÓN
Idea con tendencia contemporánea	La idea se presenta con elementos que permiten identificarla con una tendencia contemporánea.	C
Idea con tendencia no contemporánea	La idea se presenta con una tendencia no contemporánea, por lo que se considera ingenua, no actualizada.	T
Idea sin tendencia epistemológica definida	La idea buscada se presenta de manera confusa, contradictoria, ambigua, de manera que no se puede identificar con claridad su tendencia epistemológica.	A
Idea oculta	La idea buscada no se logra precisar en el contenido escrito, ya que no aparece reflejada como para identificar su tendencia epistemológica.	O

Para la interpretación de los resultados se debe tomar en cuenta que este tipo de estudio tiene *limitaciones* propias, relacionadas con el uso de un instrumento escrito (Acevedo Díaz y Acevedo Romero, 2002; Lederman, Abd-El-Kahlick, Bell y Schwartz, 2002; Sandoval, 2003). Además, es necesario señalar que algunos aspectos sobre la naturaleza de la ciencia que se esperaba que fuesen representados por los participantes en sus respuestas escritas no tuvieron una expresión verbal, de modo que su categorización como «ocultas» limitó su análisis. En general, los resultados no deben ser sobreestimados y deben ser considerados más pertinentes al grupo de participantes de esta investigación, aunque sean útiles para orientar futuras investigaciones con otros grupos.

RESULTADOS

Los resultados del análisis de los 11 aspectos considerados sobre la naturaleza de la ciencia se muestran en los cuadros 6, para el caso de Biología, y 7, para el caso de Química, en el que se puede apreciar que la mayoría de las ideas se pudieron ubicar de acuerdo con su tendencia epistemológica en tradicional o contemporánea. Es importante señalar que para la dimensión CS no se lograron precisar ideas tradicionales o contemporáneas en el grupo de Biología, mientras que en el caso del grupo de Química se lograron precisar 3/8, particularmente en la categoría tradicional. Otro aspecto destacable es que fue muy bajo el número de ideas categorizadas como ambiguas: en el grupo de Biología no se categorizó ninguna como tal, mientras que en el grupo de Química se ubicaron sólo 3/8. En el cuadro 8 hay una distribución por frecuencia de respuestas que permite apreciar mejor el resultado sobre las ideas categorizadas de cada grupo en general.

CUADRO 6. CATEGORIZACIONES DE LAS IDEAS EPISTEMOLÓGICAS DE LOS ESTUDIANTES DE PROFESORADO DE BIOLOGÍA POR CADA ASPECTO DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA SEGÚN RESULTADOS DEL IVEC-A

ASPECTOS	IDEAS DE CADA ESTUDIANTE CATEGORIZADAS												
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	
OM	Organización de la metodología científica	T	T	T	T	T	T	T	T	C	T	C	T
DM	Dinámica de la metodología científica	C	C	C	C	T	C	T	C	C	T	C	T
RC	Razonamiento científico	T	C	T	T	T	C	C	T	T	T	T	C
UO	Ubicación de la observación en la investigación científica	T	T	T	T	T	C	T	C	C	T	T	T
OT	Relación de la observación científica con la teoría	T	T	T	C	T	T	O	C	C	T	T	O
EC	Experimentalidad científica	T	O	T	T	T	T	T	O	C	O	O	T
VC	Vigencia del conocimiento científico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	T	C
DG	Dinámica generativa del conocimiento	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	T	C
TL	Relación de las teorías con las leyes	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
TH	Relación de las teorías con las hipótesis	T	T	T	T	O	C	T	T	C	C	C	T
CS	Relación social de la ciencia	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

Nota. C = contemporánea; T= tradicional; A = ambigua; O = oculta.



CUADRO 7. CATEGORIZACIONES DE LAS IDEAS EPISTEMOLÓGICAS DE LOS ESTUDIANTES DE PROFESORADO DE QUÍMICA POR CADA ASPECTO DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA, SEGÚN RESULTADOS DEL IVEC-A

ASPECTOS		IDEAS DE CADA ESTUDIANTE CATEGORIZADAS							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
OM	Organización de la metodología científica	T	T	T	T	T	C	T	T
DM	Dinámica de la metodología científica	C	T	C	C	C	C	C	T
RC	Razonamiento científico	A	T	T	T	T	T	T	O
UO	Ubicación de la observación en la investigación científica	C	T	T	T	T	C	T	T
OT	Relación de la observación científica con la teoría	C	T	T	T	T	T	T	T
EC	Experimentalidad científica	T	T	C	C	T	T	T	T
VC	Vigencia del conocimiento científico	C	C	C	C	C	C	C	C
DG	Dinámica generativa y desarrollo del conocimiento	C	C	C	C	C	C	C	O
TL	Relación de las teorías con las leyes	T	A	A	T	T	T	T	T
TH	Relación de las teorías con las hipótesis	C	T	C	T	O	C	C	T
CS	Relación social de la ciencia	O	O	C	C	O	C	O	O

Nota. C = contemporánea; T = tradicional; A = ambigua; O = oculta.

El cuadro 8 muestra los resultados anteriores por frecuencia de respuestas. Los porcentajes de ideas tradicionales y contemporáneas son similares entre los dos grupos, y en ambos es superior el porcentaje de ideas tradicionales o ingenuas, aunque se observa que el grupo de Química presenta una frecuencia relativa de ideas contemporáneas un poco superior que el grupo de Biología. Sin embargo, si aplicamos un *chi cuadrado de homogeneidad*, agrupando las categorías en tres: contemporánea, tradicional y no identificada, encontraremos que la distribución de las frecuencias en ambos grupos es homogénea ($X^2 = 0,284$; $p > 0,8676$; $gl = 2$), por lo que se puede inferir que los estudiantes de profesorado de ambas áreas tienen una distribución similar de frecuencias, en cuanto a las tendencias epistemológicas observadas sobre la naturaleza de la ciencia en las dimensiones analizadas; es decir, las mismas son homogéneas al respecto. En este sentido, se entiende que sostienen ideas ingenuas sobre la naturaleza de la ciencia en una frecuencia relativa superior a la de las contemporáneas, mientras que aquellas no identificadas se encuentran en una pequeña proporción. Esto no es sorprendente si se considera que ambos grupos se forman en la institución como docentes, a través de un diseño curricular en el que escasa atención se le brinda a los aspectos epistemológicos de la naturaleza de la ciencia.

CUADRO 8. FRECUENCIAS ABSOLUTA Y RELATIVA DE LAS CATEGORÍAS ENCONTRADAS EN LAS RESPUESTAS DE AMBOS GRUPOS CON RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

GRUPO	CATEGORÍAS								FR TOTAL
	CONTEMPORÁNEA		TRADICIONAL		ÁMBIGUA		OCULTA		
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr
Biología	47	35,6	66	50,0	0	0	19	14,4	132
Química	34	38,6	43	48,9	3	3,4	8	9,1	88
TOTAL	80	36,4	110	50,0	3	1,4	27	12,3	220

Nota. $X^2 = 0,284$; $p > 0,8676$; $gl = 2$.

En el cuadro 9 se presentan las frecuencias de ideas tradicionales por cada aspecto de la naturaleza de la ciencia analizado, ya que las mismas pueden constituir el centro de interés para acciones didácticas en el futuro. En este cuadro se observa que la mayor frecuencia de ideas ingenuas sobre la naturaleza de la ciencia se encontraron en los aspectos referidos a TL (90%), OM (85%), UO (75%), OT (70%), RC (70%), EC (65%) y TH (55%), en una proporción mayor al 50%. Con relación a los aspectos sobre DM (25%), VC (5%), DG (5%) y CS (0%), las proporciones de ideas tradicionales se registraron por debajo del 50%; en el caso de CS no se evidenció ninguna, lo cual no quiere decir necesariamente que no existan en los estudiantes, ya que en la mayoría de los casos no hubo alusión a dicho aspecto, por lo que se prefirió señalar que la idea permaneció oculta (cuadros 5 y 6).

CUADRO 9. FRECUENCIAS DE LAS IDEAS EPISTEMOLÓGICAS TRADICIONALES ENCONTRADAS EN CADA GRUPO DE ESTUDIANTES POR ASPECTO DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA ANALIZADO

ASPECTOS	GRUPO DE QUÍMICA (n=8)		GRUPO DE BIOLOGÍA (n=12)		TOTAL (N=20)	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%
OM	7	87,5	10	83,3	17	85
DM	2	25,0	3	25,0	5	25
RC	6	75,0	8	66,7	14	70
UO	6	75,0	9	75,0	15	75
OT	7	87,5	7	58,3	14	70
EC	6	75,0	7	58,3	13	65
VC	0	0	1	8,3	1	5,0
DG	0	0	1	8,3	1	5,0
TL	6	75,0	12	100	18	90
TH	3	37,5	7	58,3	10	50
CS	0	0	0	0	0	0



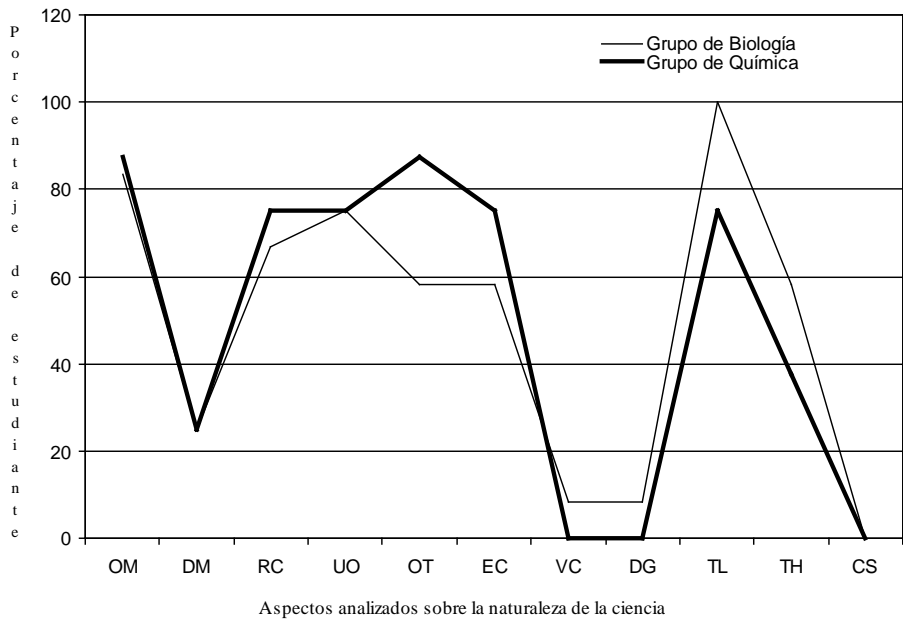


Gráfico 1. Porcentaje de estudiantes con ideas epistemológicas tradicionales sobre diferentes aspectos de la naturaleza de la ciencia, de acuerdo con lo encontrado en las respuestas al IVEC-A.

En el gráfico 1 se puede apreciar que ambos grupos tienen frecuencias relativas de respuestas similares, con variaciones más altas o más bajas en uno u otro grupo. Los aspectos de la naturaleza de la ciencia donde no se registran observaciones de ideas tradicionales (VC, DG y CS para el grupo de Química; RS para el grupo de Biología) no deben interpretarse como que si éstas no existieran, sino que no fueron identificadas en las respuestas al instrumento. El grupo de Química parece destacarse más en cuanto a sus ideas ingenuas, con relación al grupo de Biología, en cuanto a la metodología científica (OM), racionalidad científica (RC), relación de la observación con la teoría (OT) y función de la experimentación en ciencia (EC), de modo que un mayor porcentaje de estudiantes concibe un método científico estructurado universalmente en pasos específicos, no reconoce la función de la teoría en la observación científica, le atribuye un carácter inductivista al conocimiento científico y sobreestima la función de la experimentación en la ciencia, atribuyéndole un carácter de autoridad decisiva en la comprobación de teorías. En comparación con el grupo de Química, los estudiantes de Biología manifiestan un mayor porcentaje de ideas tradicionales en cuanto a la dinámica de la metodología científica (DM), la vigencia del conocimiento científico (VC), la dinámica generativa del conocimiento científico (DG), la relación de las teorías con las leyes científicas (TL) y la relación de las teorías con las hipótesis (TH), por lo que tienden a concebir la metodología

científica como un proceso algorítmico y rígido, a darle un status de inmutabilidad al conocimiento científico, a no reconocer las controversias o dificultades intrínsecas y extrínsecas del proceso de generación del conocimiento científico, a atribuirle una relación jerárquica a las teorías y leyes científicas, así como a considerar que las hipótesis y teorías científicas pueden ser comprobadas como verdades.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación revelan en general que las ideas epistemológicas de los docentes en formación tanto de Biología como de Química tienen una distribución de frecuencia similar, en la que se observa que hay un predominio de ideas tradicionales sobre las contemporáneas. Esto pudiera responder a las consecuencias de una práctica curricular tradicionalista centrada en un enfoque positivista, aunque algunos autores han reconocido las dificultades de abordar los contenidos de la naturaleza de la ciencia debido a su complejidad y falta de acuerdos en algunos temas (Acevedo Díaz y otros, 2007a). En este sentido, se puede decir que los resultados se enmarcan dentro de lo reportado por diversas investigaciones que han estudiado diferentes aspectos de la naturaleza de la ciencia, las cuales se considerarán a continuación en la discusión de cada uno de los aspectos considerados en la presente investigación.

ORGANIZACIÓN Y DINÁMICA DE LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA (OM Y DM)

La mayoría de los estudiantes (80%) concibe la existencia de un método científico como una secuencia lineal de pasos, aunque muy pocos lo consideran rígido o algorítmico (35%). Tomando en cuenta ambos aspectos, los estudiantes se pueden ubicar en tres tipos de ideas con relación al método científico: (a) los que lo conciben como una secuencia lineal de pasos de forma rígida (Q2, Q8, B7, B10, B12); (b) los que no lo conciben como pasos ordenados secuencialmente, sino de manera flexible (Q6, B9, B11); y (c) los que lo conciben como una secuencia lineal de pasos organizada, pero de manera flexible, donde se ubica la mayoría (Q1, Q3, Q4, Q5, Q7, B1, B2, B3, B4, B6, B8). Algunas expresiones que ejemplifican este último caso son las siguientes: (a) «*Pienso que el método científico es heurístico, secuencial,...*» (Q3; Parte I: ítem 4), atribuyéndose así flexibilidad a la metodología científica; (b) «*No siempre se deben seguir 'rigurosamente' las etapas del método científico, ya que para aplicarlo hay que tener en cuenta la naturaleza de lo estudiado*» (B6; Parte III: ítem 2), reconociéndose así la adecuación de la metodología al objeto de estudio.

La concepción del método científico como secuencia lineal de pasos se corresponde con lo reportado en otras investigaciones (Delgado y otros, 2008; Moreira y Ostermann, 1993), mas no la idea asociada a su rigidez secuencial; asimismo, Buaranphan y Sung-Ong (2009) encontraron esta idea tradicional en estudiantes de profesorado de ciencias. Esta idea es contraria a la señalada por los epistemólogos contemporáneos, como Toulmin (2003), quien plantea que no existe un método



universal, autovalidante y obligatorio, y que el mismo término «método» se ha tergiversado de su significado original que implicaba la persecución de un objetivo, sin referirse propiamente a procedimientos específicos u obligatorios a seguir para alcanzarlo (p. 133). Esto ha sido planteado de forma extremista por Feyerabend, al señalar que no existe una metodología que norme o guíe la investigación científica en todas sus formas, sino que existe un pluralismo metodológico en la práctica científica (Chalmers, 1992, p. 187; Pesa y Greca, 2000, p. 23). La polémica filosófica sobre el método científico ha conducido a la NSTA (2000) a declarar, para fines educativos, la no existencia de un método científico único y universal para hacer ciencia.

RAZONAMIENTO CIENTÍFICO (RC)

El IVEC-A reveló que la idea inductivista del método científico está presente en la mayoría de los estudiantes (70%), mientras que 5/20 estudiantes se pronunciaron de manera ambigua con relación a este aspecto y 1/20 no se pronunció al respecto. Por ejemplo, el estudiante E8 señala que «...*al estudiar por este método los fenómenos particulares y demostrar relaciones internas y externas entre ellos, se puede llegar a las teorías o leyes que engloban lo general*» (Parte III: ítem 3); asimismo, el estudiante B10 señala que «...*primero se debe observar un hecho para llegar a formular teorías acerca del mismo*» (Parte III: ítem 7). En correspondencia con esto, Ibrahim y otros (2009) reportaron que el 21% de los participantes de su estudio piensan que las teorías se generan a partir de observaciones, un porcentaje apreciablemente menor al encontrado en el presente estudio. Las expresiones antes citadas de los estudiantes responden a lo que tradicionalmente se conoce como una inferencia inductiva de lo particular a lo general, lo cual es cuestionado por los filósofos contemporáneos, ya que el proceso mismo de estudio de un fenómeno implica el uso de alguna teoría y lo general está más allá de lo demostrable, como lo plantea Oliva (2003, p. 42).

Es importante señalar dos puntos con relación a este aspecto analizado. Primero, las razones lógicas que los epistemólogos esgrimen para cuestionar el inductivismo que se le atribuye erróneamente a la ciencia no son obvias o evidentes para el estudiante, debido, posiblemente, a la inferencia espontánea derivada de la experiencia con el mundo de los fenómenos. Chalmers (1992) denomina *inductivismo ingenuo* a las argumentaciones sobre la ciencia inductiva, y señala que «*todos los inductivistas afirmarían que, en la medida en que se pueden justificar las teorías científicas, se justifican porque se apoyan inductivamente en la base más o menos segura que proporciona la experiencia*» (p. 24). Segundo, conviene profundizar sobre la asociación entre el TPL y la inducción para buscar alternativas didácticas que contribuyan a mejorar la visión del estudiante sobre el razonamiento o juicio que orienta la investigación científica.

Moreira y Ostermann (1993) explican que la visión inductivista predomina en los laboratorios por procesos que allí se dan, tales como la observación y la recolección de datos. Igualmente Tiberghien, Veillard, Le Maréchal y Buty (2001) señalan que, a nivel universitario, los trabajos prácticos están «dirigidos por objetos» (*objects-driven*), de modo que las operaciones que se hacen en el mundo de los objetos

parecieran conducir inductivamente hacia el mundo de las ideas. Un ejemplo de esto se puede apreciar en la siguiente expresión del estudiante Q1, quien justifica que a partir de hechos observados se puede llegar a formular teorías y/o leyes de manera muy simplista: «...con una práctica se puede explicar eso observado, y así comprender la práctica o el fin de ella» (Parte III: ítem 3). De manera consistente, Andrés y otros (2006) reportaron que estudiantes venezolanos de Física asocian la actividad experimental con el descubrimiento de leyes; Buaranphan y Sung-Ong (2009) reportan la creencia inductivista de la ciencia en estudiantes de profesorado de ciencias.

UBICACIÓN DE LA OBSERVACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y SU RELACIÓN CON LA TEORÍA (UO Y OT)

El IVEC-A reveló que la mayoría de los estudiantes piensa que la investigación científica se inicia con la observación directa (75%) y que ésta es un proceso sin relación con teorías o ideas previas (70%). Considerando ambos aspectos, encontramos tres grupos que conciben la observación científica de la siguiente manera: (a) los que la conciben como un proceso sustentado en la teoría y que no le da inicio a la investigación científica (Q1, B8, B9); (b) los que la conciben como un proceso que inicia la investigación científica sin estar sustentada en teorías o ideas previas (Q2, Q3, Q4, Q5, Q7, Q8, B1, B2, B3, B5, B10, B11); y (c) los que la conciben como un proceso atóxico que no inicia la investigación científica (Q6, B6). La idea tradicional se puede apreciar en la expresión del individuo Q4: «la observación no requiere del uso de una teoría para observar, uno primero observa, analiza, investiga, para luego llegar a una teoría» (Parte III: ítem 8); así como en la del estudiante Q7 cuando señala: «La observación conlleva al planteamiento de un problema pero no necesariamente se requiere del uso de una teoría para saber qué observar» (IVEC-A, Parte III: ítem 8). Esto revela que un alto porcentaje de los estudiantes no parece comprender la función de la teoría ni de las ideas previas en la producción de conocimiento, como lo reportan también Delgado y otros (2008). Briceño (1999) reportó que el 73% de los docentes consultados consideran que la observación es atóxico. Sin embargo, algunos planteamientos permiten apreciar algunas ideas con tendencia epistemológica contemporánea que vale la pena acotar: «Aunque en el método científico está inmersa la observación, ésta a nivel personal no es el primer paso, ya que antes de estudiar algún fenómeno se tiene que saber qué se va a estudiar; por ende, antes debería existir una indagación previa» (B8; Parte III: ítem 1); «Generalmente la observación científica está fundamentada, orientada en principios, teorías, leyes, ya que ésta tiene un propósito y no es al azar» (B9; Parte III: ítem 8).

EXPERIMENTALIDAD CIENTÍFICA (EC)

El IVEC-A reveló que todos los estudiantes creen en el carácter experimental de la ciencia; sin embargo, la relación del experimento con la teoría es vista de manera diferencial. La mayoría (70%) le atribuye una función comprobatoria de





hipótesis o teorías, como se aprecia en esta expresión: «*El propósito de los experimentos es comprobar las hipótesis científicas planteadas, pues mediante la observación y la experimentación se logra explicar si el 'supuesto' que se tenía era válido*» (3B; Parte II: ítem 4); como también en la siguiente expresión: «*...permite evidenciar a través de la experimentación la comprobación de teorías e hipótesis...*» (Q8; Parte II: ítem 5); y en la siguiente en la que el estudiante B12 señala que los experimentos en ciencia «*buscan una verdad, la cual se puede comprobar por medio de los experimentos, hipótesis y problemas que se planteen el investigador, los cuales se pueden verificar*» (Parte II: ítem 4). Esto es relacionable con lo encontrado por Briceño (1999), quien reportó que el 60% de los docentes consultados se identificaron con un verificacionismo positivista; asimismo, Ibrahim y otros (2009) reportaron que 51% de los estudiantes de Física piensan que los experimentos se usan para dar evidencias aprobatorias o desaprobatorias de una hipótesis. En un sentido similar, Andrés y otros (2006) encontraron que los estudiantes de Física consideran la actividad experimental para efectos de verificación de teorías y formulación de leyes. Parker y otros (2008) también encontraron que los estudiantes de ciencias atmosféricas le atribuían una función comprobatoria a los experimentos del conocimiento científico. Esto es coherente con lo encontrado, además, por Liu y Lederman (2007), quienes señalan que los estudiantes no muestran una comprensión adecuada sobre la base empírica de la ciencia, ya que le atribuyen un papel comprobatorio a la experimentación y la observación. En este sentido, es necesario tomar en cuenta que la experimentación en ciencia contribuye en la validación del conocimiento científico, así como lo hacen otros procesos, tales como la observación, los argumentos racionales, la creatividad y el escepticismo, como lo señalan Niaz y Mazza (2011). Esta idea comprobatoria sobre los experimentos responde a la descripción de *experimentalismo* (Barrera Morales, 2008) y *experimentalismo crédulo* (Cutrera, 2004).

Cabe destacar que históricamente hay referencia del *experimento con vida propia*, lo que se ha denominado el *nuevo experimentalismo*, el cual concibe el experimento sin contexto de una teoría de alto nivel (Franklin, 2002), por lo que es necesario abrir el espectro epistemológico para evaluar con más profundidad teórica las ideas de los estudiantes sobre la experimentación, considerando que no toda investigación científica es experimental (Hodson, 1994).

VIGENCIA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO (VC)

Por una parte, los resultados muestran que en general los estudiantes no sostienen que el conocimiento científico permanece inmutable, excepto uno del grupo de Biología (B11). La mayoría considera que es perfectible, como se puede apreciar en la siguiente expresión del estudiante B8: «*...la ciencia está en constante estudio, lo que puede hacer que los conocimientos de ahora cambien*» (Parte III: ítem 5); así como la del estudiante B5: «*El conocimiento científico está en constante cambio, según el avance tecnológico y social.*» (Parte III: ítem 5); y la del estudiante B12 que revela una idea de tendencia contemporánea más sofisticada: «*Toda ciencia se tiene que argumentar para poder otorgarle un grado de validez; estos conocimientos no*

pueden ser absolutos, ya que tienen que estar sujetos a cambios» (Parte III: ítem 6). A continuación, se muestra el único planteamiento categorizado como tradicional, correspondiente al estudiante B11, al señalar que no considera que las conclusiones de la ciencia sean juicios humanos falibles: «*No, porque lo que tengo entendido como ciencia es que es una explicación clara y exacta de algún fenómeno ocurrido»* (Parte III: ítem 6); este planteamiento representa una idea muy clásica sobre la ciencia que pudiera ser el producto de una educación fuertemente positivista.

Es posible que este aspecto no sea concebido de forma tradicional por la mayoría de los estudiantes, debido a su nivel avanzado de estudio que les ha brindado más conocimiento sobre las controversias del conocimiento científico, lo que es coherente con lo encontrado por Pérez y otros (2002), quienes reportaron que estudiantes avanzados de profesorado de Química, Biología y Educación Integral de la misma institución tenían una visión constructivista sobre el carácter tentativo de la ciencia. Otros investigadores han reportado resultados similares en cuanto al carácter dinámico del conocimiento científico concebido por docentes en formación inicial (Acevedo Díaz y Acevedo Romero, 2002; Buaranphan y Sung-Ong, 2009; Thomas y otros, 1996). De igual modo, Liu y Lederman (2007) encontraron que la mayoría de los docentes de ciencia en formación le atribuían un carácter mutable a las teorías científicas, debido a diferentes razones: nueva información, tecnología, evidencia insuficiente, datos anómalos, revisión de la evidencia existente; en comparación con lo encontrado en el presente estudio, los estudiantes esgrimieron razones tales como: avance tecnológico, nuevos datos y otras razones carentes de sentido epistemológico tales como «*circunstancias*», sin explicación al respecto.

Es importante considerar que hay dos estados del conocimiento científico que deben ser discriminados, para efectos de precisar las ideas epistemológicas en los estudiantes con relación a su tentatividad o vigencia: (a) el *conocimiento consolidado*, cuya mutabilidad no ocurre en períodos cortos de tiempo o durante la vida de generaciones, que permite el desarrollo de la ciencia aplicada, por lo que pareciera inmutable; y (b) el *conocimiento de frontera*, que cambia con mayor frecuencia por estar en el centro de la investigación científica del momento; Leach (2002) los diferencia como conocimiento ampliamente aceptado por la comunidad científica y el conocimiento todavía sujeto a investigación y debate. En este sentido, Clough (2007) ha señalado que no es suficiente reconocer que el conocimiento científico sea tentativo si no se reconoce que hay conocimiento científico que tiene un buen soporte, por lo que es durable relativamente; esto contribuye a tener un pensamiento crítico con relación a los aspectos de la naturaleza de la ciencia que se abordan tanto en la investigación como en el aula. En síntesis, cualquiera que sea el caso, el conocimiento científico, aunque durable y confiable, está sujeto a modificaciones y nuevas interpretaciones a la luz de nuevos hallazgos, de acuerdo con la dinámica de la investigación científica (Acevedo-Díaz y otros, 2007a; Havdala y Ashkenazi, 2007).



El IVEC-A reveló que la mayoría de los estudiantes no considera que el conocimiento se produzca sin controversias; sin embargo, en este estudio uno se pronuncia con una idea tradicional (B11) y otro no se manifestó con relación a este aspecto (Q8). Para los estudiantes el conocimiento científico progresa, evoluciona, avanza con el tiempo, no necesariamente sin controversias o situaciones problemáticas involucradas en su dinámica generativa, contrario a lo reportado por algunos autores (Fernández y otros, 2002; Moreira y Osterman, 1993). Un ejemplo de esto lo presenta el estudiante Q4: «...los fracasos permiten enriquecer el estudio y ampliar los horizontes del mismo, logrando que el experimentador modifique parámetros para obtener resultados óptimos...» (Parte III: ítem 4); otro ejemplo es el del estudiante B7: «...es el experimentador el que da frutos de su investigación y la comunidad científica es el que lo apoya o lo rechaza, pero en cualquier momento puede surgir otra investigación que cambie todo, lo primeramente expuesto» (Parte III: 6). Sin embargo, las respuestas se asocian más a la idea de la problemática interna de la producción de conocimientos, relacionados directamente con la actividad experimental en el laboratorio, como los errores experimentales, o la dinámica intrínseca de la comunidad científica en su función validadora, no haciendo alusiones a las implicaciones sociales que pueden envolver el desarrollo del conocimiento científico. En este estudio no se logró discriminar con profundidad la idea que tienen los estudiantes sobre el desarrollo histórico del conocimiento, es decir, como producto de múltiples dificultades en medio de las cuales busca consolidarse en un contexto social. Este aspecto es muchas veces ignorado en los libros de texto y en las clases de ciencia.

RELACIÓN DE LA TEORÍA CON LAS LEYES Y LAS HIPÓTESIS (TL Y TH)

Por una parte, los resultados muestran que la mayoría de los estudiantes (90%) refleja la idea de que las teorías se convierten en leyes; el resto no mostró claridad en sus planteamientos. La siguiente expresión del estudiante Q7 muestra una idea tradicional de la relación TL: «Cuando una teoría es validada científicamente y aceptada, se transforma en ley, pero mientras no se haya validado, sigue siendo una teoría» (Parte II: 2); otra expresión es la de un estudiante de Biología (B11), en cuyo grupo ninguno mostró evidencia de tener una idea contemporánea de la relación entre teoría y leyes científicas, siendo la de él un ejemplo bien clásico: «Pienso que la diferencia fundamental que presentan ambas es que las teorías podrían estar sujetas a cambios, debido a que se puede descubrir algo nuevo que la ponga en duda o completarla, mientras que las leyes ya han sido comprobadas, sabiendo que dicho fenómeno se va a dar en todo el mundo y de la misma forma» (Parte III: ítem 2). Estos resultados coinciden con los de Buaranphan y Sung-Ong (2009), quienes encontraron que profesores en formación inicial creen que las teorías maduran para convertirse en leyes; asimismo, Liu y Lederman (2007) reportaron la relación jerárquica entre teorías y leyes que establecen docentes prospectivos, quienes le atribuyen un status de comprobación a las leyes, mientras consideran que la teoría debía ser comprobada antes de convertirse



en una ley científica. Igualmente, Parker y otros (2008) encontraron ideas similares en 82,3% de los estudiantes de un curso de Termodinámica Atmosférica, así como también Pérez y otros (2002) reportaron la tendencia positivista en la concepción sobre las leyes científicas en los docentes en formación de Educación Integral, Biología y Química en una proporción superior a 60%.

En cuanto al aspecto TH, 55% de los estudiantes tiene la idea de que una hipótesis es una explicación tentativa comprobable y que las teorías de las que se derivan están confirmadas, como lo expresa el estudiante Q8: «Una hipótesis es una predicción de un hecho a ser comprobado científicamente, mientras que la teoría ya ha sido comprobada científicamente» (Parte II: ítem 3); sin embargo, un planteamiento que expresa una idea con una tendencia epistemológica contemporánea es el del estudiante B10: «La hipótesis permite hacer ciertas predicciones o inferencias de lo que puede ocurrir en una investigación; sin embargo, las teorías son las que sustentan el trabajo que se va a realizar» (Parte II: ítem 3). Los resultados permiten interpretar que los estudiantes confunden más la relación teoría-leyes que la relación teoría-hipótesis, por la proporción diferencial de las frecuencias relativas en cuanto a ideas tradicionales en estos dos aspectos. Aunque se le ha prestado poca atención a la relación teoría-hipótesis en las investigaciones, los resultados de este estudio revelan que no debe ignorarse, ya que es importante investigar las ideas epistemológicas de los estudiantes de profesorado en cuanto a las teorías científicas y su relación con otros conceptos epistémicos como las hipótesis, la observación, las leyes y la experimentación. Particularmente, el trabajo de Briceño (1999) revela que el 61% de los docentes tiene una idea gradualista entre hipótesis, teorías y leyes, convirtiéndose la una en la otra secuencialmente.

RELACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA (CS)

El análisis de este aspecto fue bastante general y de poco poder identificador por el instrumento aplicado. Reconociendo esta limitación, se encontró que la mayoría de los participantes no se pronunció al respecto (85%); sólo tres estudiantes del grupo de Química manifestaron una relación tradicional de beneficio de la ciencia con la sociedad. Un comentario del estudiante Q6 permite apreciar este tipo de idea: «...el conocimiento que se genera por la ciencia está destinado a la mejora de la sociedad, de sus condiciones y de su calidad» (Parte III: ítem 6). Thomas y otros (1996) se refirieron a esta visión como optimista, aunque la mayoría de los estudiantes mostró una posición mixta al respecto en su estudio. Aunque ningún estudiante se pronunció con relación a la influencia de la sociedad sobre la realización de las investigaciones científicas, es posible que el bajo pronunciamiento de los estudiantes en esta dimensión revele la poca consciencia que tienen sobre los diferentes aspectos de la relación entre la ciencia y la sociedad, lo cual ya ha sido señalado recientemente por Ravanal Moreno y Quintanilla Gatica (2010), quienes señalan que la visión dogmática y objetivista que tienen los docentes de Biología sobre la ciencia es una limitante para la participación futura en controversias sociales, relacionadas con temas científicos. Asimismo, Briceño (1999) encontró que el 48% de los docentes



bajo estudio descontextualizaban socialmente al científico y 96% a la ciencia. En el trabajo de Liu y Lederman (2007), sin embargo, se encontró que los participantes manifestaban diferentes visiones en cuanto a la influencia de la cultura y sociedad sobre la ciencia: algunos sostenían ideas informadas, otros, ideas mixtas, y otros manifestaban ideas ingenuas.

Aunque este aspecto de la ciencia es bastante amplio y forma parte de la corriente CTS, es importante realizar esfuerzos didácticos en las diferentes disciplinas para generar una conciencia más clara, amplia y crítica sobre la relación de la ciencia con la influencia socio-cultural con la que puede ser permeada, debido a la función protagónica que se desea de los ciudadanos en la sociedad, especialmente los docentes futuros. Para ello será necesario profundizar en futuras investigaciones, incluyendo otros elementos de interés como el trabajo científico individualista versus el colectivo, así como la asociación de la actividad científica con el género, aspectos considerados por Fernández y otros (2002).

IMPLICACIONES DIDÁCTICAS, CONSIDERACIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

La mayoría de los docentes en formación de las áreas de Biología y Química que participaron en este estudio manifestaron ideas epistemológicas tradicionales sobre la naturaleza de la ciencia. Éstas se refieren a la concepción de: (a) un método científico de pasos estructurados en una secuencia lineal, cuya aplicación garantiza la creación del conocimiento científico; (b) una racionalidad inductivista de la ciencia, en la que a la observación no se le atribuye precedente teórico y se le considera como el primer proceso de creación de conocimiento científico; (c) una relación jerárquica entre las teorías y leyes, en la que la comprobación secuencial de la primera conduce a la generación de la segunda; (d) un carácter comprobatorio de las teorías frente a las hipótesis que todavía no han alcanzado tal status epistemológico; (e) un experimentalismo crédulo en el que se trasciende de la función validadora parcial de la experimentación al de comprobación absoluta del conocimiento científico. Sin embargo, no se encontraron evidencias suficientes que indiquen que los participantes sostienen ideas epistemológicas tradicionales en cuanto a dinámica de los procesos metodológicos, vigencia o tentatividad del conocimiento científico, dinámica generativa del conocimiento científico e influencia sociocultural en la actividad investigativa.

Tales resultados indican que las ideas epistemológicas sobre la ciencia de los docentes que se forman en las áreas de Biología y Química en la UPEL-IPC no difieren sustancialmente de lo que se ha encontrado en las diferentes investigaciones realizadas a nivel internacional, como se recoge en el trabajo de Fernández y otros (2002) y Lederman (2006). Por lo tanto, los mismos son una invitación a considerar la inclusión de enfoques didácticos alternativos que permitan mejorar las ideas epistemológicas sobre la ciencia de los futuros docentes de las áreas de Biología y Química que se están formando en la UPEL-IPC, lo cual debería hacerse como parte de la transformación curricular que ha venido gestando la institución en los



últimos años, y que busca encontrar un camino para su consolidación, lo cual amerita un compromiso docente en la práctica didáctica que se debe asumir para atender contenidos de un metaconocimiento de gran relevancia tanto para los formadores de docentes como para los que se forman, debido a su efecto multiplicador en los futuros estudiantes. Aunque poco se conoce acerca de cómo abordar estos aspectos de manera didácticamente efectiva (Acevedo Díaz, 2008; Acevedo-Díaz y otros, 2007a), es necesario diagnosticar las ideas o visión que tienen los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia para buscar las alternativas didácticas más viables que puedan favorecer la construcción de una visión epistemológica más contemporánea, lo cual no es una tarea libre de dificultades por su nivel de abstracción y polémica filosófica. Es importante entender, sin embargo, que los contenidos generales que se han consensuado para fines educativos no se pueden enseñar como contenidos declarativos o doctrinales, como lo señala Clough (2007), ya que se trata de contenidos metacientíficos, por lo que ameritan más bien de una comprensión crítica y reflexiva, lo cual es especialmente relevante en la formación de docentes de ciencias.

Por otra parte, los instrumentos escritos siguen siendo útiles para determinar la visión epistemológica de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia; sin embargo, es recomendable que puedan ser revisados y ajustados para generar nuevas versiones que potencien su efectividad, ya que la validez de este tipo de instrumentos es un proceso continuo, como ya lo han planteado antes Lederman y otros (2002, p. 517). En este sentido, el instrumento aplicado en esta investigación, el IVEC-A, constituyó una primera versión que luego fue modificada y aplicada en su segunda versión en una investigación posterior.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd-El-Khalick, F., WATERS, M. y PHONG-LE, A. (2008). Representation of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades». *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), pp. 835-855.
- ACEVEDO DÍAZ, J.A. (2008). «El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), pp. 134-169.
- ACEVEDO DÍAZ, J.A. y ACEVEDO ROMERO, P. (2002). *Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación secundaria*. Organización de Estados Iberoamericanos. Para la Educación, la Ciencia y la Cultura. ISSN. 1681-5653 [Documento en línea]. Disponible: <http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF> [Consulta: 2009, Febrero 5].
- ACEVEDO DÍAZ, J.A., VÁSQUEZ-ALONSO, A., MANASSERO-MAS, M.A. y ACEVEDO-ROMERO, P. (2007a). «Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), pp. 202-225.
- (2007b). «Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), pp. 42-66.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. (2007). *¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica*. UNESCO. Consultado el 19 de junio de 2010



en <http://es.scribd.com/doc/37819625/Que-Naturaleza-de-La-Ciencia-Hemos-de-Saber-Los-Profesores>.

- ANDRÉS, Z., MA, M., PESA, M.A. y MENESES, J. (2006). «La actividad experimental en física: visión de estudiantes universitarios». *Paradigma*, 27(1), pp. 1-29.
- BARRERA MORALES, M.F. (2008). *Modelos epistémicos en investigación y educación* (5ta. ed.) Caracas: Quirón Ediciones.
- BRICEÑO, F. (1996). *La epistemología constructivista como base de una didáctica alternativa en ciencias naturales*. Trabajo de Ascenso no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.
- (1999). *De la transmisión a la construcción de conceptos científicos. Instancias de un cambio radical en el aula*. Tesis doctoral no publicada, Universidad Santa María, Caracas.
- BUARANPHAN, K. y SUNG-ONG, S. (2009). «Thai preservice science teachers' conceptions of the nature of science». *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(1). Consultado el 19 de enero de 2011 en <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>.
- CAMPANARIO, J.M. y MOYA, A. (1999). «¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas». *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 179-192.
- CAMPANARIO, J.M. y OTERO, J.C. (2000). «Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, la concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), pp. 155-169.
- CASTAÑEDA FIGUEIRAS, S. y PEÑALOSA CASTRO, E. (2010). «Validando constructos en epistemología personal». *Revista Mexicana de Psicología*, 27(1), pp. 65-75. Consultado el 5 de junio de 2011 en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/2430/243016325007.pdf> [Consulta: 2011, Junio 5].
- CHALMERS, A. (1992). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI de España Editores.
- CLOUGH, M.P. (2007). Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students: Questions Rather Than Tenets. *The Pantaneto Forum*, Issue 25. Consultado el 24 de abril de 2012 en <http://www.pantaneto.co.uk/issue25/front25.htm>.
- COBERN, W.W y LOVING, C.C. (2002). Investigation of preservice elementary teachers' thinking about science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 1016-1031.
- CUTRERA, G. (2004). «La actividad científica y la génesis del conocimiento científico en los textos escolares de ciencias naturales. Un análisis de clasificación». *Revista Iberoamericana de Educación*. Consultado el 23 de abril de 2009 en <http://www.rieoei.org/deloslectores/672Cutrera.PDF>.
- CUTRERA, G. y DELL'ORO, G. (2003). «Un análisis de contenido en textos escolares sobre el método científico». *Revista Iberoamericana de Educación*, 32. Consultado el 27 de abril de 2009 en <http://www.rieoei.org/experiencias55.htm>.
- DELGADO, C., OJEDA, E., PÉREZ, M.E. y ASCANIO, A. (2008). «Impacto de un curso con enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS) dirigido a propiciar modificaciones en las concepciones acerca de la actividad científica en docentes en formación de la especialidad de Educación Integral del Instituto Pedagógico de Caracas». *Revista de Investigación*, 63, pp. 67-86.
- DENG, F., CHEN, D.-T., TSAI, C.-C. y CHAI, C.S. (2011). «Students' views of the nature of science: A critical review of research». *Science Education*, 95, pp. 961-999.
- DÍAZ, H. (2006). *Diseño educativo con enfoque histórico-epistemológico para la enseñanza de la evolución del modelo atómico desde Thomson hasta Böhr dirigido a docentes de química en formación y en*



ejercicio. Trabajo de ascenso no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.

- ELBY, A. (2009). «Defining personal epistemology: a response to Hofer & Pintrich (1997) and Sandoval (2005)». *Journal of Learning Science*, 18(1), pp. 138-149. Consultado el 30 de mayo de 2011 en http://www2.physics.umd.edu/~elby/papers/Elby_reply_to_Sandoval_Hofer.pdf.
- FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002). «Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza». *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 477-488.
- FRANKLIN, A. (2002). *Experiment in physics*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Consultado el 27 de abril de 2009 en <http://plato.stanford.edu./entries/physics-experiment/>.
- HAVDALA, R. y ASHKENAZI, G. (2007). «Coordination of theory and evidence: the effect of epistemological theories on students' laboratory practice». *Journal of Research on Science Teaching*, 44(8), pp. 1134-1159.
- HODSON, D. (1994). «Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio». *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313.
- HOFER, B. (2001). «Personal epistemology research: implication for learning and teaching». *Journal of Educational Psychology Review*, 13(4), pp. 353-383.
- HOGAN, K. (2000). «Exploring a process view of student's knowledge about the nature of science». *Science Education*, 84, 51-70.
- IBRAHIM, B., BUFFLER, A. y LUBBEN, F. (2009). «Profiles of freshman physics students' views of the nature of science». *Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 248-264.
- JIMÉNEZ VALLADARES, J. y PERALES PALACIOS, F. (2002). «La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de física y química». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2). Consultado el 5 de abril de 2009 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/numero2/Art5.pdf>.
- LANG DA SILVEIRA, F. y OSTERMANN, F. (1999). As epistemologías de Popper, Kuhn e Lakatos. *Actas del PIDEC*, 1, 111-147.
- LEACH, J. (2002). Students' understanding of the nature of science and its influence on labwork. En D. Psillos y H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 41-48). The Netherlands: Science & Technology Education Library, Kluwer Academic Publishers.
- LEDERMAN, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- LEDERMAN, N.G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R.L. y SCHWARTZ, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- LEDERMAN, N. (2006). «Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future». *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), 1-2. Consultado el 17 de septiembre de 2008 en http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/foreword2.htm#two [Consulta: 2008, Septiembre 17].
- LIU, S-Y y LEDERMAN, N.G. (2007). Exploring prospective teachers' worldviews and conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1281-1307.
- LIU, S-Y y TSAI, C-C (2008). Differences in the scientific epistemological views of undergraduate students. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1055-1073.



- MALAYER, M., PUJOL, R. y D'ALESSANDRO, A. (2003). «Análisis de los estilos de prosa, el enfoque ciencia-tecnología-sociedad e imagen de la ciencia en textos universitarios de química general». *Educación Química*, 14, (4), pp. 232–239.
- MARÍN, N., BENARROCH, A. y NIAZ, M. (en prensa). Revisión de consensos sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista de Educación*. Consultado el 14 septiembre de 2011 en http://www.revistaeducacion.mec.es/doi/361_137.pdf.
- MCCOMAS, W.F. (1996). «Ten myths of science: reexamining what we think we know about the nature of science». *School of Science and Mathematics*, January 1, 10-16.
- (2005a). Seeking NOS standards: what content consensus exist in popular books on the nature of science? Comunicación presentada en Annual Conference of the National Association of Research in Science Teaching, Dallas, Tx (Abril, 2005). Consultado el 24 de abril de 2012 en http://coehp.uark.edu/pase/05_NARST.pdf.
- (2005b). Teaching the nature of science: what illustrations and examples exist in popular books on the subject? Comunicación presentada en la Eighth International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Leeds, UK (Julio 15-18). Consultado el 24 de abril de 2012 en http://coehp.uark.edu/pase/05_NARST.pdf.
- MOREIRA, M.A. (2002). Las epistemologías de Toulmin y Maturana. *Actas del PIDEDEC*, 4, 89-98.
- MOREIRA, M.A. y OSTERMANN, F. (1993). «Sobre o ensino do método científico». *Caderno Caterinense de Ensino de Física*, 10(2), pp. 108-117.
- NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (2000). *Position statement: the nature of science*. Consultado el 9 de agosto de 2008 en <http://www.nsta.org/positionstatementepsid=22>.
- NIAZ, M. y MAZZA, A. (2011). *Nature of science in general chemistry textbooks*. New York: Springer. Consultado el 5 de abril de 2012 en http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/LibNiazMaza.pdf.
- OLIVA, A. (2003). *Filosofía da ciencia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- PARKER, L.C., KROCKOVER, G.H., LASHER-TRAPP, S. y EICHINGER, D.C. (2008). «Ideas about the nature of science held by undergraduate atmospheric science students». *American Meteorological Society*, 1681-1688.
- PÉREZ, Y. y NIAZ, M. (2008). Naturaleza, historia y filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de noveno grado de Venezuela. *Journal of Science Education*, 9, 28-31.
- PÉREZ, M.E., ASCANIO, M.A. y AÑEZ, E. (2002). «Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de docentes en formación». *Revista de Investigación*, 52, pp. 87-103.
- PESA, M. y GRECA, I. (2000). Las epistemologías de Bachelard, Laudan y Feyerabend. *Actas del PIDEDEC*, 2, 5-30.
- RUBIN, E., BAR, V. y COHEN, A. (2003). The images of scientists and science among hebrw- and Arabic-speaking preservice teachers in Israel. *International Journal of Science Education*, 25(7), 821-846.
- RAVANAL MORENO, E. y QUINTANILLA GATICA, M. (2010). «Caracterización de las concepciones epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la naturaleza de la ciencia». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 111-124.



- SANDOVAL, W. (2003). The inquiry paradox: why doing science doesn't necessarily change ideas about science. In C.P. Constantinou & Zacharia (Eds.), *Proceedings of the Sixth International Computer-Based Learning in Science Conference* (pp. 825-834). Nicosia, Cyprus.
- THOMAS, M.F., CRUZ, M.N., MARTINS, I.P. y CACHAPUZ, A.F. (1996). «Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial». *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 315-322.
- TIBERGHEN, A., VEILLARD, L., LE MARECHAL, J-F., y BUTY, C. (2001). «An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries». *Science Education*, 85(5), pp. 483-508.
- TOULMIN, S. (2003). *Regreso a la razón*. Barcelona: Ediciones Península, S.A.
- VÁSQUEZ ALONSO, A. y MANASSERO MAS, M.A. (1999). «Características del conocimiento científico: Creencias de los estudiantes». *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 377-395.
- VÁSQUEZ ALONSO, A., MANASSERO MAS, M.A. y TALAVERA DE, M. (2010). «Actitudes y creencias sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología en una muestra representativa de jóvenes estudiantes». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), 333-352.
- VHURUMUKU, E., HOLTMAN, L., MIKALSEN, O. y KOLSTO, S.D. (2006). «An investigation of Zimbabwe high school chemistry students' laboratory work-based images of the nature of science». *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 127-149.
- WONG, S.L. y HODSON, D. (2008). «From the horse's mouth: what scientists say about scientific investigation and scientific knowledge». *Science Education*, 93(1), 109-130.



ANEXO

INSTRUMENTO ACERCA DE LA VISIÓN EPISTEMOLÓGICA SOBRE DE LA CIENCIA (IVEC-A)

PARTE I. SELECCIÓN LIBRE

Orientaciones. A continuación se presenta una serie de planteamientos cuyo sentido debes completar seleccionando con una «X» la(s) casilla(s) de la alternativa(s) que más se ajuste al caso, de acuerdo con tu conocimiento y experiencia que tienes con relación al laboratorio en ciencia. Además, puedes usar el espacio en blanco para aclarar la selección de tu alternativa, si lo consideras conveniente, o simplemente explicar otra alternativa no mencionada. Trata de ser lo más sincero posible.

- El método científico consiste en los siguientes pasos:
 - Problema, hipótesis, experimento, observación, conclusiones, teorías, leyes.
 - Observación, hipótesis, problema, conclusiones, teorías, leyes, experimento.
 - Experimento, observación, problema, hipótesis, conclusiones, teorías, leyes.
 - Observación, problema, hipótesis, experimento, conclusiones, teorías, leyes.
 - Otra alternativa/aclaratoria: _____

- El método científico tiene las siguientes características...
 - Los pasos deben seguirse rigurosamente en el orden establecido para tener éxito.
 - Sirve de orientación en el trabajo del científico de manera flexible y dinámica.
 - Responde a reglas estrictas de la comunidad científica para producir conocimiento.
 - Es un método único reconocido científicamente para la producción de conocimiento.
 - Otra alternativa/aclaratoria: _____

- El conocimiento científico se produce si el proceso...
 - Se inicia con la observación del fenómeno.
 - Se basa en procedimientos válidos.
 - Se consolida en leyes científicas para hacer predicciones.
 - Se sujeta estrictamente a los pasos del método científico.
 - Otra alternativa/aclaratoria: _____

- El método científico responde a la siguiente descripción...
 - Es deductivista, no inductivista.
 - Es algorítmico, no heurístico.
 - Es experimental, no teórico.
 - Es secuencial, no recursivo.
 - Otra alternativa/aclaratoria: _____

- La actividad científica se desarrolla considerando...
 - Una secuencia de pasos consensuados por la comunidad científica.
 - Una metodología pertinente y válida para el problema en particular.
 - Procedimientos generales ya establecidos por la comunidad científica.
 - Se debe partir siempre de la observación cuidadosa.
 - Otra alternativa/aclaratoria: _____



- Un fenómeno puede ser explicado y/o predicho mediante...
 - Leyes
 - Teoría
 - Hipótesis
 - Principios
 - Otra alternativa/aclaratoria: _____

PARTE II. PREGUNTAS ABIERTAS

Orientaciones: Lee cada pregunta que se te presenta a continuación y respóndela de la manera más clara posible.

1. Cuando hablas de ciencia, ¿a qué te refieres? ¿qué significado le das al término ciencia?
2. En ciencia se habla de teorías y leyes, ¿qué diferencias consideras que hay entre ambas?
3. La ciencia también habla de hipótesis, ¿en qué diferencias una hipótesis de una teoría?
4. ¿Qué propósito consideras que tienen los experimentos en la ciencia?
5. ¿En qué consiste el método científico? Elabora un esquema que lo represente con sus relaciones según como tú lo entiendes.

PARTE III. PLANTEAMIENTOS PARA OPINAR

Orientaciones: A continuación se presentan varios planteamientos de manera afirmativa, las cuales debes argumentar según tu opinión presentando tus puntos de vista bien sea en apoyo o en oposición a lo afirmado con elementos que lo justifiquen. Tu opinión es lo que vale, por lo tanto te puedes sentir libre en decir lo que piensas en realidad.

1. Todo conocimiento científico comienza con la observación; cuando el científico observa los fenómenos bajo estudio con una mente libre de prejuicios no altera con su interpretación este proceso.
2. El seguir rigurosamente las etapas del conocido «método científico» permite llegar al conocimiento científico.
3. El método científico permite ir de lo particular a lo general, es decir, llegar a teorías y/o leyes como generalización de hechos observados.
4. El conocimiento científico es un producto intelectual dinámico de aciertos y fracasos.
5. El conocimiento científico es definitivo e inmutable.
6. La ciencia es una actividad humana y social, por lo que sus conclusiones son siempre juicios humanos falibles, no absolutos.
7. Las teorías científicas se construyen siempre a partir de hechos observables.
8. La observación de un hecho no es neutral, ya que requiere del uso de una teoría para saber qué observar.
9. Las teorías científicas no pueden ser confirmadas.



