

CONCEPCIONES SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA DE LOS PROFESORES DE BIOLOGÍA DEL NIVEL SECUNDARIO*

FERNANDO FLORES-CAMACHO / LETICIA GALLEGOS-CÁZARES /
XÓCHITL BONILLA / LUZ IRIS LÓPEZ / BEATRIZ GARCÍA

Resumen:

La investigación reciente sobre la enseñanza de las ciencias ha resaltado la importancia de la imagen de ciencia y aprendizaje que tienen los profesores para la construcción de una imagen social de ciencia. En México los estudios del tema son muy escasos y para poblaciones ubicadas en contextos socioculturales restringidos. Este estudio reporta los hallazgos sobre las concepciones de ciencia de 157 profesores de biología de secundaria, de 19 estados del país; hace una caracterización por medio de sus perfiles de concepción de ciencia, mismos que relacionan sus ideas con cuatro corrientes filosóficas principales, caracterizando, así, diferencias y semejanzas en poblaciones con orígenes disciplinarios y de formación profesional distintos.

Abstract:

Recent research on teaching science has emphasized the importance of teachers' images of science and learning in constructing a social image of science. In Mexico, studies on the topic are few in number and limited to populations living in restricted sociocultural contexts. This study reports on the findings regarding the conceptions of science of 157 biology teachers in secondary schools in nineteen states in Mexico. Their conception of science is described through their profiles, which relate their ideas to four main philosophical movements. Thus differences and similarities are marked in populations with different disciplinary origins and professional training.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias; desarrollo del profesor; filosofía de la ciencia; biología, México.

Key words: science teaching, teacher development, philosophy of science, biology, Mexico.

Fernando Flores-Camacho es investigador del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior s/n, AP 70-186, Ciudad Universitaria, CP 04510 México, DF. CE: floresf@aleph.cinstrum.unam.mx

Leticia Gallegos-Cázares es investigadora; Luz Iris López y Beatriz García son becarias del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Universidad Nacional Autónoma de México.

Xóchitl Bonilla es investigadora de la Universidad Pedagógica Nacional.

* Apoyos: SEPSEByN-2003-C01-8 y Dirección General de Formación Continua de Maestros en Servicio, SEB-SEP.

Introducción. Justificación y problemática

Es por todos sabido que la educación se encuentra en una etapa de crisis que atañe, profundamente, a la educación científica y que se manifiesta no sólo en las aulas sino también en otros ámbitos relacionados con la planificación y las dificultades de aprendizaje (Pozo y Gómez, 1998); por ello, en la actualidad, la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria se enfrenta a una serie de problemas y nuevas demandas para los docentes y sus prácticas educativas (Flores y Barahona, 2003). Considerando lo anterior, es necesario determinar qué elementos deben ser tomados como base en los procesos de actualización y formación de los profesores de ciencias, para dar coherencia, sentido y uso racional, a todos estos requerimientos. Dentro de los elementos posibles, dos son fundamentales: una clara y coherente concepción, por un lado, de la naturaleza de la ciencia (aspecto que se reporta en este artículo) y, por otro, del aprendizaje; ambas visiones articuladas.

Sin embargo, a pesar de lo trascendente de esas concepciones, las investigaciones recientes muestran que la mayoría de los docentes no poseen la claridad que se requiere sobre lo que significa la construcción del conocimiento científico. Durante mucho tiempo se pensó que éste surgía de “escuchar adecuadamente la voz de la naturaleza” (Claxton, 1991), todo lo que el científico debería hacer era observar, recoger información y seguir una serie de pasos del llamado “método científico” para “descubrir” un principio o una ley. Esta concepción ha sido superada por los filósofos e historiadores de la ciencia, pero no por los profesores.

Bloom (1989), Kouladis y Ogborn (1989), Aguirre, Haggerty y Linder (1990), Abell y Smith (1994) y Palmquist y Finley (1997), entre otros, destacan que la mayoría de los docentes en preservicio le dan un alto valor al método científico, con un predominio en las posturas empírico inductiva y positivista, las cuales identifican los conocimientos con la realidad, sin reflexionar sobre el papel de la comunidad científica. Por otro lado, Carey y Stauss (1970), Rowell y Cawthon (1982) y Settle (1990) enfatizan que la mayoría de los maestros no están conscientes de la construcción social y cultural de lo que es la ciencia, pues presentan una concepción ingenua de ella y manifiestan que las teorías son conocimientos acabados y, por lo tanto, verdaderos. La influencia de la sociedad en el desarrollo de la ciencia parece una cuestión obvia, pero resulta poco explícita para la mayoría de los profesores, dado que los programas y procesos de actuali-

zación y de formación no las consideran de manera suficiente (Duschl, 1985; Cobern, 2000).

Hasta ahora no existe un acuerdo definitivo de las implicaciones que tienen las concepciones de los docentes sobre la construcción del conocimiento científico en la enseñanza de la ciencia. Esta situación se debe, principalmente, a que se han buscado implicaciones directas, evidentes y con indicadores que identifiquen factores precisos (Mellado, 1997). En los últimos años, con investigaciones que presentan expectativas de más largo plazo y con la consideración de factores o aspectos indirectos, parece ir ganando terreno la idea de que, a pesar de que no hay indicadores directos que muestren el cambio de las formas de enseñanza, la concepción de ciencia del profesor sí influye en sus formas de enseñanza en aspectos como el lenguaje en clase (Zeidler y Lederman, 1989) y, sobre todo, en la formación de una visión de ciencia en sus estudiantes (Hodson, 1985; Brickhouse, 1989; Meyling, 1997) así como en la formación de profesores (Flores *et al.*, 2000). Si bien, como apunta Lederman (1992), aún es necesario hacer mayores investigaciones puesto que es un asunto en el debate, y si bien el mismo autor (1999) hace notar que de investigaciones previas no se puede concluir una influencia determinante de las concepciones de ciencia en la práctica en el salón de clase, sugiere que: “Un esfuerzo sistemático y concertado que ayude a los profesores para que desarrollen sus concepciones, destrezas y habilidades en el salón de clase que les pueda habilitar para transformar la comprensión de la ciencia en la práctica en el aula, debe ser promovido y evaluado sistemáticamente” (Lederman, 1999:927).

Así, concluimos con McComas, Clough y Almazroa (2000:19) que: “A pesar de algunas opiniones contrarias, tomamos la posición de esta revisión de la investigación que el conocimiento científico de los profesores y su comprensión de la naturaleza de la ciencia ejerce influencia en el comportamiento en clase de los profesores”.

En particular, pensamos que las formas implícitas que perciben los alumnos de las referencias hacia la construcción del conocimiento científico, su desarrollo histórico y sus implicaciones en la vida cotidiana, que perciben de sus profesores, dejan una profunda huella en ellos y marcan, en alguna medida, cómo se aproximan escolarmente al aprendizaje de las ciencias; por lo tanto, es necesario conocer el entramado de concepciones que tienen los docentes sobre la naturaleza de la ciencia y los orígenes de esas ideas, con el fin de que las instituciones dedicadas a la formación y actua-

lización de los profesores puedan incidir en las mismas. Así este trabajo está centrado y delimitado en el conocimiento en los profesores de las diferentes conceptualizaciones enmarcadas en su perfil epistemológico y sus posibles orígenes.

Es de notar que a pesar de lo relevante de las investigaciones sobre las nociones de ciencia de los profesores, en nuestro país las referencias son muy escasas (Flores *et al.*, 2000; Carvajal y Gómez, 2002; López, Rodríguez y Bonilla (2004); Gallegos, Flores y Valdés, 2004; Verjovsky y Waldegg, 2005).

Atendiendo a la problemática enunciada, se caracterizan las orientaciones epistemológicas de los docentes en lo que se denominó *perfíles de las concepciones de ciencia*, aporte que permite establecer los antecedentes, en términos de cómo se encuentran las concepciones de ciencia de los profesores de secundaria en algunos sectores del país, con la finalidad de contribuir al conocimiento de los elementos conceptuales y problemas que se presentan en torno al aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, así como para apoyar la construcción de procesos de formación y capacitación docente. Cabe aclarar que lo que aquí se reporta es la sección correspondiente a los profesores de Biología de un estudio más amplio que abarcó otras disciplinas científicas (Flores *et al.*, 2006).

Metodología

Muestra

La muestra analizada se conformó con 157 profesores de Biología de secundaria (las edades de los alumnos que cursan este nivel va de los 13 a los 15 años y es obligatorio pues forma parte de la educación básica) distribuidos heterogéneamente en 19 estados de la república mexicana (tabla 1); su selección y convocatoria corrió a cuenta de la Secretaría de Educación Pública, de acuerdo con criterios y posibilidades propios de cada entidad federativa.

La aplicación de los instrumentos se llevó a cabo en los estados así como en sesiones donde se impartió un curso a los profesores de las ideas previas en el aula; posteriormente se aplicó el cuestionario y una entrevista para conocer acerca de los orígenes de sus concepciones y que es motivo de otro análisis que no se describe aquí. Se cuidó no tratar el tema de la construcción del conocimiento científico con el objeto de no interferir con el cuestionario.

TABLA 1

*Distribución de profesores de Biología
en cada uno los estados de la república considerados*

Estado	Número de profesores	Estado	Número de profesores
Aguascalientes	13	Querétaro	2
Campeche	2	San Luis Potosí	5
Coahuila	3	Sinaloa	4
Chiapas	3	Sonora	18
Edo. de México	1	Tabasco	14
Guanajuato	2	Tamaulipas	3
Guerrero	14	Tlaxcala	8
Hidalgo	13	Veracruz	20
Michoacán	4	Zacatecas	6
Nayarit	22		
Total 157			

Instrumento

Con el fin de obtener información sobre las concepciones de los docentes, se utilizó el marco de análisis refinado de estudios previos (Flores *et al.*, 2001; Flores, Gallegos y García, 2004), donde se consideran como parámetros las corrientes de la filosofía de la ciencia (Brown, 1984; Losee, 1997; Pérez, 1999) que han marcado su desarrollo histórico: empirismo, racionalismo, positivismo o empirismo lógico y relativismo. La tabla 2 muestra de manera sintética los supuestos básicos de tales corrientes.

Además, para la determinación de los cuestionamientos o ítems específicos se establecieron tres ejes de análisis que también corresponden a los contextos clásicos de la epistemología de la ciencia y que se muestran en la tabla 3. Sobre esas corrientes y ejes se diseñó un cuestionario conformado por ocho preguntas, cada una con cuatro opciones de respuesta y un espacio para justificar la elección. Cada opción posible corresponde a una de las corrientes epistemológicas descritas, de esa forma, es posible identificar las preferencias al respecto de los profesores en cada ítem y construir con ello, a lo largo de los tres ejes y el conjunto de las preguntas, su perfil epistemológico. Una muestra del cuestionario se presenta en el anexo 1.

TABLA 2

*Breve síntesis de las corrientes filosóficas de la ciencia
(modificado de Flores et al., 2000)*

Corrientes de la filosofía de la ciencia			
<i>Empirismo</i>	<i>Racionalismo</i>	<i>Positivismo lógico</i>	<i>Relativismo</i>
Asume que el conocimiento comienza con la experiencia y que, al mismo tiempo, ésta es su prueba de verdad. Esta categoría incluye al realismo –en el sentido de que el conocimiento corresponde con la realidad y por ello es obtenido y probado por la prueba empírica– y al inductivismo en el sentido que las leyes teóricas son inducidas de la experiencia.	Considera que el conocimiento y las estructuras teóricas son producto de la racionalidad humana como mecanismo de interpretación de la experiencia. Las teorías científicas son verdaderas en función del correcto razonamiento y esquemas <i>a priori</i> . El proceso deductivo es el mecanismo de establecimiento de relaciones y leyes científicas y da al conocimiento carácter de verdad.	Considera la racionalidad necesaria para elaborar un modelo lógico-matemático que permita dar significado a los conceptos científicos obtenidos a partir del método científico. También implica la correspondencia entre los fenómenos y los conceptos validados dentro de la teoría. Las teorías son acumulativas e hipotético deductivas, la prueba de verdad sigue estando en la experiencia si bien no de manera directa.	Expresa que el conocimiento es construido por sujetos y comunidades y que ese conocimiento constituye esquemas representacionales transformables conceptual y estructuralmente. Considera a los fenómenos como algo a ser interpretado y el proceso de validación está dado por la comunidad científica.

TABLA 3

Indicadores por eje o contexto

Ejes		
<i>Descubrimiento</i>	<i>Justificación</i>	<i>Progreso</i>
Observación	Experimentación	Organización de la ciencia
Papel de científico	Validación	Desarrollo de la ciencia
Proceso metodológico	Certidumbre	

Para la elaboración de las preguntas se consideraron las investigaciones previas de Rowell y Cawthon (1982), Pomeroy (1993), Griffiths y Barry (1995), Palmquist y Finley (1997), Ryder, Leach y Driver (1999) y Galle-gos, Flores y Valdés (2004).

El instrumento aplicado es resultado de varios ensayos que permitieron su perfeccionamiento a través de la opinión de expertos sobre los criterios de asignación de la posición filosófica correspondiente y su previa resolución por diez estudiantes del nivel medio superior y ocho profesores del superior, mismos que fueron considerados para su ajuste en cuanto a la comprensión e inteligibilidad de las preguntas.

Sobre el proceso de análisis

Perfiles epistemológicos

Bachelard (1984) analizó las diversas aproximaciones a los conceptos científicos e hizo notar cómo, para cada una de ellas, corresponde una concepción de naturaleza epistemológica y ontológica distinta; es decir, cada una está construida en términos de una forma de abordar el conocimiento científico. Con ello acuña el término *perfil epistemológico* y puede hacer una representación gráfica de qué tanto un individuo tiene un mayor uso o dominio del significado de un concepto en términos de la concepción epistemológica que le da soporte. El uso que aquí se propone para este perfil es ligeramente distinto, pues no está aplicado a las variaciones e interpretaciones de un concepto científico, sino a toda una concepción sobre el conocimiento científico relacionada con los procesos de justificación, descubrimiento y progreso científico. De esta forma, el *perfil de las concepciones de ciencia* que se construya mostrará la identificación del sujeto (en términos de frecuencia de uso) de las diversas corrientes filosóficas que adscribe en su pensamiento.

Siguiendo el desarrollo propuesto por Gallegos y Garritz (2006), una vez que se obtuvieron los perfiles epistemológicos individuales, se aplicó un análisis de cluster o conglomerados (SPSS) para agruparlos de acuerdo con sus tendencias, y se elaboró un perfil promedio por grupo, lo que además posibilitó el análisis comparativo, no sólo entre grupos, sino también con otras poblaciones, es decir, llevándolo más allá de las representaciones individuales.

La identificación de los perfiles también permitió analizar la relación entre los perfiles promedio de cada grupo con las profesiones de origen de los docentes (la muestra se constituyó de profesores normalistas y de universitarios provenientes de distintas carreras). Para la primera parte del análisis se desglosaron las profesiones de origen de quienes imparten la asignatura de Biología en la secundaria (tabla 4), sin embargo, en un

segundo momento del análisis de los resultados solamente se utilizaron dos poblaciones: normalistas y biólogos (incluyendo profesiones afines a la Biología).

TABLA 4
Clasificación de las profesiones de origen de los profesores y su porcentaje

Categorías	% muestra	Muestra incluida en cada categoría
Normal	47.47	Normalistas
Física y afines	04.43	Físicos, físicoquímicos, ingenieros, ingenieros agrónomos
Biología	15.82	Biólogos, hidrobiólogos
Afín a la Biología	19.62	Médicos, odontólogos, veterinarios, agrónomos, optometristas
Química	03.80	Ingenieros bioquímicos, ingenieros químicos, químicos, químicos biológicos
Otros	08.86	Educadores, pedagogos, técnicos agrícolas, técnicos, etcétera

Análisis y resultados

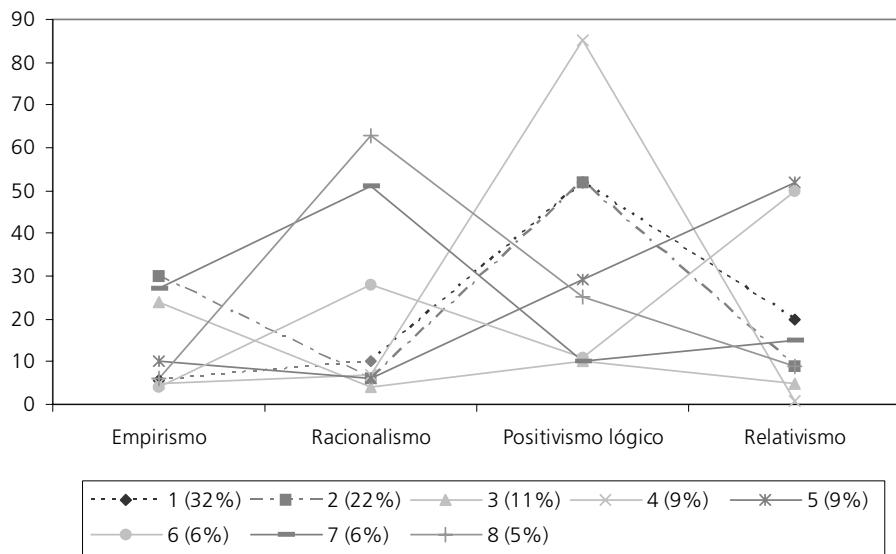
La sistematización de los datos mostró que cada uno de los profesores no manifiesta una posición homogénea en las diferentes categorías de análisis, lo que concuerda con otras investigaciones (Koulaidis y Ogborn, 1989; Flores *et al.*, 2000; McComas, Clough y Almazroa, 2000) y que le da sentido a la formación de los perfiles de las concepciones de ciencia, mismos que se elaboraron a partir del porcentaje de respuestas correspondientes a cada enfoque o corriente epistemológica, en cada categoría del cuestionario.

Del análisis de cluster de los perfiles epistemológicos de cada profesor, se obtuvieron ocho grupos bien diferenciados, sin embargo, la mayor parte de la muestra (54%) se distribuye en los dos primeros. A continuación se describen los perfiles promedio de cada grupo.

La gráfica 1 muestra el perfil promedio de cada grupo determinado en el análisis de cluster; en ella pueden verse sus tendencias principales en cuanto a preferencias epistemológicas.

GRÁFICA 1

*Perfil epistemológico promedio para cada uno de los grupos encontrados en los profesores de Biología (el porcentaje representa la población total de cada grupo)**



* Los porcentajes no llegan a 100% en los grupos debido a que no todos los profesores dieron respuesta a todo el cuestionario.

Los grupos 1 y 2 tienen el mayor número de profesores. Sus características son las siguientes:

Grupo 1

Está conformado por 32% de la muestra y presenta una clara tendencia hacia el positivismo lógico (50% de 32%), seguida por el relativismo (20% de 32%). Resalta que el empirismo es prácticamente inexistente.

Grupo 2

En este grupo, que representa 22% de la muestra, también predominó una posición positivista lógica (50% de 22%), seguida por el empirismo (30% de 22%). Al igual que en el grupo 1, 50% de las respuestas corresponde al positivismo lógico pero, a diferencia del primero, se observa una clara disminución en el porcentaje de respuestas con enfoque relativista y racionalista, mientras que el empirista aumenta.

Grupo 3

Está integrado por 11% de la muestra. Este grupo se caracteriza porque no respondió la mayoría de las preguntas del cuestionario, pero los profesores que sí contestaron muestran tendencia hacia la concepción empírista, con un porcentaje apenas superior a 20% con relación a su muestra (11%). El racionalismo, positivismo lógico y relativismo tuvieron respuestas con un porcentaje menor (10% de 11%).

Grupo 4

Está constituido por 9% de la muestra. Resalta su clara inclinación hacia el positivismo lógico (83% de 9%). Los enfoques restantes tuvieron un porcentaje igual o menor a 8% correspondiente a su muestra.

Grupo 5

Se encuentra integrado por 9% de la muestra, en él sobresalen las respuestas de tipo relativistas (51% de 9%), seguidas por el positivismo lógico, con 29% de 9%. Por su parte, el empirismo tuvo un porcentaje de respuestas de 11% de 9% y el racionalismo sólo 6% de 9 por ciento.

Grupo 6

Representa a 6% de los profesores. Es importante hacer notar que este grupo refleja la evolución histórica de las concepciones epistemológicas, ya que 50% de 6% dio respuestas relativistas, el racionalismo se presentó en 28% de 6%, el positivismo lógico tuvo un porcentaje de 11% de 6% y el empirismo únicamente 5% del 6 por ciento.

Grupo 7

Está formado por 6% de la muestra y se caracteriza por una predominancia en respuestas racionalistas (50% de 6%), seguidas por las empiristas (25% de 6%), mientras que el relativismo tuvo 14% de 6% y el positivismo lógico sólo fue elegido en 10% de 6 por ciento.

Grupo 8

Lo integra 5% de los profesores de la muestra total, en este caso se encontró que 63% (de ese 5%) de las respuestas dadas fueron de corte racionalista, 23% (de 5%) toca el positivismo lógico; el relativismo y el empirismo obtuvieron, respectivamente, 8% y 6% de la muestra del grupo.

Las tendencias de los ocho grupos indican que más de la mitad de los docentes de Biología en secundaria (grupos 1, 2 y 4) poseen concepciones de ciencia lógico positivistas, por lo que podrían considerar que el conocimiento se constituye mediante el establecimiento de un sistema de proposiciones racionales, como instrumentos que permiten explicar la realidad y se contrastan con ella por la experiencia. En esta perspectiva, para los profesores de Biología, la ciencia podría ser el conjunto de teorías con una organización racional lógica, jerárquica y clasificatoria, fundada en proposiciones demostrables empíricamente; la observación estaría dirigida a las unidades básicas de la experiencia que son los hechos, los que se organizan y analizan mediante procesos lógicos y matemáticos. La relación entre el sujeto y el objeto de conocimiento no es considerada como una interacción entre ellos, es vista como una relación pasiva, destinada a la explicación sobre la realidad, donde el sujeto capta al objeto de conocimiento. Esta postura también considera que la realidad es inmutable y está al margen de los sujetos, que el sistema de conceptos debe adecuarse a los hechos, a los que describe mediante teorías.

Aproximadamente la décima parte de los profesores de Biología (grupo 3) se inclina hacia el empirismo, por lo que se podría considerar que el conocimiento se encuentra en la naturaleza y es aprehendido por los sujetos; por lo tanto, su idea de ciencia está centrada en el grupo de enunciados universales que se obtienen de un conjunto de enunciados observacionales particulares, lo que hace que la ciencia sea objetiva, absoluta y ahistorical.

Alrededor de la décima parte de los profesores de Biología (grupos 7 y 8), presenta una tendencia hacia el racionalismo, por lo que se podría considerar que ellos conciben que la fuente de los conocimientos está en las capacidades cognitivas del sujeto, y tiene que ver con su organización racional y sistemática, apoyado en los procesos de razonamiento *a priori* a la experiencia.

Finalmente, casi la décima parte de los profesores de Biología (grupos 5 y 6), presenta una tendencia hacia el relativismo, por lo que se podría considerar que piensan que el conocimiento científico es una construcción que intenta dar cuenta de la realidad por medio de diferentes modelos o teorías en determinado tiempo, espacio y contexto. En este enfoque, la ciencia articula y desarrolla teorías en su intento por explicar el comportamiento de algunos aspectos que son interpretados a partir de la interacción con los fenómenos y de compromisos que comparten las comunidades cien-

tíficas. Los docentes con este tipo de concepción consideran que el papel de la observación, la importancia de los datos y en general toda experiencia, está determinada por cómo son observados desde la teoría.

Relación de los perfiles con la formación de los docentes

La muestra de profesores que imparten Biología en secundaria se compone, principalmente, de normalistas (47.47%), así como de biólogos y profesionistas de formación afín a la Biología (35.44%), el restante 17% (tabla 4) no será analizado en este apartado por la diversidad de profesiones poco relacionadas con una formación medianamente sólida en Biología y porque son una minoría dentro de la muestra analizada.

Aunque las dos formaciones se distribuyen de manera desigual en los grupos de perfiles, coinciden en mayor proporción dentro de los grupos 1 y 2 (en los que predomina el positivismo lógico). El resto de los normalistas de los otros grupos se inclinan, predominantemente, por los perfiles de los grupos 5 (donde sobresale el relativismo) y 7 (en el que predomina el racionalismo), mientras que en el grupo 3 una buena parte de los biólogos y afines poseen un perfil que los ubica dentro del empirismo. Las distribuciones de profesores, de acuerdo con su formación profesional de origen, se muestran en la tabla 5.

La comparación de las concepciones de ciencia predominantes en estas dos poblaciones indica que la tendencia empirista (que caracteriza al grupo 3) proviene, principalmente, de los biólogos y afines, quienes la utilizan de manera inestable, al igual que el razonamiento de tipo positivista lógico. El racionalismo y el relativismo se observan estables en su baja frecuencia de uso y con una limitada representación (gráfica 2).

TABLA 5
*Distribución de normalistas, biólogos y afines
 a la Biología en cada grupo de acuerdo con su perfil epistemológico*

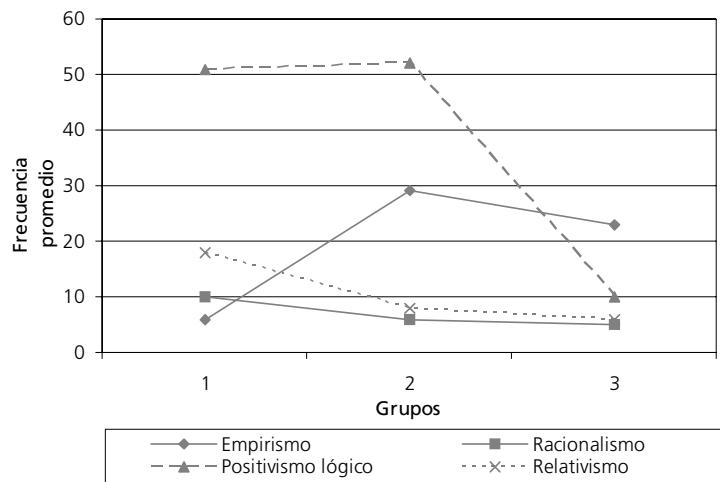
Profesión de origen	Muestra respecto del total (%)	Distribución de la muestra en cada grupo (%)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Normalista	47.47	28	15	4	5	8	5	6	4
Biología y afines*	35.44	17	15	11	3	4	4	1	1

* Los profesionistas que componen esta clase se especifican en la tabla 4.

El caso de los normalistas es más complejo pues, aunque el uso de las diferentes corrientes para responder el cuestionario fue mayor (positivismo lógico) o menor (racionalismo y empirismo), todas presentan una clara tendencia a la inestabilidad (gráfica 3).

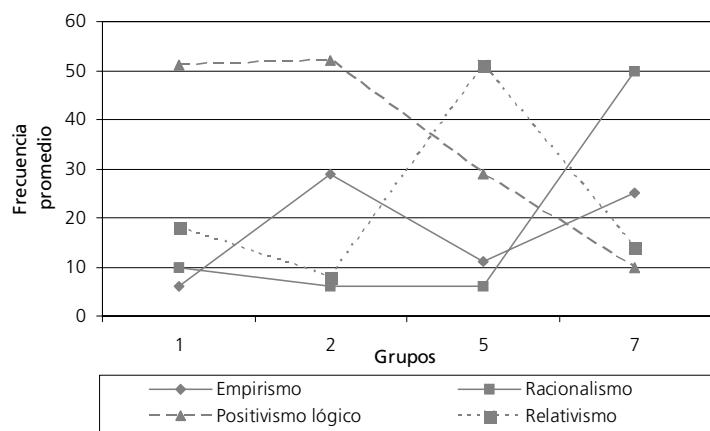
GRÁFICA 2

Promedio de uso de las corrientes epistemológicas en la población de biólogos y afines



GRÁFICA 3

Promedio de uso de las corrientes epistemológicas por los profesores normalistas

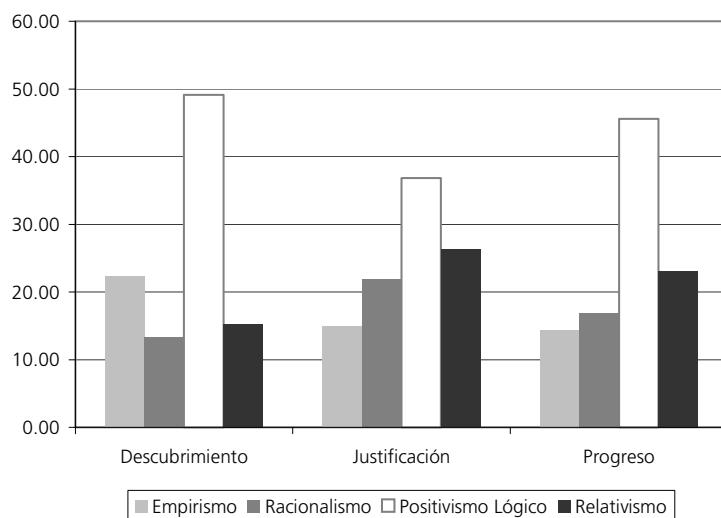


Análisis general

Los porcentajes de los perfiles epistemológicos promedio de los profesores analizados indican que, en todas las categorías –descubrimiento, justificación y progreso– las respuestas que predominan en los profesores de Biología es el positivismo lógico, seguido del racionalismo y el relativismo; el empirismo ocupa el menor porcentaje de respuesta en los contextos de justificación y de progreso de la ciencia como se puede ver de la gráfica 4.

GRÁFICA 4

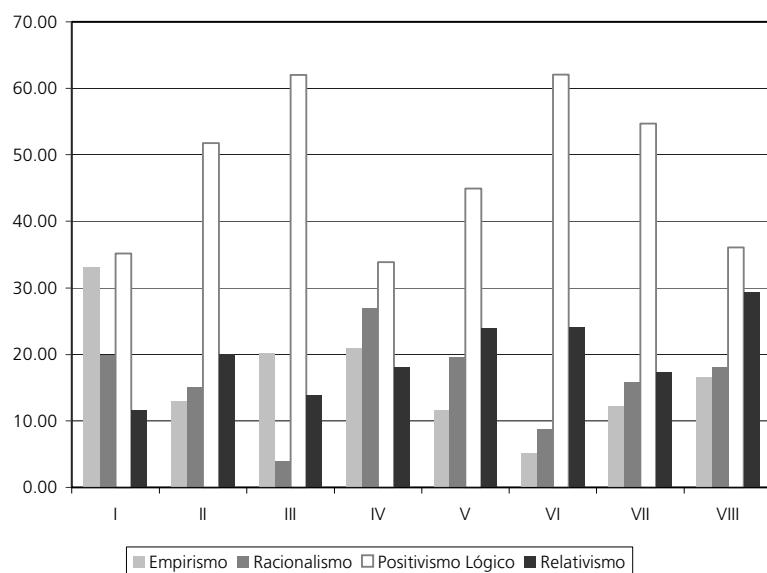
Porcentajes de respuestas de las posiciones epistemológicas de acuerdo con los ejes principales de análisis



En el eje de descubrimiento, que da cuenta del proceso de elaboración de la ciencia, predomina la postura del positivismo lógico, seguida del empirismo y del relativismo. En el contexto de justificación y en el de progreso de la ciencia, las respuestas que predominan son las lógico positivistas, seguidas de las relativistas y las racionalistas; el empirismo ocupa, en ambos, el menor porcentaje de respuesta. La alta representación del empirismo en el contexto de descubrimiento se debe a las respuestas de este tipo en los indicadores del papel de la observación y de la metodología en la construcción de la ciencia (gráfica 5).

GRÁFICA 5

Porcentaje de respuestas relativas a las concepciones de ciencia para los ejes de descubrimiento, justificación y progreso



I = observación; II = papel del científico; III = proceso metodológico; IV = experimentación; V = validación; VI = certidumbre; VII = organización de la ciencia; VIII = desarrollo de la ciencia).

Conclusiones

Los resultados y su análisis nos muestran un panorama donde la mayoría de los profesores de Biología de secundaria, tanto normalistas como aquellos que provienen de una carrera profesional de Biología y áreas afines, muestran una clara tendencia hacia una concepción de ciencia que se encuentra en la corriente filosófica del positivismo lógico. Esta tendencia se ubica, como lo muestran los dos primeros grupos, en la mayoría de los docentes y está enmarcada en lo que los profesores de secundaria tienen como parámetros fundamentales de lo que es la ciencia y su construcción y que son: la metodología y la comprobación experimental de las hipótesis; con lo que se logra un conocimiento objetivo y acumulativo.

Como podrá notarse esta concepción predominante se encuentra muy generalizada y no será extraño que sus fuentes estén en su preparación

profesional, así como en elementos informales como la divulgación científica e, incluso, el sentido común, cuestión que es necesario investigar. Sin embargo, como sabemos, no corresponde a una concepción contemporánea sobre la naturaleza de la ciencia. Esto nos lleva a suponer que no ha habido una preparación y actualización eficaz en este sentido. Pero tal vez, más importante que eso, nos lleva a que, en buena medida, ésa es la percepción sobre la ciencia que reciben los alumnos, sea de forma explícita o implícita.

Comparando con otras investigaciones, lo encontrado como tendencia general coincide, en buena medida, con estudios que hemos llevado a cabo previamente, si bien con una población distinta (profesores de Física del bachillerato, Flores *et al.*, 2000) muestra diferencias con otra caracterización que ubica a los profesores más en una tendencia constructivista (Carvajal y Gómez, 2002), y aunque ambas investigaciones previas fueron realizadas con muestras locales, mientras que la que aquí se reporta da cuenta de una conformada por profesores de varios estados ofrece indicios de que la situación tiende a ser generalizable.

La segunda posición filosófica sobre la naturaleza de la ciencia que arroja los resultados es el relativismo, sobre todo por una amplia respuesta de los profesores en torno a los temas de justificación y de progreso científico. En esta posición, correlativa con el constructivismo, la ciencia no tiene atributos de verdad y leyes absolutas sino, por el contrario, se encuentra en un permanente cambio que va más allá de los propios conceptos y que se relaciona con el cambio en la imagen del mundo (Kuhn, 1985). Es una visión mucho más contemporánea y muestra que, de alguna manera, hay profesores que han sido influidos por cursos, lecturas o bien una mirada atenta al enfoque del programa de secundaria (Planes y Programas de Estudio, SEP, 1993) y de los Cursos Nacionales de Actualización (Gallegos, Flores y Valdés, 2004) que claramente aboga por esta concepción y su importancia en la enseñanza de la ciencia. Sin embargo, no hay que perder de vista que es un posición con menor presencia de lo que se esperaría sobre todo después de la labor desarrollada a través de los materiales de los Cursos Nacionales de Actualización (Flores *et al.*, 2004, García, Flores y Gallegos, 2005).

El racionalismo aparece cerca del relativismo y nos da cuenta de una posible concepción que toma de ambos enfoques –que no se encuentran

muy distanciados en términos del papel del sujeto en la construcción del conocimiento— y que, por lo tanto, puede tener fuentes semejantes de información o bien de elementos analizados en su formación previa.

Es importante mencionar que el empirismo, que hubiera sido de esperar que tuviera mayor relevancia con base en investigaciones previas (Carey, *et al.*, 1989; Duschl, 1987; Lucas y Roth, 1996; Ryder, Leach y Driver, 1999), se encuentra al final de las tendencias sobre la construcción del conocimiento, lo cual es un indicativo alentador.

Hay que remarcar, sin embargo, que estas posiciones en torno a la naturaleza de la ciencia no son monolíticas, por el contrario, en un mismo profesor se encuentra que, ante el contexto de la pregunta, expresa una u otra tendencia epistemológica, lo que se muestra claramente en los perfiles de las concepciones de ciencia promedio, obtenidos de los individuales. Esto evidencia la necesidad de que las concepciones de los docentes se acerquen, de forma más completa y coherente, a una visión contemporánea de la construcción del conocimiento científico, no sólo para que tengan elementos de integración de acuerdo con las posiciones actuales de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia (relativismo-constructivismo), sino también, porque esa imagen tendrá importantes implicaciones en la formación de sus alumnos (Flores *et al.*, 2000; Tsai, 2002). Así, una visión científica congruente con las tendencias actuales de la naturaleza de la ciencia proporcionará al profesor y al estudiante mayor precisión y claridad para comprender el desarrollo de las disciplinas científicas.

La comparación entre docentes formados en las normales y aquellos que lo fueron en las universidades no arroja diferencias importantes, en ambas poblaciones las tendencias principales son las mismas. Estos resultados indican la urgente necesidad de que los profesores de secundaria reciban atención especial en relación con la naturaleza de la ciencia, ya que es importante para una formación distinta de los alumnos y una clara comprensión, por parte de los maestros, de los enfoques educativos actuales y reformas en proceso —por ejemplo el caso de la Reforma Integral de la Educación Secundaria (RIES) para las ciencias naturales— para que éstas sean realmente factores de cambio y no se conviertan, como ha sido habitual, en esquemas y programas donde sólo cambia la organización de contenidos pero las prácticas educativas en el salón de clase permanecen invariables.

Es necesario incrementar la línea de investigación sobre la relación de la naturaleza de la ciencia con la práctica docente y los saberes y percepción de la ciencia de los estudiantes. También es imperioso incorporar este tema de manera profunda en la formación de origen de los docentes (normalistas y universitarios), así como en los procesos de actualización, cursos que propicien la construcción de visiones actuales sobre la naturaleza de la ciencia pero con el cuidado de no ofrecer una visión descontextualizada del ámbito escolar puesto que, como se ha demostrado, el sólo ofrecer cursos sobre filosofía de la ciencia es insuficiente (Lederman, 1992).

Anexo 1

Proyecto: Naturaleza de la Ciencia y Aprendizaje.

Perfiles y Concepciones de Ciencia de los Profesores de Ciencias Naturales de Secundaria
Universidad Nacional Autónoma de México

Entidad Federativa: _____

Sexo: F _____

M _____

Años de profesor(a): _____

Escuela: Urbana _____

Rural _____

Formación de origen:

a) Normalista _____

b) Universitario (licenciatura en: _____)

Máximo grado de estudios: _____

Asignatura que imparte: Biología _____ Física _____ Química _____

(Seleccione sólo su asignatura principal) _____

Un profesor abre un debate con sus alumnos acerca de lo que es la ciencia, sus procedimientos, sus logros y alcances. En ese debate surgen las preguntas que se muestran a continuación. De cada una de esas preguntas elija y justifique la opción que considera más adecuada para responder a los alumnos si usted fuese el profesor(a).

1. ¿Cuál es el papel o función que tiene la observación para el desarrollo del conocimiento científico?

- a) La observación es la fuente de todo conocimiento humano y es, a partir de ella, que los científicos descubren las leyes siempre y cuando se haga de manera sistemática y objetiva. (e)
- b) La observación no permite encontrar, por sí misma, leyes y otros conocimientos científicos; ya que no es confiable. Las personas observan cosas diferentes. (r)

- c) Lo que se observa no es objetivo, depende de la teoría o concepción previa que tenga el investigador, por lo que la observación es útil, principalmente, para ampliar el conjunto de fenómenos que pueden ser interpretados a partir de la teoría. (re)
- d) La observación proporciona datos verdaderos que son interpretados con ayuda de los conceptos de una disciplina científica y, a partir de ellos, se elaboran leyes y conocimientos para que puedan ser verificados. (pl)

Opción elegida _____

Por favor, justifique su elección.

2. ¿Cuál es la labor de un científico?

- a) Observar y asociar hechos de manera objetiva y metodológica para descubrir leyes universales. (e)
- b) Elaborar hipótesis y teorías que describan un cierto ámbito fenomenológico y someterlas a prueba constantemente hasta que se demuestre su falsedad. (pl)
- c) Organizar los fenómenos a partir de las reglas del razonamiento humano y principios fundamentales y elaborar con ellos una teoría. (r)
- d) Construir teorías que, si bien no serán definitivas, permiten, sin embargo, interpretar fenómenos naturales, brindar explicaciones plausibles y dar solución a problemas específicos. (re)

Opción elegida _____

Por favor, justifique su elección.

Las letras e, r, pl y re indican la pertenencia de la opción a las corrientes filosóficas (e = empirismo; r = racionalismo; pl = positivismo lógico; re = relativismo).

Referencias bibliográficas

- Abell, S. y Smith, D. (1994). "What is science? preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science", *International Journal of Science Education*, vol. 16, núm. 4, pp. 475-487.
- Aguirre, J.; Haggerty, S. y Linder, C. (1990). "Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education", *International Journal of Science Education*, vol. 12, núm. 4, pp. 381-390.
- Bachelard, G. (1984). *La filosofía del No.* (3^a reimpr. en castellano), Buenos Aires: Amorrortu Editores.
- Bloom, J. (1989). "Preservice elementary teachers' conceptions of science: science, theories and evolution", *International Journal of Science Education*, vol. 11, núm. 4, pp. 401-415.
- Brickhouse, N. (1989). "The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: case studies of teachers' personal theories", *International Journal of Science Education*, vol. 11, núm. 4, pp. 437-449.
- Brown, H. (1984). *La nueva filosofía de la ciencia*, Madrid: Tecnos.

- Carey, R. y Stauss, N. (1970). "An Analysis of experienced science teachers' understanding of the nature of science", *School Science and Mathematics*, núm. 70, pp. 366 - 376.
- Carey, S. *et al.* (1989). "An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge", *International Journal of Science Education*, vol. 11, núm. 5, pp. 514 - 529.
- Carvajal, E. y Gómez, M. R. (2002). "Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 7, núm. 16, pp. 577-602.
- Claxton, G. (1991). *Educating the inquiring mind. The challenge for school science*, Londres: Harvester.
- Coborn, W. (2000). "The nature of science and the role of knowledge and belief", *Science & Education*, vol. 9, núm. 3, pp. 219-264.
- Duschl, R. (1985). "Science education and philosophy of science: twenty five years of mutually exclusive development", *School Science and Mathematics*, núm. 87, pp. 541- 555.
- Duschl, R. (1987). "Improving science teacher education programs through inclusion of history and philosophy of science", en J. P. Barufaldi (ed.) *Improving preservice/in-service science teacher education: Future perspectives, the 1987 AETS yearbook*, Association for the Education of Teachers in Science.
- Flores, F. *et al.* (2000). "Transforming science and learning concepts of physics teachers", *International Journal of Science Education*, vol. 22, núm. 2, pp. 197-208.
- Flores, F. *et al.* (2001). "Propuesta para el análisis de los compromisos epistemológicos de los profesores de ciencias naturales", *VI Congreso Nacional de Investigación Educativa (memorias)*, COMIE: Manzanillo, Colima.
- Flores, F. y Barahona, A. (2003). "Currículo de educación básica: contenidos y prácticas pedagógicas", en G. Waldegg *et al.* (eds.) *Retos y perspectivas de las ciencias naturales en la escuela secundaria*, Biblioteca para la actualización del maestro, México: SEP/OREALC/UNESCO, pp. 13-36.
- Flores, F.; Gallegos, L. y García, A. (2004). "Transformaciones conceptuales y pedagógicas en los profesores de ciencias naturales de secundaria: Los efectos de los cursos nacionales de actualización", *Reseñas de Investigación Educativa (convocatoria 2002)*, México: SEP (versión electrónica; ISBN: 968-5790-04-3).
- Flores, F. *et al.* (2006). *Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores de ciencias naturales*, Reporte de investigación, México: UNAM.
- Gallegos, L.; Flores, F. y Valdés, S. (2004). "Transformación de la enseñanza de la ciencia en profesores de secundaria. Efectos de los Cursos Nacionales de Actualización", *Perfiles Educativos*, vol. XXVI, núm. 103, pp.7-37.
- Gallegos, L. y Garritz, A. (2006). "Los perfiles de modelos como una representación individual y grupal de las concepciones de los estudiantes", en I. Pozo y F. Flores (eds.) *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*, Madrid: Antonio Machado/UNESCO (en prensa).
- García, A.; Flores, F. y Gallegos, L. (2005). "The national in-service courses for science teachers and their effect on educational reform in Mexico", *Journal of Education for Teaching*, vol. 31, núm. 1, pp. 37 - 46.

- Griffiths, A. K. y Barry, M. (1995). "High school students' views about the nature of science: result from thee countries", *School Science and Mathematics*, vol. 95, núm. 5, pp. 248 - 255.
- Hodson, D. (1985). "Philosophy of science, science and science education", *Studies in Science Education*, núm. 12, pp. 25 - 57.
- Koulaidis, V. y Ogborn, J. (1989). "Philosophy of science: An empirical study of teachers' views", *International Journal of Science Education*, vol. 11, núm. 2, pp. 173-184.
- Kuhn, T. (1985). *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Lederman, N. (1992). "Students' and teachers' conceptions of the science: A review of the research", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, núm. 4, pp. 331-359.
- Lederman, N. (1999). "Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 36, núm. 8, pp. 916-929.
- López, Á., Rodríguez, D. y Bonilla, X. (2004) "¿Cambian los cursos de actualización las representaciones de la ciencia y la práctica docente?", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 9 núm. 22, pp. 699-719.
- Losee, J. (1997). *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*, Madrid: Alianza Editorial.
- Lucas, K. y Roth, W. M. (1996). "The nature of scientific knowledge and student learning two longitudinal case studies", *Research in Science Education*, núm. 26, pp. 103-129.
- McComas, W.; Clough, M. y Almazroa, H. (2000). "The role and character of the nature of science in science education", en W. McComas (ed.), *The nature of science in science education*, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 41-52.
- Mellado, V. (1997). "Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of nature of science", *Science & Education*, vol. 6, núm. 4, pp. 323-329.
- Meyling, H. (1997). "How to change students' conceptions of the epistemology of science", *Science & Education*, 6, 397-416.
- Palmquist, B. y Finley, F. (1997). "Preservice teachers' views of the nature of science during a post baccalaureate science teaching program", *Journal of Research in Science Teaching*, núm. 34, pp. 595-615.
- Pérez, A. (1999), *Khun y el cambio científico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Pomeroy, D. (1993). "Implications of teacher's beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers", *Science Education*, vol. 77, núm. 3, pp. 261-278.
- Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencias*, España: Morata.
- Rowell, J. A. y Cawthon, E. (1982). "Images of science: an empirical study", *Journal of Science Education*, vol. 4, núm. 1, pp. 79 - 94.
- Ryder, J.; Leach, J. y Driver, R. (1999). "Undergraduate science students' images of science", *Journal of Research in Science Teaching*, núm. 36, pp. 201-219.
- SEP (1993). *Plan y programas de estudio. Educación básica. Secundaria*, México: Dirección General de Materiales y Métodos Educativos-Subsecretaría de Educación Básica y Normal-SEP.

- Settle, T. (1990). "How to avoid implying that physicalism is true: a problem for teachers of science", *International Journal of Science Education*, vol. 12, pp. 258-264.
- Tsai, C. C. (2002). "Nested epistemologies: science teachers' beliefs of teaching and science", *International Journal of Science Education*, vol. 24, núm. 8, pp. 771-783.
- Verjovsky, J. y Waldegg, G. (2005). "Analyzing beliefs and practices of a mexican high school biology teacher", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 42, núm. 4, pp. 465-491.
- Zeidler, D. y Lederman, N. (1989). "The effects of teachers' language on students' conceptions of the nature of science", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 26, núm. 9, pp. 771-783.

Artículo recibido: 23 de junio de 2006
Dictamen: 17 de octubre de 2006
Segunda versión: 27 de octubre de 2006
Aceptado: 21 de noviembre de 2006