



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

“CONOCIMIENTOS Y CREENCIAS DE PROFESORES DEL
BACHILLERATO SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR-QUÍMICA

P R E S E N T A :

María Eugenia Minor Borrego

TUTOR:

DR. ANDONI GARRITZ RUIZ

México D.F. Marzo 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

CAPÍTULO 1	7
1.0 Planteamiento del problema	7
2.0 Justificación	8
3.0 Pregunta de investigación	13
4.0 Hipótesis	13
5.0 Metas	13
6.0 Objetivos	13
6.1 General	13
6.2 Especifico	13
CAPITULO 2	14
2.0 Introduccion y marco teórico	14
Antecedentes.	14
Epistemología y ciencia.....	16
El debate sobre lo que representa la <Naturaleza de la Ciencia> (NdC)	21
El consenso en la NdC.....	22
Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT). Su Importancia en la educación.....	29
2.2 Comparación entre la NdC implícita y explícita.....	30
2.3 La importancia del conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza y la construcción del conocimiento de la NdC en los estudiantes ...	32
2.4 CPC (Conocimiento Pedagógico del Contenido) a través de la Representación del Contenido de Loughran <i>et al.</i>	36
Metodología	38
Muestra:	38
Procedimiento	38
Validación.....	40
CAPITULO 3 Resultados y Análisis	41
Con relación a la relevancia del tema de NdCyT en el curso de química del bachillerato (primera pregunta de nuestro CoRe)	42
Conceptos centrales elegidos por los cuatro profesores en la segunda pregunta el CoRe	43
Aspectos importantes al analizar las otras preguntas del CoRe	44

Importancia del aprendizaje del concepto	45
Relación del aprendizaje con el entorno y la vida diaria	53
Ideas previas de la NdC	53
Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de este concepto.....	55
Aspectos Históricos.....	56
Procedimientos y recursos	57
Evaluación.....	58
CAPÍTULO 4 CPC consensuado de los cuatro profesores entrevistados	60
Primera pregunta:	60
2.-Cite tres conceptos centrales relacionados con el tema de NdCyT	60
3.-¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto y qué intenta que sus estudiantes aprendan sobre el mismo?	61
Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología	61
El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)	61
El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente.....	61
Pasajes históricos	62
El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente	62
Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia	62
No existe un método científico universal, paso a paso	62
4.-¿ Qué ideas previas o concepciones alternativas tienen sus alumnos acerca de este concepto? Y ¿ qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en su enseñanza de este concepto?	62
Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología	62
El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)	63
El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente.....	63
Pasajes históricos	63
El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente	63
Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia	63
No existe un método científico universal, paso a paso	63
5.-¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza y el aprendizaje de este concepto?	63
Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología	63
El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)	63
El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente.....	64
Pasajes históricos	64

El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente	64
Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia	64
No existe un método científico universal, paso a paso	64
6.-¿Qué conocimientos sobre la historia de este concepto conoce? y ¿Qué aspectos históricos son importantes en la enseñanza de este concepto en el bachillerato?.....	64
Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología	64
El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)	65
El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente.....	65
Pasajes históricos	65
El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente	65
Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia.....	65
No existe un método científico universal, paso a paso	65
7.-¿Qué procedimientos y recursos (analogías, metáforas, ejemplos, videos, etc) emplea para que los alumnos se comprometan con el concepto?	65
Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología	65
El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)	66
El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente.....	66
Pasajes históricos	66
El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente.....	66
Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia.....	66
No existe un método científico universal, paso a paso	66
8.-¿Qué maneras específicas emplea para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre el concepto?.....	66
Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología	66
El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)	67
El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente.....	67
Pasajes históricos	67
El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente.....	67
Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia.....	67
No existe un método científico universal, paso a paso	67
CAPÍTULO 5 Conclusiones	68
CAPÍTULO 6 Recomendaciones.....	71
Anexo 1 CoRes de los profesores.....	72
Referencias Bibliográficas.....	92

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México (en particular al Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Azcapotzalco) por darme la oportunidad de realizar el estudio de maestría en el marco de mi trabajo académico.

A los profesores M en D. María del Consuelo Hernández Sánchez, M en D. César Robles Haro, M en D. María de Lourdes García Jiménez y M en D. Alfredo Herrera Hernández que amablemente me dieron su tiempo para contestar el instrumento utilizado en este trabajo y me permitieron entrar al mundo educativo de sus aulas.

Además agradezco las propuestas , comentarios y correcciones de la Doctora Alejandra Garcia Franco asi como del Doctor José Antonio Chamizo Guerrero que permitieron el desarrollo de esta tesis.

De igual forma agradezco los comentarios del Maestro Porfirio Morán Oviedo y del Doctor Adolfo Eduardo Obaya Valdivia que enriquecieron este trabajo.

Sin embargo llegar al final de este proceso académico, no hubiera sido posible sin la valiosa orientación, dedicación y el respaldo de mi director de tesis, el Doctor Andoni Garritz Ruiz.

A todos ellos manifiesto mi profunda gratitud.

CAPÍTULO 1

1.0 Planteamiento del problema

Nos dice Derek Hodson (2008) en la sección donde analiza ‘¿Por qué necesitamos de alfabetización científica?’(p. 9-15):

Es necesario plantear la promoción de conocimiento público de la ciencia, para comprender los beneficios a la ciencia, a los individuos y a la sociedad en su conjunto.

Los beneficios para la ciencia son vistos ampliamente en el número de nuevos científicos reclutados, más apoyo a la investigación y más expectativas realistas del público hacia el desarrollo de la ciencia. A los individuos, la alfabetización científica da acceso a una gama más amplia de oportunidades de empleo y se encuentran con una mejor disposición para responder positiva y productivamente en la introducción de nuevas tecnologías en su centro de trabajo. Finalmente, a las sociedades en su conjunto les proporciona alguno de los siguientes tres beneficios:

- 1) El dominante argumento económico;
- 2) El enriquecimiento de la cultura de la nación y de la vida intelectual, en lo general;
- 3) La capacidad de dar énfasis a la democracia y la promoción de una ciudadanía responsable.

Luego Hodson titula a su capítulo 2 ‘Explorando los aspectos de la Naturaleza de la Ciencia’. Y es que nos dice que la alfabetización científica se obtiene mediante tres conocimientos: 1) Saber Ciencia 2) Saber Acerca de la Ciencia y 3) Saber Hacer Ciencia¹. El segundo punto tiene que ver precisamente con la Naturaleza de la Ciencia.

Lederman, 1992 habla de la necesidad de que el alumno adquiera una visión de qué es la ciencia, cómo se desarrolla, cómo se plantea, cómo se valida, etcétera, es decir, lo que se conoce como Naturaleza de la Ciencia (NdC). El Conocimiento Pedagógico de la Naturaleza de la Ciencia (CPNdC) representa los elementos fundamentales para dar una clase en la que estos aspectos se desarrollen

¹ Nos da Hodson (2008, p. 22) las siguientes definiciones sobre estos tres aprendizajes “Aprender ciencia”, “Aprender acerca de la ciencia” y “Hacer ciencia”:

Learning Science –acquiring and developing conceptual and theoretical knowledge.

Learning about science –developing an understanding of the nature and methods of science; appreciation of its history and development; awareness of the complex interactions among science, technology, society and environment; and sensitivity to the personal, social and ethical implications of particular technologies.

Doing science –engaging in and developing expertise in scientific inquiry and problem solving; developing confidence in tackling a wide range of “real world” tasks and problems.

adecuadamente, gracias a la construcción por el profesor de representaciones apropiadas y la participación con centro en los alumnos.

De Jong, Veal y Van Driel (2002, p. 384-386) mencionan, además, que se ha escrito muy poco acerca del CPC en temas de Química y, decimos en esta tesis que menos se ha escrito acerca de la Naturaleza de la Ciencia Química.

2.0 Justificación

El aprendizaje de la Química ha sido en la mayor parte de los casos memorístico, enciclopédico y, sobre todo, descontextualizado de la realidad ecológica, social y económica. La sociedad requiere hoy personas con preparación científica y tecnológica, capaces de tomar decisiones acertadas que le permitan mejorar la calidad de vida, tanto personal como social.(Vázquez y col., 2004)

Tomando en cuenta que para la mayoría de los alumnos tomar cursos de ciencia en el bachillerato representa la última oportunidad dentro de la educación formal para adquirir una cultura científica básica; se considera indispensable para ello incluir los conocimientos fundamentales de química y que se opte por un enfoque disciplinario en el que se haga énfasis en el impacto de la ciencia y la tecnología en la vida actual.

Pero vamos a la justificación del tema de esta tesis sobre la Naturaleza de la Ciencia.

Para Acevedo (2009a): “el conocimiento de la NdC se considera, hoy, un contenido fundamental en muchos planteamientos curriculares de la enseñanza de las ciencias”.

Se ha mencionado el concepto en una buena cantidad de trabajos institucionales sobre la educación científica en los Estados Unidos (AAAS, 1993; NRC, 1996; Rutherford y Ahlgreen, 1989; NGSS, 2013). En todos ellos se habla de la necesidad de que el profesor domine y transmita adecuadamente los aspectos de la NdC, aunque Lederman (1992) concluye que estamos todavía lejos de que esta sea una práctica común entre los profesores, al menos en los Estados Unidos.

Así, los documentos para la reforma de la enseñanza de las ciencias, elaborados durante los años 90 del siglo pasado en diversos países del mundo –sobre todo de cultura anglosajona, o que han sido y son influidos por ella (EE.UU., Gran Bretaña, Canadá, Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Taiwan,etc.)– especifican con cierta claridad que el profesorado de ciencias debe enseñar de manera consistente los actuales puntos de vista sobre la ciencia y la actividad científica, es decir, aspectos de la NdC.

No cabe duda de que en la literatura se hace énfasis en las bondades de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia en la educación formal. Por ejemplo, menciona Lederman (1998, p. 1): “En general, se está haciendo hincapié en la actualidad en los estudiantes para la comprensión de la naturaleza de la ciencia

como un importante objetivo en el mundo educativo”. Tal comprensión se considera un aspecto importante de la cultura científica; ya que la comprensión de la naturaleza de la ciencia concederá a los estudiantes (y al público en general) el ser consumidores más informados de la ciencia, lo que les permitirá tomar decisiones adecuadas relacionadas con temas tecno-científicos. También mencionan Abd-El-Khalick *et al.* (1998, p. 417, 418): “La alfabetización científica general se refiere a la comprensión de los conceptos, principios, teorías y procesos de la ciencia y la propia conciencia de las complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad”. Asimismo, McComas *et al.* (1998, p. 511) indican “esta falta de conocimiento es potencialmente perjudicial, sobre todo en las sociedades donde los ciudadanos pueden tomar decisiones de carácter económico, evaluar sobre cuestiones de política y las pruebas científicas proporcionadas en procedimientos legales”. También dicen que “... no tenemos imágenes generales bien confirmadas de cómo funciona la ciencia, ni la teoría de la ciencia digna del consentimiento general” (en Ginev, 1990, p. 64). Duschl (1994) también cita “la falta de consenso en cuanto a la imagen apropiada de la investigación científica y el desarrollo del conocimiento científico, mientras que Lederman (1992) señala que “la naturaleza de la ciencia no es ni universal ni estable” aunque por otro lado mencionan Smith *et al.* (1997, p. 1102) “la imagen de la ciencia que emerge de los estudios sociales es lo suficientemente robusta para que los profesores de ciencias pueden avanzar con confianza y ofrecer una imagen más realista de las fortalezas y limitaciones de esta cosa llamada ciencia”

Según Van Dijk (2013) el concepto «Naturaleza de la Ciencia» es clave para los filósofos de la ciencia, y también para los educadores y los comunicadores. Debe entenderse sobre cómo la ciencia funciona hoy y cómo puede producir conocimiento confiable, lo cual se asume generalmente como un aspecto crucial de la educación y de la alfabetización científicas.

Acevedo (2004, p. 23) menciona en la relación de este tema con la educación que “cada vez es mayor el consenso en didáctica de las ciencias a la hora de considerar que uno de los objetivos más importantes de la educación científica es que los estudiantes de educación secundaria y bachillerato lleguen a adquirir una mejor comprensión de la NdC. Aunque este objetivo tiene bastante antigüedad y se renueva periódicamente en la bibliografía especializada, las razones que se suelen dar para implantarlo tienden a cambiar a lo largo del tiempo. Así, en los últimos lustros ha aparecido como uno de los componentes esenciales de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas y de la educación CTS (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Spector, Strong y Laporta, 1998). De otro modo, en la actualidad se estima que uno de los principales objetivos de la enseñanza de las ciencias es el aprendizaje de la NdC, tanto para desarrollar una mejor comprensión de la ciencia y sus métodos como para contribuir a tomar más conciencia de las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad”.

Acevedo (2009), se refiere a Lederman, al darle el término en concreto a la NdC como contenido esencial de la educación científica, el cual se viene invocando desde hace un siglo en EE. UU. (Central Association of Science and Mathematics

Teachers, 1907, citado por Abd-El_Khalick y Lederman, 2000a; Klopfer, 1992; Lederman, 1992) aunque desde distintas perspectivas y con diferentes formas de articulación. Mucho después, durante la pasada década de los 90 y hasta hoy, la NdC ha sido destacada como objetivo clave del currículo de la ciencia escolar (Jenkins, 1996; Rudolph, 2000) y componente principal de la alfabetización científica (Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Driver et al., 1996; Millar, 2006) en documentos de reforma de la educación científica elaborados en distintos países (McComas, Clough y Almazroa, 1998), e incluso se le está empezando a prestar alguna atención en las evaluaciones comparativas internacionales de la alfabetización científica como por ejemplo, PISA 2006 (Acevedo, 2007; OECD, 2006, 2007).

Un parámetro que es interesante incluir por la información que nos proporciona es precisamente la prueba PISA (*Programme for International Student Assessment*, es decir, Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos); que tiene como objetivo evaluar a estudiantes de 15 años de 65 países (miembros y no miembros de la OCDE) en áreas tales como: Matemáticas, Ciencias y Lectura.

En la evaluación PISA 2012 se clasifica a los estudiantes en 6 niveles. En el más alto se espera que “un estudiante pueda demostrar clara y consistentemente un pensamiento y razonamiento científico avanzado y se muestre deseoso de utilizar su comprensión de la ciencia en el apoyo de soluciones a situaciones desconocidas de índole científica y tecnológica”. En el nivel 5 los estudiantes pueden identificar las componentes científicas de muchas situaciones complejas de la vida y aplicar, comparar, evaluar y seleccionar tanto conceptos científicos como su conocimiento sobre la ciencia a dichas situaciones, empleando las pruebas científicas apropiadas. En el nivel 4 pueden trabajar efectivamente con asuntos que pueden involucrar la elaboración de inferencias acerca del papel de la ciencia o la tecnología en fenómenos explícitos. En el nivel 3 pueden identificar aspectos científicos descritos claramente en amplio abanico de contextos. En el nivel 2 los estudiantes tienen un conocimiento científico adecuado para dar explicaciones posibles en contextos familiares o llegar a conclusiones basados en explicaciones simples. Y en el nivel 1 se dice que los alumnos tienen tal conocimiento limitado sobre la ciencia, que sólo pueden aplicarlo a una cuantas situaciones familiares, que son obvias y que pueden derivarse explícitamente de las pruebas dadas. El nivel cero es tener un desconocimiento absoluto acerca de la ciencia y su naturaleza.

México tuvo en 2006 un 50.9 % de sus estudiantes por debajo del nivel 2. Obtuvimos en promedio 410 puntos, con solamente ocho países después de él.

En relación a la prueba PISA del año 2009, México obtuvo 416 puntos, 6 puntos por arriba de lo obtenido en 2006.

El porcentaje de alumnos por debajo del nivel 2 (es decir con menos de 409 puntos) disminuyó en 4 puntos porcentuales llegando a 47%, permaneciendo como el mayor entre los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) (OCDE, PISA 2009).

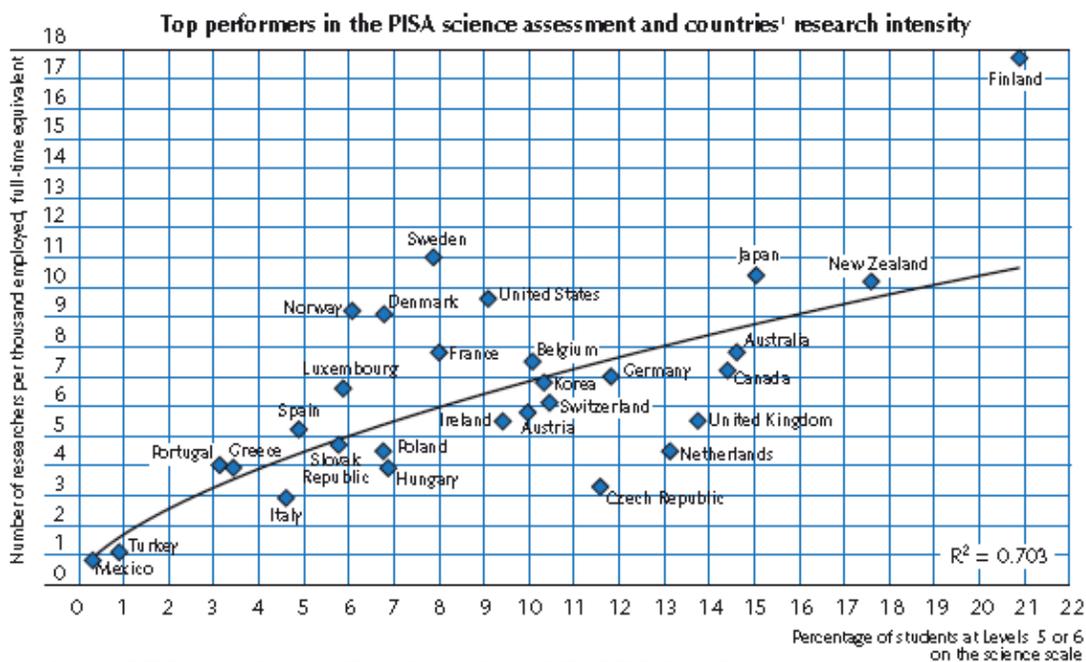
En los resultados de esta prueba en el 2012, el 47% de los alumnos mexicanos no alcanzan el nivel de competencias básico (nivel 2) en ciencias (promedio OCDE: 18%)

Y menos del 0.5% de los alumnos mexicanos de 15 años alcanza los niveles de competencia más altos (niveles 5 y 6) en ciencias (promedio OCDE: 8%).

Asimismo el alumno promedio en México obtiene 415 puntos en ciencia (que es menor al obtenido en el 2009). El puntaje promedio en la OCDE es de 501, una diferencia con México que equivale poco menos de dos años de escolaridad (INEE, 2012)

Recordemos que el nivel 2 de cada escala, representa el mínimo necesario para que un joven pueda seguir estudiando en niveles educativos superiores o pueda insertarse con éxito en el mercado laboral; por ello, el que existan proporciones considerables de jóvenes en los niveles bajos debe ser considerado preocupante(INEE, 2012)

El desarrollo científico es una posible forma de caracterizar a los países. En la figura 1 se muestra el bajo porcentaje de alumnos mexicanos en los niveles 5 y 6 de PISA, en las abscisas, contra el número de científicos por cada millar de habitantes empleados, en las ordenadas.



Source: OECD Main Science and Technology Indicators 2006, OECD, Paris. Table 2.1a.

Figura 1. Gráfica tomada del estudio PISA 2006. En las abscisas el porcentaje de alumnos en los dos niveles superiores de PISA. En las ordenadas el número de investigadores por cada mil empleados.

Por otra parte, de acuerdo con los datos del INEGI, sólo un 2.8 %² del total son personas que ingresaron a estudiar ciencias químicas y sus carreras afines.

Todos estos datos señalan con claridad que el profesorado no sólo debe enseñar ciencias de modo consistente con los puntos de vista actuales sobre la ciencia y la actividad científica, sino que debe modificar su enfoque de enseñanza.

Acevedo (2009) menciona que “una enseñanza sobre la NdC más adecuada y eficaz requiere que los profesores de ciencias se sientan cómodos con el discurso acerca de la NdC. Así mismo, es necesario que el profesorado sepa planificar actividades de indagación científica para ayudar a los estudiantes a comprender las principales características de la NdC, dirigir debates sobre cuestiones que involucren diversos rasgos relevantes de la NdC y contextualizar la enseñanza de la NdC con ejemplos apropiados y pequeñas narraciones de historia de la ciencia. Todo este conocimiento base va mucho más allá de la necesidad de que los profesores de ciencias tengan un conocimiento rudimentario y simple de la NdC”. Por otro lado, Acevedo-Díaz (2008) plantea la siguiente pregunta: “¿Por qué es tan importante la NdC para el currículo de ciencias?”.

Tal vez se pueda responder de una manera concisa a esta pregunta tomando en consideración las razones apuntadas por Driver et al. (1996) sobre la necesidad de ofrecer la NdC en la enseñanza:

- (i) Utilitarista. La comprensión de la NdC es un requisito para tener cierta idea de la ciencia y manejar objetos y procesos tecnológicos de la vida cotidiana.
- (ii) Democrática. La comprensión de la NdC hace falta para analizar y tomar decisiones bien informadas en cuestiones tecno-científicas con interés social.
- (iii) Cultural. La comprensión de la NdC es necesaria para apreciar el valor de la ciencia como un elemento importante de la cultura contemporánea.
- (iv) Axiológica. La comprensión de la NdC ayuda a entender mejor las normas y valores de la comunidad científica que contienen compromisos éticos con un valor general para la sociedad.
- (v) Docente. La comprensión de la NdC facilita el aprendizaje de los contenidos de las materias científicas y el consiguiente cambio conceptual.

Éstos son unos buenos motivos, desde luego, por los cuales se valora la NdC como objetivo esencial de la enseñanza de las ciencias. No obstante, tales razones son más bien intuitivas porque tienen poco apoyo empírico hasta hoy (Lederman, 2006). Pese a ello, la comprensión de la NdC por el profesorado y el alumnado está recibiendo actualmente atención en la educación científica y en la investigación que se viene desarrollando en didáctica de las ciencias (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo et al., 2007a; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Bell, 2005; Bell et al., 2001; Hogan, 2000; Lederman, 2006; Millar y Osborne, 1998; Rudolph, 2003; Sandoval, 2005; entre otros).

² Distribución porcentual de los profesionales entre 1990 y 2000

Por lo que con el presente proyecto, se obtendrá información acerca de los elementos teóricos y metodológicos del CPNdC que poseen varios profesores del nivel medio superior ex-alumnos de MADEMS-Química, lo cual esperamos que tenga repercusiones importantes, ya que conociendo estos elementos se podrá capacitar al nuevo cuerpo docente con la intención de mejorar significativamente su práctica y por lo tanto generar un mayor interés de los alumnos acerca de la NdCyT.

3.0 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los elementos metodológicos y teóricos del CPC de la NdCyT con los que cuentan algunos elementos del profesorado del nivel medio superior egresado de la MADEMS-Química?

4.0 Hipótesis

El marco de la Representación del Contenido de Loughran *et al.* puede ser útil para capturar el CPC de la NdCyT de los profesores.

5.0 Metas

Aplicación de un cuestionario para obtener la Representación del Contenido en cuatro profesores de la educación media superior ex-alumnos de la MADEMS entrevistados para tal efecto.

Comparar los resultados de esa captura, para elaborar un CPC consensuado de los profesores entrevistados.

6.0 Objetivos

6.1 General

Identificar los elementos metodológicos y teóricos del Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) acerca de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) en cuatro profesores del bachillerato universitario ex-alumnos de la MADEMS-química a través de una investigación de campo

6.2 Especifico

Identificar los principales elementos que integran la NdCyT y su Conocimiento Pedagógico de los profesores estudiados.

CAPITULO 2

2.0 Introduccion y marco teórico

Antecedentes.

Para empezar sería importante aclarar uno de los conceptos que considero fundamental en esta tesis; que es el término "creencia". Esto me parece importante porque, como veremos, el CPC está constituido por toda una serie de creencias y conocimientos que un profesor emplea para dar su clase.

Para Ortega (1940, p 39)

“Creencias son todas aquellas cosas con que absolutamente contamos aunque no pensemos en ellas. De puro estar seguros que existen y de que son según creemos, no nos hacemos cuestión de ellas, sino que automáticamente nos comportamos teniéndolas en cuenta”.

Para Porlán *et al.* (1997, p.156)

Son “«Herramientas» para poder interpretar la realidad y conducirse a través de ella, y barreras que impiden adoptar perspectivas y cursos de acción diferentes... Estas concepciones y las conductas asociadas a las mismas pueden evolucionar a través de un proceso mas o menos consciente de reestructuración y construcción de significados, basado en la interacción y contraste con otras ideas y experiencias situadas dentro de la zona de desarrollo de los sujetos”.

Para Villoro (2009, p.71)

Son un “estado disposicional adquirido, que causa un conjunto coherente de respuestas y que está determinado por un objeto”, por lo tanto, sólo se cree lo que se considera verdadero, por que el concepto de creencia remite al del saber. Las creencias son un estado interno de los sujetos que puede ser compartido por otros.

En Jones and Carter (2007, p. 1077), este par de autoras definen las creencias epistemológicas como:

Conjuntos de creencias sobre saber y aprender que juegan un papel mediador en el procesamiento de nueva información. Las epistemologías personales de los profesores emergen de experiencias de aprendizaje formales e informales y sirven como aspectos mentales ejemplares para construir y evaluar sus propias prácticas de enseñanza.

Pozo (2009, p. 33) menciona que “toda nuestra conducta, incluso la intelectual, depende de cual sea el sistema de nuestras creencias auténticas”. Explica que nuestras creencias se basan en gran medida en las concepciones de naturaleza implícita que se contraponen a los conocimientos explícitos. En nuestra cultura se valora más el conocimiento formal, explícito, abstracto, por que se identifica con el modelo racionalista, en cambio los saberes concretos, prácticos informales son considerados de menor importancia.

De acuerdo con Pozo y Gómez Crespo (1996), existen entre el profesorado algunas actitudes y creencias inadecuadas respecto a la NdC y su aprendizaje, como por ejemplo:

- Aprender ciencia consiste en repetir de la mejor posible lo que explica el profesor en clase.
- La ciencia nos proporciona un conocimiento verdadero y aceptado por todos.
- El conocimiento científico es siempre neutro y objetivo.
- El conocimiento científico trae consigo siempre una mejora en la forma de vida de la gente.
- Los científicos son personas muy inteligentes, pero un tanto raras, que viven encerradas en su laboratorio.

Para Jiménez (2013, p. 27-28), “Las creencias implícitas también se les denomina teorías implícitas y tienen las siguientes características: se basan en el aprendizaje no consciente, de experiencia personal e informal, prevalece el hacer sobre el saber, dependen del contexto y son difíciles de controlar conscientemente. En cambio las teorías explícitas se basan en el conocimiento consciente, en la reflexión y comunicación social de la experiencia, en la instrucción formal, en el saber. Las teorías implícitas son difíciles de cambiar de forma deliberada, se modifican por medio de procesos asociativos y acumulativos, no se abandonan con facilidad. Cambian por medio de procesos asociativos pero también por reestructuración y son más difíciles de cambiar o sustituir por otras de forma explícita o deliberada.”

De acuerdo con un enfoque constructivista Pérez *et al.* (2006, p. 55) nos dicen que las creencias “... inciden en lo que las personas hacen y expresan, en como enseñan, aprenden o interpretan su manera de aprender o la de los otros”

Ahora en particular, para el área de educación en ciencias Jones y Carter (2007, p.1067) dicen que “las creencias acerca de la ciencia, del aprendizaje de la ciencia y de la enseñanza de la ciencia influyen prácticamente en cada aspecto del trabajo de un profesor, incluyendo la forma cómo planifica una lección, la enseñanza, la evaluación, las interacciones con sus colegas, padres de familia y estudiantes, así como su desarrollo profesional y las maneras en que implementa el programa de estudio”.

De igual forma nos dice Oviedo (2014, p. 11) “el maestro pone en juego sus creencias, sus supuestos morales y racionales” además “promueve la sustentación de criterios para la conformación de juicios”

Epistemología y ciencia

Para identificar y analizar las concepciones de la naturaleza de la ciencia, tendría que hacerse un análisis de la epistemología y su clasificación:

Para Bonilla (2009, p. 40) “La epistemología es una parte de la filosofía que trata de explicar el fenómeno del conocimiento, para ello considera: el sujeto que conoce, el objeto del conocimiento y la relación que existe entre ambos; también toma en cuenta el origen y la esencia del conocimiento, que se relaciona con el concepto y el criterio de verdad, el método o procedimiento para lograr los conocimientos científicos y la validación de dichos conocimientos”.

La diversidad de posturas o corrientes que presenta la epistemología sobre la ciencia muestran algunas coincidencias o bien importantes diferencias sobre la naturaleza de la ciencia, por lo que agruparlas resulta difícil.

Bonilla, 2009 por ejemplo, considera cinco grandes corrientes:

- Empírico-Inductivo
- Positivismo lógico-matemático
- Racionalismo
- Racionalismo crítico y
- Constructivismo

Sin embargo hay otras posturas como la de Vázquez y Col, 2001 en la que menciona que se han ido reduciendo las cuestiones epistemológicas más importantes sobre la naturaleza de la ciencia a unos pocos temas concretos como lo son la “conceptualización de las teorías científicas, la inconmensurabilidad, las anomalías, las controversias y el contraste entre teorías , así como las condiciones que causan el cambio de teorías y el progreso científico, la conceptualización del progreso mismo, los métodos y criterios de validación del conocimiento científico, el concepto de verdad, los intereses y determinantes de la producción científica, etc” (p. 137) , resumiéndolos sólo a cuatro.

Estos autores contemplan de igual forma que Bonilla al positivismo , pero señalan además que los paradigmas a considerar son los siguientes:

- Realismo
- Pragmatismo
- Relativismo

Mencionan que históricamente el primero en consolidarse fue el positivismo y los restantes son críticas a este paradigma ; el relativismo le seguiría por ser el más radical y finalmente el realismo y el pragmatismo que defienden posiciones intermedias entre el positivismo y el relativismo.

A continuación se realizará una breve descripción casi en su totalidad de esta última postura (incluyo el empirismo):

Empirismo de Tipo Inductivo

Sus principales representantes son: Francis Bacon, Tomas Hobbes, John Locke, John Stuart Mill y David Hume. Desde esta perspectiva se considera que existe un mundo real independiente del sujeto, el cual se puede aprehender mediante los sentidos y el hombre se encarga de descubrirlo y describirlo. La fuente de conocimiento es la acción del mundo sobre el sujeto cognoscente, no hay ideas innatas, todo se adquiere en la experiencia y se resuelve en ella a partir de una conciencia vacía (Bonilla, p. 35).

Positivismo

El movimiento del círculo de Viena surgió al principio de la década de 1920 a 1930, en torno a Moritz Schlick. La intención original del grupo de Viena era la de encontrar un modo de poner a la filosofía en la senda segura de una ciencia, alejándola de la metafísica; intención que para los seguidores de esta postura epistemológica, sigue viva.

Positivismo Lógico- Matemático (PL)

El propósito inicial de este enfoque es “expulsar” a la metafísica de la ciencia. Para ello, se utiliza la demostración empírica y la lógica matemática. El conocimiento se crea mediante el establecimiento de un sistema de proposiciones racionales, como instrumentos, que permiten explicar la realidad y se contrastan con la experiencia. La ciencia a través de esta perspectiva según Mach (Loose, 1989) dice que las leyes y teorías científicas son resúmenes implícitos de hechos, que permiten describir y anticipar fenómenos; de acuerdo a lo anterior la ciencia es el conjunto de esas teorías con una organización racional lógica físico-matemática y fundada en proposiciones demostrables empíricamente.

“Comte fue quien utilizó por primera vez el nombre de positivismo cuando escribió su *Curso de filosofía positiva* en el siglo XIX”. (Vázquez y Col, 2001, p 138). Esta postura se asienta sobre factores epistémicos (conocimientos científicos y de epistemología de la ciencia), hechos empíricos y razonamiento lógico. Además el progreso científico está ligado a procesos de reducción de teorías. Esta corriente considera a la ciencia como una metaciencia (ciencia de la ciencia), hace una reducción de la ciencia al conocimiento puro, descuidando los aspectos prácticos de la actividad científica y tecnológica (y la actual tecnociencia) que es uno de los aspectos más criticados (Hacking, 1996).

Justamente Hacking, 1996 caracteriza al positivismo con las siguientes ideas:

- Hace hincapié en la verificación (o alguna variante como la falsabilidad)
- Cultiva en exceso la observación
- No es necesario buscar causas en la naturaleza, tan sólo regularidades del tipo antecedente-consecuente
- No da suficiente importancia a las explicaciones científicas
- Se opone radicalmente a la metafísica, aplicando la navaja de Ockham.

Esta postura sostiene un criterio radical de demarcación entre ciencia y no-ciencia: un método científico universal y único.

El concepto positivista de progreso científico, que resulta del cambio racional de teorías científicas (una teoría es reducida por otra que la sustituye) de acuerdo a Nagel, 1961:

- Toda explicación o predicción confirmada por la antigua teoría debe estar incluida en la nueva. Como ambas abarcan los mismos temas , las dos teorías serán conmensurables.
- Se habla de progreso si y sólo si existen nuevas leyes que describen correctamente fenómenos no explicados anteriormente.
- Una condición fuerte, es la de evitar las consecuencias falsas de la teoría antecedente.

Relativismo

Kuhn y Feyerabend son filósofos representantes de esta corriente. El primero publicó *La estructura de las revoluciones científicas*. Este material es sumamente importante ya que marco una nueva etapa en la filosofía de la ciencia del siglo XX. Destaca la importancia de la Historia de la Ciencia para estudiar la metodología científica. Kuhn habla de un progreso científico discontinuo y se opone a la visión positivista de la acumulación del progreso científico. Además también se opone al falsacionismo de Popper.

Esta corriente considera a la ciencia como una actividad social y humana, además considera que se pueden tener varias vías (igualmente válidas) para llegar al conocimiento. Contempla aspectos personales (intereses, creencias, etc) , contextuales (políticos, económicos, etc) y el contexto del descubrimiento.

Una crítica a esta corriente es la de introducir aspectos psicológicos y subjetivos a la epistemología de la ciencia.

Esta corriente sostiene que :

- La carga teórica es inherente a todo protocolo de observación, es decir, todo conocimiento científico tiene un fondo teórico.
- Falta de validez del principio de inducción, es decir solo se puede acceder a un número finito de observaciones ya que puede haber un gran número de hipótesis compatibles para ese número de observaciones que incluso pueden ser contradictorias entre sí. Pueden existir múltiples teorías rivales
- El carácter convencional de las pruebas empíricas, ya que considera al lenguaje y al aceptar un registro de observación como convencionales.

El trabajo de Kuhn(1962) que se puede considerar como clave es la reelaboración y matización del paradigma que se puede resumir en tres grupos:

- Aspectos filosófico (metafísico) del paradigma que proporciona la imagen del mundo y las creencias básicas de los científicos sobre lo que puede ser la realidad.
- Aspecto sociológico del paradigma referente a la estructura y las señas de la comunidad de científicos así como sus relaciones internas y externas.
- Aspecto científico-técnico del paradigma.

Además esta corriente considera que los problemas que se resisten a ser solucionados no son falsaciones sino anomalías y que cuando estas prevalecen y el paradigma entra en crisis, la ciencia revoluciona.

Otro aspecto importante que aborda esta corriente es el de la inconmensurabilidad, que es la imposibilidad de comparar teorías rivales científicas. Kuhn (1962) dice que esto puede deberse a que se tienen:

- Diferentes concepciones sobre la ciencia y tratan de resolver diferentes problemas
- Hay divergencias conceptuales que están unidas a sus diferentes lenguajes teóricos y a la distinta interpretación ontológica de los datos que analizan
- Sus respectivos defensores no perciben la misma visión del mundo.

Un relativista negará la posibilidad de que exista un criterio de racionalidad único, intemporal y universal, por lo que una teoría puede ser considerada mejor o peor que su rival y de ahí la demarcación entre lo que es ciencia y lo que no lo es, por ejemplo hay que considerar los criterios de valoración o la comunidad científica. Para Kuhn (1962) la existencia de un paradigma capaz de sostener una tradición de ciencia normal durante un período de tiempo, es justamente la característica que permite diferenciar a una ciencia de lo que no lo es.

Y por último, otra característica importante del relativismo es el carácter holista del conocimiento científico. Las hipótesis nunca se contrastan individualmente sino como partes de redes más amplias de un sistema de creencias.

Realismo

Este se basa en la existencia de algún tipo de correspondencia entre las creencias sobre el mundo y éste mismo.

Un representante de esta corriente es Karl Popper (1972). Uno de los planteamientos de esta corriente es que el objetivo de la ciencia es buscar teorías verdaderas según un criterio de racionalidad, representado por la superación de muchos intentos de falsación (demostrar que la teoría falla). Se adopta una posición reduccionista y cientifista ya que considera a la ciencia como el único camino válido para el conocimiento (criterio de demarcación), por ser el que se enfrenta con la falsación.

Popper se basa en los niveles de apoyo empírico de una teoría:

- Se rechazan las teorías que no se adaptan a los fenómenos conocidos.
- Se prefieren las teorías que hacen predicciones sorprendentes
- Se eligen las teorías que explican fenómenos de rango más amplio
- Se opta por aquellas teorías que ofrecen una explicación única de un fenómeno.

Los realistas popperianos aceptan con reserva la noción del caso límite de las teorías superadas, sólo las consideran válidas para los elementos cuantitativos (ecuaciones y datos) pero no para las afirmaciones cualitativas (por ejemplo espacio-tiempo absoluto de la física).

En relación a la conmensurabilidad o equivalencia empírica de teorías, se diferencian mediante el criterio de Nicod (Hempel, 1965) : una observación suministra una prueba a favor de una hipótesis cuando ésta implica un enunciado de la prueba, Si una teoría o una hipótesis hacen predicciones falsas, estas pueden y deben rechazarse sin demora. Este es el criterio de demarcación.

Las críticas a esta corriente son la aceptación ni bien justificada ni justificada de la correspondencia entre ideas y mundo, en la distinción artificial entre lo teórico y lo observacional (dualismo muy criticado por el relativismo) y en la falta de consideración de los intereses personales y sociales implicados en la actividad científica.

Para Hacking (realista transformativo) lo esencial no es la verdad científica, sino la capacidad innovadora de la ciencia (y especialmente de la tecnociencia); es decir en la fase intervencionista de la ciencia.

Por otro lado para Giere designa su realismo en un escrito en 1988 “cuando una teoría científica se acepta , es por que la mayoría de sus elementos representan (en algún aspecto y en cierto grado) aspectos del mundo” (p.7). O bien en otro escrito en 1992 dice “los modelos científicos son constructos humanos, pero algunos proporcionan un mejor ajuste con el mundo que otros y se puede saber que lo hacen” (p.97)

Pragmatismo

Fundado por Pierce en el siglo XIX, en el cual reemplaza la verdad por el método, lo que garantiza la objetividad científica, la verdad es lo que el método científico establece, si la investigación continúa el tiempo suficiente. Niega el principio de correspondencia como criterio de verdad.

Las posiciones de los pragmatistas , funcionalistas o instrumentalistas, se caracterizan por considerar la ciencia como un instrumento, cuyo objetivo es producir teorías capaces de superar contrastes empíricos más exigentes, lo que las hace más fiables. En relación al criterio de demarcación del conocimiento, el pragmatismo admite que la ciencia no es el único camino válido para el conocimiento, alineándose en parte con la tesis de los relativistas frente a las posiciones científicas del positivismo y el realismo. Para el instrumentalismo el progreso en las teorías científicas es no lineal, relativo y con pérdidas. Aunque en esta corriente no se propone que la ciencia pueda validar conocimiento manifiestamente erróneo, sí sugiere que hasta el programa más fantasioso podría ser fecundo, gracias a la creatividad concertada de un equipo.

En esta corriente los constructos teóricos no se juzgan con criterios de verdad o falsedad, sino más bien por su utilidad como instrumentos ya que están destinados a proporcionarnos un control del mundo observable.

Una crítica a esta corriente es la diferenciación que hace entre entidades teóricas y observacionales ya que acepta aquello que provenga de una observación fiable, pero estos dependen de las teorías por lo tanto son falibles.

Breve síntesis de las corrientes filosóficas de la ciencia

Empirismo	Positivismo	Pragmatismo	Realismo	Relativismo
Existe un mundo real independiente del sujeto. Asume que el conocimiento comienza con la experiencia y que al mismo tiempo ésta es su prueba de verdad (Flores y col., 2007)	Cultiva en la observación Método científico universal y Toda explicación o predicción confirmada por la antigua teoría debe ser incluida en la nueva. Teorías conmensurables	Considera a la ciencia como un instrumento. La ciencia no es el único camino válido para el conocimiento. Considera que el progreso científico no es lineal, relativo y con pérdidas.	Se basa en algún tipo de correspondencia entre las creencias sobre el mundo y éste mismo. Busqueda de teorías verdaderas según criterio de racionalidad, representado por intentos de falsación. Considera a la ciencia como el único camino válido para el conocimiento. Consideran el caso límite de las teorías superadas únicamente para lo elementos cuantitativos.	Progreso científico discontinuo. Se opone al falsacionismo de Popper. Ciencia como actividad social y humana. Se pueden tener varias vías para llegar al conocimiento. Contempla aspectos personales y del contexto del descubrimiento. La carga teórica es inherente a la observación. Falta de validez del principio de inducción. Principio de inconmensurabilidad. Carácter holista del conocimiento científico.

Críticas a las corrientes

Reduce a la ciencia al conocimiento puro. Descuida aspectos prácticos de la actividad científica	Diferenciación entre entidades teóricas y observacionales, acepta aquello que provenga de una observación fiable (que dependen de las teorías) por lo tanto son falibles.	Correspondencia entre ideas y el mundo. Falta de consideraciones a los intereses personales y sociales implicados en la actividad científica	Introducción de aspectos psicológicos y subjetivos a la epistemología de la ciencia.
--	---	--	--

El debate sobre lo que representa la <Naturaleza de la Ciencia> (NdC)

Conviene recordar que la naturaleza de la ciencia (NdC) es un término que se refiere a una gran variedad de asuntos relacionados con la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia (Adúriz, 2001; McComas, Clough y Almazroa, 1998;

Vázquez et al., 2001), respecto al que no hay una posición única en la educación científica (Alters, 1997a,b; Backhus y Thompson, 2006; Hipkins, Barker y Bolstad, 2005; Scharmann y Smith, 2001). Por ejemplo, se dice que la NdC es un metaconocimiento (Flavell,1999; lo define como pensamiento sobre el pensamiento) sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas por los especialistas en filosofía, sociología e historia, así como por algunos científicos y expertos en didáctica de las ciencias (Acevedo et al. 2007a; 2008; Adúriz-Bravo, 2001; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez *et al.*, 2007a,b, 2008; idea que comparten también Aikenhead, 2003; Allchin, 2004a; Ogunniyi, 2007; Spector, Strong y Laporta, 1998). Sin embargo, para muchos otros autores la NdC se refiere de manera restringida a la epistemología (teoría del conocimiento) de la ciencia y se dirige sobre todo a los valores y supuestos inherentes al conocimiento científico (Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Fernández *et al.*, 2002; Leach, Hind y Ryder, 2003; Lederman, 1992, 2006; Liu y Tsai, 2008; Osborne et al., 2003; Sandoval, 2005; Sandoval y Morrison, 2003; Sandoval y Reiser, 2004; Smith y Scharmann, 1999; Tsai y Liu, 2005; entre otros).

El principal debate se centra hoy en si los contenidos de NdC deberían ser ampliados con aspectos esenciales de la sociología interna y externa de la ciencia, así como de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (Abd-El-Khalick, Waters y Le, 2008; Allchin, 2004a).

Con el fin de mejorar la comprensión de los estudiantes –y de los profesores– sobre la NdC, la atención de los especialistas en didáctica de las ciencias se centró desde muy pronto en el desarrollo curricular y la puesta en práctica de la NdC en la enseñanza de las ciencias (Acevedo, 2008); éste es un asunto bastante complejo por la cantidad de factores que pueden incidir en él, impidiendo, limitando o facilitando la enseñanza de la NdC según sean los casos (Acevedo, 2009). El enfoque empleado para el desarrollo de la enseñanza de la NdC en el aula es uno de esos factores.

El consenso en la NdC

Para los expertos que reducen el término NdC fundamentalmente a la epistemología de la ciencia, la NdC se refiere sobre todo a las características del conocimiento científico derivado de la investigación científica. Algunos consideran que el término “naturaleza de la ciencia”, aunque está bien afianzado en la bibliografía especializada, puede dar lugar a cierta confusión y sugieren que el término “naturaleza del conocimiento científico” quizás fuera más apropiado desde un punto de vista epistemológico (Lederman, 2006). En este sentido, se suelen indicar algunos rasgos básicos del conocimiento científico y de la ciencia en la bibliografía internacional, los cuales también han sido destacados en los principales documentos de reforma de la enseñanza de las ciencias en EE.UU. (AAAS, 1990; 1993; NRC, 1996; NSTA, 2000; NGSS, 2013).

Por ejemplo para Irzik y Nola, 2014 la “ciencia es un sistema cognitivo y social en donde las actividades de investigación tienen un número de objetivos que trata de alcanzar por medio de metodologías y reglas metodológicas, sistemas de certificación del conocimiento y diseminación en línea con sus normas

institucionales sociales-éticas que finalmente cuando estos objetivos son éxitos; producen conocimiento y sirven a la sociedad” (p.14)

Estas características subrayan que el conocimiento científico tiene las siguientes características, evaluadas como de consenso (Abd-El-Khalick, 1998; Abd-El-Khalick, Waters y Le, 2008; Lederman, 1992; 1999; Matkins y Bell, 2007; Lederman, Abd-El-Kalick, Bell y Schwartz, 2002):

- (i) es empírico,
- (ii) requiere de una combinación de observaciones e inferencias o deducciones,
- (iii) resulta en parte de la inferencia o la deducción, pero también de la imaginación y la creatividad de los científicos en la búsqueda de explicaciones,
- (iv) es subjetivo (cargado de teoría),
- (v) es tentativo o provisional,
- (vi) existe el mito del método científico como un método singular y universal.
- (vii) dentro del mismo hay diferentes funciones epistemológicas de hipótesis, leyes y teorías científicas y
- (viii) está sometido a normas académicas de la comunidad científica que lo regula (sociología interna de la ciencia), y está incrustado en la sociedad y en la cultura, que influyen en él y se ven influidas por ellas (sociología externa de la ciencia).

Además, hay que tener en cuenta:

Las características apuntadas se relacionan entre sí (Acevedo, 2008). Por ejemplo, la provisionalidad del conocimiento científico proviene de la creación de ese conocimiento mediante observaciones empíricas y deducciones. Cada una de estas actividades está influida por la cultura y la sociedad donde se hace la ciencia, por el marco conceptual disponible y por la subjetividad personal de cada científico. Cuando se dispone de nuevos datos y se revisan los existentes, las deducciones hechas en un contexto particular pueden dar lugar a cambios en el conocimiento científico existente.

En la tabla 1 se han adaptado de la tesis de Abd-El-Kalick (1998) los diez aspectos en los que él siente que existe consenso en la NdC, con su descripción en la segunda columna:

Aspecto de la NdC	Descripción
Empírica	Las afirmaciones científicas se derivan de, y/o son coherentes con las observaciones de los fenómenos naturales. Los científicos, sin embargo, no tienen un acceso “directo” a la mayoría de los fenómenos naturales: sus observaciones casi siempre se filtran a través del aparato perceptivo humano, mediados por las suposiciones subyacentes del funcionamiento de los instrumentos “científicos”, y/o interpretados dentro de marcos teóricos elaborados.
Inferencial	Hay una distinción crucial entre observaciones e inferencias. Las observaciones son enunciados descriptivos acerca de los fenómenos naturales que son accesibles a los sentidos (o a extensiones de ellos) y sobre los que los observadores pueden llegar a un consenso con relativa facilidad (por ejemplo, los objetos

	lanzados por encima del nivel del piso tienden a caer al suelo). Las inferencias, por otro lado, son afirmaciones sobre los fenómenos que no son directamente accesibles a los sentidos (por ejemplo, los objetos tienden a caer al suelo a causa de la “gravedad”). Los constructos científicos, como la gravedad, son inferenciales en el sentido de que sólo se pueden acceder y/o medir a través de sus manifestaciones o efectos.
Creativa	La ciencia no es una actividad completamente racional y sistemática. La generación de conocimiento científico implica creatividad humana en el sentido en que los científicos inventan explicaciones y entidades teóricas. La NdC creativa, junto con su naturaleza inferencial, implica que las entidades científicas (átomos, campos de fuerza, especies, etc.) son modelos teóricos funcionales en lugar de copias fieles de la “realidad”.
Impulsada por la teoría	Los compromisos, creencias, conocimientos previos, formación y expectativas de los científicos teóricos y disciplinarios, influyen en su trabajo. Estos factores de fondo afectan la elección de los científicos de los problemas a investigar, los métodos de sus investigaciones, sus observaciones (tanto en términos de lo que sí y no se observa), así como la interpretación de esas observaciones. Esta individualidad (a veces colectiva) y la mentalidad de los científicos explica el papel de la teoría en la generación del conocimiento científico. Contrariamente a la creencia común, la ciencia nunca empieza con observaciones neutras. Al igual que las investigaciones, las observaciones están siempre motivadas y guiadas, y adquieren significado a la luz de las preguntas y los problemas derivados de ciertas perspectivas teóricas.
Tentativa	El conocimiento científico es fiable y duradero, pero nunca absoluto o cierto, en definitiva. Todas las categorías de conocimiento (“hechos”, teorías, leyes, etc.) están sujetos a cambios. Las afirmaciones científicas cambian a medida de que nuevas pruebas se ejercen, que fueron posibles gracias a los avances conceptuales y tecnológicos; las pruebas previamente existentes son reinterpretadas a la luz de las nuevas ideas teóricas revisadas, o debido a cambios en las esferas culturales y sociales en las direcciones de los programas de investigación establecidos.
El mito del “Método Científico”	Este mito se manifiesta a menudo en la creencia de que hay algo así como una receta, es decir, un procedimiento paso a paso que caracteriza a toda la práctica científica. Esta noción es errónea: no hay un único “método científico” que garantice el desarrollo de un conocimiento infalible. Los científicos observan, comparan, miden, prueban, especulan, plantean hipótesis, debaten, crean ideas y herramientas conceptuales y construyen teorías y explicaciones. Sin embargo, no existe una única secuencia de actividades (prácticas, conceptuales o lógicas) que infaliblemente los lleven a aseveraciones válidas, dejando solo “cierto” conocimiento. Además, cada una de las ciencias cuenta con diferentes procedimientos para acreditar sus fenómenos.
Teorías científicas	Las teorías científicas son sistemas de explicaciones bien establecidas, internamente consistentes y altamente sustentadas, que (a) explican grandes conjuntos de observaciones

	<p>aparentemente no relacionados en varios campos de investigación, (b) generan preguntas y problemas de investigación, y (c) orientan hacia investigaciones futuras. Las teorías se basan a menudo en hipótesis o axiomas y postulan la existencia de entidades no observables. Por lo tanto, la prueba directa es impracticable. Sólo una prueba indirecta apoya y valida las teorías: los científicos obtienen predicciones comprobables específicas a partir de las teorías y los comparan contra observaciones. Un acuerdo entre las predicciones y observaciones aumenta la confianza en la teoría probada.</p>
Leyes científicas	<p>En general, las leyes son enunciados descriptivos de las relaciones entre fenómenos observables. Las teorías, por el contrario, son explicaciones que se infieren de los fenómenos observables o regularidades en los mismos. Contrariamente a la creencia común, las teorías y las leyes no están jerárquicamente relacionadas (la visión ingenua que se ha cosechado de que las teorías se convierten en leyes cuando existe “bastante” evidencia, o que las leyes tienen un rango superior al de las teorías). Las teorías y las leyes son diferentes tipos de conocimiento y uno no se convierte en el otro. Las teorías son tanto un legítimo producto de la ciencia como lo son las leyes.</p>
Dimensión social de la ciencia	<p>El conocimiento científico es socialmente negociado. Esto no debe confundirse con las nociones relativistas de la ciencia. Esta dimensión se refiere específicamente a los valores constitutivos asociados a los términos establecidos para la comunicación y la crítica dentro de la empresa científica, que sirven para mejorar la objetividad del conocimiento científico colectivo inspeccionado a través de la disminución del impacto de la idiosincrasia y las subjetividades de los científicos individuales. El proceso de doble ciego de revisión por pares utilizado por un buen número de las revistas científicas es un aspecto de la actuación de las dimensiones de la NdC bajo este aspecto.</p>
Arraigo social y cultural de la ciencia	<p>La ciencia es una empresa humana incrustada y practicada en el contexto de un entorno cultural más amplio. Así, la ciencia afecta y es afectada por diversos elementos y esferas culturales, incluido el tejido social, visión del mundo, las estructuras de poder, la filosofía, la religión y los factores políticos y económicos. Estos efectos se manifiestan, entre otras cosas, a través de la financiación pública para la investigación científica y, en algunos casos, en la naturaleza misma de explicaciones “aceptables” de los fenómenos naturales (por ejemplo, diferentes historias de la evolución de los homínidos son el resultado de la llegada de la perspectiva feminista provocada por el aumento del acceso, la participación y el liderazgo de las mujeres en las ciencias bio-sociales).</p>

Tabla 1. Aspectos de la NdC en los que hay consenso, según Abd-El-Kalick (1998).

Los rasgos señalados configuran un consenso de lo que se considera adecuado que aprendan los estudiantes y enseñe el profesorado sobre NdC en la educación científica, como han expresado Abd-El-Kalick, Lederman y su grupo de colaboradores en varios artículos posteriores (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009;

Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Abd-El-Khalick, Waters y Le, 2008; Akerson, Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Lederman *et al.*, 2002; Khishfe y Lederman, 2006; Lederman, 2006; 2007; Matkins y Bell, 2007; Matkins *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 1997).

Sin embargo, algunos otros investigadores indican que ese listado no es completo y añaden o quitan determinados aspectos (Acevedo *et al.*, 2007a; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Fernández *et al.*, 2002; Hsu, 2007; McComas y Olson, 1998; Niaz, 2001; Niaz y Maza, 2011; Osborne *et al.*, 2003; Ryan y Aikenhead, 1992; Scharmann y Smith, 2001; Smith y Scharmann, 1999; entre otros).

Niaz (2001; 2005; 2009), por ejemplo, incorpora otros consensos hasta alcanzar una lista de entre nueve y once de ellos, como los siguientes:

1. El conocimiento científico recae sobre todo, aunque no íntegramente, en observación, pruebas experimentales, argumentos racionales y escepticismo.
2. Las observaciones están "cargadas" de teoría.
3. La ciencia es tentativa y falible.
4. No existe una única manera de hacer ciencia, por lo que no puede seguirse un método científico universal paso a paso.
5. Leyes y teoría toman diferentes papeles en ciencia, por lo cual las teorías no se convierten en leyes, inclusive con pruebas adicionales.
6. El progreso científico está caracterizado por la competencia entre teorías rivales.
7. Diferentes científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma.
8. En ocasiones, el desarrollo de teorías científicas está basada en fundamentos inconsistentes.
9. Los científicos requieren hacer registros precisos. La revisión de los pares resulta ser fundamental. Es especialmente importante no aventurarse a emitir juicios de manera precipitada, por lo que es necesario hacer la revisión de una prueba (replicabilidad)
10. Los científicos son creativos y a menudo interpretan sus resultados usando la imaginación y la especulación.

Van Dijk (2013) analiza el libro de Hoyningen-Huene, quien distingue "nueve dimensiones de la ciencia en la que ésta es más sistemática que otros tipos de conocimiento: descripciones, explicaciones, predicciones, la defensa de las afirmaciones del conocimiento, el discurso crítico, conectividad epistémica, un ideal de integridad, generación de conocimiento, y la representación del conocimiento (p. 27). Cabe señalar que la naturaleza de la ciencia se puede caracterizar por un alto grado de sistematicidad".(p. 29).

De igual manera Schwartz y Lederman (2002) mencionan que es necesario tener conocimiento de la NdC, para poder enseñarla de manera efectiva, aunque a veces esto no sea suficiente. Hay gran cantidad de pruebas que muestran que es necesario dominar varios aspectos en el conocimiento para enseñar cualquier disciplina (Shulman, 1987; Gess-Newsome and Lederman, 1999). Entonces, para

enseñar la NdC el profesor no solamente debe tener un firme conocimiento del tema, sino también sobre prácticas pedagógicas efectivas en relación con la NdC, la intención y habilidad de unir estos dos elementos en el salón de clase.

Recientemente, Martín, Benarroch y Niaz (2013) han vuelto a analizar las cinco fuentes más representativas de consensos de la NdC y de acuerdo a este estudio se observa que este consenso se logra en relaciones entre ciencia y sociedad, la importancia de la creatividad y la imaginación en el descubrimiento, las aportaciones individuales son reguladas socialmente por la comunidad de expertos, los datos empíricos no son neutrales, la ciencia es a la vez duradera y provisional, el progreso es unas veces evolutivo y otras revolucionado, no existe un método único para hacer ciencia, la ciencia combina la inducción y la deducción y el papel de las hipótesis es importante en el contraste empírico.

De acuerdo a lo anteriormente descrito y los consensos de Irzik y Nola, 2014; Vázquez y Col, 2013, y el último descrito (Martín y Col, 2013), pensamos que los puntos que debe contemplar la NdCyT, para este trabajo son:

1. Pasajes históricos
2. Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología
3. El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)
4. El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente
5. El conocimiento científico es también producto de imaginación, especulación y creatividad
6. El conocimiento científico está empapado social y culturalmente
7. El progreso científico está caracterizado por la competencia entre teorías rivales
8. Diferentes científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma
9. Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia
10. No existe un método científico universal, paso a paso

En la tabla 2, establece los subtemas a considerar de acuerdo al análisis de cada tema central

Concepto	Proposiciones que representarían un consenso sobre la NdCyT	Ideas sobre la ciencia que consiguen consenso y deberían enseñarse en la ciencia escolar. Recomendaciones para el currículo (Osborne y col., 2003)
Sociología de la ciencia		
Pasajes históricos	<p>La historia de la ciencia revela a la vez un carácter evolutivo y revolucionario (Mc Comas y Olson, 1998).</p> <p>La ciencia surge del contexto histórico y social del momento (Marín y col., 2013). La ciencia es una institución histórica, dinámica y social que se encuentra dentro de la sociedad. (Irzik y Nola, 2014)</p>	Es necesario conocer un poco de historia sobre el desarrollo del conocimiento científico.
Sociología Externa de la ciencia		
Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología	<p>El progreso es unas veces evolutivo y otras revolucionario. La ciencia combina la inducción (contraste empírico) y la deducción (papel de las hipótesis). Existen fuertes interacciones entre ciencia-tecnología y sociedad (Marín y col.,2013). La ciencia y la tecnología interactúan entre sí. (McComas y Olson, 1998). Ciencia como conocimiento base para la tecnología. La disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica, suministrando herramientas y técnicas a la ciencia (Vázquez y col, 2013).</p>	
El conocimiento científico está empapado social y culturalmente	<p>Las aportaciones individuales son reguladas socialmente por la comunidad de expertos. La ciencia tiene fuertes implicaciones sociales y culturales. El científico está afectado por sus intereses personales (Marín y col., 2013)</p>	<p>El trabajo científico es una actividad colectiva y, a la vez, competitiva. Aunque algunos individuos pueden hacer contribuciones significativas, con frecuencia el trabajo científico es de un grupo, puede ser multidisciplinar e internacional. Usualmente los nuevos conocimientos se comparten y la comunidad científica lleva a cabo una revisión crítica.</p>
Epistemología		
El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)	<p>La ciencia es a la vez duradera y provisional. (Marín y col.,2013)</p>	<p>Gran parte del conocimiento científico, sobre todo en la ciencia escolar, esta bien establecido y fuera de toda duda razonable, pero otra parte es más dudosa. El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede estar sujeto a cambio en el futuro ante nuevas pruebas o nuevas</p>

		interpretaciones de las antiguas.
El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente	Los datos empíricos no son neutrales. El papel de las hipótesis es importante en el contraste empírico (Marín y col., 2013)	Los científicos formulan hipótesis y hacen predicciones sobre los fenómenos naturales. Este proceso es esencial para el desarrollo de nuevos conocimientos.
El conocimiento científico es también producto de imaginación, especulación y creatividad	La importancia de la creatividad y la imaginación en el descubrimiento (Marín y col., 2013)	La ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación. Los científicos, son humanos apasionados por su trabajo que cuentan con inspiración e imaginación
El progreso científico está caracterizado por la competencia entre teorías rivales	La teoría que se explique mejor manera se preferirá, en comparación a otra en donde se explique de manera más deficiente (Irzik y Nola, 2014)	La práctica científica implica destrezas e interpretación de los datos. Se requiere de un proceso de interpretación y construcción de teorías que requiere de sofisticadas habilidades.
Diferentes científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma	Los científicos observan e interpretan cosas diferentes si sostienen teorías distintas (Vázquez y col., 2013)	Es posible que los científicos expliquen e interpreten de diferente manera los mismos datos.
Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia	Las leyes describen fenómenos naturales . Las teorías explican fenómenos naturales.(Vázquez y col., 2013)	Un aspecto importante del trabajo científico es el continuo proceso cíclico de hacer preguntas y buscar respuestas que conducen a nuevas preguntas.
No existe un método científico universal, paso a paso	Los científicos emplean diferentes métodos y reglas metodológicas para desarrollar la ciencia. (Irzik y Nola, 2014)	Empleo de técnicas básicas para el control de variables. Generalmente el resultado de un solo experimento pocas veces es suficiente para establecer un nuevo conocimiento.

Tabla 2 establece los subtemas a considerar de acuerdo al análisis de cada tema central

Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT). Su Importancia en la educación

Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2012a) extienden el término NdC hacia el de «Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología» (NdCyT) con un enfoque integrador de ambos conceptos, hacia la tecno-ciencia (Chamizo, 2013), que serían los conocimientos “sobre” la ciencia y la tecnología, que permiten comprender cómo funcionan ambas. Sus contenidos son complejos, por múltiples y polifacéticos, además de ser evolutivos y cambiantes y consisten entre otros de “qué es CyT (ciencia y tecnología), su funcionamiento interno y externo, los métodos que emplea para construir, desarrollar, validar y difundir el conocimiento que producen, los valores implicados en las actividades científicas y tecnológicas, las características de la comunidad científica e ingenieril, los vínculos entre ciencia y tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecno-científico y, viceversa, las aportaciones de este a la cultura y progreso de la sociedad” (p. 3-4).

Vázquez y Manassero (2012a) presentan una visión que está relacionada con y es dependiente de diversos conceptos modernos, tales como la situación de profunda interacción entre ciencia y tecnología en la actividad científica actual (tecno-

ciencia), que se traduce en una visión de la educación científica donde también se integra la tecnología; el lema de la alfabetización científica y tecnológica para todos, como guía general para lograr educar la competencia científica de los estudiantes; y la naturaleza de la ciencia (y la tecnología) como componente innovador de la alfabetización para todos. La revisión presenta las diversas propuestas de contenidos básicos para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (y la tecnología) que se manejan usualmente en la literatura especializada, con el fin de iluminar la selección de los contenidos curriculares y contextualizar mejor las propuestas del currículo español de ciencias, el que abordan en su segunda parte Vázquez y Manassero (2012b).

2.2 Comparación entre la NdC implícita y explícita

Según menciona Acevedo (2009b) un enfoque implícito requiere una comprensión de la NdC de modo indirecto mediante una enseñanza basada en la adquisición de habilidades en los procesos de la ciencia, al involucrar a los estudiantes en actividades de indagación científica. Pero, menciona más adelante, “la investigación ha venido demostrando con reiteración que un enfoque implícito de esta clase suele resultar poco eficaz para ayudar a los estudiantes a desarrollar concepciones más adecuadas sobre la NdC” (p. 358).

Por otro lado también menciona Acevedo (2009b) “un enfoque explícito es el que orienta la enseñanza hacia diversos aspectos de la NdC utilizando distintos elementos de historia de la ciencia o en menor grado de filosofía de la ciencia” (p.359).

Se puede concluir que una instrucción efectiva de la NdC se logra a través de un proceso explícito-reflexivo (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Abd-El-Khalick y Lederman 2000a; Akindehin, 1988). El término “explícito”, no debería tomarse como una instrucción didáctica directa; en realidad cuando se refiere a explícito no se habla de implicaciones de instrucción, sino más bien a implicaciones curriculares. Ello involucra la incorporación de la NdC a resultados específicos de aprendizaje en cualquier secuencia; destinada a desarrollar la comprensión de la NdC en los alumnos. El término “reflexivo” por otra parte, tiene implicaciones de enseñanza en la forma de estructurar la secuencia, de tal forma que ayude a los estudiantes a examinar sus experiencias de aprendizaje de la ciencia desde un marco epistemológico. En concreto, esta reflexión se centraría en cuestiones relacionadas para el desarrollo y validación, así como las características del conocimiento científico (Abd-El-Khalick, 2013).

Así, el término explícito es de naturaleza curricular, mientras que el término reflexivo tiene implicaciones para la enseñanza (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009). Indica Acevedo (2009) que “explícito” destaca la comprensión de la NdC como un objetivo de enseñanza que debe ser planificado de manera deliberada y de la misma forma que la comprensión de las teorías científicas y otros contenidos conceptuales. Mientras, el término “reflexivo” hace referencia a que se debe proporcionar a los estudiantes suficientes oportunidades en el aula para analizar

las actividades que realizan desde diversas perspectivas (por ejemplo un esquema de la NdC), conectar esas actividades con las que llevan a cabo otras personas (por ejemplo, los científicos) y llegar a hacer generalizaciones sobre un dominio del conocimiento (por ejemplo, la epistemología de la ciencia).

Lo anterior concuerda con lo que Schwartz y Lederman (2002) reflexionan acerca de que un enfoque de instrucción explícito atrae intencionalmente la atención de los alumnos en los aspectos relevantes de la NdC a través de la enseñanza, discusión y cuestionamiento para hacer la NdC visible en la enseñanza en clase. La instrucción explícita, no debe compararse con la instrucción didáctica. Por el contrario, se utiliza el término explícito para hacer hincapié, en que la enseñanza de la NdC deberá ser abordada de manera similar a la enseñanza de cualquier otro aprendizaje cognitivo. El componente reflexivo involucra la aplicación de estos métodos en un contexto de actividades, investigaciones y ejemplos históricos utilizados en la enseñanza de la ciencia. Por lo tanto, un enfoque explícito-reflexivo implica instrucción intencional de la NdC mediante el debate, la reflexión guiada, y el cuestionamiento específico de las actividades de la ciencia en el aula. Tal enfoque no implica necesariamente enseñar a los estudiantes a repetir algunas generalidades de la NdC, sino que debe interpretarse como la aplicación de estrategias de enseñanza destinadas a hacer visible en el aula determinados aspectos de la NdC con una cuidadosa planificación, contenidos que se desarrollan con diversas actividades en contextos variados, la evaluación de los procesos seguidos y los resultados alcanzados (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Lederman et al., 2001; Schwartz y Lederman, 2002). Las estrategias pueden incluir al comienzo de la clase una declaración expresa de los objetivos y la presentación de los materiales curriculares en pequeños pasos, seguidos de la realización de actividades prácticas por los estudiantes y actividades de síntesis, tales como redacciones escritas de las reflexiones hechas en las respuestas a cuestiones planteadas sobre la NdC.

El enfoque implícito considera la comprensión de la NdC como resultado indirecto de un aprendizaje afectivo -o emotivo- de naturaleza no cognitiva (Riley, 1979), mientras tanto, el enfoque explícito considera el desarrollo y la comprensión de la NdC como un contenido de aprendizaje de carácter cognitivo, considerando diversos aspectos de la NdC de una forma específica destinada a la adquisición de estrategias meta-cognitivas (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009).

De todo lo anterior se puede concluir que en realidad para exponer la NdC con un enfoque explícito no es necesario solamente hacer secuencias de historia, filosofía de la ciencia o basarse en los procesos e indagaciones de la ciencia, sino que debe haber un proceso reflexivo que descansa en una gran cantidad de instrumentos conceptuales que permita a los alumnos generar un pensamiento crítico.

2.3 La importancia del conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza y la construcción del conocimiento de la NdC en los estudiantes

Sin duda, estas exigencias implican una impresionante tarea, que resulta bastante incierta a la vez para los profesores. Por ello, los expertos en didáctica de las ciencias están dedicando una atención renovada a la enseñanza de la NdC desde hace relativamente poco tiempo.

Varias investigaciones han demostrado la complejidad de transferir el conocimiento de la NdC en competencias instruccionales (Brickhouse, 1989; 1990; Aguirre *et al.*, 1990; Hodson, 1993; Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Lederman, 1999; Bell *et al.*, 2000; Lederman *et al.*, 2001). Hay una gran variedad de factores que influyen y que van desde el contexto hasta factores personales como el saber dirigir la clase, el programa o la institución, el tiempo, la motivación de los alumnos, su habilidad en la disciplina y la experiencia docente.

Además se propone, de acuerdo con Acevedo (2009), como marco teórico para el desarrollo de la formación del profesorado de ciencias respecto a la práctica docente de la NdC el cultivo del Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) – Pedagogical Content Knowledge en inglés (PCK)–, un concepto propuesto inicialmente por Lee S. Shulman en 1983 y que se considera clave para la investigación y la mejora de la práctica docente del profesorado. El CPC es un elemento básico del conocimiento del profesor y resulta fundamental hoy para promover el desarrollo profesional del profesorado de ciencias. En países como EE.UU. aparece recogido en los National Science Education Standards (NRC, 1996), en los estándares de la National Science Teachers Association para la preparación del profesorado de ciencias (NSTA, 1999) y en las recomendaciones del National Research Council para formar al profesorado de ciencias, matemáticas y tecnología en los inicios del siglo XXI (NRC, 1997; 2001; NGSS, 2013).

Este concepto tiene tanta importancia en la actualidad que numerosos trabajos presentados en diversos congresos organizados por prestigiosas asociaciones internacionales de la educación científica –National Association for Research in Science Teaching (NARST), Association for Science Teacher Education (ASTE), European Science Education Research Association (ESERA), etc.– hacen alusión al CPC (Garritz, 2006). Así mismo, el *International Journal of Science Education* le ha dedicado un número monográfico reciente (Abell, 2008; Berry, Loughran y Van Driel, 2008). El origen del CPC se remonta a una conferencia que Shulman dio en la Universidad de Texas –en Austin– durante el verano de 1983, titulada: “El paradigma perdido en la investigación sobre la enseñanza” (Shulman, 1999). Este paradigma resultó ser “el pensamiento del profesor sobre el contenido del tema objeto de estudio y su interacción con la pedagogía” (Berry, Loughran y Van Driel, 2008; Garritz, 2006; Garritz y Trinidad-Velasco, 2004). Lo que Shulman proponía era centrar la atención en el estudio del pensamiento del profesor sobre la enseñanza del contenido de la asignatura. Para ello, hay que tener en cuenta que

toda actividad educativa tiene como respaldo una serie de creencias y teorías implícitas que forman parte del pensamiento del profesor y que orientan sus ideas sobre el conocimiento, la construcción de su enseñanza y su aprendizaje (Abell, 2007; Cochran-Smith y Lytle, 1990; Porlán y Rivero, 1998). El CPC incluye las conexiones entre los conocimientos de la materia y los pedagógicos del profesor. Esta interacción permite la transformación del contenido para su enseñanza; es decir, la transposición didáctica del contenido (Chevallard, 1985), que es el aspecto más original de la propuesta de Shulman, según Marcelo (1993). En el PCK Summit de Octubre 2012 en Colorado Springs, USA se definió al PCK como:

“un atributo personal de un profesor, considerado tanto un conocimiento básico como una acción (el acto de enseñar). Este conocimiento es lo que hay detrás del razonamiento, la planeación empleada y la actuación para enseñar un tema particular, de una forma particular, por una razón particular, a estudiantes también particulares, para lograr un aprendizaje significativo en ellos” (Carlson y Gess-Newsome, 2013).

Shulman lo describe como “una amalgama especial del conocimiento del contenido y la pedagogía que distingue de manera excepcional a los profesores, como su forma especial de comprender un tema” (Shulman, 1987, p. 15). Farré y Lorenzo (2009) lo caracterizan más bien como una reacción química entre el contenido y la pedagogía, en lugar que como una amalgama.

Por otro lado distingue que ser profesor no es solamente el hecho de ser uno, sino que se es un especialista en la disciplina, lo que implica ser profesor de historia o profesor de inglés o bien profesor de química, por ejemplo, y aunque se tengan de manera general herramientas de pedagogía y habilidades para la enseñanza de contenidos específicos, es necesario que los profesores principiantes aprendan no solamente cómo enseñar sino cómo enseñar electricidad o historia o resolver fracciones, por ejemplo.

En 1986 y 1987, Shulman declaró sólo dos componentes para el PCK:

1) Las formas más útiles de representar las ideas en la enseñanza (Representaciones) y 2) qué hace fácil o difícil la comprensión de un tópico específico, así como las concepciones que los estudiantes traen al aula (Comprensión estudiantil y concepciones alternativas).

A partir de entonces son varios los autores que han mencionado diversas componentes del PCK –entre cuatro y ocho- (Grossman, 1990; Koballa *et al.*, 1999; Marks, 1990; Magnusson *et al.*, 1999; Veal and Makinster, 1999), lo que constituye todo un lío conceptual alrededor de este constructo (véase la tabla 3).

Componente	Grossman	Magnusson	Veal	Koballa	Marks
Representaciones	✓	✓	✓		✓
Comprensión estudiantil y concepciones alternativas	✓	✓	✓	✓	✓
Contenido científico			✓	✓	✓
Currículo	✓	✓	✓	✓	✓
Evaluación	✓	✓	✓		
Escuela/contexto/ aspectos socio-culturales			✓	✓	
Pedagogía general			✓	✓	
Propósitos/Orientaciones		✓	✓		

Tabla 3. Componentes del CPC según diversos autores (se coloca encabezando cada columna el apellido del primer autor).

Los profesores necesitan conocer las dificultades de la comprensión de un tema así como las concepciones alternativas de los estudiantes pero también necesitan conocer experimentos, modelos y, en general, materiales para la explicación de dicho tema.

Shulman (1987) también introdujo un Modelo Pedagógico de Razonamiento y Acción (ver la figura 1), que fue caracterizado por Gudmundsdottir (1991) posteriormente, al extender el modelo a las ciencias sociales, como una teoría substantiva mediante la cual un profesor "puede transformar la comprensión, las habilidades para desenvolverse o las actitudes y valores deseados en representaciones y acciones didácticas".

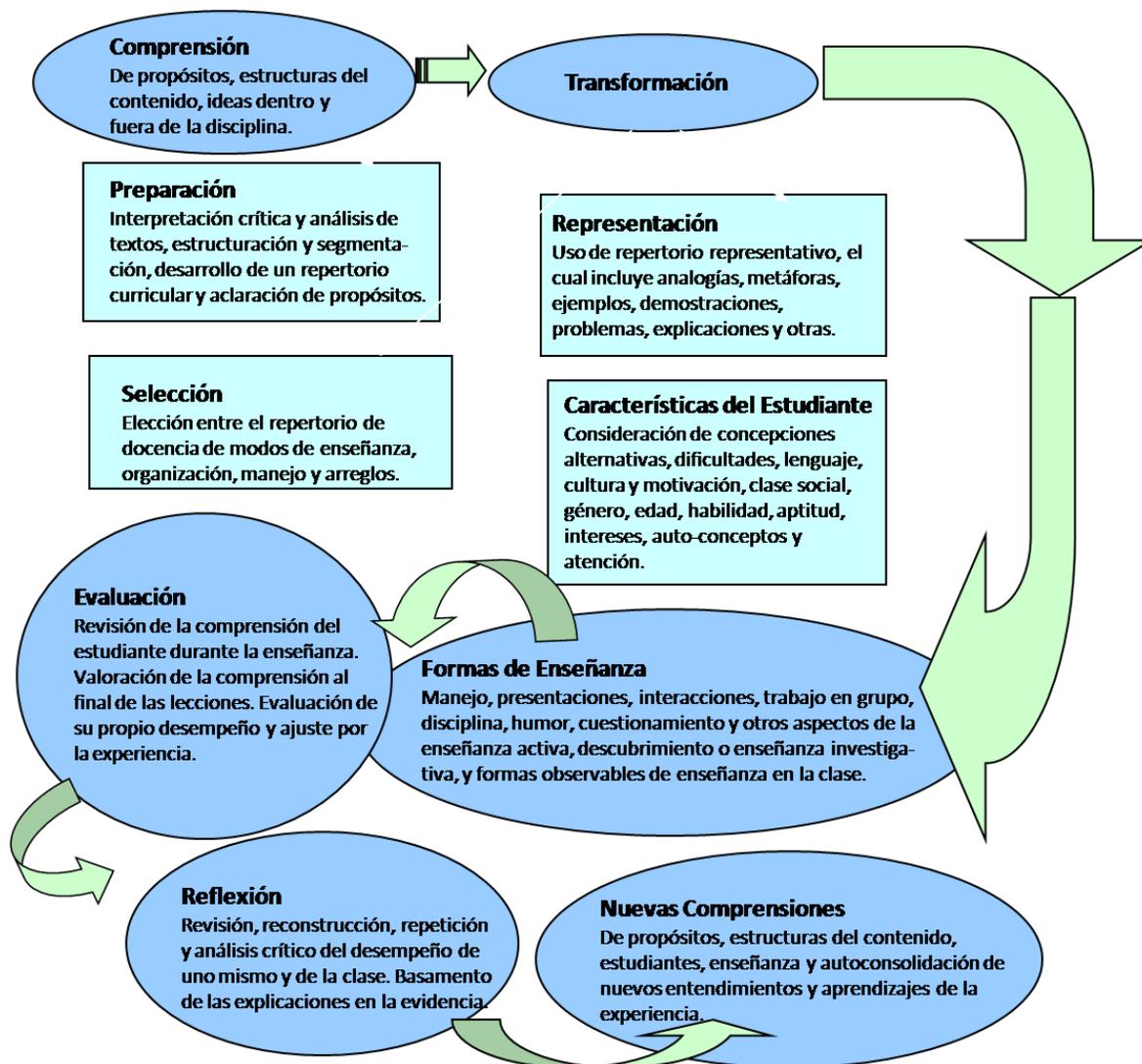


Figura 1. Modelo Pedagógico de Razonamiento y Acción [Texto tomado de Shulman (1987) y diagrama de Salazar (2005)]. Este modelo se corresponde con las fases en las que un profesor prepara, expone y evalúa su docencia.

En este diagrama Shulman (1987) señaló que el proceso docente se inicia cuando el profesor planea reflexivamente su actividad docente, desde las finalidades educativas, la estructura conceptual y las ideas del tema que va a enseñar, hasta el contexto educativo y, entonces, comprende a fondo lo que debe ser aprendido por sus estudiantes. A continuación reflexiona sobre cómo lo debe enseñar (selección y organización de los materiales a utilizar, así como de analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, explicaciones, etc.), tomando en consideración las mejores formas de representación del contenido y las características del razonamiento de sus propios alumnos, para plantear una forma de enseñanza, evaluación, reflexión y nueva comprensión para el futuro, con lo que se reinicia otra vez un ciclo de reflexión. Por su naturaleza procesual, el Modelo Pedagógico de Razonamiento y Acción requiere procesos de razonamiento del profesor sobre el contenido para la enseñanza que están en continua reestructuración. Su dinámica se ve enriquecida por el contexto en que

sucede, como resultado de las interacciones sociales que el acto educativo implica y los distintos momentos que caracterizan la práctica docente: planteamiento del tema, transposición didáctica de los contenidos, planificación, enseñanza, evaluación, revisión de los procesos, etc. En definitiva, el Modelo Pedagógico de Razonamiento y Acción es un modelo dinámico y cíclico de reflexión y acción docente.

Según Shulman (1987), el conocimiento base para la enseñanza de un profesor debe incluir al menos siete categorías de conocimiento diferentes:

- conocimiento del contenido,
- conocimiento pedagógico general,
- conocimiento curricular,
- conocimiento pedagógico del contenido,
- conocimiento de las características, los aspectos cognitivos, la motivación, etc. de los estudiantes,
- conocimiento de los contextos educativos y
- conocimiento de las finalidades educativas, los valores educativos y los objetivos de la enseñanza.

2.4 CPC a través de la Representación del Contenido de Loughran et al.

“La idea del CPC es tentadora porque parece mostrar una forma inteligente de imaginar lo que debe involucrar el conocimiento especializado en la enseñanza. El CPC involucra la vanguardia en relación al conocimiento de la práctica, algo que es especial e importante, algo que podría definir ‘expertez’, algo que se puede ilustrar de manera significativa por qué la enseñanza necesita ser más comprendida y mejor valorada.” (Loughran, Berry y Mulhall, 2012, p. ix)

John Loughran *et al.* (2004) proponen dos estrategias o métodos que son complementarios: CoRe y PaP-eRs.

Se sabe que poco a poco, según va dando clase el profesor, se va desarrollando su CoRe (Content Representation o Representación del Contenido) hasta alcanzar, en el mejor e los casos, una de un buen profesor y que, en el caso de nuestro tema, es consecuencia de una reflexión profunda acerca de la NdC en el momento de enseñarla.

Un buen CoRe es una forma coherente de conceptualizar el contenido de la ciencia que refleja un conocimiento inherente a la práctica docente de profesores expertos, pero que al final de cuentas es difícil que articule cualquier otro profesor. Es además la conceptualización del contenido de un tópico o tema en particular; se les pregunta a los docentes que consideren las “Grandes ideas o conceptos centrales” asociados a su enseñanza, dándole al tema un particular nivel basado en su experiencia al enseñarlo (Loughran, Berry, & Mulhall, 2012).

Se construye con un cuestionario que puede tener diferentes preguntas (en función de lo que se desee conocer del conocimiento y creencias del profesor) y se realiza en forma tabular describiendo primero los conceptos centrales del tema contra, por ejemplo:

- Los objetivos de la enseñanza del concepto central;
- Por qué es importante que los alumnos conozcan este concepto;
- Qué necesitan aprender del concepto;
- Antecedentes que debe conocer el estudiante;
- Conocimiento por parte del profesor acerca de las concepciones alternativas de los alumnos con relación al concepto;
- Secuencia de la enseñanza y las representaciones más importantes usadas al presentar el concepto (Uso de analogías, ejercicios, demostraciones y ejemplos, entre otras representaciones);
- La forma de evaluar el progreso del aprendizaje del concepto por parte de los alumnos (Garritz, Alvarado, Cañada, & Mellado, 2013).

A través del CoRe se obtiene de manera general la forma como se une el cómo, el por qué y el qué, mostrando lo más importante que los maestros tendrían que enseñar a sus alumnos.

Por otro lado los PaP-eRs (Pedagogical and Professional experience Repertoires o repertorios de experiencia profesional y pedagógica) son una consecuencia natural de la necesidad de profundizar en los múltiples aspectos del CoRe, con la idea de capturar la esencia del razonamiento pedagógico y los propósitos de los profesores; para hacer explícito lo tácito. En el PaP-eR se muestra el pensamiento del profesor en un determinado aspecto del CPC en un tema durante su práctica docente misma. Se intenta representar el razonamiento del profesor, que se muestra a través de sus pensamientos y sus acciones que hacen que sea exitosa la comprensión de un tema por sus alumnos.

La “voz” del PaP-eR puede variar, por ejemplo puede ser a través de la perspectiva de los alumnos, o de los maestros, en una entrevista individual o colectiva, o por medio de la observación de la clase. Ofrece además una visión global de acceso fácil y rápido de las ideas y los enfoques con los que se elaboró el PaP-eR.

De manera sinérgica CoRe y PaP-eRs forman una amalgama que muestra la pedagogía del contenido que Shulman (1986, 1987) describió como el CPC (PCK, en inglés). Ya que el CoRe muestra de manera holística el CPC relacionado con la enseñanza en un tema en específico y el PaP-eR lo muestra en forma narrativa (Loughran, Berry, and Mulhall, 2012).

Metodología

Muestra:

Se aplicó el CoRe a cuatro profesores de química a nivel bachillerato –todos ellos ex-alumnos de la MADEMS- para registrar sus conocimientos y creencias sobre la NdC (ver anexo 1). Se escogieron exalumnos de la Maestría porque pensamos que tendrían antecedentes sobre la NdCyT y su importancia.

Los profesores son dos mujeres y dos hombres . Todos son docentes del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM ; dos de ellos del plantel Azcapotzalco, uno del plantel Oriente y uno más del plantel Sur.

En relación a los siguientes datos de los profesores, solo se tuvo acceso a dos de ellos:

El profesor uno tiene una antigüedad como docente de 9 años, es Definitivo A y tiene una edad de 34 años.

El profesor cuatro tiene una antigüedad como docente de 34 años, es Titular C Tiempo Completo y tiene una edad de 64 años.

En cuanto a su trayectoria, de manera general los cuatro profesores:

Tienen estudios a nivel profesional en el área de Química. Han recibido varios cursos de formación disciplinarios y pedagógicos. También han participado en Congresos nacionales e Internacionales. En uno de los casos su línea de investigación es el aprendizaje de la química a través de problemas y el conocimiento de la naturaleza de la ciencia en docentes y alumnos. Otro de los profesores colabora en un grupo de trabajo del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM para la elaboración de secuencias didácticas en el área de química, así como en el diseño y la impartición de cursos y talleres. Todos cuentan con varias publicaciones y una experiencia docente mínima de seis años a nivel bachillerato.

Procedimiento

Para documentar el CPC se aplicó un cuestionario CoRe (Representación del contenido) de Loughran, Mulholland Berry, 2004) con ocho preguntas (ver el Anexo 1).

Las dos primeras preguntas fueron de carácter general; pero justamente en la segunda, el profesor debe citar los tres conceptos centrales que considera indispensables para abordar la NdCyT (que se extrae de lo que estos autores consideran adecuado que los alumnos aprendan sobre este tema Abd-El-Khalick y Akerson, 2009; Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Abd-El-Khalick, Waters y Le, 2008; Akerson, Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Lederman *et al.*, 2002; Khishfe y Lederman, 2006; Lederman, 2006; 2007; Matkins y Bell, 2007; Matkins *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 1997, Acevedo *et al.*, 2007a; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Fernández *et al.*, 2002; Hsu, 2007; McComas y Olson, 1998; Niaz, 2001; Niaz y Maza, 2011; Osborne *et al.*, 2003; Ryan y Aikenhead, 1992; Scharmman y Smith, 2001; Smith y Scharmman,

1999; entre otros) en donde se tocan diferentes aspectos que contempla la NdC y que en base algunos consensos, nos pareció importante incluir el siguiente listado como ejemplos de conceptos centrales de este tema:

1. Pasajes históricos
2. Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología
3. El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)
4. El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente
5. El conocimiento científico es también producto de imaginación, especulación y creatividad
6. El conocimiento científico está empapado social y culturalmente
7. El progreso científico está caracterizado por la competencia entre teorías rivales
8. Diferentes científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma
9. Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia
10. No existe un método científico universal, paso a paso

Posteriormente las seis preguntas restantes corresponden a temas de profundización de estos conceptos centrales.

Un CoRe es entonces una descripción tabular de las “grandes ideas” o los “conceptos centrales” relacionados con el tema, tratando de encontrar los múltiples aspectos citados más arriba con puntos redondos.

Kind (2009, p. 195) dice -como su opinión del trabajo de Loughran *et al.*:- “El CoRe es la técnica más útil diseñada hasta la fecha, para provocar y grabar PCK directamente de los maestros. El método está claramente centrado en las habilidades y conocimientos de los profesores, por lo que un CoRe completo proporciona un poderoso medio del registro de un maestro con experiencia, disponible para compartir y que ejemplifica las buenas prácticas de enseñanza”.

De acuerdo con el tipo de investigación a realizar, éste es un estudio de casos de tipo múltiple y cualitativo (Hernández y *col.*, 2010)

Entendiendo por estudio de caso “una investigación que mediante los procesos cuantitativo, cualitativo y/o mixto; se analiza profundamente una unidad integral para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar teoría” (Hernández y *col.*, 2010)

Siendo sus principales componentes:

- Planteamiento del problema
- Propositiones o hipótesis
- Unidad o unidades de análisis (caso o casos)
- Contexto del caso o casos
- Fuentes de información e instrumentos de recolección de los datos
- Lógica que vincula los datos con preguntas y proposiciones
- Análisis de toda la información

- Criterios para interpretar los datos y efectuar inferencias
- Reporte del caso (resultados)

Considerando de tipo múltiple “cruzado” o “entrelazados” en el cual se evalúa integralmente revisando comparativamente los casos entre sí, buscando similitudes y diferencias.

Finalmente de tipo cualitativo por que tiene como objetivo documentar una experiencia o evento en profundidad o entender un fenómeno desde la perspectiva de quienes lo vivieron (Hernández y *col*, 2010)

Validación

Uno de los métodos más difundidos para la documentación del CPC es una aproximación metodológica pensada por John Loughran, Mulhall y Berry (2004) que consta de dos partes: el CoRe (Representación de Contenido) y el PaPeR (Repertorio de experiencia profesional y Pedagógica). Para esta tesis únicamente se aplicó el CoRe.

También fue analizado por Bertram and Loughran (2012), en términos de la validación y la fiabilidad del estudios con CoRes, que quizás existan dos áreas de debilidad en el procedimiento. Una es el uso predominante de entrevistas como la forma más importante de recolección de datos, es decir, que muchos de los datos provienen de auto-informes. La segunda debilidad del estudio podría ser la interpretación de la investigadora y su análisis de los datos. Para dar más credibilidad al diseño metodológico de este estudio, se realizó una triangulación entre las entrevistas directas con los cuatro profesores participantes y lo que informaron en sus CoRes, con relación a los conceptos, habilidades y actitudes supuestamente mostradas en su enseñanza de aspectos de la NdC. Se espera que, con esta triangulación, se logren aminorar las debilidades de la metodología.

CAPITULO 3 Resultados y Análisis

Empecemos por tratar de caracterizar los Perfiles Epistemológicos de los cuatro profesores de acuerdo a sus respuesta en el CoRe; aunque considero que faltó un mayor número de elementos, para poder situar de mejor manera la(s) tendencia(s) epistemológica(s) más *ad-hoc* de cada uno de ellos.

Profesor número uno

De acuerdo a los comentarios realizados por este profesor, se puede decir que tiene rasgos de una tendencia hacia el relativismo, ya que considera a la ciencia como una actividad humana, en donde es importante el contexto social además también considera al progreso científico como discontinuo y que la ciencia revoluciona.

Profesor número dos

En relación a sus respuestas, aborda aspectos como las creencias de los científicos para explicar la realidad, diferentes aspectos de ciencia y tecnología en problemáticas actuales, la importancia social y cultural en el conocimiento científico. Por lo tanto, a mi parecer tiene ciertos rasgos de relativismo como corriente epistemológica.

Profesor número tres

Para este profesor es importante el conocimiento científico y tecnológico, abordar la ciencia desde un enfoque histórico, por lo que se puede pensar en el desarrollo científico dentro de un contexto social y cultural.

Por otro lado, aunque menciona el criterio de demarcación entre ciencia y pseudociencia no proporciona más detalles al respecto. Asimismo, hay una fuerte tendencia hacia el método científico como la forma de realizar ciencia. De acuerdo a lo anterior puedo decir que se tiene una tendencia hacia el positivismo pero también tiene rasgos de relativismo.

Profesor número cuatro

Aborda el tema ciencia y tecnología también de pseudociencia, pero de igual forma que el profesor anterior no da mayor información. Menciona la metodología experimental como la manera de observar e interpretar la ciencia y la tecnología. Asimismo menciona la pluralidad metodológica y aspectos de la sociología interna y externa. Por lo que este profesor tiene una tendencia hacia el relativismo.

Con relación a la relevancia del tema de NdCyT en el curso de química del bachillerato (primera pregunta de nuestro CoRe)

Los profesores resaltaron la gran importancia que tiene la NdCyT, ya que mencionan, que muchos de los alumnos no seguirán con estudios de tipo científico-tecnológico, por lo que es de vital importancia involucrarse en las discusiones de los temas de ciencia y tecnología que impactan en su vida:

Les va a permitir comprender su entorno, así como apoyarlos en su vida diaria, para las tomas de decisiones que se encuentren involucradas con la NdCyT (Profesor número tres);

Se puede ofrecer una valiosa oportunidad (y quizás la última para muchos alumnos que pretendan estudiar una licenciatura alejada de la ciencia) para tratar de construir un concepto de ciencia, enriquecido con los elementos propios de su naturaleza, que pretenda replantear su imagen (Profesor número uno);

Las encuestas sobre la percepción de la ciencia que ha hecho el CONACyT en México y diversos estudios en México, Iberoamérica y el mundo muestran que en general la gente no está informada sobre la importancia de involucrarse en las discusiones que los temas de la ciencia y la tecnología que impactan en su forma de vida (Profesor número dos).

Ello concuerda con Fensham (2004, p. 1) quien menciona que el día de hoy; el “gran problema contemporáneo” de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia es la falta de interés de los estudiantes (o su desconocimiento de los temas). La solución requiere una especial y vigorosa atención en los aspectos actitudinales, afectivos y emocionales del currículo de ciencias.

En consecuencia, el objetivo prioritario de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia debe ser, el promover una actitud positiva de los estudiantes hacia la ciencia escolar, que mantenga la curiosidad y mejore la motivación, con el fin de generar apego y vinculación hacia la educación científica, no sólo a lo largo del período escolar, sino también a lo largo de toda la vida.

En la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, se mencionó:

“Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y de la tecnología es un imperativo estratégico” (Maiztegui et al., 2002).

Que concuerda con lo reportado por bibliografía en relación a este tema ya que un grave problema es la falta de atención a estos aspectos en la formación universitaria de los estudios de ciencias y en la formación inicial y permanente del profesorado. En muchos casos, la carencia señalada puede llegar a suponer después desinterés por la misma y hasta el rechazo de los contenidos relacionados con esta temática.

De acuerdo a lo anterior, se observa que concuerda lo comentado por los profesores y lo que menciona bibliografía, en relación a la importancia de incluir la NdCyT en el currículo; pero lamentablemente hasta el día de hoy, no se ha implementado esta modificación ni tampoco se ha modificado sustancialmente la preparación de los profesores a nivel bachillerato en estos temas.

Conceptos centrales elegidos por los cuatro profesores en la segunda pregunta el CoRe

A continuación se realizará un análisis de las preguntas contestadas en el CoRe y dentro de las mismas los conceptos centrales de la NdCyT mencionados en el anexo 1, que son los aspectos más consensuados con relación a la NdC que he caracterizado en esta tesis como los de mayor importancia (aunque cada profesor sólo señaló tres de los mismos).

Recordando estos diez aspectos de la NdCyT son:

1. Pasajes históricos
2. Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología
3. El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)
4. El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente
5. El conocimiento científico es también producto de imaginación, especulación y creatividad
6. El conocimiento científico está empapado social y culturalmente
7. El progreso científico está caracterizado por la competencia entre teorías rivales
8. Diferentes científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma
9. Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia
10. No existe un método científico universal, paso a paso

Las respuestas a la pregunta número 2 sobre las ideas o conceptos centrales en la didáctica de la NdC se expresan en la Tabla 4

Conceptos Centrales mencionados por los cuatro profesores	
Concepto Central	<i>Número de profesores que lo mencionaron</i>
Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología	3
El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)	3
El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente	2
Pasajes históricos	1
El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente	1
Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia	1
No existe un método científico universal, paso a paso	1
El conocimiento científico es también producto de imaginación, especulación y creatividad	0
El progreso científico esta caracterizado por la competencia entre teorías rivales	0
Diferentes científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma	0

Tabla 4. Conceptos centrales didácticas de la NdC que expresan los cuatro profesores, tres cada uno de ellos (como se les pidió) ordenados en forma decreciente de acuerdo al número de profesores que los seleccionaron.

Aspectos importantes al analizar las preguntas del CoRe

La Tabla 5 muestra los aspectos que se analizarán para el resto de las preguntas del CoRe, con la adición de la del punto 1.2 que no es estrictamente una pregunta pero sí tocó este tema alguno de los profesores en sus respuestas y nos pareció adecuado anotarla.

1.1 Importancia del aprendizaje del concepto
1.2 Relación del aprendizaje con el entorno y la vida diaria
1.3 Ideas previas de este concepto
1.4 Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de este concepto
1.5 Aspectos Históricos
1.6 Procedimientos y recursos
1.7 Evaluación

Tabla 5. Muestra los aspectos que se analizarán en las otras preguntas del CoRe (de la pregunta tres a la ocho) respondidas para cada una de los tres conceptos centrales seleccionadas por el profesor.

Tabla 6. Relación de los tres conceptos centrales escogidos por los profesores con los aspectos anteriormente expuestos para su análisis

Contenido	Profesor 1	Profesor 2	Profesor 3	Profesor 4
Importancia del aprendizaje del concepto	3	3	3	1
Relación del aprendizaje con el entorno y la vida diaria	1	0	0	0
Ideas previas de este concepto	3	3	3	1
Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de este concepto	3	3	3	1
Aspectos Históricos	3	3	3	1
Procedimientos y recursos	3	3	3	1
Evaluación	1	3	3	0

Tabla 6 Frecuencia con que los profesores relacionaron sus tres conceptos centrales con cada una de los aspectos anteriormente descritos.

Como se aprecia en la tabla 6:

El profesor uno solamente relacionó uno de sus conceptos centrales con el aprendizaje de este con el entorno y la vida diaria. De igual forma nada más evalúa uno de sus conceptos.

El profesor cuatro solamente abordó un concepto central y no lo evalúa.

Los profesores dos, tres y cuatro, no relacionan ninguno de sus conceptos centrales con el aprendizaje de estos con el entorno y la vida diaria.

A continuación se analizarán cada uno de los conceptos mencionados por los profesores (tabla 4) junto con la tabla 5 que son los aspectos de análisis y la tabla 2 que son los aspectos consensuados de la NdCyT:

Importancia del aprendizaje del concepto

Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología

Tomando en cuenta la tabla 2, se observa que coincide con lo que se esperaría que los profesores opinaran sobre la ciencia y la tecnología en alguna de las ideas; por ejemplo la fuerte interacción entre ciencia, tecnología y sociedad (Marín y col., 2013) o por ejemplo la ciencia y la tecnología interactúan entre sí (McComas y Olson, 1998) . Citando textualmente lo dicho por los profesores:

El profesor dos apunta al respecto:

“hay cierta desinformación sobre la interrelación entre ciencia y tecnología”

Y continua:

“Hay pocos ejemplos que los estudiantes puedan tener como referencia para entender que ciencia y técnica son interdependientes”

Además el profesor número tres comenta:

“Se piensa que ciencia es lo mismo que la tecnología”

El profesor número dos indica con relación a este punto:

“Muy frecuentemente los alumnos piensan que la tecnología no aporta nada a la ciencia”

El profesor dos también señala en este tema

“a menudo se ignora que la tecnología también produce o provoca modificaciones en el conocimiento científico.”

Que por otro lado, concuerda con Acevedo 1998, 2005, 2006; Aikenhead, 2003; Vázquez y Manassero, 2011; ya que mencionan que de acuerdo a lo descrito por los profesores, hay una gran desinformación y confusión en relación a la ciencia y la tecnología. Hace falta mayor información hacia los docentes y por lo tanto al alumnado de estos temas.

Por su parte, Acevedo (1998) intenta diferenciar entre ciencia y tecnología:

La ciencia y la tecnología tienen propósitos diferentes: la primera trata de ampliar y profundizar el conocimiento de la realidad; la segunda, de proporcionar medios y procedimientos para satisfacer necesidades. Pero ambas son interdependientes y se potencian mutuamente. Los conocimientos de la ciencia se aplican en desarrollos tecnológicos; determinados objetos o sistemas creados por aplicación de la tecnología son imprescindibles para avanzar en el trabajo científico; las nuevas necesidades que surgen al tratar de realizar los programas de investigación científica plantean retos renovados a la tecnología. Comprender estas relaciones entre ciencia y tecnología constituye un objetivo educativo de la etapa.» (De la introducción al área de Tecnología que aparece en el RD 1007/1991, anexo I, p. 74, MEC, 1991).

El profesor número cuatro menciona:

“Los profesores solemos referirnos a la Ciencia, mucho más que a la tecnología, incluso poco se alude a la tecnociencia, un tanto porque es nuevo en nuestra formación profesional y en la práctica docente. Lo que supone, la transmisión de nuestras ideas alternativas sobre estos asuntos, de modo que se genera una visión deformada de la Ciencia y de la Tecnología”

La exclusión de la tecnología del currículo de ciencias dificulta la relación entre la ciencia escolar y la experiencia diaria del alumnado, de la que la tecnología es una parte sustancial; algo que los profesores de ciencias no suelen tener en cuenta muy a menudo (Cajas, 1999, 2001).

Así los problemas surgen en la enseñanza ya que hasta la fecha no se ha permitido una educación científico-tecnológica prioritaria y de calidad; algunos de estos problemas surgen en los profesores por un lado, por la falta de conocimientos acerca de las ciencias, lo que les provoca una falta de confianza en sí mismos (Jarvis y Pell, 2004), lo que les impide desempeñar de manera óptima su práctica docente; y, por otro, el desconocimiento y desinterés de las actitudes y los saberes de sus alumnos acerca de estos temas, que les dificulta el proceso de enseñanza-aprendizaje. Otros problemas surgen en los alumnos cuando la enseñanza de la CyT no tiene incidencia sobre lo que ellos piensan ni sobre lo que hacen en su vida diaria (Roig *et al.*, 2010).

De acuerdo a lo anterior, “no es admisible que la enseñanza de las ciencias siga sin prestar la debida atención a las relaciones entre la ciencia y la tecnología, so pena de quedar reclusa en el pasado más obsoleto e inútil para la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía” (Acevedo y Col, 2005) que concuerda con lo expuesto por los profesores.

El profesor resalta que no se tiene una clara idea de lo que representan la ciencia y la tecnología y cómo se relacionan que coincide con lo que menciona Acevedo 1995, 1996 . Si el docente no tiene bien definidos estos conceptos será prácticamente imposible enseñarlos a los alumnos y relacionarlos con ejemplos que apliquen a su vida diaria.

Los docentes estamos obligados a estar actualizados, no solamente en la disciplina que impartimos; sino en temas relacionados a la ciencia y a la tecnología (ya que van de la mano).

Otro aspecto que menciona el profesor número uno es:

“ importante que los alumnos conozcan las principales características de la ciencia y las actividades científicas ,..., ya que es necesario propiciar el desarrollo de un pensamiento flexible y crítico, que le permitirá tomar decisiones en su vida diaria ya que los alumnos no tienen desarrollado un pensamiento abstracto, crítico y/o reflexivo”

Que coincide con lo que menciona Chamizo, 2007 ya que hay que lograr que “la escuela actual se abra al futuro y eduque en sentido crítico y a la capacidad de decidir razonadamente”

Además Garriz *et al.* (2011, p. 117) profundiza en lo anterior, comentando que de lo que se trata es lograr “en el terreno educativo de la ciencia, el desarrollo de individuos autónomos que empleen el razonamiento científico como norma, que revelen un conocimiento sólido acerca de la tecnología y que tengan conciencia del impacto de la ciencia y la técnica sobre la sociedad; individuos capaces de pensar por sí mismos, de tomar decisiones, confiados en su capacidad para enfrentar lo nuevo y asumir la responsabilidad ética de sus acciones, tanto en el

ámbito individual como en el profesional y el ciudadano. La idea es formar a los individuos de una manera integral e ininterrumpida en tres grandes áreas: el conjunto de conocimientos (el saber), las habilidades (saber pensar, saber hacer) y las actitudes (saber ser y vivir con otros”).

De acuerdo a lo anterior, es muy importante el estudio de la NdCyT ya que es considerado un “objetivo central en educación científica” (Abd-El-Khalick and Lederman, 2000a) ya que se logra una mejor comprensión y se desarrolla un gusto por los temas científicos .

Como ya se ha mencionado anteriormente, este tema no está incluido en el currículum a nivel bachillerato; dificultando más su estudio ya que no se tiene destinado tiempo para dicho tema.

El profesor uno menciona:

“Uno de los objetivos del bachillerato es propiciar la adquisición de una cultura, y la ciencia forma parte de la cultura.”

Lo que concuerda con la importancia de la NdC para conocer e interesar a los alumnos en temas científicos.

El profesor número tres introduce otro tema, el de las pseudociencias:

“Que el alumno pueda diferenciar entre la ciencia y las pseudociencias.”

Relacionado a este tema el profesor cuatro denota:

“no permitir la intromisión de las pseudociencias, de la charlatanería, pero más puntualmente para el desarrollo de habilidades del pensamiento, disciplinarias para llegar a modelos conceptuales y para el impulso a la metodología experimental.”

Yo me pregunto ¿Qué es lo que distingue a la ciencia de la pseudociencia? Según Popper (1983) la ciencia se distingue de la pseudociencia por su método empírico, que es esencialmente inductivo, o sea parte de la observación o de la experimentación y el criterio para establecer el status científico de una teoría es su refutabilidad o su testabilidad (criterio de demarcación) que está lejos de ser obvio

De acuerdo a lo anterior, me sigo preguntando ¿Cómo lo hacen? ¿Qué ejemplos utilizan? ¿Qué tiempo tienen destinado para estas actividades? Se trata de que a los alumnos les quede clara la diferencia. Allchin (2004b) escribió un artículo trascendental para distinguir, en la medida de lo posible la pseudohistoria y la pseudociencia de sus contrapartidas, la historia y la ciencia.

El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)

De acuerdo a la tabla 2 el consenso sobre este tema es la ciencia es a la vez duradera y provisional (Marín y col.,2013) que concuerda con lo expresado por los profesores, por ejemplo:

El profesor uno advierte:

“La ciencia no es estática, es dinámica y la imagen que se da es de una ciencia acabada, en donde no hay mas que averiguar además se muestra como una ciencia que no evoluciona. Intento que los estudiantes aprendan que no hay verdades acabadas, incluso en química, ya que lo que hoy se considera ‘verdad científica’ quizás mañana no lo sea”

De acuerdo a lo comentado por los profesores este aspecto es importante considerarlo ya que hasta este momento, se ha recurrido en la enseñanza de una ciencia dogmática y fuera de contexto que ha repercutido en los alumnos.

México tiene un porcentaje muy bajo de los que estudian carreras relacionadas a ciencias (INEGI, 2000); por eso es fundamental incluir la NdCyT en el curriculum a nivel del bachillerato. Debido a que la NdC describe qué es la ciencia, cómo se desarrolla, cómo trabajan los científicos y su interacción con la sociedad (McComas et al, 1998) .

Citando a Niaz y Maza (2011): “La ciencia no es un organismo inalterable y rígido” de “verdades absolutas”, ya que el conocimiento científico es confiable y duradero, pero nunca absoluto o determinado. Todas las categorías de conocimiento (hechos, teorías, leyes, etc) están sujetos a cambios. Las afirmaciones científicas cambian con las nuevas pruebas que son posibles gracias a los avances conceptuales y tecnológicos, de esta forma son reinterpretados a la luz de las nuevas ideas teóricas o debido a cambios en los ámbitos culturales y sociales (Abd-El-Khalick, 2008) que confirma la apreciación de los profesores en este tema.

Otro comentario realizado por el profesor número dos:

“En un mundo de incertidumbres, donde los conocimientos, valores y creencias son muy volátiles, es necesario tener un referente de certidumbre.”

Sobre este tema Garritz (2010) nos dice que “la incertidumbre ha pasado a ser parte misma de la ciencia. Desde los fenómenos en los sistemas caóticos (Braun, 1996; Sametband, 1994), hasta el famoso “principio” de Werner Heisenberg (Lindley, 2008), han puesto en jaque la credibilidad de la ciencia, han minado la creencia de que se puede develar el mundo físico con una precisión y un detalle sin límites”; menciona también sobre este tema Chamizo (2009) ”ante la enorme avalancha de información proveniente de la investigación en química y desarrollada a través de la síntesis, los profesores de esta disciplina no somos profesores de química, somos, en el mejor de los casos, profesores de historia de la química.”

El profesor tres señala:

“El conocimiento científico es producto de muchos años de estudio y trabajo y los modelos científicos pueden ser mejorados o rechazados”.

Algo que se muestra comunmente en la bibliografía es enseñar el conocimiento científico como algo “mágico” en lo cual una persona “sumamente inteligente” se le ocurrió de pronto la idea o la explicación a cierto fenómeno; por lo cual es fundamental enseñar estos aspectos que menciona el profesor.

El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente

De acuerdo a la tabla 2 el consenso en este tema, establece que las aportaciones individuales son reguladas socialmente por la comunidad de expertos asimismo que el científico está afectado por sus intereses personales (Marín y col., 2013) que son afines a los comentarios de los profesores al respecto:

El profesor dos relaciona:

“a menudo se hacen juicios de valor aduciendo criterios científicos (supuestamente verdaderos), cuando a menudo lo que se hace es defender creencias.”

Que concuerda con Vazquez y Mannasero (2012) cada una de las actividades científicas, “está influida por la cultura y la sociedad donde se practica la ciencia, así como por el marco conceptual y la subjetividad personal de cada científico” (p. 7), algo que en la enseñanza tradicional no se remarca; ya que se habla de los científicos como personas fuera de un contexto social. Esta es una de las denominadas “visiones deformadas” (Fernández y Col, 2002), que contribuyen en crear una imagen distorsionada de la ciencia.

El profesor número cuatro plantea:

“La ciencia, la tecnología, la tecnociencia y la innovación son producto social, con todo y sus errores y aspectos negativos”

Que coincide con Olivé, 2000 ya que menciona que la tecnología es un fenómeno social que implica conocimiento, hábitos y valoraciones de cada sociedad, esto involucra un cambio en el entorno de cada sociedad y del individuo hasta tal punto, que puede cambiar su escala de valores.

Ambas tanto la ciencia como la tecnología modifican los estilos de vida, creencias, ideologías y comportamientos. Los seres humanos somos capaces de tomar decisiones y de promover la realización de ciertos estados de cosas en función de sus representaciones, intereses, valoraciones, deseos y preferencias.

Muchas veces lo único que se enseña son los aspectos positivos de la ciencia y en el mejor de los casos de la tecnología; además es frecuente que no se mencione todo el recorrido que se llevó a cabo, para lograr “un avance” en el conocimiento.

Pasajes históricos

En la tabla 2 se menciona que la ciencia es una institución histórica, dinámica y social (Irzik y Nola, 2014) que de alguna forma coincide con lo expresado por el profesor tres ya que nos dice:

“Enseñar cómo ha ido avanzando el conocimiento científico y tecnológico a lo largo de la historia y las biografías de los científicos; ya que permite a los alumnos conocer y valorar su vida.”

Que también concuerda con Allchin, 2012; ya que considera a los pasajes históricos como una forma de aproximación para estudiar la NdC. Estos pasajes deberán mostrar a la ciencia, como un proceso, con errores y aciertos. Mostrar las limitaciones de cada experimento estudiado y aportaciones, así como el contexto cultural de las teorías científicas, las preconcepciones para la interpretación de los datos obtenidos y hablar de la fuerte carga teórica histórica (Allchin et al., 2014).

Sería interesante documentar cómo este profesor enseña el avance del conocimiento científico y tecnológico. Saber cuáles biografías utiliza, el por qué y qué aspectos de ellas les da mayor énfasis; ya que tendría que llevar a sus alumnos a un análisis y una reflexión acerca del tema además tomando en cuenta que no está dentro del currículum, se dificulta el aprendizaje de esta parte de la NdCyT.

El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente

Según la tabla 2, el papel de las hipótesis es importante en el contraste empírico (Marín y col.,2013) que concuerda con lo comentado por el profesor tres:

“El conocimiento científico fundamentado empíricamente da a conocer la metodología científica, el para qué, por qué y cómo se ha llegado al desarrollo del conocimiento científico y tecnológico.”

Este pensamiento también es afín con Roig *et al.*, 2010; que considera como una de las características básicas de la NdC que deberían aprender los estudiantes; es que el conocimiento científico es empírico; esto es, se basa o deriva de observaciones del mundo natural. Asimismo que las afirmaciones científicas se derivan de observaciones coherentes de los fenómenos naturales. Los científicos, sin embargo, no tienen acceso directo a la mayoría de los fenómenos naturales: sus observaciones casi siempre se filtran través de la percepción, mediada por las suposiciones e interpretada desde un marco teórico (Abd- El-Khalick, 2008)

Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia

De acuerdo a la tabla 2 , la idea consensada de este tema, los profesores no lo abordan como tal, pero mencionan otros aspectos del mismo como por ejemplo:

El profesor uno indica:

“Debido a que la química es una ciencia que emplea muchas leyes, teorías y modelos, considero importante que los alumnos comprendan su utilidad, así como el surgimiento de ellos.”

Sobre este mismo tema el profesor número tres, menciona:

“Que los modelos científicos pueden o han sido mejorados o rechazados, siempre con bases científicas, y con el propósito de lograr un avance en las diferentes ciencias”.

Concuerda con Justi (2011) que nos dice que el uso de modelos y modelaje en las clases de ciencias puede favorecer el logro de los propósitos de la educación científica. Según Hodson (1992), lo que debe hacerse en las clases de ciencias es: aprender los modelos de la ciencia; aprender sobre la forma en la que se construyen estos modelos; y aprender sobre el papel que los modelos juegan en la diseminación y acreditación del conocimiento científico (Justi y Gilbert, 2002).

Y lo anterior coincide con los aspectos que debe abarcar la NdCyT, porque según Bennàssar Roig *et al.* (2010) el conocimiento científico proviene de la imaginación y la creatividad humanas, al menos parcialmente. El conocimiento científico se genera mediante la imaginación humana y el razonamiento lógico. Esta creación se basa en observaciones del mundo natural y en las inferencias que se hacen de él.

Algo que sería importante saber, es que entiende el profesor por “bases científicas” y si estos conceptos son claros para los alumnos.

No existe un método científico universal, paso a paso

Según la tabla 2 , en base al consenso, los científicos emplean diferentes métodos y reglas metodológicas para desarrollar la ciencia (Irzik y Nola, 2014) que concuerda con lo que menciona el profesor número cuatro:

“La pluralidad metodológica de la ciencia, no impuesta por un método científico, es determinante para favorecer la formulación de preguntas o problemas, para comprender el papel que desempeñan la experimentación o la observación,..”

Que también concuerda con Osborne (2003) “A los estudiantes se les debe enseñar que la ciencia utiliza una variedad de métodos y enfoques y que no hay un solo método científico o un solo enfoque” (p. 702).

Relación del aprendizaje con el entorno y la vida diaria

Argumentación sobre que son ciencia y tecnología

En relación a este concepto el profesor número uno nos indica:

“estudiar a la ciencia propicia en los alumnos el desarrollo de un pensamiento flexible, y crítico que le permite tomar sus decisiones en su vida diaria..”

Esta idea concuerda con lo que Vazquez y Manassero (2011, p. 3) expresan en relación con la necesidad de alfabetizar científica y tecnológicamente a la sociedad, lo que suele justificarse por razones socioeconómicas, culturales, de autonomía personal, utilidad para la vida cotidiana y asuntos democráticos para la participación social en las decisiones sobre asuntos de interés público relacionado con la ciencia y la tecnología.

Un gran fracaso documentado se remonta a la década de 1970, la investigación en el aprendizaje de los estudiantes : la mayoría los estudiantes no aprenden contenidos científicos de manera significativa ya que no se integran en su vida cotidiana (Anderson y Helms , 2001 ; Hart , 2002 ; . Osborne et al , 2003)

Cabe mencionar que ninguno de los demás profesores expresaron la importancia de los conceptos en la vida diaria y esto es un área de oportunidad en la que se tiene que trabajar.

Ideas previas de la NdC

El profesor número cuatro dice en relación a las ideas previas en relación a ciencia:

“Como cuerpo de conocimiento acabado, con la idea que los contenidos conceptuales son definitivos con verdades incuestionables. Visto al docente como dueño del saber y de autoridad indiscutible”.

En relación a lo comentado por este profesor, Wahbeh y Abd-El-Khalick, 2014 ; mencionan que la enseñanza tradicional presenta a la ciencia como “un paquete de conocimientos verdaderos” propiciando un estudio de la ciencia aburrida y al mostrarla de esta manera; se logra poco o ningún interés por el desarrollo de investigación; por lo que concuerda con lo comentado por el profesor y la recomendación para erradicar dicha idea previa.

El profesor uno dice que:

“Ideas que reducen a las actividades científicas en actividades de experimentación, así como Ideas sobre el método científico experimental, como algo que ‘siempre se debe cumplir’.”

Esta idea la ilustra Hanuscin (2010) cuando al realizar una actividad para saber las ideas previas de profesores a nivel primaria a través de la realización de un dibujo de un científico haciendo ciencia, se encontró, con que se tiene la idea de que los científicos solamente realizan ciencia cuando tienen una bata y están rodeados de material de laboratorio, justamente en un laboratorio. Esta es una idea previa de la cual habla McComas (2005 p.2) la cual es una de las concepciones de la NdC a enseñar en la que “los experimentos no son la única vía para el conocimiento científico”.

Como se ya se ha mencionado anteriormente, al hablar de la NdC, no hay un método científico que se realice paso a paso para realizar la ciencia. También comenta que el conocimiento científico es tentativo, durable y autocorregible (McComas, 2005).

La educación científica debe estar empapada e impregnada de los principios propios de la ciencia, para la validación del conocimiento; de modo que, la NdCyT ofrece el andamiaje global que da sentido y coherencia a toda la enseñanza de CyT (por qué y para que enseñar ciencia) (Vázquez y Mannasero, 2012) Asimismo, me gustaría saber cómo el profesor trabaja con sus alumnos para erradicar esta idea previa; ya que generalmente los profesores somos los que la enseñamos (sobre todo en Química)

Otras ideas previas que señala este mismo profesor:

“la imagen solitaria de los científicos”

Comenta el profesor tres:

“que la vida de los científicos es muy sacrificada y aburrida”

Un fracaso escolar son las imágenes deshonestas e irreales sobre la ciencia y los científicos (Aikenhead, 1973; Gaskell , 1992; Knain , 2001; Millar , 1989) . Como consecuencia de ello , los estudiantes pierden el interés en tomar nuevas clases de ciencias , algunos estudiantes se interesan en la ciencia por las razones equivocadas , y muchos de estos estudiantes se van a convertir en ciudadanos (algunos en posiciones clave en el gobierno y la industria) que tomaran decisiones en base a mitos acerca de la ciencia y los aspectos sociales de la comunidad científica .

Menciona el profesor uno:

ideas relacionadas con *“la neutralidad de la ciencia”*

Nos dice Woolgar, 1991 al respecto, que se da por sentado que la ciencia es la forma de conocimiento que –por excelencia- no se ve nunca afectada por los cambios del contexto social, de la cultura, etc. Un reciente estudio social de la ciencia se opone a este supuesto. Afirma que la universalidad del conocimiento científico es en realidad un mito ya que es el resultado de un complejo social mediante el cual las variaciones en las diversas posturas sobre la forma y la legitimación de la ciencia van siendo gradualmente eliminadas.

De hecho Acevedo, 1998 nos habla de la sociociencia, en la cual la práctica científica esta inmersa en tres dimensiones:

La ideológica-cultural que comprende: los valores y códigos éticos, objetivos de la ciencia, creencias sobre ciencia y el progreso, creatividad de la ciencia.

La dimensión organizativa que comprende: política científica, fondos económicos y subvenciones a la investigación científica, sistemas de recompensas en las comunidades de científicos, relaciones entre grupos de investigación, actividad profesional investigadora, formas de difundir la ciencia, usuarios y consumidores de la ciencia.

Y por último la dimensión técnica que comprende las destrezas, capacidades, recursos, instrumentación y conocimientos producidos.

De acuerdo a lo anterior este aspecto es muy importante ya que además los profesores y los libros no hablan del contexto en el que se desarrolla la ciencia y esto da la idea a los alumnos de una ciencia fuera de la realidad; dificultando por demás su aprendizaje.

Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de este concepto

Los profesores comentan al respecto:

Profesor número uno:

“No hay tiempo asignado para tratar esta temática dentro de los planes de estudio”

Profesor tres:

“No se encuentra en el programa de estudio, así que se tiene que ver como brevario cultural”

Profesor cuatro:

“ Como si fuera una unidad temática, ¡claro que no!, el tema se tiene que desarrollar a lo largo de la actividad escolar en las muy diferentes actividades”

Además continúa este mismo Profesor:

“Bajo interés en la ciencia, el enamoramiento por el uso de la tecnología.”
“Bajo desarrollo de estrategias metacognitivas”

Como ya se ha mencionado anteriormente este tema no esta dentro del curriculum y el no haberse implementado ha tenido consecuencias; tal como lo menciona Aikenhead (2005): “El primer fallo se refiere a la disminución crónica en inscripción de estudiantes debido a que tienen un 'desencanto con la ciencia en la escuela’

(Gardner, 199 ; Hurd, 1991; Seymour y Hewitt , 1997). Bajos números de inscripciones han alcanzado proporciones de crisis en muchos países (Frederick, 1991 , Osborne y Collins, 2000) , las pruebas sugieren que una enseñanza de CTS en un currículo de ciencias puede aumentar el número de estudiantes (Campbell et al , 1994; . Holton , 2003; Solomon , 1994) .

Además lo anterior concuerda con lo contestado por los profesores en la primer pregunta del CoRe en relación a la importancia de la NdCyT en un curso de Química ; en el que se hace énfasis en interesar a los alumnos en temas científicos y lograr un mayor entendimiento de dichos temas.

Profesor número uno y dos nos dicen:

“Se muestra como una ciencia acabada, que no evoluciona.”

Profesor dos comenta:

“ Las actividades experimentales estan diseñados para ilustrar principios no para cuestionar ideas”

Profesor número uno:

“Se muestra como una ciencia individual”

Profesor número tres:

“Mostrar al conocimiento científico como algo ”provisional”

Muchos de los puntos mencionados por los profesores concuerdan con lo que menciona bibliografía por ejemplo Fernández (2002) habla de las visiones deformadas de la ciencia y transmitidas a la enseñanza:

- Idea empiroinductivista y ateorica
- Concepción rígida de la actividad científica
- Concepción aproblemática y ahistórica de la Ciencia
- Concepción exclusivamente analítica
- Concepción meramente acumulativa del desarrollo científico
- Concepción individualista y elitista de la ciencia
- Visión descontextualizada, socialmente neutra de la actividad científica

Por lo que se tiene una muy pobre representación de la NdC y que está lejos de los discursos nacionales e internacionales acerca de la reforma de Educación en Ciencia.

Aspectos Históricos

Indican los profesores que :

- No es un “tema accesible” (Profesor número cuatro)
- Uso de biografías (Profesor número tres)

- Empleo de diferentes “ámbitos de la química desde su visión artesanal, alquimia hasta sus tres revoluciones”(Profesor número uno)
- Uso de diferentes modelos (Profesor número dos)

Los aspectos históricos no deberían ser anécdotas acerca de personajes históricos sirviendo como modelos (motivación al enseñar ese objetivo), o historias románticas acerca de descubrimientos ya conocidos o reconstrucciones racionales que idealizan a la ciencia, de acuerdo a alguna metodología científica (Allchin, Andersen and Nielsen, 2014).

El empleo de pasajes históricos debería ayudar a los alumnos en desarrollar una visión más profunda en aspectos como:

- Fundamentos empíricos
- La función de las teorías
- La naturaleza del experimento (y/o de la observación)
- La construcción de la dimensión subjetiva de la interpretación científica
- La importancia del contexto sociocultural.

(Clough y col, 2010)

De acuerdo a lo anterior, el uso de pasajes históricos debería hacer reflexionar y analizar a los alumnos de tal forma que se logre un mejor entendimiento de la NdCyT.

Algo importante que mencionan los profesores es que no es un tema accesible, y esto puede ser debido a causas multifactoriales como son: no estar contemplado en el curriculum (el tiempo es muy limitado ya que los programas a nivel bachillerato son muy extensos) y por otro lado para lograr esta reflexión, por parte de los alumnos, es necesario abordar estos pasajes no de manera superficial.

Procedimientos y recursos

Los profesores utilizan diferentes recursos que a continuación se detallan:

Para los profesores uno y dos :

- Lecturas y discusiones

Para los profesores dos y tres:

- Actividades experimentales, películas y videos

Profesor número tres:

- Experiencias de cátedra.

Profesor número cuatro:

- Trabajos, lecturas, simulaciones, asistencia a conferencias

Que concuerda con Acevedo (2009b), se logra una mejor comprensión de la NdCyT utilizando un enfoque explícito, abordando temas como historia, filosofía, cuestiones tecnocientíficas controvertidas o prácticas de laboratorio utilizando la indagación, debates, discusión de las hipótesis y sus implicaciones, etc; con el

objetivo de lograr una reflexión metacognitiva sobre este tema. Este aprendizaje “depende de un número de factores , incluyendo las características, habilidades, y aptitudes de los alumnos; recursos disponibles y el entorno educativo (Abd-El-Khalick y Akerson 2009, p. 2163).

Además para lograr este conocimiento, es necesario apoyarse en casos históricos de estudio (aclarando determinadas características de la ciencia) , utilizar auténticas prácticas científicas , investigación basada en contexto, argumentación y estrategias metacognitivas; con docentes preparados en cada uno de estos temas. (Abd- El-Khalick, 2012). Por lo que sería interesante documentar cómo a través de estos procedimientos y recursos, logran los alumnos estos aprendizajes.

Evaluación

Respecto a este tema, los profesores expresan que evalúan a través de:

Profesor número dos:

- Cuestionarios

Profesor número tres:

- Reportes
- Exámenes
- Exposiciones de temas

Profesor número uno:

- Lluvia de ideas

La evaluación tiene gran importancia en el proceso formativo y como indicador del proceso enseñanza-aprendizaje; ya que con esta información se permite al profesor prever y/o detectar problemas en este proceso y además le permitirá reflexionar para tomar las decisiones pertinentes y mejorar. Considerando este proceso “integral” a lo largo de su desarrollo y no solamente como la acción de otorgar una calificación para considerar si el alumno pasa la materia o no. (Rivera, 2007)

Por su parte al alumno, le permitirá reflexionar en este proceso, “ lo que hace, cómo lo hace y cómo puede mejorar “(Rivera , p. 3) siendo uno de los propósitos de esta reflexión, que la aplique no solamente como estudiante sino también en su vida.

Algo que ya se ha comentado, es abordar la NdCyT de manera explícita y esto involucra que tendría que estar dentro del currículo (algo que no sucede), por lo tanto evaluarla resulta más complicada y que se ve reflejado en la respuestas de los profesores.

Sería interesante analizar de que forma los profesores evalúan los conceptos centrales relacionados a la NdCyT y que resultados han obtenido de dichas evaluaciones ya que para Oviedo (2007, p. 5) se “requiere orientar a los jóvenes al desarrollo de capacidades y destrezas creativas, a la selección apropiada de

información y a la habilidad para formular preguntas y encontrar respuestas más apropiadas y mecanismos formativos de evaluación”

CAPÍTULO 4 CPC consensuado de los cuatro profesores entrevistados

A continuación reunimos lo mencionado por dos, tres, o los cuatro profesores entrevistados, para alcanzar un CPC consensual.

Primera pregunta:

1.-¿Qué relevancia tiene el tema NdCyT en un curso de química del bachillerato?

Las encuestas sobre la percepción de la ciencia que se han hecho en México y diversos estudios en México, Iberoamérica y el mundo muestran que en general la gente no está informada sobre la importancia de involucrarse en las discusiones de los temas de la ciencia y la tecnología que impactan sobre su forma de vida. Y como ésta será una de las últimas ocasiones en que los alumnos que no van a escoger una carrera científica se verán involucrados con temas de ciencia, tiene mucha relevancia este tema, porque les va a permitir comprender su entorno, así como apoyarlos en su vida diaria, para las tomas de decisiones que se encuentren involucradas con la ciencia y la tecnología; asimismo va a ser una valiosa oportunidad para tratar de construir un concepto de ciencia, enriquecido con los elementos propios de su naturaleza, que pretenda replantear en ellos su imagen

2.-Cite tres conceptos centrales relacionados con el tema de NdCyT

Entendamos por conceptos centrales los elementos fundamentales en los que usted basa su enseñanza de la NdCyT:

Conceptos Centrales mencionados por los cuatro profesores	
Concepto Central	Número de profesores que lo mencionaron
Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología	3
El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)	3
El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente	2
Pasajes históricos	1
El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente	1
Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia	1
No existe un método científico universal, paso a paso	1

3.-¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto y qué intenta que sus estudiantes aprendan sobre el mismo?

Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología

Es importante que los alumnos conozcan cuales son las principales características de la ciencia en general y de las actividades científicas ya que uno de los objetivos del bachillerato es propiciar la adquisición de una cultura, de tal forma que desarrollen un pensamiento flexible y crítico que les permita tomar decisiones en su vida diaria .

Por otro lado, hay desinformación sobre la interrelación entre ciencia y tecnología y las modificaciones que cada una produce en el conocimiento científico.

Lo que lleva a los profesores a referirse a la Ciencia, mucho más que a la tecnología, menos aún la tecnociencia debido a que este último término es nuevo en la formación docente y en la práctica profesional.

Por otro lado es importante desarrollar las habilidades de pensamiento disciplinarias para llegar a modelos conceptuales y para el impulso de la metodología experimental. La pluralidad metodológica de la ciencia es muy importante para favorecer la formulación de preguntas o problemas, para comprender la experimentación o la observación (con su respectiva carga teórica) y el valor asignado que ahí surgen.

El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)

Es importante que los alumnos comprendan que la ciencia no es estática, que aprendan que no hay verdades absolutas. Hay que tener en cuenta que vivimos en un mundo de incertidumbres donde los conocimientos, valores y creencias son muy volátiles, por lo que hay que tener un referente de certidumbre. No es tan importante el conocimiento, sino entender como se llega a él.

Además lograr que los alumnos reflexionen que es producto de muchos años de estudio y trabajo. Que los alumnos entiendan que los modelos explican sólo cierta parte de la realidad y que siempre pueden ser modificados .

El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente

Es importante que los alumnos comprendan que la ciencia y la tecnología son producto de intereses y valores empapados de una fuerte carga social hacer notar sus errores y aciertos; sus aspectos positivos y negativos. Además muchas veces se hacen juicios de valor aduciendo criterios científicos (supuestamente verdaderos) cuando en realidad lo que se hace es defender creencias.

Pasajes históricos

La utilización de pasajes históricos ayuda a los alumnos a comprender como se ha desarrollado y avanzado el conocimiento científico y tecnológico a través del tiempo. Las biografías les permite valorar la vida de los científicos

El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente

Le permite al alumno conocer la metodología científica, el proceso y desarrollo del conocimiento científico y tecnológico ; para entonces diferenciar a la ciencia de las pseudociencias.

Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia

Debido a que la ciencia (Química) se fundamenta en leyes , teorías y modelos es necesario que los alumnos comprendan su utilidad así como el surgimiento de ellos.

No existe un método científico universal, paso a paso

Mostrar a los alumnos que la pluralidad metodológica de la ciencia es determinante para favorecer la formulación de preguntas, entender el papel que desempeñan la experimentación y la observación con su respectiva carga teórica y el valor asignado a las evidencias que allí surgen; así como las diferentes formas de ordenar e interpretar los datos.

4.-¿ Qué ideas previas o concepciones alternativas tienen sus alumnos acerca de este concepto? Y ¿ qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en su enseñanza de este concepto?

Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología

Algunas de las ideas que se han encontrado en los alumnos son las siguientes:

- *Reducción de las actividades científicas en actividades de experimentación*
- *Método científico experimental como "algo que siempre se tiene que cumplir"*
- *Imagen solitaria de los científicos*
- *El desarrollo del conocimiento científico como algo acumulativo y temporalmente lineal*
- *Neutralidad de la ciencia*
- *Tecnología es una aplicación de la ciencia*
- *La tecnología no aporta nada a la ciencia*
- *Ver a la ciencia como definitiva e incuestionable.*

El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)

Los alumnos tienen una fuerte confusión acerca de los que son los modelos, las teorías y las leyes y de la forma en que son validados.

Asimismo, los alumnos no están familiarizados con trabajos de investigación o con el método científico. Otra idea que mencionan los alumnos es que el conocimiento científico es "real", es la "verdad" y así va a ser "siempre"

El conocimiento científico está empapado social y culturalmente

Los alumnos consideran el desarrollo del conocimiento científico fuera de contexto. Además se centra el estudio de la ciencia en la historia de los descubrimientos científicos más que en el análisis de los métodos

Pasajes históricos

Los alumnos tienen la idea de que la ciencia es lo mismo que la tecnología; que la vida de los científicos es aburrida y sacrificada y que los conocimientos se adquieren fácilmente.

El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente

Los alumnos creen que el conocimiento científico se desarrolla de manera mágica ya que no tienen desarrollado un pensamiento abstracto, crítico y/o reflexivo.

Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia

Los alumnos consideran que los modelos científicos fueron desarrollados por una sola persona.

No existe un método científico universal, paso a paso

Los alumnos ven al método científico como la única vía de contrastación de la hipótesis.

5.-¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza y el aprendizaje de este concepto?

Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología

Algunas dificultades que mencionan los profesores son:

- *Las concepciones alternativas.*
- *El bajo interés de los alumnos por la ciencia y el gran interés por el uso de la tecnología. Así como pocos ejemplos en los que los alumnos puedan entender que la ciencia y la técnica son interdependientes.*
- *Poco manejo por parte de los docentes de clases entretenidas y divertidas.*
- *El hecho de ser adolescentes, ya que tienen otros intereses.*

El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)

Los programas de estudio muestran a la química como una ciencia acabada, que no evoluciona. Otro problema es que los alumnos no tengan conocimientos de pasajes históricos que muestren al conocimiento científico como algo provisional.

El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente

Buena parte de los trabajos experimentales estan diseñados para ilustrar principios, no para cuestionar ideas y la idea de que la función de los experimentos son para comprobar la teoría desarrollada con anterioridad.

Actualización y formación del personal docente en cuanto a temas tan importantes como filosofía de la ciencia.

Pasajes históricos

Uno de los problemas es que hay poco material de calidad relacionado así como no se encuentra dentro del curriculum, por lo que se tiene que ver como "breviario cultural"

El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente

La falta de tiempo para desarrollar alumnos reflexivos, observadores y críticos; ya que los programas de estudio son muy extensos.

Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia

No se logra desarrollar y lograr una reflexión de estos temas por la falta de tiempo y por estudiar a la Química como una ciencia individual

No existe un método científico universal, paso a paso

El bajo desarrollo de estrategias metacognitivas involucrando la falta de trabajo colectivo por parte de los profesores así como la falta de estos temas en el curriculum; lo que repercute en los tiempos programados para el desarrollo de estas temáticas.

Pocas lecturas didácticas sobre temas de interés.

6.-¿Qué conocimientos sobre la historia de este concepto conoce? y ¿Qué aspectos históricos son importantes en la enseñanza de este concepto en el bachillerato?

Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología

Tenemos dos grandes tesis interpretativas de la estructura lógica del conocimiento científico:

Una que sitúa la validez del conocimiento en los mecanismos de la razón (racionalismo) asociado comúnmente al método deductivo de descubrimiento y comprobación y la validez en los datos de los sentidos y de la experiencia (empirismo) privilegiando al método inductivo.

En relación a los aspectos históricos que son importantes para la enseñanza no es tema accesible, ni siquiera para los profesores; ya que ni siquiera es una unidad temática, el tema se debe desarrollar a lo largo de la actividad escolar comprendiendo desde la alquimia hasta las tres revoluciones

Además, mostrar a los alumnos la interpretación que se hace de las evidencias experimentales cuando las técnicas se hacen más refinadas

El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)

Enseñar a los alumnos las diferentes teorías filosóficas sobre el método científico. En química hay muchos ejemplos históricos que favorecen su comprensión por ejemplo el estudio del "átomo", las diferentes concepciones de la materia, la combustión, etc.

El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente

Hay muchos ejemplos que muestran este aspecto como por ejemplo el desarrollo de la ciencia nazi sobre la judía, el comportamiento de las comunidades pobres y ricas, la alquimia, etc

Pasajes históricos

Se utiliza para este fin, biografías de algunos científicos importantes, explicando el por qué, para qué y el cómo se desarrolló determinado conocimiento científico y tecnológico

El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente

Explicar a los alumnos los diferentes pensamientos filosóficos sobre el método científico cómo y quiénes participaron en ellos.

Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia

Empleo ejemplos históricos que favorecen su comprensión, como los trabajos de Lavoisier y su esposa.

No existe un método científico universal, paso a paso

En mi opinión, lo recomendable es partir de aquellos temas que evidencien una evolución conceptual, evidencias, instrumentos de medida, metodología como puede ser el estudio de la alquimia, algunas concepciones y desarrollo de la estructura de la materia, el trabajo de Laviosier, concepto de la cantidad de materia (mol), etc.

7.-¿Qué procedimientos y recursos (analogías, metáforas, ejemplos, videos, etc) emplea para que los alumnos se comprometan con el concepto?

Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología

La utilización de trabajos prácticos en los que gradualmente se va aumentando su nivel a medida que se van desarrollando más las habilidades metodológicas.

Otro recurso es solicitar a los alumnos que propongan modelos sobre los líquidos, gases y sólidos además utilizar diferente material para representar lo mismo.

Lecturas

Otra más es que los alumnos pongan a prueba alguna creencia, ya sea como investigación documental o experimental y que realicen un informe de los resultados y la conclusión.

Además de la utilización de otro Proyecto Experimental de Química en los que se les solicita a los alumnos desarrollar algún asunto tecnocientífico de alto interés

social que abarquen varios aspectos de la NdCyT como por ejemplo. ¿Cómo reciclar el chicle? o la deshidratación de frutas y verduras sin contaminar.

Solicito la asistencia a conferencias como la del Dr. Antonio Lazcano, Dr. Carlos Amador, Dr. Jean Carlo Delgado, etc.

Videos como "un milagro para Lorenzo" o los alumnos los realizan y los suben a youtube.

La utilización de diferentes simulaciones y que los alumnos propongan aquella de tenga un mejor nivel explicativo de un hecho o un proceso determinado.

Debates y discusiones sobre por ejemplo las características de la materia y cómo los modelos han cambiado en base a que las tecnologías han mejorado

El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)

Empleo las evidencias disponibles en la antigüedad como por ejemplo el agua, la discusión y los procedimientos que determinaron que es una sustancia compuesta. Además la utilización de lecturas dirigidas como por ejemplo ¿Existe un método científico? Del autor Ruy Pérez Tamayo; para su posterior discusión en forma de plenaria.

Les solicito a los alumnos la elaboración de líneas de tiempo y trabajos de investigación.

El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente

Trabajos experimentales y realizar con los alumnos un análisis de los modelos por ejemplo de la estructura de la materia.

Pasajes históricos

Películas sobre la vida de algunos científicos. Lectura de diferentes libros como por ejemplo Químicos y química de la Ciencia para todos. Visitas a museos y líneas de tiempo.

El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente

Videos relacionados con actividades experimentales, experiencias de cátedra, actividades experimentales y películas.

Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia

Ejemplos históricos.

No existe un método científico universal, paso a paso

La utilización de ejemplos históricos.

8.-¿Qué maneras específicas emplea para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre el concepto?

Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología

Lluvia de ideas, cuestionarios como el COCTS(Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad) y el SUSSI(en inglés Student Understanding of Science and Scientific Inquiry)

El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)

Por medio de cuestionarios como el COCTS y el SUSSI, exposición de temas y evaluaciones de verdadero/falso

El conocimiento científico esta empapado social y culturalmente

Cuestionarios como el COCTS y el SUSSI

Pasajes históricos

Cuestionarios verdadero/falso, crucigramas, líneas de tiempo, entre otros

El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente

Reportes de laboratorio y exámenes orales.

Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia

No se evalúa este concepto como tal

No existe un método científico universal, paso a paso

No se evalúa este concepto directamente.

CAPÍTULO 5 Conclusiones

Se indicó como un objetivo específico de esta tesis “Identificar los principales elementos que integran la NdCyT y su Conocimiento Pedagógico de los profesores estudiados”. Ahora podemos decir que sí pudieron identificarse esos elementos principales, los cuales se plasmaron como un CPC consensuado.

Un aspecto importante a considerar, que tiene que ver con las creencias y por lo tanto con la manera de enseñar ciencia; es la corriente epistemológica a la que los profesores son más afines, misma que en su mayoría según este estudio, resulto ser el relativismo.

Por otro lado, aunque se logró identificar los elementos metodológicos y teóricos del CPNdCyT (Conocimiento Pedagógico de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología), es importante hacer notar, que de acuerdo a lo contestado en los CoRes que se analizaron de los cuatro profesores; faltaría por comprobar si realmente se logra un conocimiento de este tema con los estudiantes; ya que no basta tener una idea de lo que es la NdCyT, hay que enseñarla de manera explícita y lograr una reflexión en los alumnos, de cada uno de los factores que la componen, para lograr el cambio conceptual acerca de lo que es la ciencia y la tecnología. Utilizar ejemplos variados, actividades de indagación en asuntos tecnocientíficos controvertidos de interés social, diversas demostraciones y explicaciones, así como episodios históricos que sirvan para ilustrar la NdC (Garritz y Talanquer, 2012); explicando cómo los científicos cometieron errores, los sesgos en la interpretación de resultados y/o cambios históricos en la teoría de ese concepto (Allchin, Andersen and Nielsen, 2014); que de acuerdo a lo contestado por los profesores, lo hacen de manera muy superficial sin aplicar todo lo anterior.

Además no basta ni conocer a fondo el tema disciplinario, ni tampoco las mejores formas de representarlo para hacerlo asequible a los estudiantes, considerando sus concepciones alternativas, ya que las tres cuestiones surten efecto de una manera conjunta en la práctica docente. De igual forma faltaría verificar , si los profesores logran integrar los diferentes aspectos de la CPNdCyT, con el objetivo de lograr una reflexión y análisis sobre cada uno de ellos y por lo tanto un mejor resultado en la enseñanza.

Utilizar otro tipo de herramientas como el PaP-eR, ayudará a saber si los docentes hacen más comprensibles estos temas, aunque tendría que elaborarse un plan a largo plazo para lograr un verdadero cambio conceptual en los estudiantes. Por lo que para lograr esta reflexión metacognitiva, se tendría que abordar la NdCyT sobre conceptos particulares y por lo tanto estar dentro de los currículos; lo que concuerda con lo mencionado por los profesores en cuanto al tiempo insuficiente para “tocar” dichos aspectos ya que si lo enseñan, lo hacen de manera implícita,

dando como resultado, que en la mayoría de los casos ni siquiera se evalúe de manera formal.

Por otro lado, algo que limita el conocimiento de la NdCyT y/o sus habilidades, es que no se desarrollan utilizando diferentes contextos; es decir, sólo están limitadas al contexto en donde son aprendidas (Brown, Collins and Duguid, 1989; Lave, 1988, Lave and Wenger, 1991), que de acuerdo con lo contestado por los docentes, únicamente una minoría aplica sus conceptos centrales a la vida diaria.

Por tal situación los docentes deben de tomar en cuenta lo anterior y utilizar habilidades pedagógicas centradas en el estudiante, en forma colaborativa y desarrollar investigaciones dirigidas; para lograr este conocimiento de la NdCyT de forma explícita y reflexiva (Abd-El-Khalick, 2012)

Por otro lado, en relación al aspecto de la tecnología y a su relación con la ciencia se puede mencionar que hay confusión u omisión al respecto en los cuatro profesores entrevistados. Sucede que “cuando algo no se comprende bien o no se valora demasiado suele excluirse, por lo que cabe esperar que el profesorado de ciencias tienda a ignorar en su planificación docente aspectos como el papel de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, o no los contemple como se merecen ni, por supuesto, de modo apropiado” (Acevedo-Díaz, Vázquez, Mannasero y Acevedo-Romero, 2005). Estos mismos autores también mencionan (p. 380) que “debe subrayarse que la exclusión de la tecnología del currículo de ciencias dificulta la relación entre la ciencia escolar y la experiencia diaria del alumnado, de la que la tecnología es una parte sustancial; algo que los profesores de ciencias no suelen tener en cuenta muy a menudo”.

De acuerdo a lo anterior, resulta ser complicada una comprensión significativa de la NdCyT de los profesores estudiados y por su consecuencia que ésta se vea reflejada en su enseñanza, debido a causas multifactoriales que impiden su correcta comprensión.

En relación a los principales elementos que integran la NdCyT de los profesores estudiados, y de acuerdo al consenso de sus características mencionadas anteriormente (Abd-El-Khalick, 1998; Abd-El-Khalick, Waters y Le, 2008; Lederman, 1992; 1999; Matkins y Bell, 2007; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002), se considera lo siguiente:

El conocimiento científico es:

Para el profesor uno, dos y tres:

- Empapado social y culturalmente.
- Provisional

Pero además para los profesores número uno y cuatro consideran:

- No existe un método científico, paso a paso.

Para el profesor número uno

- Progreso científico discontinuo

Los profesores número dos, tres y cuatro consideran:

- Interrelaciones entre ciencia y tecnología

Y finalmente el profesor número tres además considera que es:

- Fundamentado empíricamente

Con esta diferenciación concluye este apartado.

CAPÍTULO 6 Recomendaciones

Habr  de ser necesaria la inclusi3n de este tema de ciencia y tecnología en el currículo de la MADEMS, para que por lo menos los profesores que pasen por ahí en su etapa de formaci3n se lleven una idea clara de estas dos actividades y c3mo actualmente se consideran reunidas en la tecno-ciencia.

De igual forma se considera necesaria una planeaci3n para integrar cursos y diplomados en la preparaci3n del cuerpo docente a nível bachillerato en la NdCyT con la finalidad de que se conozca a mayor profundidad cada uno de los aspectos que la componen y sobretodo para que los profesores, tengan las herramientas necesarias y lo integren a su práctica; que aunque no este dentro del curriculum se logre una mejor enseñanza en las ciencias (en este caso la Química).

Anexo 1 CoRes de los profesores

A continuación se muestra como se presento el cuestionario a los profesores:

Cuestionario para profesores que emplean Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) en la enseñanza de la Química a nivel Bachillerato

El propósito de este cuestionario es el de documentar el conocimiento que tienen profesores con experiencia acerca del tema de la NdCyT y que enfoquen a sus estudiantes hacia su comprensión, de tal forma que este conocimiento les sea significativo.

Primero tenemos que ponernos de acuerdo en lo que significa la NdCyT:

“Los libros de texto tradicionales sólo desarrollan conocimientos científicos y se rigen por la lógica interna de la ciencia, sin preguntarse acerca de qué es la ciencia, cómo funciona internamente, cómo se desarrolla, cuál es el origen de los conocimientos, cuál su grado de fiabilidad, cómo se obtuvieron, qué implicaciones tiene el juicio de los pares, para qué se utilizan comúnmente los conocimientos, qué beneficios aportan a la sociedad, y otras cuestiones relacionadas con el concepto de «naturaleza de la ciencia».

“La NdCyT incluye la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad [...]. También se deberían entender como propios de la NdCyT todos aquellos asuntos que van más allá de los productos o resultados de la ciencia –los contenidos fácticos y conceptuales–, tales como los procesos y diseños de la ciencia, los valores que impregnan a éstos, las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad, las relaciones sociales internas a la comunidad científica, las relaciones entre la ciencia escolar y la ciencia en elaboración, etcétera.

“Fuente: Vázquez, A.; Acevedo, J. A. y Manassero, M. A., «Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza», en Revista Iberoamericana de Educación, en <<http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>>, 2004. Consultada el 30 de marzo de 2013.”

La información que proporcione servirá para la formación y actualización del profesorado de bachillerato en el tema, para enriquecer su clase.

Gracias por su cooperación.

1.-¿Qué relevancia tiene el tema NdCyT en un curso de química del bachillerato?

2.- Cite tres conceptos centrales relacionados con el tema de NdCyT (Entendamos por conceptos centrales los elementos fundamentales en los que usted basa su enseñanza de la NdCyT, ver nota al final de la tabla)*:

Uno: _____,

Dos: _____

y

Tres: _____

	Uno	Dos	Tres
3.- ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto y qué intenta que sus estudiantes aprendan sobre el mismo?			
4.-¿ Qué ideas previas o concepciones alternativas tienen sus alumnos acerca de este concepto? Y ¿ qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en su enseñanza de este concepto?			
5.-¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza y el aprendizaje de este concepto?			
6.-¿Qué conocimientos sobre la historia de este concepto conoce? y ¿Qué aspectos históricos son importantes en la enseñanza de este concepto en el bachillerato?			
7.-¿Qué procedimientos y recursos (analogías, metáforas, ejemplos, videos, etc) emplea para que los alumnos se comprometan con el concepto?			
8.-¿Qué maneras específicas emplea para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre el concepto?			

* Algunos ejemplos de conceptos centrales, para que quede claro. Empleo de razonamiento a través de:

1. Pasajes históricos
2. Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología
3. El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)
4. El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente

5. El conocimiento científico es también producto de imaginación, especulación y creatividad
6. El conocimiento científico está empapado social y culturalmente
7. El progreso científico está caracterizado por la competencia entre teorías rivales
8. Diferentes científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma
9. Leyes y teorías sirven para diferentes propósitos en ciencia
10. No existe un método científico universal, paso a paso

Respuestas del Profesor 1

1.-¿Qué relevancia tiene el tema NdCyT en un curso de química del bachillerato? Considero que el tema tiene mucha relevancia para un curso de química del bachillerato, debido a que, en primer lugar, en nuestra sociedad moderna, la ciencia ocupa un lugar fundamental, y sin embargo hay ideas distorsionadas que impactan negativamente a la población en relación a la ciencia, empleando equivocadamente adjetivos como "estudiado científicamente" o "probado científicamente". Por lo que pienso que en un curso de química de bachillerato se puede ofrecer una valiosa oportunidad (y quizás la última para muchos alumnos que pretendan estudiar una licenciatura alejada de la ciencia) para tratar de construir un concepto de ciencia, enriquecido con los elementos propios de su naturaleza, que pretenda replantear su imagen.

2.- Cite tres conceptos centrales relacionados con el tema de NdCyT (Entendamos por conceptos centrales los elementos fundamentales en los que usted basa su enseñanza de la NdCyT, ver nota al final de la tabla)*:

Uno: Argumentación sobre qué es la ciencia **Dos:** El conocimiento científico como algo provisional y **Tres:** Leyes, teorías (y modelos) sirven para diferentes propósitos en ciencia.

	Uno	Dos	Tres
3.- ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto y qué intenta que sus estudiantes aprendan sobre el mismo?	Desde mi punto de vista, es importante que los alumnos conozcan cuáles son algunas de las principales características de la ciencia en general y de las actividades científicas debido a que uno de los objetivos del bachillerato es propiciar la adquisición de una cultura, y la ciencia forma parte de la cultura; asimismo, al estudiar a la ciencia considero que se propicia en los alumnos el desarrollo de un pensamiento	Considero que es importante que los alumnos comprendan que la ciencia no es estática, que es dinámica, de lo contrario la imagen que se da es de una ciencia acabada, en donde no hay más que averiguar. Intento que los estudiantes aprendan que no hay verdades acabadas, incluso en química, ya que lo que hoy se considera "verdad científica" quizás mañana no lo sea.	Debido a que química es una ciencia que emplea muchas leyes, teorías y modelos, considero importante que los alumnos comprendan su utilidad, así como el surgimiento de ellos.

	flexible, crítico, que le permite tomar decisiones en su vida diaria; y para finalizar, teniendo esta información como marco teórico, como profesor me es más sencillo que los alumnos identifiquen a la química como una ciencia.		
4.-¿ Qué ideas previas o concepciones alternativas tienen sus alumnos acerca de este concepto? Y ¿ qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en su enseñanza de este concepto?	<p>De forma general, algunas ideas previas que he encontrado constantemente en los alumnos de diferentes generaciones son:</p> <p>1) Ideas que reducen a las actividades científicas en actividades de experimentación.</p> <p>2) Relaciones con el punto anterior, ideas sobre el método científico experimental, como algo que "siempre se debe" cumplir.</p> <p>3) Ideas que conllevan la imagen solitaria de los científicos.</p> <p>4) Ideas sobre el conocimiento científico como</p>	La principal idea que los alumnos expresan constantemente, ya sea consciente o inconscientemente, es que el conocimiento científico es "real" es "verdad" y que así va a ser "siempre".	Una idea muy frecuente es que los alumnos piensan que los modelos científicos fueron construidos por una sola persona.

	<p>acumulativo y temporalmente lineal.</p> <p>5) Ideas relacionadas con la neutralidad de la ciencia.</p> <p>Considero que cada una de las ideas que poseen los estudiantes, de una u otra forma, van a influir en el proceso de enseñanza – aprendizaje, por lo que es importante darles seguimiento.</p>		
<p>5.-¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza y el aprendizaje de este concepto?</p>	<p>Una de las principales limitaciones es que no hay un tiempo asignado para tratar esta temática dentro de los planes de estudio (al menos en el caso de química), es más, ni siquiera aparece la temática de forma explícita en ellos. Por lo que yo he adecuado los tiempos para que sea al inicio del semestre cuando se trata la temática, lo que conlleva a dificultades con el resto del</p>	<p>Los programas de estudio de química muestran en un elevado porcentaje como una ciencia acabada, que no evoluciona.</p>	<p>Los programas de estudio de química muestran una ciencia individual.</p>

	programa.		
6.-¿Qué conocimientos sobre la historia de este concepto conoce? y ¿Qué aspectos históricos son importantes en la enseñanza de este concepto en el bachillerato?	<p>Los conocimientos que poseo en relación a la historia de la naturaleza de la ciencia son básicamente a través de la MADEMS, específicamente del curso "Filosofía de la ciencia", en donde se abordaron diferentes corrientes epistemológicas para explicar el carácter de la ciencia.</p> <p>Asimismo, los conocimientos que conozco sobre la historia de la química, comprenden ámbitos que abarcan desde su visión artesanal, luego alquímica y hasta sus tres revoluciones.</p>	<p>En química hay muchos ejemplos históricos que favorecen su comprensión.</p> <p>Por ejemplo la evolución en el concepto "valencia" o "átomo".</p>	<p>En química hay muchos ejemplos históricos que favorecen su comprensión.</p> <p>Por ejemplo los trabajos de Lavoisier y su esposa.</p>
7.-¿Qué procedimientos y recursos (analogías, metáforas, ejemplos, videos, etc) emplea para que los alumnos se comprometan con el concepto?	Los recursos que empleo son principalmente ejemplos, mismos que tienden a caracterizar a la ciencia.	Empleo lecturas dirigidas y su posterior discusión en forma de plenaria.	Empleo ejemplos.
8.-¿Qué maneras específicas emplea para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre el concepto?	Para evaluar el conocimiento desarrollado a lo largo del semestre realizo dinámicas, por	No evalué este concepto.	No evalué este concepto como tal, sino en conjunto y con un contexto

	ejemplo lluvia de ideas, en donde los alumnos expresan sus ideas, y es cuando me percaté si hubo enriquecimiento en cuanto a las argumentaciones que los alumnos emplean, en comparación con el momento inicial del semestre.		específico.
--	---	--	-------------

Respuestas del Profesor 2

1.-¿Qué relevancia tiene el tema NdCyT en un curso de química del bachillerato? Las encuestas sobre la percepción de la ciencia que ha hecho el CONACyT en México y diversos estudios en México, Iberoamérica y el mundo muestran que en general la gente no está informada sobre la importancia de involucrarse en las discusiones que los temas de la ciencia y la tecnología que impactan en su forma de vida, pero aún, los profesionistas a menudo desconocen temas clave sobre ciencias y recurren a mecanismos de pensamiento mágico, antes que a propuestas racionales para resolver problemas de manera cotidiana. Considerando que buena parte de los estudiantes de bachillerato no seguirán estudios de tipo científico-tecnológico, y entendiendo la importancia que tiene (y tendrá) la ciencia en la vida de cualquier ser humano, es de vital importancia que cualquier ciudadano entienda las características de la ciencia como forma de conocimiento y las ventajas que ofrece sobre otras formas de afrontar y resolver problemas, lo que incluye también la formación de una cultura democrática.

2.- Cite tres conceptos centrales relacionados con el tema de NdCyT (Entendamos por conceptos centrales los elementos fundamentales en los que usted basa su enseñanza de la NdCyT, ver nota al final de la tabla)*:

Uno: El conocimiento científico está empapado social y culturalmente, **Dos:** Argumentación sobre qué son ciencia y tecnología __y **Tres:** El conocimiento científico como algo provisional (sujeto a cambios)

	Uno	Dos	Tres
3.- ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto y qué intenta que sus estudiantes aprendan sobre el mismo?	Deben poder darse cuenta que a menudo se hacen juicios de valor aduciendo criterios científicos (supuestamente	En general, hay cierta desinformación sobre la interrelación entre ciencia y tecnología, a menudo se ignora que la tecnología	En un mundo de incertidumbres, donde los conocimientos, valores y creencias son muy volátiles, es necesario

	verdaderos), cuando a menudo lo que se hace es defender creencias	también produce o provoca modificaciones en el conocimiento científico.	tener un referente de certidumbre. En este caso no lo es tanto el conocimiento, sino la forma de conseguirlo lo que es valioso.
4.-¿ Qué ideas previas o concepciones alternativas tienen sus alumnos acerca de este concepto? Y ¿ qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en su enseñanza de este concepto?	En general suponen que cuando algo es "científicamente comprobado" o es un "avance científico" es por tanto "verdadero". Para considera estas ideas en el desarrollo del aprendizaje, se busca que durante las actividades experimentales los estudiantes reflexionen sobre los resultados que obtienen, pero también las limitaciones de las posibles respuestas a sus preguntas.	En general, los estudiantes coinciden en señalar a la tecnología como la aplicación de la ciencia, aunque en algunas veces los consideran como algo separado, y más frecuentemente piensan que la tecnología no aporta nada a la ciencia.	En general hay una confusión muy grande por cuanto a las características de los conocimientos, de lo que son los modelos, las teorías y leyes, y de la manera en que los conocimientos son puestos a prueba.
5.-¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza y el aprendizaje de este concepto?	Buena parte de los trabajos experimentales están diseñados para ilustrar principios, no para cuestionar ideas. También la idea de los estudiantes sobre los experimentos que persiste es	Hay pocos ejemplos que los estudiantes puedan tener como referencia para entender que ciencia y técnica son interdependientes.	La enseñanza tradicional, como ya se ha expuesto al inicio de este cuestionario, y problemas durante la enseñanza y formación de los docentes, acarrear la idea de verdades

	la de comprobar supuestos desarrollados con anterioridad.		absolutas, trascendentales e inmutables, cuando lo que sucede es precisamente lo contrario.
6.-¿Qué conocimientos sobre la historia de este concepto conoce? y ¿Qué aspectos históricos son importantes en la enseñanza de este concepto en el bachillerato?	El desarrollo de la ciencia nazi sobre la judía. Las explicaciones sobre el comportamiento de comunidades pobres y comunidades ricas.	La interpretación que se hace de las evidencias experimentales cuando las técnicas se hacen más refinadas, la reinterpretación de las características de los elementos. Los modelos del átomo.	La contraposición (en física) de los modelos clásico y mecanico-cuántico, las diferentes concepciones de la materia. La combustión y su explicación con el modelo del flogisto y del oxígeno
7.-¿Qué procedimientos y recursos (analogías, metáforas, ejemplos, videos, etc) emplea para que los alumnos se comprometan con el concepto?	Trabajo experimental, análisis de los modelos de estructura de la materia	Lecturas, discusiones y debates sobre las características de la materia, y como los modelos que explican estas características han cambiado al mejorar las tecnologías disponibles.	Las evidencias disponibles en la antigüedad para caracterizar al agua como elementos, y discusión de los procedimientos para poner a prueba si el agua es una sustancia elemental o compuesta.
8.-¿Qué maneras específicas emplea para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre el concepto?	Cuestionarios como el COCTS y el SUSSI	Cuestionarios como el COCTS y el SUSSI	Cuestionarios como el COCTS y el SUSSI

Respuestas del Profesor 3

1.-¿Qué relevancia tiene el tema NdCyT en un curso de química del bachillerato?

Es de gran relevancia, dado que la mayoría de los alumnos no estudiarán una carrera científica, es decir, solo son dos semestres en que los alumnos tendrán

contacto con la NdCYT (primer y segundo semestre), para lograr una preparación en este campo, que les va a permitir comprender su entorno, así como apoyarlos en su vida diaria, para las tomas de decisiones que se encuentren involucradas con la NdCyT.

2.- Cite tres conceptos centrales relacionados con el tema de NdCyT (Entendamos por conceptos centrales los elementos fundamentales en los que usted basa su enseñanza de la NdCyT, ver nota al final de la tabla)*:

Uno: Pasajes históricos **Dos:** El conocimiento científico como algo fundamentado empíricamente

y **Tres:** El conocimiento científico como conocimiento provisional (sujeto a cambios)

	Uno	Dos	Tres
3.- ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto y qué intenta que sus estudiantes aprendan sobre el mismo?	Porque, le da al alumno una visión de cómo han ido avanzando el conocimiento científico y tecnológico a lo largo de la historia, las biografías les permite conocer, y valorar la vida de los científicos.	Porque, le da a conocer la metodología científica, y el para qué, por qué y cómo se ha llegado al desarrollo del conocimiento científico y tecnológico. Que alumno pueda diferenciar entre la ciencia y las pseudociencias.	Porque, es importante que ellos reflexionen que el conocimiento científico es producto muchos años de estudio y trabajo. Que los modelos científicos pueden o ha sido mejorados o rechazados, siempre con bases científicas, y con el propósito de lograr un avance en la diferente ciencia.
4.-¿ Qué ideas previas o concepciones alternativas tienen sus alumnos acerca de este concepto? Y ¿ qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en su enseñanza de este concepto?	Algunas ideas previas que considero que tiene los alumnos son: Ciencia es lo mismo que tecnología, la vida de los científicos es muy sacrificada y aburrida, los conocimientos	Por ejemplo, la ciencia es magia, ¿quién inventó esto?... Los alumnos no tienen desarrollado un pensamiento abstracto, crítico y/o reflexivo.	El que los alumnos no estén familiarizados con el Método Científico, o en la realización de trabajos de investigación.

	se adquieren fácilmente...		
5.- ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza y el aprendizaje de este concepto?	Me parece que para el bachillerato, hay poco material de calidad relacionado con este concepto, por otro lado, no se encuentra en el programa de estudio, así que se tiene que ver como "breviario cultural"	Creo que la más limitante es el tiempo, ya que en la mayoría de los casos resulta insuficiente, y no se le da la debida importancia al trabajo en el Laboratorio.	La dificultad más importante sería que el que alumno no haya tenido contacto con Pasajes Históricos, por lo tanto la limitante sería que el alumno no haya podido evidenciar como el conocimiento científico es un conocimiento provisional.
6.-¿Qué conocimientos sobre la historia de este concepto conoce? y ¿Qué aspectos históricos son importantes en la enseñanza de este concepto en el bachillerato?	Biografías de algunos científicos importantes. Para qué, por qué, quién y cómo se desarrolló determinado conocimiento científico y tecnológico.	Pensamientos filosóficos sobre el método científico. ¿Cómo y quiénes han participado en el desarrollo del método científico?	Teorías filosóficas sobre el método científico. ¿Quiénes son los filósofos, y cuál es su filosofía sobre el método científico? ¿En qué fecha?
7.-¿Qué procedimientos y recursos (analogías, metáforas, ejemplos, videos, etc) emplea para que los alumnos se comprometan con el concepto?	- Películas sobre la vida de los científicos más sobresalientes. -Libros como por ejemplo: "Químicos y química "de la Ciencia para todos. -Visita a museos. - Línea de tiempo.	Películas, videos relacionados con actividades experimentales, experiencias de cátedra, y actividades experimentales.	Elaborar línea de tiempo, Trabajos de investigación, lectura del libro ¿existe el método científico? De Ruy Pérez Tamayo, de la ciencia para todos, etc.
8.-¿Qué maneras específicas emplea para evaluar el	Cuestionarios falso/verdadero,	Reportes de laboratorio, examen	Examen oral, exposición de

entendimiento o confusión de los alumnos sobre el concepto?	crucigramas, líneas de tiempo etc...	oral, y experiencia cátedra.	temas, Cuestionario de evaluación falso/verdadero.
---	--------------------------------------	------------------------------	--

Respuestas del Profesor 4

1.- ¿Qué relevancia tiene el tema NdCyT en un curso de química del bachillerato? En mi opinión, es una de las funciones más relevantes de la educación de las ciencias. Un consenso sobre los propósitos de la educación científica descansa en que los estudiantes de bachillerato lleguen a adquirir una mejor comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (NdC), y más actualmente, sobre la Naturaleza de Ciencia y de la Tecnología (NdCyT) para desarrollar una mejor comprensión de la ciencia, la tecnología y sus métodos.

Aun cuando los intentos y esfuerzos por desarrollar modelos educativos sobre la ciencia, más afines a estos tiempos, la investigación y la experiencia diaria en las aulas revelan resultados que no han sido del todo satisfactorios, ya que los estudiantes muestran bajo desempeño y no adquieren realmente una cultura científica y tecnológica que les permita desarrollarse de una mejor manera en su vida cotidiana.

2.- Cite tres conceptos centrales relacionados con el tema de NdCyT (Entendamos por conceptos centrales los elementos fundamentales en los que usted basa su enseñanza de la NdCyT, ver nota al final de la tabla)*:

Uno: Ciencia y tecnología **Dos:** La pluralidad metodológica y **Tres:** Valores de la ciencia.

Nota: por razones de tiempo, sólo me referiré a la Ciencia.

	Ciencia
3.- ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto y qué intenta que sus estudiantes aprendan sobre el mismo?	<p>Porque es un rasgo característico de la cultura de esta época, (Martínez, 2008; Carretero, 1996). Este paradigma, ha propiciado cambios manifiestos, que van de la mano con las nuevas concepciones de ciencia y por lo tanto de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) y de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT).</p> <p>Los profesores solemos, referirnos a la Ciencia, mucho más que a la tecnología, incluso poco se alude a la tecnociencia, un tanto porque es nuevo en nuestra formación profesional y en la práctica docente. Lo que supone, la trasmisión de nuestras ideas alternativas sobre estos asuntos, de modo que se genera una visión deformada de la Ciencia y de la Tecnología.</p> <p>En tanto conciente de esta situación, en mis cursos de</p>

	<p>1er año de bachillerato, en los cursos de Química I y II, tienen un fuerte componente para que los estudiantes desarrollen una visión de la ciencia y la tecnología. Me preocupo por ofrecerles una forma de mirar e interpretar el mundo y desarrollen una perspectiva cultural de la ciencia y la tecnología, para no permitir la intromisión de las pseudociencias, de la charlatanería, pero más puntualmente para el desarrollo de habilidades del pensamiento, disciplinarias para llegar a modelos conceptuales y para el impulso a la metodología experimental.</p> <p>La pluralidad metodológica de la ciencia, no impuesta por un método científico, es determinante para favorecer la formulación de preguntas o problemas, para comprender el papel que desempeñan la experimentación o la observación con todo y la carga teórica de esta, el valor asignado a las evidencias que de allí surgen, (Adúriz-Bravo et al., 2003) las diferentes formas de ordenar los datos para su interpretación, interpretaciones de los resultados entre otros.</p> <p>Todo esto se plantea los intereses, valores, en la afirmación de que la ciencia, la tecnología, la tecnociencia y la innovación son producto social, con todo y sus errores y aspectos negativos. Esta tarea es desmesurada para un año escolar, pero los alumnos están en posibilidades cuando menos de manera modesta de llegar a un acercamiento.</p>
<p>4.- ¿Qué ideas previas o concepciones alternativas tienen sus alumnos acerca de este concepto? Y</p> <p>¿Qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en su enseñanza de este concepto?</p>	<p>Algunas concepciones alternativas sobre la ciencia:</p> <p>Como cuerpo de conocimiento acabado, con la idea de que los contenidos conceptuales son definitivos, verdades incuestionables, organizados según la lógica de la materia. Visto al docente como dueño del saber y de autoridad indiscutible. Desde la forma de trabajar de los científicos, asumiendo al método científico, como su punto de partida. Los procesos son independientes de los contenidos y la experiencia es la fuente fundamental del conocimiento científico. Concebida como búsqueda de la "verdad". Se centra en la historia de los descubrimientos científicos, más que en el análisis de los métodos. Las teorías científicas en evolución, pueden ser evaluadas fuera de su contexto. La metodológica, como vía única de contrastación de hipótesis.</p> <p>No es posible disgregarlos, porque son un entramado, no obstante un aspecto que es de mi interés e incluso diría</p>

	<p>mi pasión, es el de la metodología experimental, en voz de los trabajos prácticos, de los proyectos experimentales de Química, del uso y manejo de modelos, simulaciones, etc. Desde donde es posible aprender habilidades relacionadas con la ciencia, la tecnología y la tecnociencia.</p>
<p>5.-¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza y el aprendizaje de este concepto?</p>	<p>Dificultades y limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las concepciones alternativas propias. Actualización y formación sobre filosofía de la ciencia. Las concepciones alternativas de los estudiantes. El nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes. El bajo interés en la ciencia, el enamoramiento por el uso de la tecnología. Bajo desarrollo en estrategias metacognitivas. Pocas lecturas didácticas, sobre temas de interés (casi siempre derivan en explicaciones técnicas, con un lenguaje confuso para ellos). Falta más trabajo colectivo de profesores para desarrollar: estrategias, secuencias, tareas, etc. de acuerdo a las características de la población a la que va dirigida. La falta de apoyo de algunos laboratoristas, por lo que no se pueden realizar actividades experimentales. Las condiciones de hedonismo, todas las clases deben ser divertidas y entretenidas, el asunto formal no les interesa. Su condición de adolescentes, tienen intereses más importantes que atender.
<p>6.-¿Qué conocimientos sobre la historia de este concepto conoce? Y</p>	<p>Después de estudiar la MADEMS, bastantes más de los que tiene un profesor de química promedio, por lo cual sólo señalaré lo que para mí es el fundamento básico sobre la ciencia.</p> <p>El siglo XIX, es el escenario del debate entre el discurso ambiguo y el discurso exacto, entre el dogma y la crítica, entre lo "metafísico" y lo "físico" y entre la especulación y la ciencia; e incluso se aceleraron los descubrimientos</p>

<p>¿Qué aspectos históricos son importantes en la enseñanza de este concepto en el bachillerato?</p>	<p>generadores de tecnología. En contraparte el dogma, el escepticismo y el pensamiento ambiguo recibieron un fuerte impulso de parte del romanticismo, el cual manifestaba la desconfianza en la razón y en la capacidad sensorial a favor del sentimiento, la intuición y la emotividad.</p> <p>Surgen por esos tiempos, otras dos grandes tesis interpretativas de la estructura lógica del conocimiento científico:</p> <p>una, que sitúa la validez del conocimiento en los mecanismos de la razón (racionalismo) asociado comúnmente al método deductivo de descubrimiento y comprobación y</p> <p>la otra, que sitúa esa validez en los datos de los sentidos y de la experiencia (empirismo), privilegia el método inductivo.</p> <p>El empirismo inductivo, acreditó los <u>mayores aportes tecnológicos</u> y le ha dado a la ciencia un alto valor como medio de adquisición de conocimiento. Esta corriente se convirtió en la primera y más influyente interpretación del</p>
--	--

	<p>conocimiento científico en el siglo XX, defendiendo el conocimiento riguroso, sometido a reglas de validación fundadas en la experiencia que se puede verificar.</p> <p>Realmente no es un tema accesible, ni siquiera para los profesores, entonces hemos de imaginar lo poco viable para los alumnos, como si fuera una unidad temática, ¡claro que no!, el tema se debe desarrollar a lo largo de la actividad escolar en las muy diferentes actividades, algo como una manera de vivir la química escolar.</p> <p>Sin embargo, una beta rica es la del desarrollo histórico de la Química (sólo para algunos temas), para comprender el desarrollo y evolución de esta ciencia. En mi opinión, lo recomendable es partir de aquellos temas que evidencien una evolución conceptual, de posturas, de evidencias, de instrumentos de medida, de metodología, etc. como puede ser: una investigación sobre la Alquimia, seguida de algunas concepciones y desarrollo de la estructura de la materia, que tiene mucho sentido para entender otros temas, sobre el trabajo de Lavoisier, de los gases, del concepto de cantidad de materia (mol), etc.</p>
<p>7.-¿Qué procedimientos y recursos (analogías, metáforas, ejemplos, videos, etc.) emplea para que los alumnos se comprometan con el concepto?</p>	<p>Recursos: Trabajos prácticos, que al principio son de bajo nivel y a medida que hay más madurez, van subiendo de nivel en la demanda de tareas, buscando desarrollar las habilidades metodológicas.</p> <p>También he desarrollado Secuencias Experimentales, que tienen un nivel más amplio, y que incluyen el manejo de modelo, para proponer explicaciones, para lo cual solicito:</p> <p style="padding-left: 40px;">Solicitó que propongan un modelo sobre los gases, líquidos y sólidos. En la consideración que debe explicar el estado sólido del agua, los puentes de hidrógeno y la electrólisis. Otra alternativa, es una propuesta mía, para que trabajen con un material diferente para, representar lo mismo.</p> <p>Desde luego las actividades propuestas, son experimentales y no experimentales, también incluyen lecturas videos y simulaciones.</p> <p>Actividad: partir de las creencias de los estudiantes; yo</p>

	<p>pongo el tema (¡de acuerdo al programa, ni modo!), ellos van comentando acerca de alguna creencia, entonces les solicito que la someta a prueba, ya sea como investigación documental o experimentalmente y que nos informe de los resultados y su conclusión. Por ej. Señalan que un "diente inmerso en coca cola se deshace en tres días", prueba esta afirmación y saca conclusiones.</p> <p>La actividad más relevante, son los Proyectos Experimentales de Química. Durante tres años los he trabajado, con resultados de buenos a excelentes, porque entre otras muchas cualidades está la de favorecer el aprender a aprender, el aprender hacer, la autonomía. Se parte de los intereses de los alumnos y de problemas reales, por ej. ¿Cómo reciclar el chicle?, ¡Deshidratación de frutas y verduras sin contaminar! asuntos tecnocientíficos de alto interés social, que abarcan diversos niveles de explicaciones de sucesos que valen para ilustrar la (NdC y NdCyT). Esta actividad, no es para todos los alumnos, ni para todos los temas, se realiza fuera del horario de clases e implica el reto de presentar sus productos y resultados en varios foros, en donde los alumnos se ponen a prueba, para algunos es un determinante vocacional. ¡Es electrizante y los temple!</p> <p>Asistencia a conferencias, como la del Dr. Antonio Lazcano, Dr. Carlos Amador, Dr Jean Carlo Delgado, etc.</p> <p>Diversos videos, que luego se comentan: como el "de un milagro para Lorenzo", programas de televisión, etc. También ellos hacen videos de los temas propuestos y además los suben a youtube.</p> <p>Una actividad importante es realizar, una investigación sobre diferentes simulaciones y proponer aquella que tiene un mejor nivel explicativo de un hecho o un proceso determinado.</p> <p>Debo decir que cada estrategia, actividad o tarea, incluye el formular obligadamente una pregunta, si después surgen más, ¡excelente! Al principio les cuesta mucho trabajo hacer preguntas, más bien están acostumbrados a responder a las formuladas por el profesor, al terminar el año escolar se nota la disciplina con la que preguntan y argumentan. Incluso han formulado algunas que a mí no me habían surgido.</p>
<p>8.-¿Qué maneras específicas emplea para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre el</p>	<p>Como saber si realmente se ha conseguido que los estudiantes hayan construido la imagen de la ciencia que se considera adecuada a los propósitos planteados. En realidad no es un tema que evalúe con un instrumento</p>

concepto?	determinado, aunque lo evaluó a través de las mismas actividades propuestas, las cuales son el medio y la guía para contar con evidencias sobre los posibles aprendizajes logrados. Para mi es fundamental observar a los alumnos, acerca de sus actitudes, escucharlos, dejar que se expresen, a través de preguntas abiertas y directas sobre los puntos que los alumnos han desarrollado sobre la concepción de la ciencia y sus características.
-----------	--

Referencias Bibliográficas

- AAAS, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- AAAS, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Abd-El-Khalick, F. (1998). *The influence of history of science course on students' conceptions of the nature of science*. Unpublished doctoral dissertation. Oregon State University, Oregon.
- Abd-El-Khalick, F. (2000). Improving elementary teacher' conceptions of nature of science in the context of a science content course. En P. A. Rubba, J. A. Rye, P.F. Keig y W. J. Di Biase (Eds.), *Proceedings of the 2000 Annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 366-398). Pensacola, FL: ASTE.
- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science and Education*, 22, 2087–2107.
- Abd-El-Khalick, F. y Akerson, V. (2009). The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*. 31(16), 2161-2184.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. y Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000b). The influence of history of science course on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Abd-El-Khalick, F., Waters, M. y Le, A.-P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835-855.
- Abell, S. K. (2008). Twenty years later: does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Acevedo, J.A. (1995) Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Alambique*, 3, pp. 75-84
- Acevedo, J.A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación del tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp.35-44.
- Acevedo, J. A. (2007). Las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología en el estudio PISA 2006. *Revista Eureka*, 4(3), 394-416,
- Acevedo, J. A. (2007a). Investigación científica, naturaleza de la ciencia y enseñanza de las ciencias (II). *Revista Eureka*, 4(3), 571-579.

- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka*, 5(2), 134-169,
- Acevedo, J. A. (2009a). Conocimiento Didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. *Revista Eureka*, 6(2), 164 -189.
- Acevedo, J. A. (2009b). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka*, 6(3), 355-386.
- Acevedo, J. A., Acevedo, P., Manassero, M.A., Oliva, J.M., Paixão, M.F. y Vázquez, A. (2004). Naturaleza de la ciencia, didáctica de las ciencias, práctica docente y toma de decisiones tecnocientíficas. En I. P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.): *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*, pp. 23-30. Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro. En Sala de Lecturas CTS+I de la OEI, 2004, <http://www.campusoei.org/salactsi/acevedo21.htm>.
- Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez, A., Manassero, M., and Acevedo-Romero, P. (2005). Aplicación de una nueva metodología para evaluar las creencias del profesorado sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Educación Química*, 16(3), 372-382.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En Sala de Lecturas CTS+I de la OEI, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm> . Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka*, 4(1), 42-66.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka*, 4(2), 202-225.
- Adúriz, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis doctoral. Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Aguirre, J. M., Haggerty, S. M. y Linder, C. J. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: A case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12(4), 381-390.
- Aikenhead, G.S. (1973). The measurement of high school students' knowledge about science and scientists. *Science Education*, 51, 539-549.
- Aikenhead, G. S. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Paper presented at the *4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*, Research and the quality of science education. Noordwijkerhout, The Netherlands (August 19-23). En http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf.
- Aikenhead, G. S. (2005). Research into STS science education. *Educación Química*, 16(3), 384-397

- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
- Allchin, D. (2004a). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88(6), 934-946.
- Allchin, D. (2004b). Pseudohistory and Pseudoscience, *Science and Education*, 13, 179-195.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Allchin, D. (2012). The Minnesota case study collection: New historical inquiry case studies for nature of science education. *Science and Education*, 21(9), 1263-1281.
- Allchin, D., Andersen, H. M., and Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98(3), 461-486.
- Alters, B. J. (1997a). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- Alters, B. J. (1997b). Nature of science: a diversity or uniformity of ideas? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1105-1108.
- Anderson, R.D., and Helms, J.V. (2001). The ideal of standards and the reality of schools: Needed research. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 3-16
- Backhus, D. A. y Thompson, K. W. (2006). Addressing the nature of science in preservice science teacher preparation programs: science educator perceptions. *Journal of Science Teacher Education*, 17(1), 65-81.
- Bartholomew, H., Osborne, J. y Ratcliffe, M. (2004). Teaching students ideas-about-science: five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.
- Bell, R. L., Lederman, N. G. y Abd-El-Khalick, F. (1998). Implicit versus explicit nature of science instruction: an explicit response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1057-1061.
- Bell, R. L., Lederman, N. G. y Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and acting upon one's conception of the nature of science: a follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 563-581.
- Bennàssar Roig, A., Vázquez Alonso, Á., Manassero Mas, M. A., García Carmona, A. (coordinadores) *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos, 2011. ISBN: 978-84-7666-228-1. La obra completa puede bajarse de la URL <http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf>
- Berry, A., Loughran, J. y Van Driel, J. H. (2008). Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1271-1279.
- Bonilla, Pedroza, Ma. Xochitl (2009), *Las actividades Didácticas, bajo la posible influencia de las concepciones: Epistemológicas y de Aprendizaje de los Docentes*

de ciencias (Tesis Doctoral), Facultad de Filosofía y Letras, División de Estudios de Posgrado UNAM, México.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Brickhouse, N. W. y Bodner, G. M. (1992). The beginning science teacher: classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 471-485.

Brown, J.S., Collins, A., and Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 17, 32-42.

Cajas, F. (1999). Public Understanding of Science: Using technology to Enhance School Science in Everyday Life. *International Journal of Science Education*, 21(7), 765-773.

Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica. La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.

Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nicolson, P., Ramsden, J., and Waddington, D. (1994). Science: The Salters' approach – A case study of the process of large scale curriculum development. *Science Education*, 78, 415-447.

Carey, L. R. y Stauss, A. N. (1968). An analysis of the understanding of the nature of science by secondary school science teachers. *Science Education*, 52(4), 358-363.

Carlson, J. and Gess-Newsome, J. (2013) The PCK Summit Consensus Model and Definition of Pedagogical Content Knowledge. In the Symposium "Reports from the Pedagogical Content Knowledge (PCK) Summit", ESERA Conference, September.

CENTRAL ASSOCIATION OF SCIENCE AND MATHEMATICS TEACHERS (1907). A consideration of the principles that should determine the courses in biology in the secondary schools. *School Science and Mathematics*, 7, 241-247.

Chamizo, J. A. (2006). Los modelos de la Química. *Educación Química*, 17(4), 476-482.

Chamizo, J. A., and Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique*, 51, 9-19.

Chamizo, J. A. (2009). A Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos. *Educación Química*, 20(1), 6-11.

Chamizo, J. A. (2013). Technochemistry: One of the chemists' ways of knowing, *Foundations of Chemistry*, v. 15, n. 2, 157-170.

Chevallard, Y. (1985). *Le transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage. Traducción castellana (1991), La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique.

Clough, M. P., Herman, B. C., and Smith, J. A. (2010). Seamlessly teaching science content and the nature of science: Impact of historical short stories on post-secondary biology students. In *Sacramento, CA: Association of Science Teacher Educators Conference*.

- Deboer, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- Díaz, J. A. A. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 409-420.
- Díaz, J. A. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka*, 5(2), 134-169
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Eflin, J. T., Glennan, S. y Reisch, R. (1999). The nature of science: a perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 107-116.
- Eiks, I., and Hofstein, A. (2013). *Teaching Chemistry- A Studybook*. Sense Publishers, 269-298
- Farré, A. S. y Lorenzo, M. G. (2009). Conocimiento Pedagógico del Contenido: Una definición química, *Educación en la Química*, 15(2), 103-113.
- Fensham, P. J. (2004): Beyond Knowledge: other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education, en R. M. Janiuk y E Samonek-Miciuk. (eds.): *Science and Technology Education for a Diverse World - Dilemmas, Needs and Partnerships*, International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XITH Symposium Proceedings, pp. 23-25, Lublin, Poland, Maria Curie-Skłodowska University Press.
- Fernández, I., Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Flavell, J. H. (1999). Cognitive development: Children's knowledge about the mind. *Annual review of psychology*, 50(1), 21-45.
- Flores Camacho, Fernando, Gallegos, L., Bonilla, X., López, L., & García, B. (2007). Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de los profesores de biología del nivel secundario. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 12(32), 359-380.
- Frederick, W.A. (1991). Science and technology education: An engineer's perspective. In S.K. Majumdar, L.M. Rosenfeld, P.A. Rubba, E.W. Miller and R.F. Schmalz (Eds.), *Science education in the United States: Issues, crises and priorities*. Easton, PA: The Pennsylvania Academy of Science, pp. 386-393.
- Gardner, P.L. (1998). Students' interest in science and technology: Gender, age and other factors. In L. Hoffmann, A. Krapp, K.A. Renninger and J. Baumert (Eds.), *Interest and learning. Proceedings of the Seeon conference on interest and gender*. Kiel, Germany: IPN, University of Kiel, pp. 41-57
- Gaskell, P.J. (1992). Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, 14, 265-272.
- Garriz, A. (2006). Historia y retos de la formación de profesores (Algo más sobre Lee Shulman). *Educación Química*, 17(3), 322-326

Garritz, A. (2006b). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de educación*, (42), 127-152.

Garritz, A. (2010). La enseñanza de la química para la sociedad del siglo XXI, caracterizada por la incertidumbre. *Educación Química*, 23(1), 2-15.

Garritz, A., Alvarado, C., Cañada, F. and Mellado, V. PCK by CoRes and PaP-eRs for Teaching Acids and Bases at High School, 49 pages. *Proceedings of the NARST-2013 Conference*, at Río Grande, Puerto Rico, April, 2013 .

Garritz, A., Rueda, C. y Robles, C. Opiniones de profesores y estudiantes mexicanos del bachillerato y la universidad públicos sobre la NDCyT: una pobreza alarmante. En Bennàssar Roig, A., Vázquez Alonso, Á., Manassero Mas, M. A., García Carmona, A. (coordinadores) *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*, (Capítulo 8, pp. 109-119). Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos, 2011. ISBN: 978-84-7666-228-1. La obra completa puede bajarse de la URL <http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf>

Garritz, A., Sosa, P., Hernández Millán, G., López Villa, N. M., Nieto-Calleja, E- y Reyes Cárdenas, F. M. Una secuencia de enseñanza/aprendizaje para los conceptos de sustancia y reacción química con base en la Naturaleza de la Ciencia y la Teconologia, *Educación Química*, 24[4], 439-450, 2013.

Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(1), 98-103.

Giere, R.N. (1988), *Explaining Science*, Chicago, IL., University of Chicago Press.

Giere R.N.(1992), The cognitive construction of scientific knowledge, *Social Studies of Science*, 22, 95-107

González Cantú, A. (2004) Programa computarizado "PAC" para obtener aprendizajes significativos de la materia de química del nivel medio superior (sistemas formal y abierto) [en línea]. *Revista Digital Universitaria*. 31 de enero de 2004, <<http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art3/art3.htm>> [Consulta: 01 de febrero de 2004].

Gudmundsdottir, S. (1991). Ways of seeing are always of knowing. The pedagogical content knowledge of an expert English teacher. *Journal of Curriculum Studies*, 23(5), 409-421.

Hacking, I., & Domínguez, S. G. (1996). *Representar e intervenir*. México: Paidós.

Hart, C. (2002). Framing curriculum discursively: Theoretical perspectives on the experience of VCE physics. *International Journal of Science Education*, 24, 1055-1077

Hempel, C. G. (1965). Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science. *New York—London*.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., and Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Editorial Mc Graw Hill.

- Hipkins, R., Barker, M. y Bolstad, R. (2005). Teaching the "nature of science": modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27(1), 243-254.
- Hirschberger, J. (1990). *Historia de la Filosofía de la Ciencia: Tomo II*, Barcelona: Biblioteca Herder
- Hodson, D. (2008). *Towards Scientific Literacy. A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of science*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Hodson, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24(1-2), 41-52.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14, 541-562.
- Holton, G. (2003). The Project Physics Course, then and now. *Science and Education*, 12, 779-786
- Hsu, L-R. (2007). Taiwan experts' perspectives on what "nature of science" should be taught in elementary and secondary schools. Paper presented at the *Ninth International History, Philosophy and Science Teaching (IHPST)*. Calgary, Canadá (June 24-28).
- Howey, K. R. and Grossmann, P. (1989). A Study in Contrast: Sources of Pedagogical Content Knowledge for Secondary English, *Journal of Teacher Education*, 40(5), 24-31.
- Hurd, P. (1991). Closing the educational gaps between science, technology, and society. *Theory into Practice*, 30, 1991, 251-259
- Jarvis, T. y Pell, A. (2004). «Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science inservice programme and their effect on pupils». *International Journal of Science Education*, 26 (14), 1787-1811.
- INEE, México en PISA 2012, México, 2013
- Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1021). Springer Netherlands.
- Jenkins, E. W. (1996). The "nature of science" as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 137-150.
- Jímenez, Robles Angélica (2013), *Las voces de la alfabetización en preescolar* (Tesis Doctoral), Facultad de Filosofía y Letras, División de Estudios de Posgrado UNAM, México.
- Jones, M., Carter, G. (2007). Science teacher attitudes and beliefs, en S.dk. Abell y N. G. Lederman (eds), *Handbook of research on science education*, Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- Justi, R., Chamizo Guerrero, J. A., García Franco, A., and Lina Figueirêdo, K. (2011). Experiencias de formación de profesores de ciencias latinoamericanos sobre modelos y modelaje. *Enseñanza de las ciencias*, 29(3), 413.

- Justi , R. y Gilbert , J.K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers, *International Journal of Science Education*, 24, pp. 369-387.
- Khishfe, R. y Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45, 169-204.
- Klopfer, L. E. (1992). An historical perspective on the history and nature of science in school science programs. En R. Bybee, J. D. Ellis, J. R. Giese y L. Parisi(Eds.), *Teaching about the history and nature of science and technology* (pp.105-130). Colorado Springs, CO: Background Papers, BSCS/SSEC.
- Leach, J., Hind, A. y Ryder, J. (2003). Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms. *Science Education*, 87(6), 832-848.
- Knain, E. (2001). Ideologies in school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 23, 319-329
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life*. New York, NY:Cambridge University Press.
- Lave, J., and Wenger, E. (1991). *Situated learning legitimate peripheral participation*. Cambridge:Cambridge University Press.
- 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. (1998). The state of science education: subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education*, 3(2), 1-12, <http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev3n2.html>.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., and 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. G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En Abell, S. K.y Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of Research On Science Education* (pp.831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. y Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of

learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

Lederman, N. G., Schwartz, R., Abd-El-Khalick, F. y Bell, R. F. (2001). Preservice teachers' understanding and teaching of the nature of science: an intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 1(2), 135-160.

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.

Losse, J. (1989) *Filosofía de la Ciencia e investigación histórica*. Madrid, Alianza Universidad.

Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. (2004). In Search of PCK in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice, *Journal of Research in Science Teaching* 41(4), 370–391.

Loughran, J. J., Berry, A. y Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, 2nd edition.

Marcelo, C. (1993). Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre Conocimiento Pedagógico del Contenido. En L. Montero y J. M. Vez (Eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (pp. 151-186). Santiago de Compostela: Tórculo.

Martín, N., Benarroch, A. y Niaz, M. (2013). Revisión de consensos sobre naturaleza de la ciencia, *Revista de Educación*, 361, 117-140. Puede accederse en <http://www.mecd.gob.es/dctm/revista-de-educacion/articulosre361/re36105.pdf?documentId=0901e72b8162f02e>, último acceso el 4 de septiembre de 2014.

Matkins, J. J. y Bell, R. L. (2007). Awakening the scientist inside: global climate change and the nature of science in an elementary science methods course. *Journal of Science Teacher Education*, 18(2), 137-163.

Matkins, J. J., Bell, R. L., Irving, K. y Mcnall, R. (2002). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. En P. A. Rubba, J. A. Rye, W. J. Di Biase y B. A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 456-481). Pensacola, FL:ASTE.

Maiztegui, A. Acevedo, J. A., Caamaño, A., Cachapuz, A., Cañal, P., Carvalho, A.M.P., Del Carmen, L., Garritz, A., Gil, D., González, E., Gras-Martí, A., Guisasola, J., López-Cerezo, J.A., Macedo, B., Martínez-Torregrosa, J., Moreno, A., Praia, J., Rueda, C., Tricárico, H., Valdés, P. y Vilches, A., (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, (28), 129-158.

McComas, W. F. (1996). Ten myths of science: Reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10-16.

McComas, W. F. and Olson J. K. (1998). The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. En *The Nature Of Science In Science*

Education. Rationales and Strategies, (pp. 41-52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers

McComas, W. F., Almazroa, H., and Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science and Education*, 7(6), 511-532.

McComas, W. F. (2005, July). Teaching the nature of science: What illustrations and examples exist in popular books on the subject. In *Eighth International History, Philosophy and Science Teaching (IHPST) Conference, Leeds, UK (July 15-18)*.

Millar, R. (1989). Bending the evidence: The relationship between theory and experiment in science education. In R. Millar (Ed.), *Doing science: Images of science in science education*. London: Falmer Press, pp. 38-61

Millar, R. (2006). Twenty first century science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.

Nagel, E., & Hawkins, D. (1961). The structure of science. *American Journal of Physics*.

NGSS, Next Generation Science Standards (2013). USA. <http://www.nextgenscience.org/>. Su resumen ejecutivo puede bajarse de http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/Final%20Release%20NGSS%20Front%20Matter%20-%206.17.13%20Update_0.pdf

Niaz, M. (2001). Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 85(6), 684-690.

Niaz, M. (2005). ¿Por qué los textos de química general no cambian y siguen una 'retórica de conclusiones'?, *Educación Química*, 16(3), 410-415

Niaz, M. (2009) . Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies, *Science and Education*, 18(1), 43-65.

Niaz, M., and Maza, A. (2011). *Nature of science in general chemistry textbooks* (37 pp.). Netherlands: Springer Briefs.

NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. National Washington, DC: Academic Press.

NSTA, NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (2000). *NSTA position statement: the nature of science*. NSTA Document.

OCDE 50 Mejores políticas para una vida mejor. PISA 2009. Mensajes clave para México. Recuperado de <http://www.oecd.org/centrodemexico/medios/46640394.pdf>

OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2006*. París: OECD. Traducción castellana (2006), Evaluación de la competencia científica, lectora y matemática: un marco teórico para PISA 2006. Madrid: INECSE.

OECD (2007). *PISA 2006. Science competencies for tomorrow's world*. París: OECD. Traducción castellana (2008), Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana. Madrid: Santillana Educación.

- Ogunniyi, M. M. (2007). Effectiveness of a discursive/argumentation-based history, philosophy and sociology of science program in enhancing teachers' conceptions of the nature of science. Paper presented at the annual meeting of the *National Association for Research in Science Teaching*. New Orleans, LA (April 15-17).
- Olivé, L. (2000). *El bien, el mal y la razón: facetas de la ciencia y de la tecnología*. México: Paidós.
- Ortega y Gasset, J. (1940). *Ideas y creencias*. Madrid Alianza Editorial
- Osborne, J., and Collins, S. (2000). *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. London: Kings College London.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Osborne, J., Ratcliffe, M., Collins, S., Millar, R. y Duschl, R. (2001). *What should we teach about science: a Delphi study. Evidence-based practice in science education* (EPSE) Report, School of Education. London: King's College.
- Oviedo, P. M. (2007). Hacia una evaluación cualitativa en el aula. *Reencuentro*, (48), 9-19.
- Oviedo, P.M. (2014) , El binomio Docencia-Investigación en el quehacer del trabajo en el aula, *La docencia en el siglo XXI Problemas, retos y perspectivas*, ISSUE, UNAM.
- Pérez, A. R. (1999). *Khun y el cambio Científico*, México FCE. pp.15-29.
- Pérez, E.M.P., Pecharoman A.; Bautista, A. y Pozo, J. I. La representación en los procesos de aprendizaje en los alumnos universitarios en Pozo, J. I., Scheuer, N., Pérez, M. Del P., Mateos, M., Martín, E. De la Cruz M. (2006). *Nuevas Formas de Pensar la enseñanza y el aprendizaje. Críticas y Fundamentos* 12 Grao. Madrid, España.
- Popper, K. R., and Míguez, N. (1983). *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós.
- Porlan, R. Rivero, A. y Marín del Pozo, R. (1997). Conocimiento Profesional y epistemología de los profesores I, *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.
- Pozo, J. I. (2000) ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que les enseñamos? El caso de las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8 (1), 13-19.
- Pozo, J.I. *et al.* (2009) *Nuevas Formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje*, Barcelona, Grao
- Raviolo, A., and Garritz, A. (2007). Uso de las analogías en la enseñanza de la química: necesidad de elaborar decálogos e inventarios. *Alambique*, 51, 28-39.
- Riley, J. P. (1979). The influence of hands-on science process training on preservice teachers' acquisition of process skills and attitude toward science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(5), 373-384.
- Rivera, G. P. (2007). La evaluación de los aprendizajes. *Reencuentro*, (48), 20-26.

- Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the "nature of science" as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403-419.
- Ruiz, A. G., and Talanquer, V. (2012). Las áreas emergentes de la educación química: naturaleza de la química y progresiones de aprendizaje. *Educación Química*, 23(3), 328-330.
- Rutherford, J. y Ahlgreen, A. (1989). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.
- Ryan, A. G. y Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.
- Sandoval, W. A. y Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369-392.
- Sandoval, W. A. y Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.
- Salazar, S. F. (2005) El conocimiento pedagógico del contenido como categoría de estudio de la formación docente, *Actualidades Investigativas en Educación*, 5(2). <http://revista.inie.ucr.ac.cr/autores/controlador/Article/accion/show/articulo/el-conocimiento-pedagogico-del-contenido-como-categoria-de-estudio-de-la-formacion-docente.html>, última consulta Diciembre 9, 2012.
- Scharmann, L. C. y Smith, M. U. (2001). Further thoughts on defining versus describing the nature of science: a response to Niaz. *Science Education*, 85(6), 691-693.
- Scharmann, L. C., Smith, M. U., James, M. C. y Jensen, M. (2005). Explicit reflective nature of science instruction: evolution, intelligent design, and umbrellaology. *Journal of Science Teaching Education*, 16(1), 27-41.
- Schwartz, R. S., and Lederman, N. G. (2002). "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science*. *Journal of Research in science teaching*, 39(3), 205-236.
- Síntesis Metodológica de la Encuesta sobre investigación y Desarrollo Tecnológico 2006*. (2006). Obtenido de INEGI: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/registros/sociales/sm_esidet.pdf
- Seymour, E., and Hewitt, N.M. (1997). Talking about leaving the sciences. Boulder, CO: Westview Press.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. Traducción al español: Shulman, L. S. (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. *Profesorado: Revista de curriculum y formación del profesorado*, 9(2), en la URL <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART1.pdf>.
- Shulman, L. S. (1993). Renewing the pedagogy of teacher education: The impact of subject-specific conceptions of teaching. En L. Montero y J. M. Vez (Eds.), *Las*

didácticas específicas en la formación del profesorado (pp. 53-69). Santiago de Compostela: Tórculo.

Shulman, L. S. (1999). Foreword. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching* (pp. ix-xii). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Smith, M. U., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, W. F. y Clough, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science: a response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1101-1103.

Smith, M. U. y Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: a pragmatic analysis of classroom teachers and science education. *Science Education*, 83(4), 493-509.

Spector, B., Strong, P. y Laporta, T. (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. En W. F. McComas. (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 267-276). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Solomon, J. (1994). Conflict between mainstream science and STS in science education. In J. Solomon and G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, pp. 3-10.

Tsai, C-C. y Liu, S-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638.

Van Dijk, E. M. (2013). Book Review by Paul Hoyningen-Huene: Systematicity: The Nature of Science. *Science and Education*, 22(9), 2369-2373.

Van Driel, J. H., Verloop, N., and de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.

Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica, <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>.

Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo20.htm>.

Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.

Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2008). Consensos sobre a natureza da ciência: a ciência e a tecnologia na sociedade. *Química Nova na Escola*, 27, 34-50.

Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. A. (2012a). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31.

Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. A. (2012b). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 32-53.

Vázquez Alonso, Á. Manassero-Mas, M. A., and Bonnin, S. O. (2013). Análisis de materiales para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 243-268.

Villoro, Luis (2009), Creer, saber, conocer. España. Siglo XXI

Wahbeh, N., and Abd-El-Khalick, F. (2014). Revisiting the Translation of Nature of Science Understandings into Instructional Practice: Teachers' nature of science pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 36(3), 425-466.

Woolgar, Steve. (1991). Ciencia: abriendo la caja negra. Barcelona: Anthropos.