



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**POSTURAS FILOSÓFICAS SOBRE LA QUÍMICA
EN LA FACULTAD DE QUÍMICA**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA FARMACÉUTICA BIÓLOGA**

**PRESENTA
IRYS ALEJANDRA PACHECO MEJIA**



MÉXICO, D.F.

AGOSTO 2009



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: JOSÉ ANTONIO CHAMIZO GUERRERO

VOCAL: Profesor: PLINIO JESÚS SOSA FERNÁNDEZ

SECRETARIO: Profesor: ALFONSO MIERES HERMOSILLO

1er. SUPLENTE: Profesor: CARLO MARCELLO ALMEYRA

2° SUPLENTE: Profesor: MARIA ANTONIETA PORTILLA ROSSIER

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

FACULTAD DE QUÍMICA - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

ASESOR DEL TEMA: DR. JOSÉ ANTONIO CHAMIZO GUERRERO

SUSTENTANTE: IRYS ALEJANDRA PACHECO MEJÍA

"Según las leyes de la aerodinámica la abeja no debería volar, pero como ella no sabe de leyes y ciencia y como no le importa si es posible o imposible; se lanza a volar... y además fabrica miel."

Bernard Shaw

Dedico este trabajo de tesis

A Dios

A mis padres: Ángeles y Fidel

A mí

A ti

A mi hermana Nandy y a mi hermano Miguel Ángel

A mis abuelitos

A mis familiares

A mis amigas y amigos

A mis profesores

Por su apoyo, cariño y paciencia durante toda la carrera y por confiar en que éste momento llegaría lleno de satisfacciones personales y profesionales.

CONTENIDO

CONTENIDO	1
ABREVIATURAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
INTRODUCCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
MARCO TEÓRICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
NOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
VNOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
QNOSP	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SUSI	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SUSI-Q	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
METODOLOGÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
VNOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
QNOSP	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SUSI	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SUSI-Q	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ENTREVISTA ESTRUCTURADA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
RESULTADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
VNOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
QNOSP	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SUSI	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SUSI-Q	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ENTREVISTA ESTRUCTURADA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANÁLISIS DE RESULTADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CONCLUSIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
BIBLIOGRAFÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
APÉNDICE A	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
APÉNDICE B	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
APÉNDICE C	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ABREVIATURAS

A - De acuerdo

D – Desacuerdo

EUA – Estados Unidos de América

FQ-UNAM – Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México

IQ – Ingeniero Químico

IQM – Ingeniero Químico Metalúrgico

K-12 - Suma de los estudios a nivel primaria, secundaria y preparatoria

LEED – Low Energy Electron Diffraction

MADEMS – Maestría en Docencia para la Educación Media Superior

NARST – National Association for Research in Science Teaching

NOS – Nature of Science

Q - Químico

QA – Químico en Alimentos

QFB – Químico Farmacéutico Biólogo

QNOSP – Questionnaire for the Nature of Science Profile

SUSSI – Student Understanding of Science and Scientific Inquiry

SUSSI-Q - Student Understanding of Science and Scientific Inquiry – Química

TA – Totalmente de acuerdo

TD – Totalmente en desacuerdo

UNAM – Universidad Nacional Autónoma de México

VNOS – Views of Nature of Science

INTRODUCCIÓN

“Un mundo le es dado al hombre; su gloria no es soportar o despreciar este mundo, sino enriquecerlo construyendo otros universos. Amasa y remoldea la naturaleza sometiéndola a sus propias necesidades animales y espirituales, así como a sus sueños: crea así el mundo de los artefactos y el mundo de la cultura. La ciencia como actividad —como investigación— pertenece a la vida social; en cuanto se la aplica al mejoramiento de nuestro medio natural y artificial, a la invención y manufactura de bienes materiales y culturales, la ciencia se convierte en tecnología. Sin embargo, la ciencia se nos aparece como la más deslumbrante y asombrosa de las estrellas de la cultura cuando la consideramos como un bien en sí mismo, esto es como una actividad productora de nuevas ideas (investigación científica)”.

MARIO BUNGE

La ciencia es poderosa, no sólo por tener la capacidad para transformar al mundo, sino también por su capacidad de abstracción. Además de la manera en que aborda los problemas dividiéndolos en partes pequeñas, para luego integrar sus resultados en un todo mayor, requiere de un esfuerzo cognitivo importante (Chamizo, 2005).

El progreso y el éxito alcanzado por los científicos ha sido tal, que ha llamado la atención de filósofos e historiadores. De esta forma surgieron áreas de investigación como la filosofía de la ciencia, la historia de la ciencia, la naturaleza de la ciencia, la antropología de la ciencia, la epistemología de la ciencia, los modelos de cognición en la ciencia, el reduccionismo científico, el realismo científico, los paradigmas de la ciencia, entre otras.

Cada vez más, la comprensión de la naturaleza de la ciencia es un importante objetivo de los actuales movimientos para la reforma de la educación científica. Sin embargo, se trata de un concepto dialéctico y elusivo, que se construye a partir de un análisis histórico, epistemológico y sociológico de la ciencia (Vázquez, Acevedo,

Manassero, y Acevedo, 2001). Donde la ciencia no puede reducirse únicamente al saber enciclopédico de hechos, conceptos, teorías, leyes y principios.

La comprensión de la ciencia no puede reducirse al saber enciclopédico de sus principales hechos, conceptos y principios, como lo ha defendido la enseñanza tradicional. En los últimos años y en el marco de la educación científica, el objetivo de lograr una comprensión adecuada de la naturaleza de la ciencia ha incrementado su importancia por considerarse central para una auténtica alfabetización científica de todos los ciudadanos (Vázquez, Acevedo, Manassero, y Acevedo, 2001). Sin embargo, diversos estudios e investigaciones han constatado que la educación científica no ha conseguido alcanzarlo hasta ahora, no sólo entre el alumnado (Lederman, Wade, y Bell, 1998, Lederman, 1992; Meichtry, 1993; Solbes y Traver, 1996) sino, incluso, entre el profesorado (Aguirre, Haggerty y Linder, 1990; Bloom, 1989; Lakin y Wellington, 1994; Lederman y Zeidler, 1987, Nott y Wellington, 1998).

La filosofía de la ciencia no puede limitarse a estudiar la ciencia desde un punto de vista meramente epistémico. La filosofía de la ciencia, como la empiezan a formular ciertos autores, puede y debe tratar de alcanzar ese punto de vista amplio que caracteriza a la filosofía, por medio de un reconocimiento de la variedad de fines epistémicos (un estándar de razonamiento o investigación) y no epistémicos (toma de decisiones por ejemplo el comprar un auto) que intervienen en la construcción de la ciencia. No obstante, es crucial para la formulación de esa perspectiva filosófica una reflexión seria e informada empíricamente acerca de la naturaleza de la cognición que supere la manera tradicional de entender la epistemología. En la medida en que se tengan buenas razones para tomar en serio la estructura de las prácticas científicas en la conformación del conocimiento relevante al

que identificamos con el conocimiento científico, no se podrá distinguir de manera tajante entre valores epistémicos y valores no epistémicos, o bien entre virtudes epistémicas y no epistémicas como la tradición. Una virtud epistémica es una estrategia cognitiva que promueve el conocimiento por medio de estándares implícitos y su adecuación e interacción respecto a valores y fines, por ejemplo: la predicción, la confiabilidad, la honestidad intelectual, entre otras (Echeverría en: Martínez, 2005).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo mostrar el desarrollo de una nueva herramienta que pretende reconocer la postura sobre la naturaleza de la ciencia -NOS, por sus siglas en inglés *Nature of Science*- (entre las dualidades de Relativismo vs. Positivismo e Instrumentalismo vs. Realismo) e identificar la comprensión de la naturaleza de la ciencia (en cuanto a las teorías y modelos atómicos) y de la investigación científica (en la práctica experimental), de una muestra de los alumnos y coordinadores de licenciatura de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Resulta importante conocer la percepción que tienen sobre la NOS los químicos (profesores y alumnos) de la Facultad de Química de la UNAM, debido a que la UNAM tiene como misión formar profesionales, investigadores, profesores universitarios y técnicos conscientes de las condiciones y los problemas nacionales, extender con la mayor amplitud posible los beneficios de la cultura y ofrecer una educación integral¹, mientras que la misión de la Facultad de Química es formar integralmente a profesionales y posgraduados con una alta preparación académica, cuyo desempeño considere como prioridad el

¹ Celis, Alcocer, Coronilla, y Garza, Guía de carreras UNAM 2007-2008, 2007, pág. 9.

bien de la sociedad mexicana y el desarrollo sustentable del país, respetando en todo momento la libertad y pluralidad de los individuos, contribuyendo al prestigio y a la defensa de la Facultad y de la UNAM².

Este proyecto tiene como antecedentes otros instrumentos que se han aplicado a profesores y alumnos de otros países (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, y Schwartz, 2002; Liang, y otros, 2006; Nott y Wellington, 1998), en las que se ha analizado el conocimiento científico y las percepciones de la ciencia que tienen profesores y alumnos.

² <http://www.quimica.unam.mx>

MARCO TEÓRICO

El extraordinario éxito y progreso alcanzados en los últimos tres siglos por la "filosofía natural", más tarde denominada ciencia natural y después ciencia, sin más, han rodeado a ésta, a los científicos y sus realizaciones de una aureola de prestigio y consideración. Como consecuencia de ello se ha concitado sobre la ciencia una gran atención investigadora, tratando de identificar sus características propias y específicas, con especial atención a la racionalidad implicada en la práctica científica. Fundamentalmente, estos análisis se han desarrollado por tres vías principales de investigación que, aunque diferentes acaban siendo convergentes, dada la unidad del problema que tratan. La primera corresponde a la historia de la ciencia, que es una herramienta básica para las otras dos. La segunda es la reflexión filosófica, que tradicionalmente se ha centrado en las cualidades del denominado método científico para el avance de esta forma de conocimiento. La tercera es la sociología de la ciencia, que pone un contrapunto empírico a los análisis filosófico-metodológicos, que son insuficientes para dar cuenta de todos los aspectos del progreso científico. En la práctica estas tres vías resultan en gran modo complementarias para comprender la manera de proceder de la ciencia, aunque desde diversas instancias se ha intentado muchas veces reducir la reflexión sobre ésta (metodológica, histórica o sociológica) al análisis de sus propias categorías y esquemas empíricos, estudiando las teorías científicas desde un punto de vista estático, esto es, una vez elaboradas y no desde una perspectiva dinámica, a lo largo de su proceso de construcción y desarrollo; propuesta que ha conducido inevitablemente a potenciar posiciones de fe ciega en la ciencia (cientifismo) que hoy día

no parecen tener ninguna perspectiva de éxito (Radnitzky y Andersson en: Vázquez, Acevedo, Manassero, y Acevedo, 2001).

En la medida en que el avance del conocimiento científico requiera de estándares de dependencia epistémica que sancionan ciertas dedicaciones racionales y creencias sobre la base de las creencias o habilidades de otros, el proceso de aceptación y modificación de estándares de dependencia epistémica será un tema central para la filosofía de la ciencia. En la educación científica se promueve la aceptación de estándares epistémicos (estándares en prácticas científicas) y no epistémicos (estándares en la toma de decisiones por la sociedad) como resultado de una deliberación racional que tiene historia. No obstante la racionalidad de la ciencia no tiene límites bien definidos por las comunidades científicas, sino que siempre está obligada a rendir cuentas ante cualquier desafío epistémico, es por esto que un científico no puede ignorar la estructura de los estándares de la sociedad en la que vive. De esta manera la ciencia al ser un paradigma de la racionalidad, no permite la existencia de "estándares científicos" que puedan trasplantarse a otras ciencias como ideales normativos (Martínez, 2005).

La intensa investigación filosófica realizada en este campo ha reducido las cuestiones epistemológicas más importantes sobre la naturaleza de la ciencia a temas concretos, como 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, los métodos y criterios de validación del conocimiento científico (la racionalidad científica), el concepto de verdad, los intereses y determinantes de la producción científica, etc. Por su interés para

conseguir el objetivo educativo señalado, la filosofía y la historia de la ciencia están recibiendo atención continua en diversas revistas especializadas en educación científica, extranjeras (por ejemplo, *International Journal of Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education* y *Science y Education*, *Enseñanza de las Ciencias e Investigación en la Escuela*, entre otras), presentando análisis de las posiciones de algunos pensadores (por ejemplo, Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Harres y Porlán, 1999; López-Rupérez, 1990; Mellado y Carracedo, 1993; Porlán, 1990), con el objetivo de dar una formación epistemológica básica y fundamentar diversas posiciones en didáctica de las ciencias (Vázquez, Acevedo, Manassero, y Acevedo, 2001).

De entre las diversas posiciones alrededor de la filosofía de la ciencia lo que el científico observa e investiga es una construcción de la realidad conforme a su formación, marco teórico y valores sociales (Glaserfeld, 1989; Piaget y García 1989). Es decir, en la construcción del conocimiento científico, las observaciones dependen, en buena parte, de lo que ha sido la formación, las experiencias y expectativas del observador, por lo tanto, las mismas no pueden ser objetivas, debido a que están impregnadas por el marco teórico del investigador (Mathews, 1994). Sosa la indica de la siguiente manera: lo que sucede es que la ciencia es histórica y colectiva, pasa por muchos ojos (o por muchas subjetividades si así se quiere) y eso hace que aumente su objetividad. No es 100% objetiva, pero si la más objetiva de las actividades que pretendan obtener conocimiento (Sosa, 2009).

La comprensión la ciencia no puede reducirse al saber enciclopédico de sus principales hechos, conceptos y principios, como lo ha defendido la enseñanza tradicional. En los últimos años y en el marco de la educación científica, el objetivo de lograr una adecuada comprensión de la

naturaleza de la ciencia ha amplificado su importancia por considerarse central para una auténtica alfabetización científica (Vázquez, Acevedo, Manassero, y Acevedo, 2001). Sin embargo, diversos estudios e investigaciones han constatado que la educación científica no ha conseguido alcanzarlo hasta ahora, no sólo entre el alumnado (Lederman, Wade, y Bell, 1998, Lederman, 1992; Meichtry, 1993; Solbes y Traver, 1996) sino, incluso, entre el profesorado (Aguirre, Haggerty y Linder, 1990; Bloom, 1989; Lakin y Wellington, 1994; Lederman y Zeidler, 1987, Nott y Wellington, 1998).

La química es una de las ciencias que estudia las transformaciones de la materia y desempeña un papel muy importante en lo que al desarrollo científico se refiere. Aunque los filósofos de la ciencia la han ignorado por el hecho de ser una ciencia práctica; no obstante recientemente el filósofo alemán Joachim Shummer afirma que los filósofos prestan mucha atención a su historia propia, que tiene la menor cantidad de publicaciones y prestan menor atención a la química, que es la que tiene la mayor cantidad de literatura (J. Shummer: Baird, Scerri, y McIntyre, 2006).

La filosofía de la química empezó a florecer hacia el año de 1990 con la creación de la *International Society for the Philosophy of Chemistry* (ISPC) y la formación de dos *journals*: *Hyle* y *Foundations of Chemistry* (Baird, Scerri, y McIntyre, 2006). A partir de esto se empezaron a integrar en la química conceptos de filosofía de la ciencia como la naturaleza de la ciencia (NOS), la explicación de la ciencia, la ética profesional, la historia de la ciencia, entre otros. De la misma forma, en los filósofos se originó la inquietud por razonar acerca de los conceptos fundamentales de la química como: átomo, elemento, sustancia pura, compuesto, afinidad, enlaces, entre otros.

Para ese entonces la invisibilidad filosófica de la química había terminado, pero dependería de los químicos el desarrollar y defender una filosofía de la química. Recientemente ya se publicó un primer libro en español sobre este tema (Chamizo, 2007).

Algunos de los temas que los filósofos de la química han abordado son (Baird, Scerri, y McIntyre, 2006):

- El concepto que de Aristóteles sobre una reacción química y una sustancia química.
- El atomismo de Dalton, Demócrito y Leucipo.
- Los conceptos tradicionales de explicación de la ciencia fallan al implantarse en la química.
- El desarrollo de una ética para los profesionistas químicos.
- La relación entre la química y la filosofía desde el punto de vista filosófico.
- El Reduccionismo de la química a la física aplicada.

Después de haber mencionado parte de las reflexiones que conciernen a la filosofía de la química y de la ciencia es inevitable formular las siguientes preguntas: ¿Por qué los químicos no hacen filosofía de la química?, ¿Por qué lo químicos no muestran interés por la filosofía de la ciencia?

Hay diferentes razones por las cuales los químicos no se interesan por hacer filosofía de la química. Robert Good señala que desde la época de los griegos algunos términos no fueron esclarecidos totalmente a ojos de los filósofos modernos. Y los químicos incorporaron algunas doctrinas de la filosofía de la ciencia (positivismo lógico), pero algunas otras se convirtieron en obstáculos para la química. Y la falta de interés fue tal

que la incorporación de temas filosóficos no se discutió en las dos o tres generaciones pasadas. Algunos temas que debaten los científicos actualmente son el relativismo y la construcción social de la ciencia como pensamientos que perturban la integridad científica, pero que no se discuten o no solían discutirse en las revistas, ni en los congresos de química. De ahí que si se le preguntara a un químico sobre su punto de vista acerca de la dualidad "realismo vs. anti-realismo", probablemente no obtendríamos respuesta alguna debido a su falta de conocimiento e interés sobre este tema (Good, 1999).

Como respuesta a la segunda pregunta tenemos que históricamente un gran número de filósofos se han opuesto a reconocer la existencia del átomo. A pesar de esto, hoy en día a los alumnos de preparatoria y licenciatura se les enseña química con base en el concepto de átomo. El desinterés de los químicos por la filosofía resulta también del rechazo que tienen los filósofos de la ciencia por lo no observable (como los átomos). Pese a todo hay ciertos filósofos académicos que han reconocido que los químicos se identifican con una postura realista, cuestionando la realidad de ciertos aspectos químicos (fuerzas y poderes). Los químicos sostienen firmemente que se comprobó hace más de medio siglo que el átomo es real, de ahí que el desarrollo de la ciencia química (por ejemplo: la estructura molecular) se hace en términos de átomos (Good, 1999).

Por su parte Allan J. Rocke (en: Muskopf, 1993) insistía en que la química era una ciencia central dentro del área de las ciencias, pero que de forma sorprendente parecía ser la más alejada de los argumentos filosóficos. Mientras que Nye (en: Mauskopf, 1993) en un ensayo destacó que aparte de la condición del átomo, el reto de la historia y la filosofía de la química aún permanecía sin respuesta. La falta de interés

se puede ver de dos formas diferentes: una es aquella en la que los filósofos modernos rara vez mencionan temas de la química moderna, (con excepción de Michael Polanyi y Ron Harré) y la otra cuando los filósofos reflexionan sobre la “práctica científica” no incluyen a la práctica química. Por lo que es inevitable decir que al parecer los filósofos creen que todas las ciencias se deben desarrollar de la misma forma en que se desarrolló la física (Good, 1999). La física y la química comparten algunos temas, pero la segunda no se reduce a la primera. De la misma manera que la biología, con su extraordinaria complejidad resultado de la interacción de unos pocos átomos diferentes, no se reduce a la química, que con una gran diversidad de átomos no tiene esa complejidad (Chamizo, 2005).

Según J. Good los químicos han perdido el interés por la filosofía de la química al sentirse identificados con el realismo. ¿Pero en que consiste el realismo? El **realismo** al igual que todas las diferentes posturas filosóficas tiene diferentes modalidades, pero es preciso señalar algunos postulados esenciales del realismo (Chalmers, 2008):

- ✓ ***Las teorías describen, o aspiran a describir, qué es realmente el mundo.***
- ✓ ***La ciencia aspira a dar descripciones verdaderas de lo que es realmente el mundo.***
- ✓ ***El mundo existe independientemente nosotros y de nuestro conocimiento teórico de él.***

Por ejemplo para un realista la teoría cinética de los gases describe cómo son realmente los gases. La teoría cinética es interpretada como

una teoría que afirma que los gases están realmente compuestos de moléculas que se mueven al azar y chocan unas con otras y con las paredes del recipiente que las contiene. En el realismo las teorías que describen correctamente algún aspecto del mundo y su modo de comportamiento, son ciertas, porque las teorías verdaderas describen correctamente la realidad. Si una teoría es cierta, lo es porque el mundo es como es.

Una variante del realismo es el ***realismo no representativo*** no conlleva una teoría de la verdad como correspondencia. Las teorías se juzgan en cuanto al grado en que abordan con éxito algún aspecto del mundo, pero no podemos juzgarlas desde un punto de vista como el grado en que describen el mundo tal como realmente es, simplemente porque no tenemos acceso al mundo independientemente de nuestras teorías, de una forma que nos permita valorar la exactitud de tales descripciones (Chalmers, 2008).

Como respuesta anti-realista surgió el ***instrumentalismo*** que en su forma radical hace una distinción entre los conceptos aplicables a las situaciones observables y los conceptos teóricos. Destacando que la finalidad de la ciencia es producir teorías que constituyan mecanismo o instrumentos convenientes para relacionar un conjunto de situaciones observables con otro. Algunos de sus lineamientos básicos fundamentales son (Chalmers, 2008):

- ✓ ***La finalidad de la ciencia es producir teorías que constituyan mecanismos o instrumentos para relacionar un conjunto de situaciones con otros.***

- ✓ *Las descripciones del mundo observable serán verdaderas o falsas según lo describan o no correctamente.*
- ✓ *Las construcciones teóricas serán juzgadas por su utilidad como instrumentos.*

Por ejemplo para un instrumentalista los movimientos de los átomos y/o moléculas que describe la teoría cinética de los gases son ficciones teóricas, que se justifican por su utilidad para relacionar un conjunto de observaciones sobre un sistema físico en éste caso los gases. De ahí que las teorías científicas únicamente permitan establecer relaciones y predicciones sobre otras manifestaciones observables, para un control del mundo observable. Es claro que para el instrumentalismo la ciencia no proporciona un medio seguro para llenar el vacío entre lo observable y lo inobservable.

NOS

La naturaleza de la ciencia (NOS) se refiere a la epistemología de la ciencia, a la ciencia como una forma de saber o a los valores y creencias esenciales del conocimiento científico (Lederman, 1992). Sin embargo no es posible dar una definición específica en cuanto a lo que la NOS es o a lo que se refiere. Aunque para algunos autores es un término tentativo y dinámico (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000). Las discusiones y diferencias para definir a la NOS seguirán siendo motivo de disputa entre filósofos, historiadores, sociólogos, científicos y profesores hasta que se logre estandarizar el concepto.

Los temas que generalmente se consideran en los estudios sobre la naturaleza de la ciencia son:

- I. ***La temporalidad del conocimiento científico:*** El conocimiento científico es provisional y duradero. Confiar en el conocimiento científico es razonable, siempre y cuando, mientras se desarrolla dicho conocimiento, pueda ser olvidado o modificado a la luz de nuevas evidencias o replanteamientos desde el conocimiento y las evidencias anteriores.
- II. ***Las observaciones e inferencias:*** La ciencia se basa tanto en las observaciones como en las deducciones. Las perspectivas actuales de la ciencia y de los científicos guían las observaciones y las inferencias. Diferentes perspectivas contribuyen a la validación de interpretaciones múltiples de las observaciones.
- III. ***La objetividad y subjetividad de la ciencia:*** La ciencia pretende ser objetiva y precisa, pero la subjetividad es inevitable. El desarrollo de preguntas, investigaciones e interpretaciones de datos están en cierta medida influidos por la situación actual del conocimiento científico y de los aspectos sociales y personales de los investigadores.
- IV. ***La creatividad y la racionalidad en la ciencia:*** El conocimiento científico se crea a partir de la imaginación y del razonamiento lógico. Esta creación se basa en observaciones y deducciones del mundo. Los científicos utilizan su imaginación y creatividad durante las investigaciones científicas.
- V. ***La integración de lo social y lo cultural en la ciencia:*** La ciencia es parte de una tradición social y cultural. Personas de

diferentes culturas colaboran con la ciencia. La ciencia como actividad humana esta influenciada por la sociedad y la cultura de donde se practica. Los valores y las expectativas de la cultura determinan el qué y cómo se lleva a cabo, se interpreta y se acepta la ciencia.

VI. **Las leyes y teorías científicas:** Las leyes y las teorías científicas están sujetas a cambios. Las leyes científicas describen de forma general observaciones o percepciones de los fenómenos naturales bajo ciertas condiciones. Las teorías son explicaciones bien fundamentadas de algunos aspectos del mundo. Las teorías no se convierten en leyes, incluso aún contando con evidencias adicionales; simplemente explican las leyes.

VII. **Los métodos científicos:** No existe un único método científico que todos los científicos sigan paso a paso. Los científicos investigan sobre cuestiones de previo conocimiento, perseverancia y creatividad. El conocimiento científico se construye y se desarrolla de diferentes maneras incluyendo la observación, la especulación, la investigación documental y la experimentación.

La naturaleza de la ciencia es de especial interés internacional para muchos, se puede ver desde una perspectiva histórica, a continuación se presentan los diversos instrumentos que se han elaborado para su estudio (Lederman, Wade, y Bell, 1998):

FECHA	INSTRUMENTO	AUTOR(ES)
1954	Cuestionario de la actitud de la ciencia	Wilson
1958	Test de hechos sobre la ciencia. (FAST)	Stice
1959	Escala de actitud de la ciencia	Allen
1961	Test de comprensión de la ciencia (TOUS)	Cooley y Klopfer

1962	Test de los procesos de la ciencia	BSCS
1966	Inventario de actitudes de la ciencia, intereses y apreciaciones	Swan
1966	Inventario de procesos de la ciencia (SPI)	Welch
1967	Inventario de procesos de la ciencia de Wisconsin (WISP)	Centro de Investigación Alfabetización científica
1968	Escala de apoyo a la ciencia	Schwiriam
1968	Escala de la Naturaleza de la ciencia (NOSS)	Kimball
1969	Test de los aspectos sociales de la ciencia (TSAS)	Korth
1970	Inventario de la actitud de la ciencia (SAI)	Moore y Sutman
1974	Inventario de la ciencia (SI)	Hungerford y Walding
1975	Test de la naturaleza de la ciencia (NOST)	Billeh y Hasan
1975	Test de los puntos de vista de la ciencia (VOST)	Hillis
1976	Escala del conocimiento de la naturaleza de la Ciencia (NSKS)	Rubba
1978	Test de actitudes relacionadas con la ciencia (TOSTRA)	Fraser
1980	Test de habilidades de investigación (TOES)	Fraser
1981	Test de la concepción de las teorías científicas (COST)	Cotham y Smith
1982	El lenguaje de la ciencia (LOS)	Ogunniyi
1987	Puntos de vista de la ciencia-tecnología y sociedad (VOST)	Fleming y Ryan
1990	Encuesta sobre la naturaleza de la ciencia	Lederman y O'Malley
1992	Escala modificada de la naturaleza del conocimiento científico (MNSKS)	Meichtry
1995	Incidentes críticos	Nott y Wellington

Aunque estas herramientas se usan para comprender las posturas y conceptos que tienen diversos grupos poblacionales (alumnos, docentes, investigadores, entre otros), ninguna incluye a la química dentro de la naturaleza de la ciencia. En su mayoría estas herramientas se han construido alrededor de la ciencia física, arraigando un reduccionismo para otras ciencias como es el caso de la ciencia química.

La química no puede y no debería ser analizada o estudiada bajo los términos de una Naturaleza de la Ciencia establecida para las ciencias físicas, sino que es precisa la construcción de instrumentos que hablen de una naturaleza de las ciencias, de esta forma se respetará la identidad de otras ciencias como es el caso de la química, la biología, entre otras.

VNOS

La herramienta VNOS (*Views of Nature of Science Questionnaire*) (Lederman, Abd-El.Khalick, Bell y Shwartz, 2002) se desarrolló con el propósito de estandarizar un nuevo instrumento para las investigaciones relacionadas con la NOS. La aplicación del cuestionario avalado por una entrevista individual, proveerá evaluaciones significativas y auténticas sobre la opinión que tienen estudiantes y profesores respecto a la NOS, además los perfiles que proporciona pueden utilizarse para investigar temas sobre la enseñanza y el aprendizaje de la NOS.

Este instrumento se desarrolló en un contexto de educación científica K-12 (suma de los estudios a nivel primaria, secundaria y preparatoria) de profesores y alumnos, por lo que los temas sobre la NOS se abordan

desde diferentes niveles de profundidad y complejidad, dependiendo del entorno y nivel de cada persona.

La VNOS únicamente nos proporciona información para poder identificar si las personas evaluadas mantienen una postura informada o ingenua sobre diferentes temas relacionados con la naturaleza de la ciencia.

Las preguntas de la VNOS giran alrededor de los siguientes aspectos de la NOS:

- ✓ La naturaleza empírica del conocimiento científico
- ✓ Observación, inferencia y entidades teóricas en la ciencia
- ✓ Teorías y leyes científicas
- ✓ La naturaleza creativa e imaginativa del conocimiento científico
- ✓ La naturaleza subjetiva y teórica del conocimiento científico
- ✓ La integración social y cultural del conocimiento científico
- ✓ El mito del "método científico"
- ✓ La naturaleza tentativa del conocimiento científico

La versión final VNOS-C fue examinada por un panel de 5 profesores universitarios: tres de ciencias, un historiador de la ciencia y un científico. Una vez aprobada y modificada en algunos aspectos la prueba fue adecuada a un protocolo de entrevista para probarlo. Finalmente el cuestionario se aplicó a estudiantes, alumnos graduados y profesores de ciencias a nivel preuniversitario.

Algunas de las preguntas más interesantes de VNOS que pueden utilizarse en química son:

1. Los libros de ciencia a menudo representan el átomo como un núcleo central compuesto de protones (partículas cargadas positivamente) y neutrones (partículas neutras) con electrones (partículas cargadas negativamente) orbitando alrededor del núcleo. ¿Qué tan seguros están los científicos sobre la estructura del átomo? ¿Qué evidencia específica cree usted que utilizan los científicos para determinar como se ve un átomo?
2. ¿Qué es un experimento?
3. ¿El desarrollo de conocimientos científicos requiere de experimentos? ¿Por qué? (Ejemplifique su respuesta)
4. Después de que los científicos desarrollaron una teoría (ej. Teoría atómica, teoría de la evolución), ¿La teoría ha cambiado? ¿Por qué? ¿Para que estudiamos las teorías? (Justifique su respuesta)
5. Los científicos realizan experimentos/investigaciones para resolver problemas. A diferencia de la planeación y diseño de experimentos, ¿hay otros científicos que utilizan la imaginación y la creatividad, durante y después de la recolección de los datos? (Justifique su respuesta)
6. ¿Sigue usted algún método o guía en sus investigaciones científicas? ¿Cuál? (Describalo).

Más adelante en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (ver página **¡Error! Marcador no definido.**) se indican los criterios para evaluar las respuestas de VNOS.

Por su parte los autores de la VNOS consideran que los procesos científicos son actividades relacionadas con la obtención e interpretación de los datos que derivan finalmente en conclusiones. En contraparte la NOS se preocupa por los valores y los supuestos epistemológicos que subyacen a dichas actividades (Abd-El-Khalick, Bell, Lederman, 1998). Por ejemplo la observación y la elaboración de hipótesis son procesos científicos. Mientras que las concepciones de la NOS conciben que las observaciones están limitadas por nuestro aparato de percepción, que la

generación de hipótesis necesariamente incluye el uso de la creatividad y de la imaginación y que ambas cosas están intrínsecamente relacionadas con la teoría. A pesar de que existe una superposición e interacción entre los procesos científicos y la NOS, es importante distinguirlas (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, y Schwartz, 2002).

QNOSP

El término perfil epistemológico fue acuñado por Bachelard en su libro *La filosofía del no*; en él se presenta la diversidad de posiciones que un sujeto tiene o puede llegar a tener sobre el conocimiento de un concepto si se analiza a la luz de diversos enfoques epistemológicos. Haciendo énfasis en que el pensamiento no es homogéneo y que las personas utilizan diversas aproximaciones para una misma identidad conceptual (Bachelard citado por Flores, Gallegos y Reyes, 2007).

El QNOSP (*Questionnaire of Nature of Science Profile*) (Nott y Wellington, 1998) es una herramienta que fue desarrollada para evaluar el perfil epistemológico en cuanto a las percepciones de la naturaleza de la ciencia en términos de sus expectativas filosóficas, es decir, sobre la construcción del conocimiento, su validación y sus ideas de progreso. El cuestionario original consta de 24 preguntas presentadas en una escala tipo *Likert*. Las preguntas tipo *Likert* son aquellas en las que se dan opciones cerradas como respuesta y cada una tiene asignado un valor numérico que nos permiten analizar las opiniones de profesores y alumnos alrededor de las siguientes dualidades:

- ✓ Relativismo vs. positivismo
- ✓ Inductivismo vs. deductivismo
- ✓ Contextualismo vs. descontextualismo
- ✓ Proceso vs. contenido
- ✓ Instrumentalismo vs. realismo

Algunas de las afirmaciones que pueden ser utilizadas para reconocer la postura filosófica de las personas son:

- 1) Los resultados que obtienen los alumnos en sus experimentos son tan válidos como cualquier otro.
- 2) Los hechos científicos son aquellos en los que los científicos están de acuerdo que lo son.
- 3) El objetivo de la actividad científica es la de revelar la realidad.
- 4) Las teorías científicas son válidas si funcionan.
- 5) Las teorías científicas son verdaderas.
- 6) Las teorías científicas describen un mundo externo real que es independiente de la percepción humana.
- 7) Las teorías científicas han cambiado a través del tiempo simplemente porque las técnicas experimentales han mejorado.
- 8) En la práctica, la elección de teorías se hace exclusivamente en base a los resultados experimentales.
- 9) EL conocimiento científico difiere de cualquier otro tipo de conocimiento, porque es superior.
- 10) Hay ciertos eventos físicos en el universo que la ciencia no puede explicar.

Los conceptos en cuanto a lo que fue diseñada la herramienta QNOSP son los siguientes:

Relativista: Niega que las cosas sean verdaderas o falsas basándose únicamente en una realidad independiente. La "veracidad" de una teoría dependerá de las normas y la racionalidad de un grupo social, considerando de la misma forma las técnicas experimentales usadas para probarla. Los juicios sobre la autenticidad de las teorías científicas varían de un individuo a otro y de una cultura a otra, es decir la verdad es relativa, no absoluta.

Positivista: Cree firmemente que el conocimiento científico es más "válido" que otras formas de conocimiento. Las leyes y teorías generadas por experimentos son las descripciones de los patrones que vemos en un mundo real, externo y objetivo. Para el positivista la ciencia es la principal fuente de la verdad. El positivismo reconoce hechos empíricos y fenómenos observables como la materia prima de la ciencia. El trabajo del científico consiste en establecer la relación objetiva entre las leyes que rigen los hechos y las observaciones. El positivista rechaza la investigación sobre las causas subyacentes y los orígenes últimos.

Instrumentalista: Cree que las teorías científicas y las ideas son válidas si funcionan, es decir que permiten hacer predicciones correctas. Son instrumentos que podemos utilizar, pero no dicen nada acerca de una realidad independiente o de su propia verdad.

Realista: Cree que las teorías científicas son declaraciones acerca de un mundo que existe en un espacio y tiempo independiente de las percepciones de los científicos. Las verdaderas teorías describen cosas que están realmente allí, independientes de los científicos por ejemplo, los átomos y los electrones.

Los criterios para evaluar QNOSP se muestran más adelante en capítulo de metodología (ver página **¡Error! Marcador no definido.**).

SUSI

El instrumento denominado SUSI por sus siglas en inglés (*Student Understanding of Science and Scientific Inquiry*) (Liang, et. al., 2006). Se realizó con base en documentos internacionales y literatura sobre estándares en la educación científica *“National e International Science Education Reform”*

SUSI puede ser utilizada como una herramienta sumatoria o de evaluación formativa para investigaciones de poblaciones diversas, además permite realizar estudios comparativos entre diferentes culturas al contar con una gran sensibilidad para detectar influencias culturales debido a que combina métodos cuantitativos y cualitativos.

La herramienta fue desarrollada para evaluar la percepción de profesores y alumnos sobre los siguientes temas de la naturaleza de la ciencia:

- ✓ Observaciones e inferencias
- ✓ Temporalidad
- ✓ Teorías y leyes científicas
- ✓ Integración social y cultural
- ✓ Creatividad e imaginación
- ✓ Método científico
- ✓ Confiabilidad

Esta herramienta combina afirmaciones tipo *Likert* y preguntas abiertas con la intención de evaluar las nociones que tienen los estudiantes acerca de la forma en que se genera el conocimiento científico.

Algunas de ellas son:

Observaciones e Inferencias

A) Las observaciones de los científicos acerca de un mismo fenómeno deben ser las mismas porque las observaciones son hechos.

Leyes científicas y teorías

B) Las teorías científicas existen en realidad y son descubiertas a través de la investigación científica.

Influencia social y cultural sobre la ciencia

C) Los valores culturales y las expectativas determinan cómo se hace y se acepta la ciencia.

Imaginación y creatividad en las investigaciones científicas

D) Los científicos no usan su imaginación y creatividad porque interfieren con la objetividad.

Metodología de la investigación científica

E) Cuando los científicos usan el método científico correctamente sus resultados son verdaderos y exactos.

Los criterios para evaluar SUSSI se describen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (ver página **¡Error! Marcador no definido.**).

Sin embargo es importante mencionar que tomando como modelo SUSSI, Robles planteó afirmaciones tipo *Likert* y algunas preguntas

abiertas enfocadas a la química. La propuesta se denominó como SUSI-Q (Robles, 2008).

SUSI-Q

Siguiendo como prototipo el instrumento SUSI se construyó una serie de preguntas y de criterios para SUSI-Q (Robles, 2008). Procurando conservar el diseño original de la herramienta SUSI, para cada tema de la química se elaboraron tres afirmaciones tipo *Likert* y una pregunta abierta, las cuales se confrontan entre sí como parte de la evaluación. Cabe señalar que los criterios se realizaron tomando en cuenta diferentes documentos sobre filosofía de la química y de la ciencia.

Las afirmaciones y las preguntas abiertas son las siguientes:

Identidad de la química

- A.** La química **sólo** es física aplicada.
 - B.** No hay avances propios en la química, **únicamente** los hay en su aplicación, (por ejemplo en bioquímica, en alimentos, en ingeniería, etc.).
 - C.** La investigación en química es **más productiva** que todas las demás ciencias juntas (física, biología, medicina, matemática, etc.).
- Explique con algunos ejemplos cual es la principal diferencia entre la química y el resto de las ciencias.

Percepción de la química como una de las ciencias.

- D.** Las leyes de la química son todas de origen físico.
- E.** La química es diferente de las otras ciencias porque tiene su propio método.
- F.** El lenguaje de la química permite no sólo nombrar sino investigar nuevos compuestos.

-Explique con algunos ejemplos cuales son las leyes y las teorías fundamentales en la química.

Los criterios para evaluar las afirmaciones tipo *Likert* y las preguntas abiertas se describen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (ver página **¡Error! Marcador no definido.**).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La tesis reporta únicamente lo correspondiente a los coordinadores de carrera y algunos alumnos de licenciatura de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, por lo que los objetivos quedaron delimitados de la siguiente manera:

- ✓ Elaborar una herramienta para reconocer en alumnos y coordinadores:
 - ▶ El perfil epistemológico sobre la NOS (entre las dualidades de Relativismo vs. Positivismo y Realismo vs. Instrumentalismo)
 - ▶ Postura sobre la comprensión de la naturaleza de las ciencias (NOS) referente a la identidad de la química y a la comprensión de la química como una de las ciencias en cuanto a la investigación científica, la práctica experimental, las teorías y los modelos atómicos.
- ✓ Identificar si los resultados arrojados para el grupo de coordinadores de carrera es semejante o difiere de los resultados obtenidos de los alumnos de la FQ-UNAM.
- ✓ Determinar los posibles perfiles epistemológicos sobre la naturaleza de las ciencias y la investigación científica que tiene la muestra de alumnos con relación a los coordinadores de carreras de química.
- ✓ Encontrar una respuesta a la interrogante de ¿por qué los químicos no muestran interés por la filosofía de la química?
- ✓ Reconocer si es correcta la tesis de Good acerca de que los químicos no muestran interés por la filosofía de la ciencia, por que han adoptado una postura realista.

- ✓ Desarrollar un instrumento para identificar perfiles epistemológicos y visiones sobre la Naturaleza de la Ciencia Química en alumnos y profesores.

METODOLOGÍA

La muestra total analizada fue de 13 profesores (5 coordinadores de carrera de la FQ-UNAM, 2 profesores de licenciatura de la FQ-UNAM y 6 profesores del MADEMS (Maestría en Educación Media Superior)) y 31 alumnos de las diferentes carreras (5 ingenieros químicos (IQ), 1 ingeniero químico metalúrgico (IQM), 11 Químicos (Q), 5 químicos en alimentos (QA), 9 químicos farmacéuticos biólogos (QFB)) de la FQ-UNAM.

Inicialmente se elaboró un primer borrador *Cuestionario 1 (C-1)* (**ver Apéndice A**), estructurado conforme a cuatro ejes de análisis: SUSSI, SUSSI-Q, QNOSP y VNOS. El cuestionario (C-1) plantea en su primera parte una serie de preguntas con cuatro opciones (respuestas cerradas) para SUSSI, SUSSI-Q y QNOSP; y en la segunda parte las preguntas son abiertas respecto a VNOS. Al tratarse de preguntas utilizadas en investigaciones de publicaciones previas no fue necesario hacer la validación correspondiente, simplemente se aplicó a un grupo piloto de 6 profesores de MADEMS para comprobar su eficacia.

Si bien el cuestionario 1 (C-1) parecía ser el diseño final de nuestra nueva herramienta no lo fue, debido a que resultó ser un cuestionario muy extenso que permitía únicamente identificar una postura filosófica de la dualidad (instrumentalismo vs. realismo) y una postura ingenua, informada o no clasificable sobre la NOS.

Una vez analizados los resultados arrojados por el cuestionario (C-1), las posturas de algunos profesores no pudieron ser clasificadas; por lo que se hicieron las correcciones y modificaciones pertinentes para

elaborar una segunda propuesta que llamamos *Cuestionario 2 (C-2)* (*ver Apéndice B*).

La estructura del cuestionario (C-2) se construyó bajo dos ejes: VNOSP y SUSSI-Q. Así mismo esta nueva versión se aplicó a un grupo piloto compuesto de 2 profesores (licenciatura de la FQ-UNAM) y 3 alumnos de licenciatura (QFB de FQ-UNAM). Conjuntamente cada persona fue entrevistada (*ver Apéndice C*) a fin de corroborar el buen funcionamiento, evaluar la comprensión, inteligibilidad de las preguntas así como la viabilidad de las respuestas del *Cuestionario 2 (C-2)*.

Para indagar las posturas filosóficas sobre la química en la FQ-UNAM se aplicó el cuestionario (C-2) y se realizó una entrevista a cada coordinador de carrera de la misma.

Todas las entrevistas fueron transcritas a fin de tener acceso inmediato a las respuestas de los profesores para el análisis pertinente.

Finalmente con el propósito de tener un panorama más amplio sobre las posturas filosóficas sobre la química que tiene la comunidad de químicos de la FQ-UNAM se aplicó el cuestionario (C-2) a una muestra de 31 alumnos de licenciatura que iniciaban el curso de historia y filosofía de la química.

La secuencia de la investigación se muestra a continuación en el siguiente diagrama:

PILOTO	<ul style="list-style-type: none"> • C-1 (SUSSI, SUSSI-Q, QNOSP, VNOS) • [N= 6] • 6 profesores MADEMS
PILOTO	<ul style="list-style-type: none"> • C-2 (QNOSP, SUSSI-Q) • Entrevista. • [N=5] • 2 profs. de licenciatura FQ-UNAM • 3 alumnos de licenciatura FQ-UNAM
ESTUDIO	<ul style="list-style-type: none"> • C-2 (QNOSP, SUSSI-Q) • Entrevista • [N=5] • 5 coordinadores de carrera FQ-UNAM
ESTUDIO	<ul style="list-style-type: none"> • C-2 (QNOSP, SUSSI-Q) • [N=31] • 31 alumnos de licenciatura FQ-UNAM

Tabla 1 – Instrumentos utilizados y analizados para el desarrollo de la nueva herramienta

INSTRUMENTO	MUESTRA	POSIBLES RESULTADOS
VNOS (Views of Nature of Science)	Profesores MADEMS	Informado Ingenuo No clasificable
QNOSP (Questionnaire for the Nature of Science Profile)	Profesores MADEMS Profesores FQ-UNAM Alumnos FQ-UNAM	Instrumentalista Realista Relativista Positivista
SUSSI (Student Understanding of Science and Scientific Inquiry)	Profesores MADEMS	Informado Ingenuo No clasificable
SUSSI-Q (Student Understanding	Profesores MADEMS Profesores FQ-UNAM	Informado Ingenuo

of Science and Scientific Inquiry – Química)	Alumnos FQ-UNAM	No clasificable
Entrevista estructurada	Profesores FQ-UNAM Alumnos FQ-UNAM	Informado Ingenuo No clasificable

A continuación se muestran los criterios para evaluar cada uno de los instrumentos empleados en el *Cuestionario 1 (C-1)*, *Cuestionario 2 (C-2)* y la entrevista estructurada.

VNOS

En la Tabla 2 se indican los criterios para evaluar las respuestas de las preguntas abiertas de VNOS.

Una persona se califica como ingenua cuando la mayoría de sus respuestas son ingenuas y viceversa para la postura informada. En el caso excepcional en donde las respuestas calificadas no evidencien una mayoría hacia ninguna de las dos posturas, se calificará como una postura “no clasificable”.

Tabla 2 – Criterios para evaluar VNOS

Aspecto de NOS	INGENUO	INFORMADO
Naturaleza de la ciencia es empírica (Pregunta 1)	La ciencia estudia hechos. Nosotros utilizamos hechos observados para probar que las teorías son verdaderas.	Los científicos reúnen datos para dar fundamento a sus interpretaciones del mundo. Los artistas sólo muestran su interpretación del mundo.
Inferencia y entidades teóricas (Pregunta 1)	Creo que los científicos están muy seguros sobre la estructura del átomo. La evidencia que utilizan son las	Los modelos de la estructura atómica son frecuentemente actualizados. Actualmente las teorías explican los fenómenos

	imágenes microscópicas actuales.	observados con un alto grado de certeza, pero sólo evidencias directas pueden ser utilizadas para formular este tipo de teorías.
Estructura general y objetivo de los experimentos (Pregunta 2)	<p>Un experimento es una secuencia de pasos diseñados para probar una teoría propuesta.</p> <p>Un experimento es todo lo que implica la recolección de datos y no requiere necesariamente de una manipulación.</p>	<p>Un experimento es una forma controlada de probar y manipular los objetos de interés mientras mantenemos otros factores constantes, los resultados permitirán que el científico reconozca si su teoría es válida o no.</p> <p>Un experimento no puede demostrar una teoría o una hipótesis. Sólo desacredita o agrega validez.</p>
El papel de las expectativas previas en los experimentos (Pregunta 2)	Usualmente se tiene ciertas ideas sobre inconvenientes. Pero se piensa que para tener un experimento científico y válido no debemos tener ninguna limitante o ideas de antemano.	Con el fin de organizar un experimento se necesita saber lo que se va a obtener sino no sería realmente un método probado. No se puede organizar una prueba sino se tiene una idea general de lo que se está buscando.
Validez de teorías y disciplinas basadas en la observación (Pregunta 3)	La ciencia no podría existir sin un procedimiento científico que esté basado únicamente en experimentos. El desarrollo del conocimiento sólo puede ser alcanzado a través de experimentos precisos.	Los experimentos no siempre son cruciales. Por ejemplo, la teoría de la evolución de Darwin, no se podía comprobar directamente con un experimento. Sin embargo debido a los datos observados, tales como los fósiles y formaciones rocosas, se ha convertido prácticamente en el eje central de la biología moderna
Naturaleza de la teorías científicas (Pregunta 4)	<p>Las teorías son sólo el punto de vista o pensamiento de una persona de lo que ha ocurrido.</p> <p>Una teoría es una idea no comprobada, o una idea que está experimentando pruebas adicionales. Generalmente no ha sido demostrada satisfactoriamente para la comunidad científica.</p>	En el vocabulario de los científicos la palabra teoría se utiliza de forma diferente al que comúnmente se usa. No significa que sea la idea de alguien que no se pueda demostrar. Es un concepto que tiene evidencia considerable y ha sufrido intentos de refutación.

<p>Funciones de la naturaleza de la ciencia (Pregunta 4)</p>	<p>Aprendemos teorías científicas sólo para que los científicos no tengan que empezar desde el inicio, sino mejor aportar algo a las ideas anteriores.</p>	<p>Las teorías establecen un marco general de explicación específico para las hipótesis desarrolladas. Las teorías aún siendo temporales incrementan el conocimiento estimulando otras hipótesis y una mayor investigación, que den soporte a las teorías actuales o conduzcan a nuevas teorías.</p>
<p>Naturaleza de la ciencia tentativa (Pregunta 4)</p>	<p>Creo que la mayor parte del tiempo las teorías no cambian porque son teorías básicas que únicamente aceptan alteraciones.</p>	<p>Las teorías científicas cambian porque se tiene nueva información, por el cambio de ideas y por que el punto de vista de la sociedad acerca del mundo cambia.</p>
<p>Naturaleza de la ciencia creativa e imaginativa (Pregunta 5)</p>	<p>No creo que la investigación científica se caracterice por el uso de la creatividad y de la imaginación. Creo que un compositor puede ser creativo y un novelista imaginativo. Pero las investigaciones científicas son frecuentemente tediosas y repetitivas, con el único propósito de generar nuevos datos basándose en datos previos.</p> <p>Se necesita despejar la mente después de recolectar los datos. No se requiere ser creativo para interpretar los datos.</p>	<p>La lógica desempeña un gran papel en el proceso científico, pero la imaginación y la creatividad son esenciales para la formulación de nuevas ideas para explicar el porqué de los resultados observados.</p> <p>Los científicos utilizan la creatividad y la imaginación durante sus investigaciones para obtener explicaciones para sus datos y para proponer respuestas a otras posibles preguntas.</p>
<p>Método científico (Pregunta 6)</p>	<p>La ciencia trabaja con un método exacto para poder reproducir los resultados. De esta manera sabemos que tenemos la respuesta correcta.</p> <p>La ciencia tiene un método particular para conocer hechos, el método científico.</p> <p>La clave para diferenciar la ciencia de otras investigaciones, es que la</p>	<p>No hay un método para hacer ciencia. Los científicos utilizan la imaginación y la creatividad para desarrollar sus propios métodos.</p> <p>En la educación básica se enseña a usar el método científico como método único y esa es la forma en la que se debería desarrollar la investigación científica. Pero hay una gran diferencia entre lo que se dice y lo que actualmente se hace.</p>

	<p>ciencia sigue un sistema rígido de reglas.</p> <p>La ciencia es algo simple y no es un campo de estudio que permita opiniones personales o individuales, es un hecho comprobado.</p>	<p>Gran parte del desarrollo del conocimiento científico está basado en la observación. A pesar de esto el objetivo de la ciencia no es la acumulación de hechos observables. Es decir la ciencia involucra un proceso de abstracción continua.</p>
--	---	---

Cada pregunta se califica con los criterios antes mencionados, para posteriormente concluir si la persona tiene una postura ingenua, informada o no clasificable sobre temas de la NOS. La postura "no clasificables" es aquella que no coincide con ninguna de las dos posturas que se indican como criterios de evaluación.

Los criterios del VNOS fueron establecidos con base en los términos definidos por la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS, 1990, 1993) y la *National science education standards* (NRC, 1996).

QNOSP

Los valores de las respuestas a las afirmaciones tipo *Likert* son los siguientes:

Totalmente desacuerdo	(TD) = -5
Desacuerdo	(D) = -2
De acuerdo	(A) = +2
Totalmente de acuerdo	(TA) = +5

Para calificar la respuesta a cada pregunta es necesario multiplicar el valor de la respuesta por el signo que le corresponde a la pregunta, posteriormente se realiza la sumatoria correspondiente para evaluar cada dualidad.

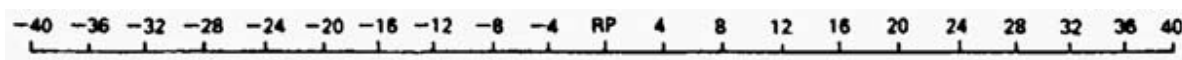
Relativista/Positivista		
Pregunta		Valor
1	-	
2	-	
5	+	
6	+	
7	+	
8	+	
9	+	
Total		

Instrumentalista/Realista		
Pregunta		Valor
3	+	
4	-	
5	+	
6	+	
10	-	
Total		

Finalmente el criterio para evaluar el total de la sumatoria es el siguiente: los valores ≤ -1 se califican como una postura relativista o instrumentalista respectivamente, mientras que los valores ≥ 1 se califican como una postura positivista o realista según corresponda. En caso de que la sumatoria sea 0 se indica como una postura "no clasificable". A continuación se muestra de forma gráfica el criterio para evaluar la QNOSP:

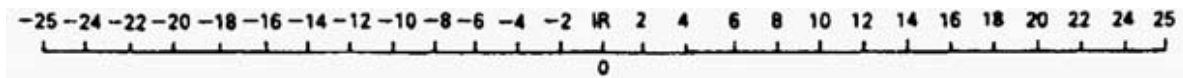
RELATIVISMO

POSITIVISMO



INSTRUMENTALISMO

REALISMO



Los términos utilizados para nombrar las posturas siguen siendo tema de debate. Las definiciones dadas pueden cambiar o pueden ser criticadas dependiendo de con qué otro(s) autor(es) se compare (ver página **¡Error! Marcador no definido.**).

SUSSI

Los valores numéricos de las posibles respuestas a las afirmaciones tipo *Likert* para SUSSI son los mismos que los asignados en la herramienta QNOSP y se muestra a continuación:

Totalmente desacuerdo	(TD) = -5
Desacuerdo	(D) = -2
De acuerdo	(A) = +2
Totalmente de acuerdo	(TA) = +5

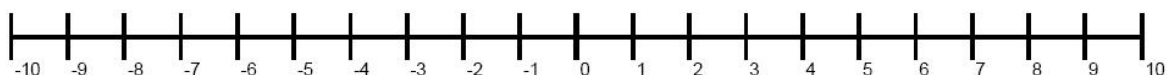
Las respuestas tipo *Likert* se evalúan de la siguiente forma:

Para calificar la respuesta de cada afirmación es necesario multiplicar el valor de la respuesta por el signo que le corresponde a la afirmación. Los valores ≤ -1 se clasifican como una postura ingenua, mientras que los valores ≥ 1 se clasifican como una visión informada.

El criterio representado gráficamente se ve de la siguiente forma:

INGENUO

INFORMADO



Las afirmaciones marcadas con un signo (+) representan ideas que son consistentes con la reforma emitida por la *National e International Science Education*, mientras que las afirmaciones marcadas con el signo (-) corresponden a nociones ingenuas sobre la NOS.

Los criterios de evaluación para SUSSI se muestran a continuación:

Tabla 3 - Criterios para evaluar SUSSI

Tema	Taxonomía de la percepción de la Naturaleza de la Ciencia	Pregunta y Criterio
Observaciones e inferencias	La ciencia se basa tanto en las observaciones como en las inferencias. Las observaciones son enunciados que describen los fenómenos naturales a los que tenemos acceso directamente mediante nuestros sentidos (o extensiones de los sentidos) y sobre lo cual los observadores pueden llegar a un consenso con relativa facilidad. Las inferencias son interpretaciones de esas observaciones. Perspectivas de la ciencia actual y de los científicos guían las observaciones e inferencias. Múltiples perspectivas contribuyen a diversas interpretaciones válidas de las observaciones.	A (-)
Leyes científicas y teorías	Las leyes científicas y teorías están sujetas a cambios. Las leyes científicas describen de forma generalizada la relación entre lo observado y lo percibido de los fenómenos naturales bajo ciertas condiciones. Las teorías científicas son explicaciones bien fundamentadas de algún aspecto del mundo natural. Las teorías no se convierten en leyes. Sin embargo no todas las leyes están acompañadas por teorías explicativas.	B (-)
Influencia social y cultural sobre la ciencia	El conocimiento científico pretende ser general y universal. Como actividad humana, la ciencia está influida por la sociedad y en la cultura en la que se practica. Los valores y las expectativas de la cultura determinan el qué y cómo se conduce, interpreta y se acepta la ciencia.	C (+)

Imaginación y creatividad en las investigaciones científicas.	La ciencia es una mezcla de lógica e imaginación. Los conceptos científicos no emergen por sí solos de manera automática de los datos o de cualquier cantidad de análisis. La invención de hipótesis y teorías para imaginar cómo funciona el mundo y después averiguar cómo pueden ser sometidas a la prueba de la realidad que es tan creativo como escribir poesía, componer música o diseñar rascacielos. Los científicos utilizan su imaginación y creatividad en sus investigaciones científicas.	D (-)
Metodología de la investigación científica.	Los científicos conducen sus investigaciones por una amplia variedad de razones. Diferentes tipos de preguntas sugieren diferentes tipos de investigación científica. Diferentes dominios científicos emplean diferentes métodos, teorías básicas y estándares para avanzar en el conocimiento y concepción científica. No hay un solo método único y universal que sigan los científicos paso a paso. Los científicos investigan sobre cuestiones con conocimiento previo, perseverancia y creatividad.	E (+)

Estos criterios fueron establecidos con base en documentos estándar que se han discutido en publicaciones relacionadas con la educación de la ciencia (por ejemplo: AAAS, 1990, 1993; Aikenhead y Ryan, 1992; Lederman, Abd-El-Kalick, Bell, y Shawrtz, 2002; Ministry of Education, 2003; National Research Council, 1996; National Science Teachers Association, 2000; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, y Duschl, 2003; Turkish Ministry of National Education, 2005).

SUSI-Q

SUSI-Q es una variante de SUSI, su diferencia radica en que plantea afirmaciones y preguntas relativas a la ciencia química.

Cada afirmación tipo *Likert* se califica para obtener su valor numérico como se indico para SUSI (ver página 38), posteriormente para cada

conjunto de afirmaciones tipo *Likert* se hace una sumatoria, para un valor ≤ -1 se clasifica como una postura ingenua, mientras que un valor ≥ 1 se clasifica como una visión informada. Esto se puede apreciar de forma gráfica en la siguiente escala:



Por su parte las preguntas abiertas se evalúan como informado, no informado conforme a las respuestas estructuradas para cada tema. Posteriormente se confronta el resultado obtenido en las afirmaciones tipo *Likert* para el mismo tema, en caso de que la respuesta a la pregunta abierta no corresponda con lo señalado en las afirmaciones tipo *Likert*, se indicará como (NC) o sea una respuesta no consistente.

A continuación se muestran los criterios para evaluar las preguntas de SUSSI-Q.

Tabla 4 – Criterios para evaluar SUSSI-Q

	Taxonomía de la percepción de la Química	Criterio
TEMA 1: IDENTIDAD DE LA QUÍMICA		
Identidad de la química	La física y la química comparten algunos temas, pero la química no se reduce a la física. El centro de actividad de la química es el crear nuevas formas materiales ¹ . La esencia de la química no es el descubrir sino inventar y, sobre todo el crear ² .	A (-)
El método de	Los químicos hacemos materia que no necesariamente es	B (-)

¹ Chamizo, Hacia una cultura química, 2005, pág. 26.

² Lehn, J.M., citado por Chamizo, Hacia una cultura química, 2005, pág. 26.

la química.	"utilizable". Hacerla es el fin en sí mismo. Por ello la química no sólo crea objetos ³ , la química crea su propio objeto ⁴ .	
Investigación química	La química es la ciencia más productiva. Los químicos son los que escriben más artículos que todas las demás ciencias juntas, incluidas las sociales ⁵ . El número de nuevas sustancias crece más rápido que el de las patentes ⁶ .	C (+)
Pregunta abierta	A la materia se le pueden hacer varias preguntas diferentes que corresponden a otras tantas propiedades, de entre todas las propiedades, hay una propiedad particular, aquella que se refiere a la reacción química, que diferencia a la química de las demás disciplinas ⁷ .	Informado
TEMA 2: PERCEPCIÓN DE LA QUÍMICA COMO UNA DE LAS CIENCIAS		
Identidad de la química	Las leyes de la química no pueden deducirse de la física ni de la mecánica cuántica, entre muchos factores por la ausencia de resolución del problema de varios cuerpos, y la química es finalmente el resultado de la interacción sincronizada de muchos cuerpos ⁸ . El conocimiento "completo" de un átomo de hidrógeno y otro de oxígeno no nos dice nada de las propiedades del agua líquida. Los filósofos de la ciencia no han podido demostrar que las leyes puedan ser axiomatizadas ni que puedan derivarse de una disciplina a otra ⁹ .	D (-)
Método científico	Todas las ciencias, incluidas las ciencias sociales, utilizan variantes del método científico, un enfoque sistemático de la investigación. El progreso científico rara vez se logra en una forma rígida, paso a paso. Los científicos, después de todo, son humanos, y sus formas de pensar y	E (-)

³ Chamizo, Hacia una cultura química, 2005 pág. 23.

⁴ Berthelot, M., citado por Chamizo, Hacia una cultura química, 2005, pág. 17.

⁵ Schummer, J., The philosophy of chemistry: from infancy toward maturity, en: Baird, Scerri, y McIntyre, Philosophy of chemistry, 2006, pág. 19 a 21.

⁶ Chamizo, Hacia una cultura química, 2005, pág. 20-23.

⁷ Schummer, J. citado por Chamizo, Hacia una cultura química, 2005, pág. 20.

⁸ Chamizo, La esencia de la química, 2005, pág. 20.

⁹ Scerri, E. citado por Chamizo, La esencia de la química, 2007, pág. 20.

	de trabajar están influidas por sus antecedentes, su entrenamiento y su personalidad. ¹⁰	
Lenguaje de la química	El lenguaje de la química, como todo lenguaje, tiene dos características: a pesar de su imprecisión permite que las personas se comuniquen a través de él; además inevitablemente produce complicaciones, ambigüedades y riqueza por su uso y manejo. El lenguaje de la química nos permite representar y nombrar moléculas no existentes; es un modelo predictivo de las sustancias. Cada fórmula estructural representa no sólo una determinada sustancia, sino también, muchas veces, su historia; es decir, de donde viene (cómo se obtuvo) y a dónde va (cómo puede reaccionar). Una fórmula informa sobre composición y estructura. No sólo de lo que se conoce, sino de lo que todavía está por hacerse. Con él se puede predecir materia, materia que todavía no existe ¹¹ .	F (+)
Pregunta abierta	La química es el estudio de la materia y de los cambios que experimenta. La ley de la conservación de la masa, la cual establece que la materia no se crea ni se destruye. Debido a que la materia está formada por átomos, que no cambian en una reacción química, se concluye que la masa también se debe conservar. Esta ley fue el principal estímulo para el rápido progreso de la química durante el siglo XIX ¹² . No está claro si la química tiene alguna ley más allá de quizá la ley periódica. La ley periódica, contrariamente a las presentaciones populares de muchos libros de texto, no puede ser reducida del todo a la mecánica cuántica ¹³ .	Informado

Estos criterios se establecieron de acuerdo a lo mencionado en *Hacia una cultura química* (Chamizo, 2005), *La esencia de la química* (Chamizo, 2007), *Representation in Chemistry* (Hoffman y Laszlo, 1991), *Philosophy of chemistry* (Baird, Scerri, y McIntyre, 2006) y en un

¹⁰ Chang, Química, 1999, págs. 8 y 9.

¹¹ Hoffman y Laszlo, Representation in Chemistry, 1991, págs. 8-12.

¹² Chang, Química, 1999, págs. 38 y 39.

¹³ Scerri en: Chamizo, La esencia de la química, 2007, pág. 183.

libro de texto sobre química utilizado en el curso básico de química: *Química* (Chang, 1999).

ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Como se mencionó anteriormente, únicamente a una muestra de profesores (5 coordinadores de carrera y a un grupo piloto (2 profesores de licenciatura y 3 alumnos de licenciatura FQ-UNAM) se les realizó una entrevista estructurada. A continuación se describen el desarrollo del esquema y criterios de la entrevista estructurada para evaluar posturas ingenuas e informadas referente a diversos temas de química.

Lo más importante de una entrevista es su capacidad para adaptarse a diferentes personas y situaciones. Sin embargo la forma en que se da una respuesta (el tono de voz, la expresión de la cara, la vacilación, etcétera) puede proporcionar cierta información que en una respuesta escrita no se obtiene. Existen también varios problemas, las entrevistas requieren tiempo y al ser una técnica muy subjetiva siempre existe el peligro de la parcialidad. Aún así, con la información de una entrevista (Bell, 2005) se puede dar un mayor contenido a las respuestas de un cuestionario, tal como sucede en nuestro caso.

La preparación de una entrevista sigue en gran parte los mismos pasos que los cuestionarios. Hay que seleccionar los temas, diseñar las preguntas, pensar en los métodos de análisis. El tipo de entrevista con mayor posibilidad de generar la información que precisamos es la entrevista estructurada. Ésta puede tener forma de cuestionario o de hoja de control del entrevistador, cuando no se cuenta con mucha

experiencia para realizar entrevistas como es nuestro caso, nos sirve de gran apoyo y guía para obtener la información de interés.

Tomando en cuenta las recomendaciones publicadas en la literatura (Bell, 2005) se construyó el esquema de nuestra entrevista estructurada (*ver Apéndice C*).

Si las respuestas no coinciden con lo establecido en los criterios para un perfil "INFORMADO" se evaluará como "INGENUO" respecto a la naturaleza de la ciencia química.

Los criterios para evaluar las respuestas obtenidas durante la entrevista son los siguientes:

Tabla 5 – Criterio para evaluar las respuestas de la entrevista estructurada

PREGUNTA	CRITERIO
1.- ¿Qué es un átomo?	
Es la unidad básica de un elemento que puede intervenir en una combinación química ¹⁴ . La materia en su forma más simple consiste de pequeñas partículas llamadas átomos ¹⁵ .	INFORMADO
2.- Describa ¿cómo es un átomo?	
Usando la mecánica cuántica se puede describir la estructura electrónica de un átomo, como el arreglo de electrones alrededor de un núcleo. Necesitamos distinguir entre dos tipos de átomos: un átomo de hidrógeno es un átomo de un electrón o ión de número general atómico Z, un átomo de muchos electrones es un átomo o ión con más de un electrón ¹⁶ .	INFORMADO

¹⁴ Chang, Química, 1991, págs. 139 y A-16.

¹⁵ Mortimer, Química, 1983, pág. 74.

¹⁶ Atkins y de Paula Julio, Physical Chemistry, 2002, pág. 365.

Tiene una estructura interna, es decir, está formado por partículas aún más pequeñas denominadas partículas subatómicas (electrones, protones y neutrones) ¹⁷ .	
3.- ¿Cómo sabe usted que realmente es así un átomo? ¿En que se basa?	
Se puede determinar experimentalmente la estructura y la composición de las superficies sólidas. Una de las técnicas que proporciona más información sobre la situación de los átomos cerca de la superficie es la difracción de electrones de baja energía (LEED) Low Energy Electron Diffraction. La microscopía de fuerzas atómicas (AFM) es una técnica donde se barre la superficie mediante una aguja sujeta a un brazo. La aguja contenida en un microscopio de fuerzas atómicas responde a un simple átomo; la desviación del brazo se registra utilizando la radiación láser reflejada por un pequeño espejo ¹⁸ .	INFORMADO
4.- ¿Qué relación hay entre un modelo y/o teoría y la realidad?	
Un modelo es una estructura que satisface una teoría. Su relación es ¹⁹ : a) Las teorías especifican o definen un sistema abstracto o idealizado. b) Los modelos son las estructuras que satisfacen las especificaciones o definiciones de la teoría. c) Los modelos son más o menos similares con los sistemas reales y pueden utilizarse para controlar o predecir los sistemas reales si estos últimos son suficientemente similares a los modelos.	INFORMADO
5.- ¿El átomo existe? ¿El átomo es real? ¿Por qué?	
Para los químicos la realidad de los átomos fue establecida hace 150 años (50 años antes que lo aceptaran los físicos) y por más de un siglo todo su trabajo ha sido hecho pensando en términos atómicos ²⁰ .	INFORMADO
6.- ¿Qué otras cosas existen en la química y no podemos ver?	

¹⁷ Chang, Química, 1999, pág. 39.

¹⁸ Atkins, Química Física, 1999, pág 853, 858, 860.

¹⁹ Craver, Structures of Scientific Theories en: Machamer P. y Silbestein M. *Philosophy of Science*, 2002, pág. 65.

²⁰ Good, Why are chemists "turned off" by philosophy of science?, 1999, pág. 194.

NH ₃ , CO ₂ , freones, Kr, O ₃ , perfumes, ... ²¹	INFORMADO
7.- ¿Por qué los químicos no hacen filosofía de la química?	
Los químicos adoptaron una postura realista en contra del empirismo radical de la filosofía que planteaba que la naturaleza es disjunta y que las explicaciones causales y teóricas de las observaciones son inaccesibles y no deberían de investigarse, ya que la realidad era ilusoria. La confrontación directa de la química con el empirismo radical, el positivismo y el idealismo filosófico de los átomos, demostró que los químicos prefieren apearse al realismo científico o dedicarse a la investigación científica sin cuestionarse sobre cómo se genera o se comprende el conocimiento científico en la química ²² .	INFORMADO

Los criterios se establecieron de acuerdo a la cita correspondiente para cada respuesta en la que se incluyen libros de texto de química y literatura sobre filosofía de la química.

²¹ Biddle, A field guide to the invisible, 1998.

²² Good, Why are chemists "turned off" by philosophy of science?, 1999, págs. 209-210.

RESULTADOS

Los resultados se presentan en cuanto a los diferentes ejes evaluados: VNOS, QNOSP, SUSSI, SUSSI-Q y la entrevista estructurada.

VNOS

Los resultados de las preguntas abiertas realizadas al grupo piloto de profesores de MADEMS para clasificar las opiniones (ingenuas o informadas) sobre diversos temas de la naturaleza de la ciencia fueron los siguientes:

Pregunta:

1.- Los libros de ciencia a menudo representan el átomo como un núcleo central compuesto de protones (partículas cargadas positivamente) y neutrones (partículas neutras) con electrones (partículas cargadas negativamente) orbitando alrededor del núcleo. ¿Qué tan seguros están los científicos sobre la estructura del átomo? ¿Qué evidencia específica cree usted que utilizan los científicos para determinar como se ve un átomo?

Sujeto	Respuesta	Criterio
A	"Por las investigaciones que se han realizado, como los rayos catódicos o el electromagnetismo."	INGENUO
B	"Los científicos están seguros de la estructura del átomo por que se han realizado muchos experimentos para llegar a ella. Por ejemplo, con el experimento de Rutherford se logró separar al núcleo como conglomerado en el centro del átomo y los electrones alrededor de él. Sin embargo lo que quedaría fuera de ese modelo sería la teoría atómica cuántica donde se ve en donde es más probable que se encuentre el electrón."	INGENUO
C	"Varios científicos han dudado de la existencia de los átomos y aún los filósofos (Aristóteles), no obstante Einstein con su explicación del movimiento Browniano dice que sí existen y hay una comunidad que así lo ha aceptado, creo que la microscopía electrónica de barrido es una de las evidencias para determinar como se ve un átomo."	INFORMADO

D	"Hasta hoy no se han podido ver el acomodo de un átomo, lo único que tenemos es una teoría que trata de explicar el acomodo de la subpartícula de acuerdo a lo que se ha observado hasta hoy. Algunas evidencias es la existencia de electrones con carga negativa, la existencia de protones en los núcleos con carga positiva esta evidencia es indirecta."	INGENUO
E	"Pues están seguros en la medida que han hecho experimentos que llevan a pensar que es así. En la actualidad hay dispositivos que permiten mayor confiabilidad."	INFORMADO
F	"Muy seguros."	INGENUO

Pregunta:

2.- ¿Qué es un experimento?

Sujeto	Respuesta	Criterio
A	"Es una parte del método de investigación el cual se utiliza para contrastar la hipótesis planteada."	INGENUO
B	"Un procedimiento físico, en el cual se realizan diferentes pasos o técnicas para obtener un resultado."	INGENUO
C	"Es observar un fenómeno, plantear una pregunta o una hipótesis diseñar un procedimiento para saber si la hipótesis (de acuerdo al número finito de resultados que nos arroje nuestro procedimiento) nos permite inferir, entender, expresar un fenómeno."	INFORMADO
D	"Es una serie de acciones que se hace para poder ver un fenómeno o ponerlo de manifiesto. Controlando lo más posible las variables o manipulando dichas variables."	INFORMADO
E	"Una serie de pasos (actividades) que tienen como propósito averiguar lo que ocurre bajo las condiciones y las variables de experimentación."	INFORMADO
F	"Es simular condiciones naturales en los que se modifica una o varias variables para observar el comportamiento de todo el sistema o de algún componente."	INFORMADO

Pregunta:

3.- ¿El desarrollo de conocimientos científicos requiere de experimentos? ¿Por qué?
(Ejemplifique su respuesta)

Sujeto	Respuesta	Criterio
A	"Considero que sí, porque es la forma más formal de contrastar hipótesis. Por ejemplo cuando se descubrió el oxígeno debió Lavoisier de experimentar muchas veces para poder saber que el oxígeno estaba en el aire."	INGENUO

B	"Sí, porque los experimentos sirven para comprobar hipótesis y para generar conocimientos científicos deben haber propuestas que expliquen los hechos y éstos deben comprobarse."	INGENUO
C	"Porque a través de ellos podemos ver más allá de lo que nuestros sentidos nos permiten. Newton veía que una manzana cae del árbol pero también vio $F = m \cdot a$ "	INGENUO
D	"Sí, para poder observar, analizar, criticar, manipular el fenómeno."	INGENUO
E	"Pues yo diría que sí para contrastar las hipótesis y saber si hay que modificar los planteamientos o simplemente probar lo que se tiene en mente y ver si funciona o no."	INGENUO
F	"Porque permite analizar la realidad y conocerla en base a las respuestas que podemos observar, de esta manera se explica lo que está pasando y se genera un conocimiento."	INGENUO

Pregunta:

4.- Después de que los científicos desarrollaron una teoría (ej. Teoría atómica, teoría de la evolución), ¿La teoría ha cambiado? ¿Por qué? ¿Para qué estudiamos las teorías? (Justifique su respuesta)

Sujeto	Respuesta	Criterio
A	"No, solo ha evolucionado, las teorías antiguas dan pautas para nuevas teorías, las estudiamos para contrastarlas para contrastarlas con las nuevas."	INGENUO
B	"Las teorías cambian en el momento que no pueden explicar algo y se sustituyen por otras que logran explicarlo, sin embargo, todas son importantes porque involucran un pensamiento lógico de lo elemental hasta lo más complejo."	INFORMADO
C	"Sí, porque otras personas las falsean (Popper), las estudiamos para comprender el entorno y avanzar en ésta comprensión."	INFORMADO
D	"Sí, porque se han hecho algunas o más observaciones, experimento que contrasta a las teorías. Las estudiamos para poder estar seguros de lo que dicen es verdad."	INFORMADO
E	"Si, se ha ido modificando de acuerdo a los nuevos conocimientos que se van teniendo. Las estudiamos para tratar de comprender cosas (fenómenos)."	INFORMADO
F	"Porque el científico establece las condiciones que el mismo considera influyen en algún fenómeno y lo estudia de esta manera, después con el avance en el conocimiento, es decir, alguien consideró algo más importante la comunidad científica lo acepta, y los resultados pueden variar."	INGENUO

Pregunta:

5.- *Los científicos realizan experimentos/investigaciones para resolver problemas. A diferencia de la planeación y diseño de experimentos, ¿hay otros científicos que utilizan la imaginación y la creatividad, durante y después de la recolección de los datos? (Justifique su respuesta)*

Sujeto	Respuesta	Criterio
A	"Sí, para poder dar una explicación más sólida. Antes para formar hipótesis, y después para darle explicación a lo que sucede en el experimento."	INFORMADO
B	"Muchos de los descubrimientos que se han hecho en la historia se han derivado de científicos creativos y con imaginación."	INFORMADO
C	"Sí, Medeleiev con sueños, la estereoquímica."	INFORMADO
D	"Sí la creatividad siempre esta presente en una investigación, ya que tienen que adaptar el fenómeno natural a las paredes de un laboratorio. Por otro lado si en las observaciones del experimento salió algo que no estaba planeado, la investigación cambia totalmente."	INFORMADO
E	"Yo creo que la imaginación y la creatividad están (o deben estar) siempre presentes (incluso en el diseño de experimentos)."	INFORMADO
F	"Sí, porque sus investigaciones se basan en responder o cuestionar algún fenómeno, por lo tanto, no existe la respuesta, y solo pueden imaginar lo que sucede porque no lo pueden encontrar en un libro."	INFORMADO

Pregunta:

6.- *¿Sigue usted algún método o guía en sus investigaciones científicas? ¿Cuál? (Describallo)*

Sujeto	Respuesta	Criterio
A	"Sí, observación, generación de hipótesis, experimentación análisis de datos y contrastación de hipótesis."	INGENUO
B	"Se supone que es el método científico: 1º una pregunta, 2º recolección de información y generación de hipótesis, 3º planteamiento de metodología (que puede ser experimental), 4º comprobación (aceptación o rechazo de hipótesis)."	INFORMADO
C	"No llevan un orden: observar, preguntarme "algo", suponer/falsear, formular una directriz de pensamiento."	INFORMADO
D	"Más o menos el método científico."	INFORMADO
E	"No hago investigaciones científicas."	-----
F	"Sí. Observar, investigar y detectar un problema. Definición de un problema, establezco los objetivos, investigo o recolecto la	INGENUO

	información que me ayude a resolverlo, establezco las posibles hipótesis, la metodología, las llevo a cabo, analizo los resultados y concluyo.”	
--	---	--

Tabla 1 – Análisis de las respuestas a las preguntas abiertas de VNOS del C-1 aplicado al grupo piloto de profesores de MADEMS

Pregunta	1	2	3	4	5	6	CRITERIO VNOS
Profesor MADEMS	NOS/inferencia y teorías	Experimentos	Validez de teorías	Naturaleza de las teorías y función	Ciencia creativa e imaginativa	Método Científico	
A	INGENUO	INGENUO	INGENUO	INGENUO	INFORMADO	INGENUO	INGENUO
B	INGENUO	INGENUO	INGENUO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	NO CLASIFICABLE
C	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO
D	INGENUO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO
E	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO	INFORMADO	-----	INFORMADO
F	INGENUO	INFORMADO	INGENUO	INGENUO	INFORMADO	INGENUO	INGENUO

La mayoría de los profesores del MADEMS tienen una postura informada respecto a temas de la NOS. Sobre todo en los temas planteados en las preguntas 4, 5 y 6. Mientras que la ingenuidad destaca en las preguntas 1, 2 y 3.

QNOSP

Esta investigación muestra los resultados de la construcción de perfiles epistemológicos sobre la NOS del grupo piloto de profesores MADEMS, los coordinadores de carrera y algunos alumnos de licenciatura de la FQ-UNAM analizados en torno a sus ideas sobre la naturaleza de la ciencia. Estos perfiles son en sentido estricto epistemológicos, ya que dan cuenta de las concepciones sobre la ciencia en términos de sus expectativas filosóficas, es decir sobre la construcción del conocimiento, su validación y sus ideas de progreso. Para el presente análisis se hace uso de los perfiles y la herramienta QNOSP (Nott y Wellington 1998).

En la Gráfica 1 se muestran los resultados del grupo piloto de profesores MADEMS donde únicamente se evaluó la dualidad epistemológica sobre la NOS de instrumentalismo vs. realismo.

Gráfica 1 - Perfil epistemológico sobre la NOS del grupo piloto de profesores MADEMS [N=6]



El grupo piloto de profesores MADEMS al evaluarse con una sola dualidad no permitía establecer un perfil epistemológico, únicamente permitía distinguir entre instrumentalismo y realismo. Y todo el grupo piloto fue identificado como instrumentalista, postura contraria a lo planteado por Good.

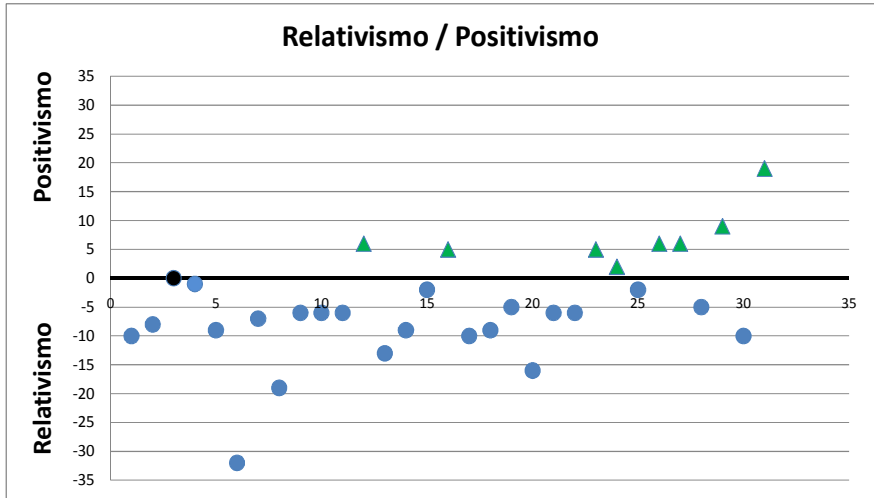
De ahí que para el cuestionario 2 (C-2) se evaluaron dos dualidades: instrumentalismo vs. realismo y positivismo vs. relativismo.

En las gráficas Gráfica 2, Gráfica 3, Gráfica 5 y Gráfica 6 se muestra cómo los perfiles para cada dualidad, pueden ser utilizados para identificar los

perfiles de grupo, es decir para dar cuenta de las tendencias epistemológicas de los coordinadores de carrera y alumnos de la FQ-UNAM.

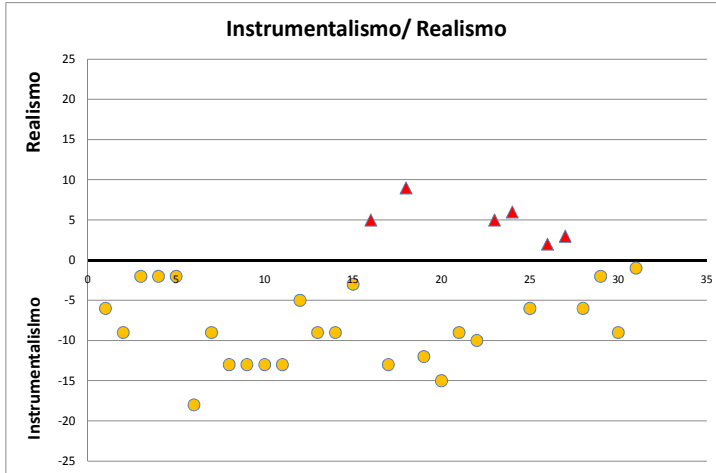
Por ejemplo si un alumno o coordinador respondió de la siguiente forma: 10 dentro de la categoría de realismo y -4 en la de instrumentalismo. Muestra que el alumno o coordinador presenta diversidad en sus enfoques sobre la naturaleza de la ciencia. Por lo que esta diversidad de posiciones representa su perfil, que es: realista e instrumentalista, lo cual se puede observar en las gráficas Gráfica 2 y Gráfica 3.

Gráfica 2 – Perfil epistemológico sobre la NOS de algunos alumnos de la FQ-UNAM [N=31]



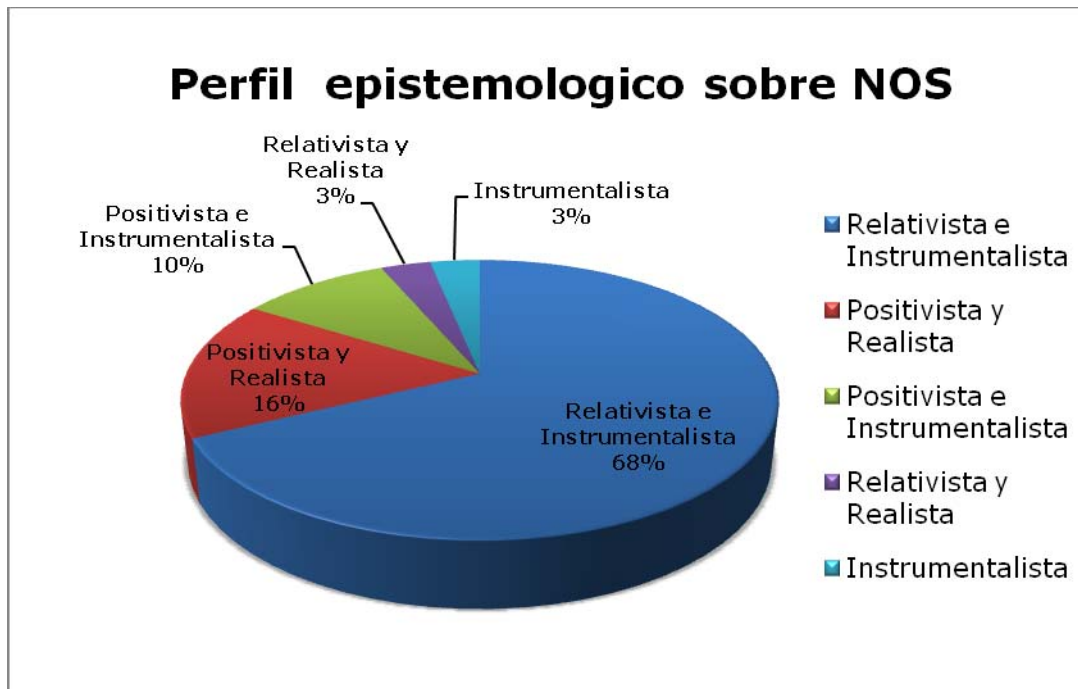
En la Gráfica 2 se observa que la mayoría de los alumnos se ubican principalmente en el relativismo, aunque no de una forma muy firme puesto que se aproximan al positivismo. Sin embargo excepcionalmente hay un alumno que no muestra preferencia por ninguna de las dos posturas.

Gráfica 3 – Perfil epistemológico parcial de algunos alumnos de la FQ-UNAM



En la Gráfica 3 se puede ver que la mayoría de los alumnos se identifican con el instrumentalismo con determinación, dado que la mayoría de los valores negativos no se encuentran cercanos al centro de la gráfica, no obstante son pocos los alumnos con una postura realista que resulta débil por su cercanía al "0".

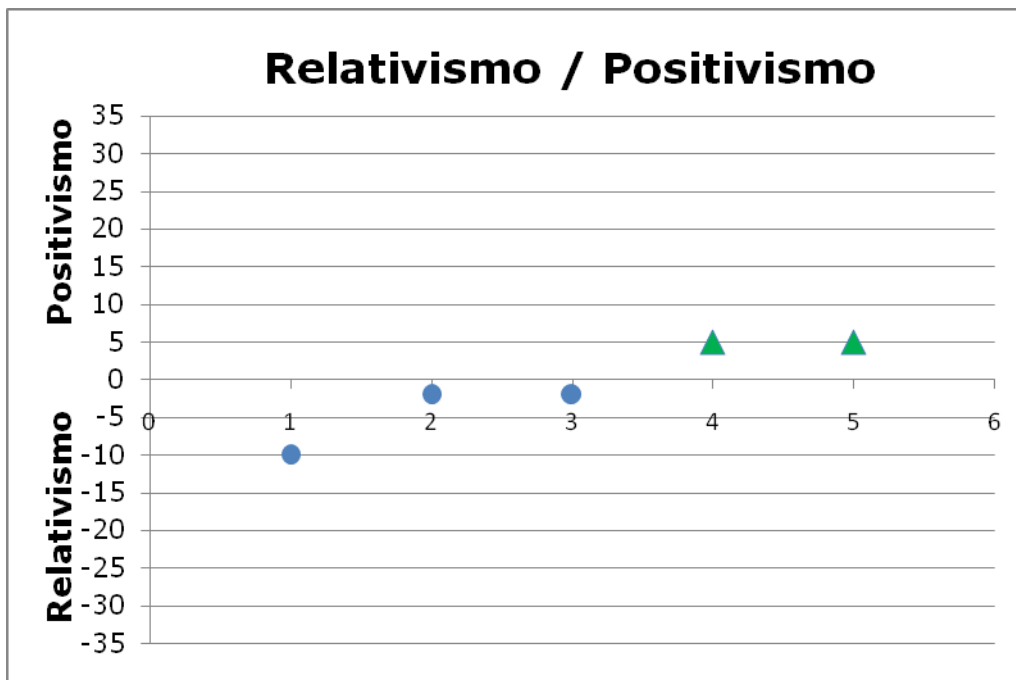
Gráfica 4 - Perfil epistemológico sobre la NOS de algunos alumnos FQ-UNAM [N=31]



En esta gráfica se distingue que el 68% representa a la mayoría de los alumnos cuyo perfil sobre la NOS es relativista e instrumentalista, el 3% es relativista y realista, otro 3% fue clasificado como instrumentalista (al tener un "0" para la otra dualidad evaluada).

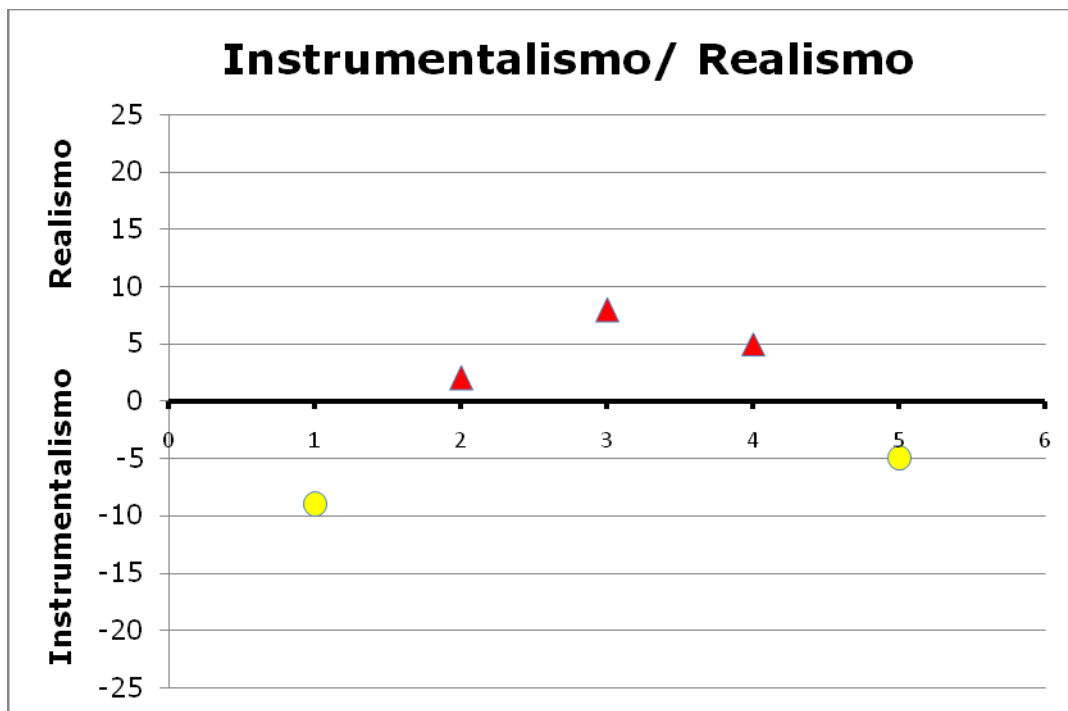
De manera similar se elaboraron los perfiles epistemológicos de los coordinadores de carrera.

Gráfica 5 - Perfil epistemológico parcial de los coordinadores de carrera de la FQ-UNAM [N=5]



En esta gráfica se percibe que la mayoría de los coordinadores no se identifican firmemente con ninguna de las dos posturas evaluadas puesto que los valores están muy cercanos al "0" que indica una postura equilibrada y no clasificable.

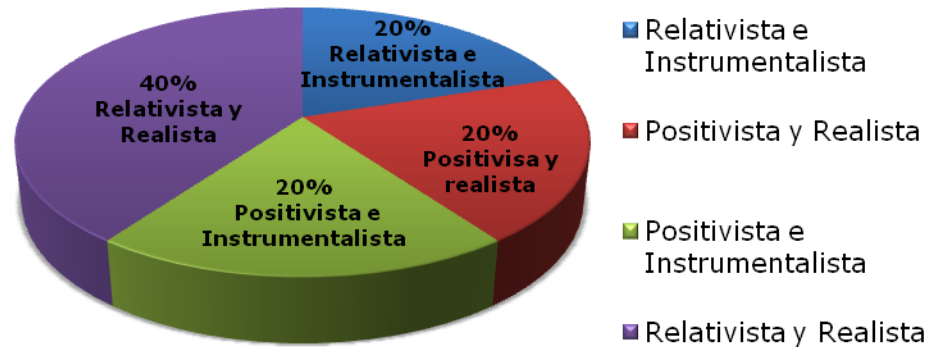
Gráfica 6 - Perfil epistemológico parcial de los coordinadores de la FQ-UNAM [N=5]



En la gGráfica 6 se aprecia que sucede lo mismo que en la gráfica anterior, los coordinadores no se identifican plenamente con ninguna de las dos posturas evaluadas, de la misma forma las respuestas en su mayoría están muy cercanas al "0" equilibrado y no clasificable.

Gráfica 7 - Perfil epistemológico sobre la NOS de los coordinadores de FQ-UNAM [N=5]

Perfil epistemológico sobre la NOS



En la g se indican los porcentajes de los perfiles epistemológicos de los coordinadores de carrera. La mayoría representada por el 40% es relativista y realista, mientras que el 60% restante se divide entre los otros tres perfiles con un 20% para cada uno.

La Tabla 2 permite hacer un análisis comparativo entre las corrientes epistemológicas identificadas en algunos de los profesores y alumnos de la FQ-UNAM. Se aprecia que la mayoría de los alumnos se clasificó como relativista e instrumentalista. Por su parte la mayoría de los coordinadores analizados se calificaron como relativistas y realistas de acuerdo a los perfiles epistemológicos sobre la NOS. Con lo que se puede decir la enseñanza que se imparte en la FQ-UNAM influye parcialmente en el pensamiento epistemológico que tienen los alumnos sobre la NOS.

Tabla 2 - Perfiles epistemológicos de la FQ-UNAM

Perfiles	Relativista	Positivista	Positivista	Relativista	Instrumentalista
----------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------------

sobre la NOS	e	y	e	y	
Grupos	instrumentalista	realista	instrumentalista	realista	
COORDINADORES	40%	20%	20%	20%	0%
ALUMNOS	68%	16%	10%	3%	3%

SUSI

Esta herramienta fue desarrollada para evaluar la precepción e interpretación de diferentes aspectos de la NOS. Además se combinan criterios cualitativos y cuantitativos junto con un lenguaje sencillo, de forma que los alumnos y profesores no tengan dificultades para expresar su punto de vista en las preguntas abiertas y afirmaciones tipo *Likert*. Los resultados de este instrumento nos permiten evaluar si los profesores o alumnos tienen un perfil informado respecto a diversos temas sobre la comprensión e investigación de la ciencia. En el C-1 aplicado al grupo piloto únicamente se utilizaron las afirmaciones tipo *Likert* de SUSI.

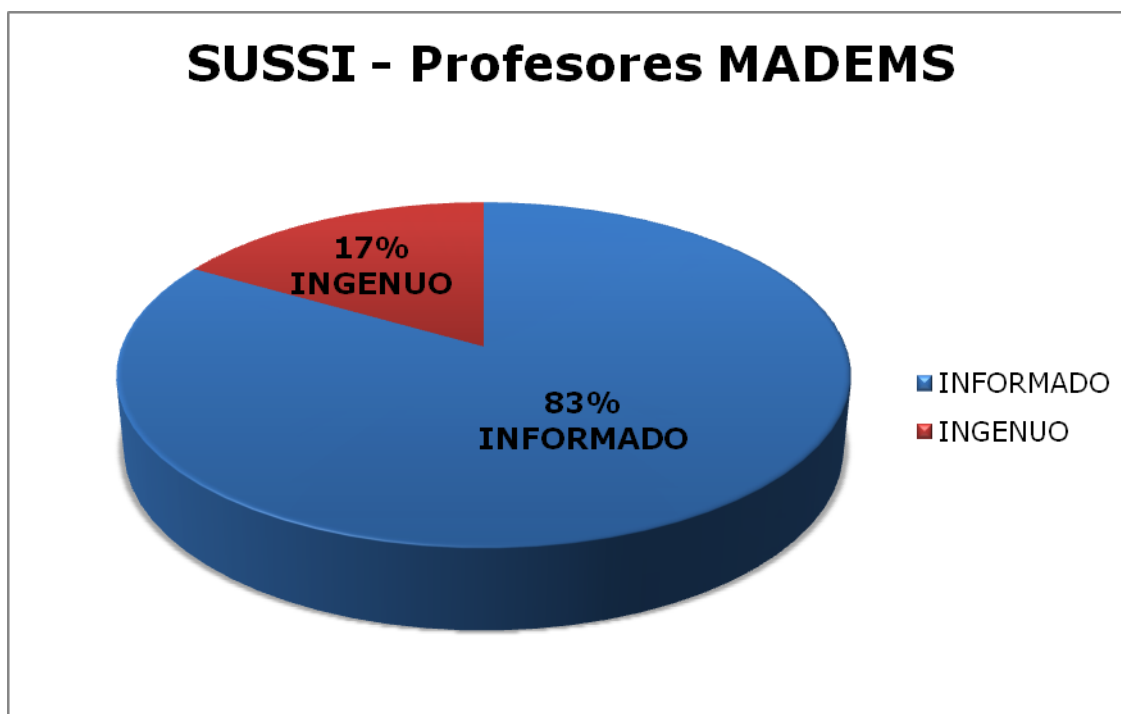
Tabla 3 – Análisis de las afirmaciones tipo *Likert* de SUSI en C-1 aplicado a profesores del MADEMS [N=6]

Afirmación	A	B	C	D	E	CRITERIO
Profesor MADEMS	Observaciones e inferencias	Leyes científicas y teorías	Influencia social y cultural sobre la ciencia	Imaginación y creatividad en las investigaciones científicas	Metodología de la investigación científica	
A	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO
B	INGENUO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO
C	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO
D	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO
E	INFORMADO	INGENUO	INGENUO	INFORMADO	INGENUO	INGENUO
F	INGENUO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO
MAYORÍA	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO

La Tabla 3 presenta la clasificación dada a cada una de las respuestas dadas a las afirmaciones tipo *Likert* de SUSI en el C-1 aplicado al grupo piloto conformado por 6 profesores del MADEMS. En cuanto al uso de la imaginación y creatividad en la ciencia todos mantienen una visión informada. Para los temas de las afirmaciones A, B y C prácticamente la

mayoría tiene una visión informada. Sin embargo en el tema relacionado a la metodología de la investigación científica la mayoría se manifiesta con una postura ingenua, probablemente se podría pensar que en su calidad de profesores defienden la existencia de un “método científico universal”.

Gráfica 8 – Perfil de los profesores de MADEMS respecto a SUSI [N=6]



En Gráfica 8 se muestran las posturas del grupo piloto de profesores de MADEMS. Donde el 83% corresponde a una visión informada y el 17% restante a una visión ingenua sobre el conjunto de temas analizados en SUSI.

SUSI-Q

Esta herramienta fue desarrollada para evaluar la percepción e interpretación de diferentes aspectos de la química, tomando como

modelo la herramienta SUSSE (Liang, y otros, 2006). En este caso se combinaron criterios cualitativos y cuantitativos, de forma que los alumnos y coordinadores o profesores pudieran expresar su punto de vista en las preguntas abiertas y afirmaciones tipo *Likert*. Los resultados de este instrumento nos permiten evaluar si los coordinadores o alumnos tienen un perfil informado, ingenuo, no clasificable o no consistente sobre la comprensión y la investigación en el área de la química.

Los resultados de las afirmaciones tipo *Likert* aplicadas al grupo piloto de profesores del MADEMS son los siguientes.

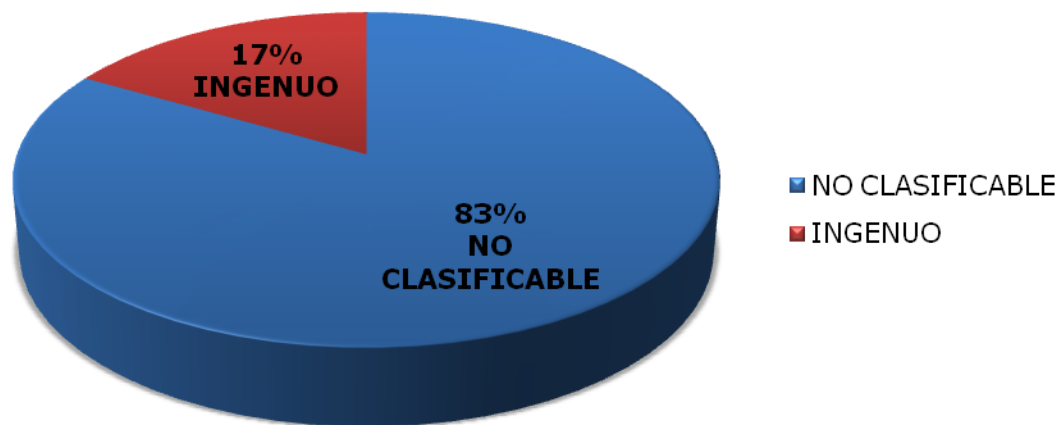
Tabla 4 – Análisis de las afirmaciones SUSSE-Q tipo *Likert* del C-1 de los profesores MADEMS [N=6]

Pregunta	F	G	CRITERIO
Profesor MADEMS	Método de la química	Método científico	
A	INFORMADO	INGENUO	No Clasificable
B	INFORMADO	INGENUO	No Clasificable
C	INGENUO	INFORMADO	No Clasificable
D	INFORMADO	INGENUO	No Clasificable
E	INFORMADO	INGENUO	INGENUO
F	INFORMADO	INGENUO	No Clasificable
MAYORÍA	INFORMADO	INGENUO	NO CLASIFICABLE

Se observa nuevamente que la mayoría de los profesores tienen una idea ingenua respecto al método científico en la química, en contra parte la mayoría están informados en temas relacionados con el método de análisis en la química.

Gráfica 9 - Posturas respecto a SUSSE-Q del C-1 aplicado a profesores de MADEMS [N=6]

SUSI-Q/ Profesores MADEMS



En la gráfica se muestra que la mayoría son ingenuos sobre temas relacionados con el método de análisis y el método científico en la química.

Los resultados de SUSI-Q para el C-2 aplicado a coordinadores de carrera y algunos alumnos de la FQ-UNAM se muestran a continuación.

Es importante aclarar que únicamente se presenta el análisis de las respuestas a las afirmaciones tipo *Likert* y de las preguntas abiertas de los coordinadores de carrera de la FQ-UNAM.

Tabla 5 - Análisis de las afirmaciones SUSI -Q tipo *Likert* del C-2 aplicado a los coordinadores de carrera FQ-UNAM [N=5]

Pregunta	TEMA 1: IDENTIDAD DE LA QUÍMICA			CRITERIO
	A	B	C	
Coordinador FQ-UNAM	Identidad de la química	Método de análisis en la química	Investigación química	
1	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO

2	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO
3	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO
4	INFORMADO	INGENUO	INGENUO	INGENUO
5	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO
MAYORÍA	INFORMADO	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO
TEMA 2: PERCEPCIÓN DE QUÍMICA COMO UNA DE LAS CIENCIAS				
Coordinador FQ-UNAM	D	E	F	CRITERIO
	Identidad de la química	Método científico	Lenguaje de la química	
1	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO
2	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO	INFORMADO
3	(NO CONTESTÓ)	INFORMADO	INGENUO	No Clasificable
4	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO
5	INFORMADO	INGENUO	INFORMADO	INFORMADO
MAYORÍA	INGENUO	INFORMADO	INFORMADO	INFORMADO

La mayoría de los coordinadores tienen una visión informada en cuanto a los diferentes temas relacionados con la identidad de la química y a la percepción de la química como una de las ciencias.

A continuación se muestran las respuestas que dieron los coordinadores de carrera a las preguntas abiertas de SUSSI-Q para los dos temas de análisis:

Tema 1, pregunta: *Explique con algunos ejemplos cual es la principal diferencia entre la química y el resto de las ciencias.*

Tema 2, pregunta: *Explique con algunos ejemplos cuales son las leyes y las teorías fundamentales en la química.*

Tabla 6 – Respuestas a la pregunta abierta de SUSSI-Q del C-2 aplicado a coordinadores de carrera FQ-UNAM [N=5]

COORDINADOR FQ-UNAM	TEMA 1: IDENTIDAD DE LA QUÍMICA RESPUESTA	CRITERIO
1	“La química estudia principalmente las transformaciones que permiten producir nuevas sustancias o explicar el por qué se forman los compuestos que conocemos, por ejemplo explica la forma en la que obtenemos polímeros como el	INFORMADO

	PVC, las otras disciplinas de la ciencia estudian transformaciones en las que las sustancias conservan su naturaleza química”	
2	“En la química podemos tener un conocimiento el cual puede ser soportado estudiado a través de experimentación cuantificable, así como también técnicas y equipos que soportan a dicho conocimiento”	INFORMADO
3	“La química estudia la materia y sus relaciones con la energía, independientemente de que materia se trata”	INFORMADO
4	“A través de los conocimientos de química se puede predecir la vida útil de un alimento, las reacciones químicas de los componentes de un alimento pueden predecir la aceptabilidad de un producto, independientemente de la fuente de los mismo por ejemplo la panificación”	INFORMADO
5	“El desarrollo de nuevas formas farmacéuticas, la química proporciona las herramientas y conocimientos necesarios e indispensables para llevar a cabo la actividad indicada en el ejemplo”	INFORMADO
COORDINADOR FQ-UNAM	TEMA 2: PERCEPCIÓN DE QUÍMICA COMO UNA DE LAS CIENCIAS RESPUESTA	CRITERIO
1	“La química se fundamenta en leyes básicas como la de conservación de la materia, la de conservación de la energía o la 2ª ley de la termodinámica, también utiliza teorías para explicar los fenómenos químicos, teorías que pueden explicar aspectos específicos como las teorías sobre el enlace químico”	INFORMADO
2	“Leyes de la conservación de la materia, la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Por ejemplo: el carbono empleado como medio de energía en ciertos sistemas de fusión se combina con el oxígeno para la reducción de un óxido metálico, transformándose en un gas”	INFORMADO
3	“La materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma”	INFORMADO
4	“Transformación: Las reacciones de Maillard en la producción de compuestos de obscurecimiento en la producción de cajeta. Ley de la conservación de masa: la mezcla de ingredientes para la producción de un alimento”	INFORMADO

5	"Leyes de la termodinámica, teoría cuántica"	INGENUO
---	--	---------

Todas las respuestas correspondientes al tema 1 fueron clasificadas como informadas. Para el tema 2 la única respuesta ingenua hace referencia a las leyes de la termodinámica y a la teoría cuántica, que se identifica con la visión de la química reducida a la física.

A continuación se muestran los resultados de las posturas informadas de SUSSI-Q aplicado a coordinadores de carrera y algunos alumnos de la FQ-UNAM.

Tabla 7 – Resultados de las posturas informadas sobre la identidad de la química (tema 1) para SUSSI-Q

Pregunta	Coordinadores	Alumnos
A	100%	94%
B	80%	90%
C	0%	16%
Promedio	60%	67%
Pregunta abierta	40%	45%
Consistencia	20%	42%

Las posturas informadas de los alumnos corresponden con la de los coordinadores en cierto modo. Sin embargo ningún profesor contestó como informado para la pregunta C. Se puede apreciar que los profesores fueron menos consistentes que los alumnos en cuanto a la postura que manifestaron con las respuestas cerradas tipo *Likert* y las respuestas abiertas. Los alumnos tienen una mayor facilidad para expresar su postura.

Tabla 8 – Resultados de las posturas informadas sobre la química como una de las ciencias (tema 2) para SUSSI-Q

Pregunta	Coordinadores	Alumnos
D	80%	74%
E	60%	55%

F	80%	85%
Promedio	73%	71%
Pregunta abierta	80%	71%
Consistencia	60%	55%

La mayoría de los coordinadores y alumnos dieron respuestas informadas para las preguntas D y F, aunque cabe señalar que les fue un poco más difícil dar una respuesta informada a la pregunta E. Así mismo los coordinadores y alumnos se expresaron en la respuesta abierta de forma consistente a una postura informada derivada de las afirmaciones tipo *Likert*.

De esta forma se puede decir que el enfoque de algunos profesores (en nuestro caso los coordinadores de carrera) de la FQ-UNAM influye en el entendimiento que tienen los alumnos sobre la química. Y a su vez la mayoría de los alumnos han adoptado el pensamiento que les fue enseñado por los profesores.

ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Las respuestas dadas por los coordinadores de carrera de la FQ-UNAM durante la entrevista estructurada fueron transcritas y se muestran a continuación.

Las respuestas de los 5 coordinadores fueron las siguientes:

1.- ¿Qué es un átomo?

COORDINADOR	RESPUESTA	CRITERIO
1	"Lo podemos definir como un elemento estructural que se utiliza para formar moléculas, nos sirve para formar moléculas. Las sustancias comunes que nosotros conocemos están formadas de moléculas, y las moléculas están formadas de átomos y los	INFORMADO

	átomos a su vez están formados de partículas elementales que cada vez hemos ido descubriendo que son más pequeñas, al principio las dividíamos fundamentalmente en electrones, protones y neutrones, después vimos que hay todavía partículas más elementales. Entonces el átomo es una combinación de estas partículas elementales y su principal función es constituir los ladrillos a partir de los cuales se construyen las moléculas que son las características básicas de una, de una sustancia o un material"	
2	"Es esa partícula fundamental de la materia, la cual esta compuesta por electrones, protones, neutrones y que es la base de la materia"	INFORMADO
3	"Es una partícula integrada por partículas positivas y negativas y un montón que no se sabe que es, que andan buscando y en partículas subatómicas, que no me las sé todas. Y a cada rato encuentran, que los neutrinos y los no sé cuanto y ya no los he seguido la pista. Pero en esencia es una partícula neutra, que tiene partículas positivas y partículas negativas"	INGENUO
4	"Un átomo sería la partícula más pequeña de la que están formados los compuestos"	INFORMADO
5	"Es la partícula más pequeña de la que están constituidos los elementos, las sustancias y biomoléculas, es la partícula más pequeña por la que todo esta constituido"	INFORMADO

2.- Describa ¿cómo es un átomo?

COORDINADOR	RESPUESTA	CRITERIO
1	"Los átomos están formados de partículas elementales que cada vez hemos ido descubriendo que son más pequeñas, al principio las dividíamos fundamentalmente en electrones, protones y neutrones, después vimos que hay todavía partículas más elementales. Entonces el átomo es una combinación de estas partículas elementales y su principal función es constituir los ladrillos a partir de los cuales se construyen las moléculas que son las características básicas de una, de una sustancia o un material"	INFORMADO
2	"Llegamos a tener un átomo físicamente, bueno es esa partícula elemental en la cual llegamos a tener nosotros la presencia de electrones que se están localizando en diferentes regiones del espacio y que en el centro de esa partícula llegamos a tener cargas positivas que se están balanceando junto con los electrones que tienen carga negativa y los neutrones"	INFORMADO
3	"Hay diferentes modelos, pero la realidad es que hay	INFORMADO

	una incertidumbre, a través del tiempo se sabe que hay un núcleo y luego los electrones andan donde pueden con diferentes contenidos de energía. En diferente zonas, ¿donde pueden estar?, pues no lo sé, porque si están en una zona y luego en otra se mueven, ¿pero como se mueven?, pues no, pero en algún lugar de acuerdo al contenido de energía que tengan en ese momento dado, después estarán en algún punto próximos al núcleo. Y próximo depende de lo que le llames próximo”	
4	“Es una estructura que esta formada al menos de tres elementos, que sería: un núcleo, en el cual están protones y neutrones y una nube electrónica a su alrededor donde están los electrones.”	INFORMADO
5	“Es una partícula minúscula, microscópica, imperceptible para el ojo humano, en los libros lo vemos como un circulito y ya”	INGENUO

3.- ¿Cómo sabe usted que realmente es así un átomo? ¿En que se basa?

COORDINADOR	RESPUESTA	CRITERIO
1	“Bueno, ya sabemos que los átomos no están constituidos por partículas que giran así en una orbita rígida, sino que los electrones pues en realidad como lo describe la mecánica cuántica tienen características de onda y de partícula y hay una distribución alrededor del núcleo y es lo que nos explican estos modelos, que no es realmente un pequeño planeta girando alrededor de un sol que es el núcleo, sino que es un fenómeno más complicado, que en realidad no conocemos en su totalidad, pero al que nos vamos aproximando a partir de estos conocimientos y estas evidencias que vamos obteniendo a la luz de los nuevos experimentos quizá nunca podamos saber con absoluta precisión como es esto, porque hay principios como de incertidumbre que nos impiden en un momento dado, ubicar precisamente una partícula en posición y <i>momentum</i> entonces nos vamos aproximando”	INFORMADO
2	“Como tal un átomo yo no lo he visto, en forma única un solo átomo, pero sí a través del manejo o uso de técnicas de química de diferentes conocimientos es como uno maneja los átomos. Nosotros en la carrera de metalurgia tenemos que tener el conocimiento de la estructura de la materia, la estructura de un sólido de ahí nos basamos precisamente en los átomos y en sus arreglos tridimensionales. Con esto podemos modificar el comportamiento de los materiales, sabiendo que están los átomos y que le podemos hacer a esos	INFORMADO

	átomos. De esta manera es como más se tiene esa certeza de lo que uno esta haciendo”	
3	“Realmente yo no me he ido en sí a la química teórica y lo que se escribe en los libros pues se toma como, como verdades y pues han ido cambiando a través del tiempo, me parece que la incertidumbre es la mejor.”	INGENUO
4	“Pues yo creo que muchos de los experimentos que tienen que ver con la transmisión de la electricidad, con los choques atómicos para formar nuevos átomos, pues están indicando que hay algo que es tangible que se mueve y que tiene cargas opuestas.”	INFORMADO
5	“Por los libros, nada más. Las referencias bibliográficas aunque por ejemplo hay diferentes técnicas que me pueden decir que un hidrogeno tiene un átomo muy electronegativo porque se esta viendo se esta desplazando en el campo magnético, pero no me dice como es un átomo”	INGENUO

4.- ¿Qué relación hay entre un modelo y/o teoría y la realidad?

COORDINADOR	RESPUESTA	CRITERIO
1	“Las teorías y los modelos, son para tratar de explicarnos la realidad. Los modelos y las teorías lo que tratan es de explicarnos algunas cosas que percibimos de la realidad esa es la relación que hay entre la realidad y la teoría. Una teoría puede comenzar con un aspecto que puede ser muy creíble al principio y una vez que comienza a estudiarse, evoluciona y uno se da cuenta de que la teoría no funciona para ciertos aspectos de la realidad y entonces pues hay que reconstruir la teoría o formular una nueva teoría y por eso las teorías no son absolutas o sea que están continuamente poniéndose a prueba y tratamos de obtener mejores descripciones de la realidad”	INFORMADO
2	“Si hay una relación entre ellas. Hoy en día estas teorías pues juegan un papel mucho muy importante para diseñar equipos que nos permitan investigar en mejor manera a los átomos, o a los materiales hablando en forma general. Estas nos permiten estudiar a los mismos átomos, a estos materiales de una forma mucho más avanzada, con técnicas más avanzadas y en formas tridimensionales que hoy en día hasta las podemos medir en una computadora a través de un equipo. Estas relaciones nos permiten seguir avanzando, desarrollando las tecnologías, llámese no tan solo de aplicación para el control de procesos, sino para el estudio de la materia misma como es la caracterización del material y que a su	INFORMADO

	vez no es tan solo el estudio de la ciencia sino también la parte de la aplicación que en nuestro caso es la ingeniería. La ciencia y la ingeniería de un material pues se soporta a través de esto"	
3	"Pues los modelos se crean tratando de explicar algunas realidades, y algunas manejan reacciones del átomo frente a diferentes estímulos, entonces lo estimulan de alguna manera, responden de alguna forma y entonces pues dicen lo que veo es lo bueno"	INFORMADO
4	"Primero observamos después se forman las teorías y después se tratan de confirmar esas teorías nuevamente regresando a la observación, algo cíclico"	INFORMADO
5	"Yo creo que si hay una relación entre modelo, teoría y realidad, de hecho tenemos muchas evidencias, todos los modelos de esos genios que me vienen a la cabeza que después plantean una teoría o teorías y luego plantean un modelo para después checarlo o llevarlo a la experimentación para ver hasta donde sea posible porque no en todos casos se puede llevar, para poder justificar si es congruente ese modelo o esa teoría que ellos están postulando"	INFORMADO

5.- ¿El átomo existe? ¿El átomo es real? ¿Por qué?

COORDINADOR	RESPUESTA	CRITERIO
1	"Sí, claro. O sea el átomo es un ente dentro de lo que nosotros describimos como disciplina físico o disciplina química en la ciencia. Es un componente que existe en realidad y algunas partículas también existen. Nosotros tenemos evidencia de que existen, no son una imaginación, aunque no podamos sustentar con alguna evidencia empírica, pero tenemos evidencia que nos permite demostrar que hay cierto tipo de partículas y que hay un arreglo de esas partículas al que nosotros decidimos llama átomo y luego otro arreglo que decidimos llamar moléculas"	INFORMADO
2	"Si, sé que el átomo existe, porque podemos llegar a controlar, a diseñar aleaciones y esas aleaciones están basadas precisamente en los átomos y podemos modificar llámese la estructura, las propiedades, el comportamiento y el procesamiento de los materiales"	INFORMADO
3	"Pues... como nunca he visto los átomos, más bien creo que deben existir, mientras no haya una mejor explicación"	INFORMADO
4	"El átomo es la mínima partícula para formar el resto de las moléculas. Entonces si no existiera el átomo"	INFORMADO

	no habría moléculas, sino hay moléculas no hay nada."	
5	"Sí, si existe y es real, aunque no ha sido posible verlo con el ojo humano. No dudo de su existencia"	INFORMADO

6.- ¿Qué otras cosas existen en la química y no podemos ver?

COORDINADOR	RESPUESTA	CRITERIO
1	"Bueno por ejemplo cosas muy importantes como son las interacciones moleculares, que no las vemos pero que son importantísimas porque determinan propiedades, las cualidades de un material o el comportamiento que esto puede tener, y a veces es difícil el poder explicar, el poder cuantificar y afecta también el estudio de la química, el enfrentarse a ese tipo de fenómenos, el poder interpretarlos y son cosas que van más allá de las partículas sobre la molécula misma, porque es ya la interacción, o sea si vemos una molécula aislada le estudiamos muchas cosas en particular, pero que pasa cuando ya las metemos en un conjunto muy grande"	INGENUO
2	"Un ión, sabemos que tenemos nosotros los iones, directamente alguien como tal no lo estoy viendo, pero de la misma manera que hemos hablado acerca del átomo de una forma indirecta a través de las reacciones electroquímicas lo manejo"	INGENUO
3	"Las moléculas"	INGENUO
4	"Pues serían algunas reacciones intermedias, cuando se llevan a cabo reacciones químicas en la transformación hay a veces pasos que no podemos ver pero que suponemos que existen porque tenemos un sustrato y al final un producto, pero no vemos como pasan entre ellos, cual es la metamorfosis de uno al otro, el proceso cuando van cambiando."	INGENUO
5	"Todas las reacciones que se están llevando a cabo en nuestro organismo por ejemplo. Que jamás las vemos, pero se están llevando a cabo muchísimas. Todas las reacciones que se llevan a cabo también en las plantas, en todos los seres vivos, todo eso es química. Uno nada más ve que va creciendo la planta pero no vemos como se están llevando a cabo las reacciones de fotosíntesis para la producción de metabolitos secundarios, lo mismo ocurre en nuestro organismo, no las vemos pero ahí están presentes."	INGENUO

7.- ¿Por qué los químicos no hacen filosofía de la química?

COORDINADOR	RESPUESTA	CRITERIO
1	<p>“Bueno para empezar yo soy ingeniero y entonces me alejo todavía un poco más de lo que son los químicos y bueno, yo pienso que la filosofía busca las grandes verdades, y ese es el trabajo de los filósofos desde la edad antigua o sea el penetrar a la esencia de las cosas. Preguntarnos ¿qué es el ser humano?, ¿qué es el bien? o ¿qué es la vida? Pues a veces son preguntas que son muy difíciles de responder hacer filosofía de la química es responder esas cuestiones esenciales. Nosotros como ingenieros químicos pues realmente no aspiramos a responder esas grandes cuestiones esenciales. Modestamente aspiramos a usar parte de lo que la química nos da, para transformar el medio ambiente, el entorno, o sea producir cosas en gran escala que antes no se producían, pero pues no podemos dedicarnos a responder esas, esas grandes interrogantes. De hecho les dejamos un poco a los químicos el trabajo de explicarnos porque funciona un catalizador, porque funciona tal o cual material de cierta manera, porque es más tarea de los químicos que de los ingenieros químicos el ir a la esencia de cómo funciona. Yo creo que como científicos naturales, los químicos y los físicos se preocupan más por entender el experimento, el fenómeno que en hacer la filosofía y contestar la gran pregunta de ¿qué es un átomo? en un momento dado. Nos volvemos un poco más prácticos y perdemos de vista el aspecto esencial, porque si debemos reconocer que hay un aspecto esencial, pero que desafortunadamente esas preguntas son muy difíciles de responder y a veces como que yo creo que le buscamos la vuelta, le sacamos la vuelta al problema y nos vamos más, como en las definiciones por cosas más pragmáticas.”</p>	INFORMADO
2	<p>“Yo considero que no nos hemos dado, la tarea de hacerlo notar, y manifestarlo o escribirlo. Que a lo mejor en muchos de nosotros existe esto, pero a nivel solo de reflexión de pensamiento pero que en realidad poca gente llega a plasmarlo. Normalmente estamos viendo cosas que se han hecho, que se han comprobado y cosas que no se han hecho y que pues ahorita nosotros estamos tratando de investigar, pero pocas veces nos ponemos a efectuar en sí, un análisis, una filosofía como tal de la química, y considero que es porque nos vamos directamente sobre temas que nos interesan y que tienen una aplicación o son producto de una necesidad. Entonces lo que hacemos es tratar de resolver esa problemática o de mejorar un producto que nos están pidiendo o una necesidad. Entonces considero que nos vamos al mundo real, de la necesidad o de</p>	INFORMADO

	una problemática que se tenga en algún lugar para resolverla, y nos ponemos a filosofar muy poco”	
3	“Será que somos materialistas, nos vamos hacia los hechos más que a la parte filosófica”	INFORMADO
4	“Yo creo que esa es la propia naturaleza de los químicos, siempre nos vamos nada más a lo que podemos manipular o que podemos entender nosotros sin meternos en otras áreas como la parte de la filosofía. La filosofía yo la siento que es un poco personal, es lo que cada quien quiera entender de lo que pasa, entonces los conceptos de filosofía no podrían ser tan universales como algunos de los conceptos de la química. Independientemente lo que piensen cloruro de sodio es cloruro de sodio y ya. Entonces yo creo que por eso. No es que no nos interese. Nos interesa más esta otra parte, la parte que si podemos comprobar, la parte experimental.”	INFORMADO
5	“La filosofía se me hace muy abstracta, veo más palpable la parte de química que la parte de filosofía. Además son tan diversos los pensamientos, que se generan debates muy fuertes porque no comulgamos a veces con la misma idea. A mí la filosofía no me atrapa, por ejemplo en la preparatoria, yo prefería los problemas de matemáticas en lugar de sentarme a ver cosas de ética, por ejemplo. Pienso que los filósofos son muy abstractos, como que empiezan a pensar cosas muy extrañas, porque tanta vuelta al asunto si es tan fácil dos, tres opiniones y ya, con todo respeto.”	INGENUO

Tabla 9 - Evaluación de las respuestas de los profesores en la entrevista

PREGUNTA	INFORMADO	INGENUO
1	80%	20%
2	80%	20%
3	60%	40%
4	100%	-----
5	100%	-----
6	-----	100%
7	80%	20%

En la mayoría de las preguntas, las repuestas con mayor porcentaje fueron las de carácter informado. Es evidente que los coordinadores de

carrera recurren a su experiencia laboral, teórica y académica en el momento en que se les cuestiona sobre algunos conceptos fundamentales de la química y algunos temas relacionados con la filosofía de la química.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Desde la época moderna se tiene un gran aprecio por la ciencia. Aparentemente se tiene la creencia de que hay algo especial en la ciencia y en los métodos que utiliza. Cuando alguna afirmación, razonamiento o investigación se le denomina "científico", se pretende dar entender que tiene algún tipo de mérito o una clase especial de fiabilidad (Chalmers, 2008).

En las preguntas de la primera versión de nuestra herramienta (C-1), como se ha explicado anteriormente se evaluaron cuatro ejes: SUSSI, SUSSI-Q, QNOSP y VNOSP. El cuestionario (C-1) se aplicó a un grupo piloto de profesores de MADEMS para comprobar que la herramienta proporcionaba los resultados necesarios para identificar un perfil epistemológico y una postura ingenua o informada respecto a temáticas de la filosofía de la química en una persona.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (página **¡Error! Marcador no definido.**) se presenta la clasificación de las respuestas abiertas para VNOS donde se muestra que la mayoría tiene una postura informada sobre diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia, la diferencia respecto a la postura ingenua fue de una persona. Las respuestas fueron analizadas por una sola persona con la finalidad de someter al mismo juicio todas las respuestas.

En cuanto a la validez de las teorías los 6 profesores MADEMS son ingenuos, mientras que para la pregunta referente al uso de la creatividad e imaginación en la ciencia todas las respuestas fueron de carácter informado. Cabe señalar que este eje fue desarrollado bajo los criterios de la naturaleza de la ciencia y los datos arrojados no permitían

establecer una relación directa con la filosofía de la química, por lo que se decidió quitar este eje en la segunda versión de nuestra herramienta.

El eje QNOSP al presentarse como un listado de afirmaciones tipo *Likert* identifica los perfiles epistemológicos individuales sin complicación alguna. En la primera versión del cuestionario (C-1) únicamente se evaluó la dualidad instrumentalismo vs. realismo con el propósito de contar con la evidencia suficiente para confirmar o rechazar que los químicos han adoptado una postura realista manifestándose contra del empirismo radical y el positivismo (Good, 1999). En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (página **¡Error! Marcador no definido.**) se observa que el todo grupo piloto de profesores de MADEMS fueron clasificados como instrumentalistas. Previendo que se podría obtener un resultado similar al analizar la muestra de alumnos y coordinadores de la FQ-UNAM se decidió anexar otra dualidad (relativismo vs. positivismo) con el fin de tener diferentes matices del instrumentalismo y del realismo para nuestro análisis. El eje QNOSP nos da como resultado un perfil epistemológico concreto para cada individuo y evita la subjetividad del analista, por lo que es un mejor instrumento de análisis comparado con VNOSP.

En el cuestionario 1 (C-1) los ejes SUSSE Y SUSSE-Q se evaluaron únicamente con afirmaciones tipo *Likert*. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (página **¡Error! Marcador no definido.**) se presentaron los resultados del grupo piloto de profesores MADEMS para SUSSE y al igual que en el eje VNOS para el tema relacionado con el uso de la imaginación y de la creatividad en las investigaciones científicas todos se identificaron con una postura informada que identifica a la ciencia como una mezcla de lógica e

imaginación. En la afirmación correspondiente a la metodología de la investigación científica la mayoría se identificó con una postura ingenua aseverando que existe un método único y universal que siguen los científicos paso a paso (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, página **¡Error! Marcador no definido.**). La evaluación del eje SUSSI-Q en (C-1) se hizo únicamente con dos afirmaciones tipo *Likert*, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (ver página **¡Error! Marcador no definido.**). Con tan pocas afirmaciones no fue posible identificar una postura ingenua o informada para la mayoría de los profesores MADEMS el grupo piloto únicamente se clasificó a un individuo como ingenuo y al resto se les identificó como “no clasificables”. Al ser SUSSI-Q el único eje que aborda temas que son motivo de reflexión para la filosofía de química se optó por realizar algunas modificaciones para la segunda versión de nuestra herramienta (C-2).

Una vez analizados los resultados arrojados por la aplicación del cuestionario 1 (C1) y con la experiencia adquirida al aplicar el cuestionario, se propuso una segunda versión de nuestra herramienta, el cuestionario 2 (C-2).

Como se puede observar el cuestionario 2 (C-2) (ver **Apéndice B**) es más breve que su versión antecesora, esto se determinó con base en:

- El tiempo que tardó el grupo piloto de profesores MADEMS en contestar el cuestionario 1 (C-1).
- Los comentarios de los profesores MADEMS al mencionar que era un cuestionario bastante extenso.
- El cansancio que mostraron los individuos en las últimas respuestas abiertas.

En el cuestionario 2 (C-2), como se explicó anteriormente se evaluaron dos ejes: QNOSP y SUSSI-Q. Esta versión también fue sometida a prueba con un grupo piloto conformado por 2 profesores y 3 alumnos de licenciatura de la FQ-UNAM. Los resultados del grupo piloto no se reportan, ya que únicamente se hizo para corroborar el buen funcionamiento del cuestionario 2 (C-2) y de la entrevista estructurada.

Es importante aclarar que la entrevista estructurada no forma parte del cuestionario (C-2). La entrevista estructurada se les realizó únicamente a los coordinadores de carrera de la FQ-UNAM, por el puesto que desempeñan como responsables de los planes de desarrollo de cada una de las cinco carreras que se imparten en la FQ-UNAM.

Los perfiles epistemológicos sobre la naturaleza de la ciencia de la muestra de alumnos de licenciatura de la facultad de química respecto a QNOSP (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, página **¡Error! Marcador no definido.**) nos indica que de los 31 alumnos: 68% es relativista e instrumentalista, 16% es positivista y realista, 10% es positivista e instrumentalista, 3% es relativista y realista y un 3% es instrumentalista. Sin embargo cabe señalar que en las gráficas **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (páginas **¡Error! Marcador no definido.** y **¡Error! Marcador no definido.**) sobre los perfiles epistemológicos parciales sobre la NOS ningún alumno se ubica en los extremos de las dualidades de estudio. La muestra de alumnos analizada tiende principalmente a una postura relativista-instrumentalista, que no corresponde a la postura realista con la que Good identifica a los químicos.

Los coordinadores de carrera (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, página **¡Error! Marcador no definido.**) muestran

los siguientes perfiles epistemológicos: 40% relativista y realista, 20% relativista e instrumentalista, 20% positivista y realista y 20% positivista e instrumentalista. La tesis de Good que indica que la postura filosófica de los químicos es el realismo se cumple parcialmente para la mayoría de los coordinadores porque un 60% se identificaron con un realismo matizado de positivismo y relativismo. Aunque al igual que los alumnos ningún profesor se identifica en los extremos de las dos dualidades analizadas.

El perfil epistemológico sobre la NOS de la mayoría de los alumnos (relativista e instrumentalista) no corresponde completamente con el de la mayoría de los coordinadores (relativista y realista). La única postura que comparten estos dos grupos es el relativismo.

El relativismo niega que exista un criterio de racionalidad universal y ahistórico por el cual una teoría pueda ser juzgada mejor que otra. Lo que se considera mejor o peor respecto a las teorías científicas varía de un individuo a otro o de una comunidad a otra. La finalidad de la búsqueda de conocimientos dependerá de lo que sea importante o valioso para el individuo o la comunidad en cuestión (Chalmers, 2008).

La principal crítica global al relativismo se refiere especialmente a su escepticismo radical, puesto que no hace ninguna afirmación positiva sobre la conformación del conocimiento. Según Sokal y Bricmont (1998), cuando se desafía con buenos argumentos a los relativistas, éstos tienden a replegarse a posiciones que se confunden con las del instrumentalismo. Como ya se ha señalado, los instrumentalistas reivindican que no hay forma de saber si las entidades teóricas inobservables existen realmente (anti-realismo). Ahora bien, esto no significa que consideren que estas entidades sean subjetivas, en el sentido relativista de que su significado esté sensiblemente influido por

factores extra científicos, personales (como, por ejemplo, la personalidad propia de cada científico) o contextuales (como, por ejemplo, las características sociales del grupo al que pertenece una comunidad de científicos). De hecho, los instrumentalistas suelen considerar que las teorías científicas son la manera más satisfactoria posible para que las personas, con sus limitaciones, sean capaces de entender el mundo. Otros argumentos importantes contra el relativismo se dirigen a su propio radicalismo extremo (un rasgo característico de la postmodernidad). En general, si se acepta la tesis relativista fuerte de que no se puede demostrar la superioridad de ninguna teoría sobre otra, se deduciría que las teorías alternativas podrían ser tan válidas como las relativistas. Así mismo, frente a la tesis relativista de las motivaciones no cognitivas de los científicos en su trabajo se podría objetar que si éstas fueran las que guiaran principalmente el trabajo científico, su dispersión, amplitud y heterogeneidad haría imposible explicar el consenso existente dentro de la comunidad científica; aunque los intereses pueden existir y ocasionalmente tener su importancia, no intervienen de manera tan radical sobre el desarrollo del conocimiento científico. Por ejemplo, respecto a la influencia de la autoridad intelectual de ciertos científicos, se aducen casos históricos del abandono de paradigmas en vida de los propios científicos prestigiosos que los crearon. Los intereses personales o grupales no tienen, pues, tanto poder en la validación del conocimiento científico, por lo que la tesis de las motivaciones cognitivas de los científicos puede estar tan bien fundada como la de los intereses personales y profesionales (Vázquez, Acevedo, Manassero, y Acevedo, 2001).

Aunque hay muchas formas de realismo, habitualmente se suele denominar así a la posición que se basa en la existencia de algún tipo de correspondencia entre las creencias sobre el mundo y éste mismo. Los

realistas creen que las descripciones del mundo hechas por la ciencia mantienen un elevado grado de correspondencia con el propio mundo natural, admitiendo que la falsación de hipótesis aisladas y reglas funcionan para seleccionar teorías con una estabilidad razonable como criterio de demarcación (Popper en: Vázquez, Acevedo, Manassero, & Acevedo, 2001).

Si una teoría o una hipótesis hacen predicciones falsas, éstas pueden y deben rechazarse sin demora. Este método asegura el éxito y el progreso característico de la ciencia y, a la vez, permite demarcar entre ciencia y no-ciencia. Las principales críticas al realismo se centran en la aceptación, mal explicada e injustificada, de la correspondencia entre las ideas y el mundo, en la distinción artificial entre lo teórico y lo observacional y en la falta de consideración de los intereses personales y sociales implicados en la actividad científica. Por lo que el realista adopta una posición reduccionista y cientifista en cuanto considera que la ciencia es el único camino válido para el conocimiento (Vázquez, Acevedo, Manassero, & Acevedo, 2001).

En contraparte el instrumentalismo difiere de manera radical del relativismo en cuanto a que no considera las reglas metodológicas como simples convenciones, sino que las considera en el mismo nivel que las teorías científicas. Las pruebas empíricas son pertinentes para que se acepten: las teorías cuando funcionan y las reglas cuando demuestran su capacidad para seleccionar las teorías más fiables, que conduzcan a predicciones efectivas del mundo natural y a intervenciones eficaces en él. El instrumentalismo conlleva normalmente una cierta idea de verdad más restringida que la del realismo. Donde las descripciones del mundo observable pueden ser verdaderas o falsas dependiendo de que lo describan correctamente o no. Sin embargo, para un instrumentalista las construcciones teóricas 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 (Vázquez, Acevedo, Manassero, & Acevedo, 2001).

El origen de la normatividad epistémica de los estándares implícitos en la ciencia puede resolverse a través de la filosofía de la ciencia con la unión de dos ideas que suelen considerarse irreconciliables por un lado, la idea de que la racionalidad científica es un paradigma de racionalidad en los diferentes ámbitos del conocimiento humano y por el otro, la racionalidad científica como toda racionalidad humana, es un producto de "culturas locales" (Martínez, 2005).

Por su importancia para la didáctica de las ciencias, conviene resumir los puntos de fricción más notables entre los cuatro paradigmas (realismo, relativismo, positivismo y pragmatismo ó instrumentalismo) para comprender mejor los límites actuales de la naturaleza de la ciencia. Las controversias más importantes se centran principalmente en la contrastación de las teorías; esto es, en los procesos de validación del conocimiento científico y en las reglas y criterios empleados para ello. Todos los paradigmas podrían admitir que la validación de las teorías requiere la superación de distintas contrastaciones y que, a igualdad de otros indicadores, la ciencia siempre ha preferido las teorías más simples frente a las más complejas (Vázquez, Acevedo, Manassero, y Acevedo, 2001).

Respecto al eje SUSSI-Q que se propuso para evaluar aspectos relacionados con la filosofía de la química. La mayoría de los coordinadores tiene una visión informada respecto a la identidad de la química y la percepción de la química como una de las ciencias (ver tabla; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error!**

No se encuentra el origen de la referencia., páginas ¡Error! Marcador no definido. y ¡Error! Marcador no definido.). La muestra de alumnos analizada se comporta de la misma forma que la muestra de profesores (en nuestro caso los coordinadores de carrera de la FQ-UNAM). Por lo que los alumnos al igual que los coordinadores tienen los conocimientos para reflexionar sobre la filosofía de la química. Good asegura que si le preguntamos a los químicos sobre la filosofía de la ciencia o sobre alguna postura filosófica, obtendríamos un silencio como respuesta. Pero con los datos arrojados por SUSSE-Q podemos decir que si cuestionamos a los químicos sobre filosofía de la ciencia en términos de la filosofía de la química la mayoría de las veces obtendremos una respuesta. Es importante destacar que para el tema 2 (la percepción de la química como una de la ciencias) la mayoría de nuestros dos grupos analizados fueron calificados como informados consistentes (60% coordinadores, 55% alumnos), mientras que para el tema 1 (la identidad de la química) la mayoría (80% profesores y 58% alumnos) se clasificó con una postura ingenua.

La entrevista es una herramienta que debe de utilizarse con mucha precaución, porque el juego de palabras es muy importante, al igual que los gestos y el tono en que cada uno de los entrevistados da respuesta a las interrogantes que se les plantea.

Las respuestas de los coordinadores a las preguntas de la entrevista estructurada permiten corroborar que el desarrollo del conocimiento científico en cada persona dependerá de su experiencia, historia y de la sociedad, lo que Sergio Martínez denota como la geografía de la razón científica.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se diseñó una herramienta alrededor de los cuatro paradigmas de la ciencia (relativismo, realismo, positivismo y pragmatismo o instrumentalismo) los cuales muestran la complejidad de la filosofía de la ciencia y nos advierte sobre la necesidad de ser precavidos al adoptar un marco epistemológico por las consecuencias que conlleva para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

La herramienta constó de dos ejes: VNOSP, SUSSI-Q. Para el caso excepcional de los coordinadores se le anexó una entrevista estructurada.

De acuerdo al eje VNOSP:

Los perfiles epistemológicos de los coordinadores y de algunos alumnos de las carreras de licenciatura de la Facultad de Química muestran diferencias. La mayoría de los dos grupos analizados se identifican con una postura relativista con matices de realismo e instrumentalismo.

El perfil epistemológico de la mayoría de la muestra de alumnos de licenciatura de la Facultad de Química se identifica con una postura relativista e instrumentalista.

El perfil epistemológico de la mayoría de los coordinadores de la Facultad de Química fue identificado con una postura relativista y realista.

Una postura relativista se inclina hacia un escepticismo irracional, donde la ciencia se define como una actividad puramente social y humana; el instrumentalismo es una inducción pesimista que acepta que casi todas las teorías complejas antiguas y/o actuales serán consideradas incorrectas de aquí a otro medio siglo, así como que el conocimiento

científico tiene un crecimiento constante y acumulativo en el alcance y precisión de las predicciones observables.

Respecto a SUSSI-Q:

La muestra de alumnos y los coordinadores mantienen una postura informada sobre temas relacionados con la identidad de la química y en cuanto a la percepción de la química como una de las ciencias. Los alumnos tienen una mayor facilidad para construir respuestas abiertas y ser consistentes con su comprensión de la ciencia.

De acuerdo a la tesis de Good en cuanto a que los químicos no muestran interés por la filosofía de la ciencia por que han adoptado una postura realista no incluye a nuestra muestra de alumnos y coordinadores de la facultad de química que participaron en éste estudio. En un primer plano la mayoría de los alumnos no se identificaron con el realismo por el contrario se identificaron con el relativismo y el instrumentalismo. Al evaluar temas relacionados con la filosofía de la química la mayoría fue identificada con una visión informada respecto a la percepción de la química como una de las ciencias. En segundo plano podría pensarse que los coordinadores cumplen con la tesis de Good, a tener un 60% de profesores realistas (40% relativismo y realismo, 20% positivismo y realismo) pero al evaluar SUSSI-Q se refuta la teoría de Good, porque los coordinadores mantienen una visión informada sobre algunos temas de reflexión de la filosofía de la química.

Esta nueva herramienta denominada cuestionario 2 (C-2) arrojó datos consistentes que se comprobaron con los resultados de las entrevistas realizadas a los coordinadores de carrera.

Los químicos de la facultad de química tienen los conceptos y conocimientos para desarrollar la filosofía de la química, sin embargo es necesario empezar a promover el análisis y la reflexión filosófica en los alumnos y profesores.

Bibliografía

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teacher's conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education* , XXII (7), 665-701.

Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education* , LXXXII (4), 417-437.

Aguirre, J. M., Haggerty, S. M., & Linder, C. J. (1990). Student-teacher conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. *International Journal of Science Education* , XII (4), 381-390.

Aikenhead, G., & Ryan, A. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education* , LXXVI, 477-491.

Aliberas, J., Gutiérrez, R., & Izquierdo, M. (1989). La didáctica e les ciències: una empresa racional. *Ensenanza de las Ciencias* , VII (3), 277-284.

Alzate Cano, M. V. (2005). Elemento, sustancia simple y átomo: tres conceptos problemáticos en la enseñanza y aprendizaje significativo de conceptos químicos. *Educación y Pedagogía* , XVII (43), 179-193.

American Association fo the Advancement of Science. (1993). *Bechmarks for science literacy: A project 2061 report*. New York: Oxford University Press.

American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

Atkins, P. (1999). *Química Física* (6^a ed.). Barcelona: Omega.

Baird, D., Scerri, E., & McIntyre, L. (Edits.). (2006). *Philosophy of Chemistry* (Vol. CCXLII). Netherlands: Springer.

Bautista Bengoetxea, J. (2004). Filosofía y enseñanza de la química sin reduccionismos. *Educação e Filosofia*, XVIII (35/36), 233-258.

Bell, J. (2005). Diseño y distribución de cuestionarios. En J. Bell, *Como hacer tu primer trabajo de investigación* (2º ed., págs. 135-150). Barcelona: Gedisa.

Bell, J. (2005). Planificación y realización de entrevistas. En J. Bell, *Como hacer tu primer trabajo de investigación* (2º ed., págs. 151-160). Barcelona: Gedisa.

Biddle, A. (1998). *A field guide to the invisible*.

Bloom, J. (1989). Preservice elementary teacher's conceptions of science: science, theories and evolution. *International Journal of Science Education*, XI (4), 401-415.

Caldin, E. (2002). The Structure of Chemistry In Relation to the Philosophy of Science. *HYLE- International Journal for Philosophy of Chemistry*, VIII (2), 103-121.

Celis, M. E., Alcocer, C. C., Coronilla, G. O., & Garza, M. Z. (2007). *Guía de carreras UNAM 2007-2008* (21ª ed.). México: UNAM, Dirección General de Orientación y Servicios Educativos.

Chalmers, A. F. (2008). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* (23ª ed.). (E. Pérez Sedeño, & P. López Máñez, Trads.) México: Siglo XXI editores.

Chamizo, J. A. (2005). Hacia una cultura química. *Ciencia*, LVI (2), 17-26.

Chamizo, J. A. (Ed.). (2007). *La esencia de la química*. México: Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Química.

Chang, R. (1999). *Química* (6ª ed.). México: McGraw Hill.

Craver, C. (2002). Structures of scientific theories. En P. Machamer, & M. Silbestein, *Phylosophy of Science* (pág. 65). Oxford: Blackwell Publishers.

Felske, D. D., Chiappetta, E., & Kemper, J. A. (2001). At Last Some Consensus on the Nature of Science for Science for Science Education.

6th International History, Philosophy and Science Teaching Conference.
Denver, CO.

Flores Camacho, F., Gallegos Cázares, L., & Reyes Cárdenas, F. (2007). Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores mexicanos de química. (IISUE/UNAM, Ed.) *Perfiles Educativos* , XXIX (116), 60-84.

Glaserfeld, E. V. (1989). Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese* , LXXX, 121-140.

Good, R. J. (1999). Why are chemists "turned off" by philosophy of science? *Foundations of Chemistry* , I, 185-215.

Harres, J., & Porlán, R. (1999). La epistemología evolucionista de Stepehn Toulmin y la enseñanza de las ciencias. *Investigación en la Escuela* , 39, 17-26.

Hoffmann, R., & Lazslo, P. (1991). Representation in Chemistry. *Angewandte Chemie Int. Ed. Engl.* , XXX (1), 1-16.

Lakin, S., & Wellington, J. (1994). Who will teach the nature of science? Teacher´s views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education* , XVI (2), 174-190.

Lederman, N. G. (1992). Student´s and teacher´s conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching* , XXIX (4), 331-359.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire (VNOS): Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching* , XXXIX (6), 497-521.

Lederman, N., Wade, P., & Bell, R. L. (1998). Assesing Understanding of the Nature of Science: A Historical Perspective. 331-350.

Leederman, N., & Zeidler, D. (1987). Science teacher´s conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? *Science Education* , LXXI (5), 721-734.

Lenh, J.-M. (1995). *Supramolecular chemistry: concepts and perspectives.* Wiley-VCH.

Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M., y otros. (2006). Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI): Revision and Further Validation of an Assessment Instrument. *Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST)*, (págs. 1-38). San Francisco.

López-Rupérez, F. (1990). Epistemología didáctica de las ciencias. Un análisis de segundo orden. *Enseñanza de las Ciencias*, VIII (1), 65-73.

Martínez, S. F. (2005). La geografía de la razón científica: dependencia epistémica y estructura social de la cognición. En S. F. Martínez, & G. Guillaumin, *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia* (págs. 249-290). México: IIFs-UNAM.

Mathews, M. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.

Mauskopf, S. H. (Ed.). (1993). *Chemical Sciences in the Modern World*. University of Pennsylvania Press.

McComas, W., & Olson, J. (1998). The nature of science in international science education standards documents. En W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and Strategies* (págs. 41-52). Dordrecht: The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Meichtry, Y. (1993). The impact of science curricula on student views about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, XXX (5), 429-443.

Mellado, V., & Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, XI (3), 331-339.

Ministry of Education. (2003). Curricula guidelines for elementary and junior high schools. Taipei, Taiwan.

Ministry of Education of the People's Republic of China. (2001). Science education standards. (7-9). Beijing: Beijing Normal University.

Misnik, L. (2007). Lo "irrepresentable": la sustancia de los átomos. *La Gaceta del Fondo de Cultura Económica* (440), 11-12.

Mortimer, C. (1983). *Química*. Mexico: Grupo Editorial Iberoamericana.

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington: DC: National Academic Press.

National Science Teachers Association. (2000). NSTA position statement: The nature of science. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

Nott, M., & Wellington, J. (1998). A Programme for Developing Understanding of the Nature of Science in Teacher Education. *The Nature of Science in Science Education*, 293-313.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & 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*, *XL*, 692-720.

Páez, Y., Rodríguez, M., & Níaz, M. (2002). La teoría atómica de Dalton desde la perspectiva de la nueva filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de bachillerato. *Paradigma*, *XXIII* (2), 97-122.

Páez, Y., Rodríguez, M., & Níaz, M. (2004). Los modelos atómicos desde la perspectiva de la historia y filosofía de la ciencia: una análisis de la imagen reflejada por textos de química de bachillerato. *Investigación y Posgrado*, *XIX* (1), 51-77.

Piaget, J., & García, R. (1989). *Psychogenesis and the history of science*. New York: Columbia University Press.

Porlán, R. (1990). Hacia una fundamentación epistemológica de la enseñanza. *Investigación en la Escuela*, *10*, 3-32.

Radnitzky, G., & Andersson, G. (1982). ¿Hay criterios objetivos del progreso científico? En G. Radnitzky, & G. Andersson (Edits.), *Progreso y racionalidad en la ciencia* (págs. 12-28). Madrid: Alianza.

Robles, C. (2008). Aprendizaje basado en la solución de problemas: una propuesta de aplicación de la definición de problema de Toulmin en la segunda unidad del Curso de Química II del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM. *Tesis (Maestría en Docencia para la Educación Media Superior "Química")*. México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Rodríguez, M., & Níaz, M. (1999). Conceptualización de la estructura atómica, en estudiantes de cursos básicos y de la licenciatura en química. *Paradigma*, XX (2), 133-144.

Sokal, A., & Bricmont, J. (1999). *Imposturas intelectuales*. (J. G. Vilaplana, Trad.) Barcelona: Paidós.

Solbes, J., & Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la Física y Química. *Enseñanza de las Ciencias*, XIV (1), 103-112.

Sosa, Plinio, (2009), Comunicación personal.

Turkish Ministry of National Education. (2005). New Curriculum of science and technology education. Recuperado el 24 de Diciembre de 2005, de *Turkey's National Board of Education*: <http://ttkb.meb.gov.tr/ogretim>

Vázquez, Á., Acevedo, J. A., Manassero, M. A., & Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. Recuperado el 13 de Agosto de 2008, de *Organización de Estados Iberoamericanos Para la Educación de la Ciencia y la Cultura*: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo20.htm#1>

Apéndice A

Nombre: _____ Fecha: _____

CUESTIONARIO 1 (C-1)

I.- Lea atentamente cada uno de los siguientes enunciados, e indique su opinión acerca de cada uno de ellos encerrando las letras que reflejen mejor su opinión de acuerdo con la siguiente escala.

(TD= Totalmente en desacuerdo, D= Desacuerdo, A= Acuerdo, TA= Totalmente de acuerdo)

SUSI

Observaciones e Inferencias

A) Las observaciones de los científicos acerca de un mismo fenómeno deben ser las mismas porque las observaciones son hechos. TD D A TA

Leyes científicas y teorías

B) Las teorías científicas existen en realidad y son descubiertas a través de la investigación científica. TD D A TA

Influencia social y cultural sobre la ciencia

C) Los valores culturales y las expectativas determinan como se hace y se acepta la ciencia. TD D A TA

Imaginación y creatividad en las investigaciones científicas

D) Los científicos no usan su imaginación y creatividad porque interfieren con la objetividad. TD D A TA

Metodología de la investigación científica

E) Cuando los científicos usan el método científico correctamente sus resultados son verdaderos y exactos. TD D A TA

SUSI-Q

F) No hay avances propios en la química, únicamente los hay en su aplicación (por ejemplo en bioquímica, en alimentos, en ingeniería, etc.) TD D A TA

G) La química es diferente de las otras ciencias porque tiene su propio método. TD D A TA

QNOSP

1.- El objetivo de la actividad científica es la de revelar la realidad. TD D A TA

2.- Las teorías científicas son válidas si funcionan. TD D A TA

3.- Las teorías científicas son verdaderas. TD D A TA

4.- Las teorías científicas describen un mundo externo real que es independiente de de la percepción humana. TD D A TA

5.- Hay ciertos eventos físicos en el universo que la ciencia no puede explicar. TD D A TA

VNOS

1.- Los libros de ciencia a menudo representan el átomo como un núcleo central compuesto de protones (partículas cargadas positivamente) y neutrones (partículas neutras) con electrones (partículas cargadas negativamente) orbitando alrededor del núcleo. ¿Qué tan seguros están los científicos sobre la estructura del átomo? ¿Qué evidencia específica cree usted que utilizan los científicos para determinar como se ve un átomo?

2.- ¿Qué es un experimento?

3.- ¿El desarrollo de conocimientos científicos requiere de experimentos? ¿Por qué? (Ejemplifique su respuesta)

4.- Después de que los científicos desarrollaron una teoría (ej. Teoría atómica, teoría de la evolución), ¿La teoría ha cambiado? ¿Por qué? ¿Para que estudiamos las teorías? (Justifique su respuesta)

5.- Los científicos realizan experimentos/investigaciones para resolver problemas. A diferencia de la planeación y diseño de experimentos, ¿hay otros científicos que utilizan la imaginación y la creatividad, durante y después de la recolección de los datos? (Justifique su respuesta)

6.- ¿Sigue usted algún método o guía en sus investigaciones científicas? ¿Cuál? (Describalo)

Apéndice B

Nombre: _____ Fecha: _____

CUESTIONARIO 2 (C-2)

1.- Lea atentamente cada uno de los siguientes enunciados, e indique su opinión acerca de cada uno de ellos encerrando las letras que reflejen mejor su opinión de acuerdo con la siguiente escala.

(TD= Totalmente en desacuerdo, D= Desacuerdo, A= Acuerdo, TA= Totalmente de acuerdo)

QNOSP

- | | | | | |
|---|----|---|---|----|
| 1.- Los resultados que obtienen los alumnos en sus experimentos son tan válidos como cualquier otro. | TD | D | A | TA |
| 2.- Los hechos científicos son aquellos en los que los científicos están de acuerdo que lo son. | TD | D | A | TA |
| 3.- El objetivo de la actividad científica es la de revelar la realidad. | TD | D | A | TA |
| 4.- Las teorías científicas son válidas si funcionan. | TD | D | A | TA |
| 5.- Las teorías científicas son verdaderas. | TD | D | A | TA |
| 6.- Las teorías científicas describen un mundo externo real que es independiente de la percepción humana. | TD | D | A | TA |
| 7.- Las teorías científicas han cambiado a través del tiempo simplemente porque las técnicas experimentales han mejorado. | TD | D | A | TA |
| 8.- En la práctica, la elección de teorías se hace exclusivamente en base a los resultados experimentales. | TD | D | A | TA |
| 9.- EL conocimiento científico difiere de cualquier otro tipo de conocimiento, porque es superior. | TD | D | A | TA |
| 10.- Hay ciertos eventos físicos en el universo que la ciencia no puede explicar. | TD | D | A | TA |

SUSSI-Q

- | | | | | |
|--|----|---|---|----|
| A. La química solo es física aplicada. | TD | D | A | TA |
| B. No hay avances propios en la química, únicamente los hay en su aplicación, (por ejemplo en bioquímica, en alimentos, en ingeniería, etc.). | TD | D | A | TA |
| C. La investigación en química es más productiva que todas las demás ciencias juntas (física, biología, medicina, matemática, etc.). | TD | D | A | TA |

Explique con algunos ejemplos cual es la principal diferencia entre la química y el resto de las ciencias.

D. Las leyes de la química son todas de origen físico. TD D A TA

E. En la química **se sigue** el método científico tradicional. TD D A TA

F. El lenguaje de la química permite no solo nombrar sino investigar nuevos compuestos. TD D A TA

Explique con algunos ejemplos cuales son las leyes y las teorías fundamentales en la química.

Apéndice C

