

¿Qué concepciones sobre el conocimiento científico tienen los docentes universitarios de ciencias? Diseño, validación y aplicación de un cuestionario de dilemas para evaluar concepciones implícitas

María Basilisa García¹, Mar Mateos Sanz², Silvia Lucía Vilanova³

Resumen: El presente trabajo consiste en la adaptación, validación y aplicación de un cuestionario de dilemas diseñado para indagar concepciones sobre el conocimiento científico en docentes universitarios. El instrumento construido está compuesto por diez dilemas que abarcan los aspectos ontológicos y epistemológicos. Los resultados de la validación del cuestionario muestran que el instrumento es válido y confiable. Los resultados de su aplicación sugieren que las concepciones de los docentes universitarios sobre el conocimiento científico son similares en los aspectos ontológicos y epistemológicos.

Palabras clave: Concepciones, ciencias, instrumento

¹ Dra. en Educación Científica (UAM), profesora e investigadora del Departamento de Educación Científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina bagarcia@mdp.edu.ar

² Dra. en Psicología (UAM), profesora e investigadora del Departamento de Psicología Básica, Universidad Autónoma de Madrid, España. mar.mateos@uam.es

³ Mg. En Psicología Social (UNMDP), profesora e investigadora del Departamento de Educación Científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, svilano@mdp.edu.ar

Forma de citar: García, M.B., Mateos, M. y Vilanova, S.L. (2016). ¿Qué concepciones sobre el conocimiento científico tienen los docentes universitarios de ciencias? Diseño, validación y aplicación de un cuestionario de dilemas para evaluar concepciones implícitas *Rev. Docencia Universitaria*, 17, 17-41.

Recepción: Septiembre 14 de 2016 – **Aceptación:** Noviembre 24 de 2016

What conceptions of scientific knowledge have university science teachers? Design, validation and application of a dilemmas questionnaire to assess implicit conceptions.

María Basilisa García¹, Mar Mateos Sanz², Silvia Lucía Vilanova³

Abstract The present work is the adaptation and validation of a dilemmas questionnaire designed to explore conceptions of scientific knowledge in university teachers. The instrument is a questionnaire, composed of ten dilemmas covering ontological and epistemological aspects of learning. The results of the questionnaire validation showed that the instrument is valid and reliable. The results of the application of the instrument suggest that of university teachers on scientific knowledge approaches are similar in the ontological and epistemological aspect.

Keywords: Conceptions, sciences, instrument.

¹ Dra. en Educación Científica (UAM), profesora e investigadora del Departamento de Educación Científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina bagarcia@mdp.edu.ar

² Dra. en Psicología (UAM), profesora e investigadora del Departamento de Psicología Básica, Universidad Autónoma de Madrid, España. mar.mateos@uam.es

³ Mg. En Psicología Social (UNMDP), profesora e investigadora del Departamento de Educación Científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, svilano@mdp.edu.ar

Introducción

En los últimos años, el análisis de la naturaleza de la ciencia que se pone en juego en el aula universitaria ha cobrado una atención especial como elemento esencial de la alfabetización científica, requerida por gran parte de los diseños curriculares de distintas carreras. En este sentido, se ha destacado la necesidad de que los docentes no sólo enseñen ciencia de una manera consistente con las visiones actuales, sino que, deliberadamente, formen a sus estudiantes en aspectos concretos vinculados a la naturaleza del conocimiento científico. Esta necesidad de transformación de enseñanza representa un desafío, dado que la investigación ha demostrado que no todos los profesores son capaces de desarrollar estrategias adecuadas, fundamentalmente debido a que poseen concepciones sobre la propia ciencia y el trabajo científico que muchas veces funcionan como obstáculos epistemológicos (Barón, Padilla y Guerra, 2009; Bachelard, 2004).

Crawford (2007), por su parte, sugiere que los profesores tienen “(...) *creencias complejas y a veces contradictorias*” (p.635) que a veces pueden operar en el aula como “*sistemas de creencias que compiten*” (p.635). A su vez, otros factores como la estructura de los planes de estudio, la división rígida entre teoría y práctica, las modalidades de evaluación centradas fundamentalmente en los resultados, las actividades tradicionales para la confirmación y práctica de la teoría, entre otras, no contribuyen a la promoción de una

idea de la ciencia como una producción humana en constante construcción, sino como conocimiento cerrado, acabado, con un fuerte contenido realista, dificultando aún más la alfabetización científica esperada y requiriendo, de parte de los docentes, un esfuerzo extra y una reflexión constante que les permita un análisis crítico de estas cuestiones.

Esta situación explica la relevancia que tienen en la enseñanza de las ciencias universitarias, por un lado, el estudio de las concepciones epistemológicas de los docentes, como también el análisis de los modos en que estas concepciones median en las estrategias de enseñanza que utilizan, es decir, en la forma en que ese conocimiento es presentado y trabajado con los estudiantes en el aula. Se sabe que creencias y enfoques de enseñanza están relacionados (Northcote, 2009) y que influyen en los estudiantes, tanto en las creencias sobre el conocimiento científico que construyen, como en las estrategias de aprendizaje que desarrollan (Deniz, 2011; Eberle, 2008, Mansour, 2009, Sandoval, 2005). En función de lo expuesto, un punto de partida interesante para abordar el problema reside en darle la posibilidad a los docentes de explicitar sus propias concepciones sobre el conocimiento científico y, a partir de esto, reflexionar sobre la incidencia que estos factores tienen en su actuación profesional. En línea con Lederman y O'Malley (1990), se presume que “(...) *no todo el profesorado ha pasado por una reflexión epistemológica suficiente sobre la naturaleza de la ciencia como para*

construir teorías personales coherentes” que les permitan implementar modelos de enseñanza acordes.

Antecedentes

El interés por la comprensión de las concepciones sobre el conocimiento científico y su influencia en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, ha originado un vasto campo de investigación. Pueden encontrarse importantes revisiones del tema en trabajos como los de Abd-El-Khalic y Lederman (2000), Conley *et al.* (2004), Fernández et al. (2002), Buehl y Alexander, 2001; Duell y Schommer-Aikins, (2001); Hofer y Pintrich, (1997 y 2002), y más recientemente, Scharw, (2013) y Abbel y Lederman, (2007 y 2014), entre otros. La abundante información recogida ha permitido establecer cierto consenso en considerar que las concepciones son construidas a lo largo de la historia personal de cada individuo y que, por lo tanto, poseen una doble herencia: cultural y cognitiva (Pozo, Scheuer, Mateos, M. y Pérez, M., 2006).

No obstante este punto de acuerdo, las diferentes perspectivas desde las que se ha abordado el problema han dado lugar a distintas definiciones (Hofer y Pintrich, 2002) y delimitaciones del constructo (Scharw, 2008) y a variadas interpretaciones de su naturaleza psicológica (Hofer, 2002 y 2004). Esto ha impedido contrastar los resultados obtenidos (Lederman y Abell, 2014, Pardo y Calvo, 2002) y mostró la necesidad de unificar el marco conceptual y metodológico con el fin de poder avanzar en la comprensión del tema (Scharw, 2013).

Planteamiento del problema

En sus últimas revisiones, Scharw (2013), Lederman y Abell (2014) han planteado cuestiones a considerar para lograr un avance en la investigación en el tema:

a- La necesidad de utilizar instrumentos similares para indagar diferentes aspectos de las concepciones (Scharw, 2013) debidamente validados y con un grado de fiabilidad aceptable (Lederman y Abell, 2014).

b- El requerimiento de unificar la definición, categorización y delimitación de las concepciones sobre el conocimiento científico, abordando tanto cuestiones epistemológicas como ontológicas.

c- La necesidad de estudiar las concepciones suponiendo que son representaciones con un fuerte contenido procedimental, socialmente construidas (Cruz y Hong, 2012) y con cierto carácter implícito, difíciles de verbalizar y de acceder a ellas (Marrero, 1993).

En función de estas recomendaciones, el presente trabajo tiene dos objetivos: en primer lugar, construir y validar un instrumento para indagar las concepciones epistemológicas de los docentes universitarios y, en segundo lugar, realizar un estudio descriptivo de estas concepciones en docentes universitarios de ciencias.

Con respecto a la primera cuestión, la necesidad de utilizar instrumentos similares debidamente validados, y

debido a que este grupo de investigación ya cuenta con un instrumento para indagar concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje (García, Mateos y Vilanova, 2014), en esta oportunidad se diseñó un cuestionario de dilemas de similares características al anterior para explorar y describir las concepciones sobre el conocimiento científico de los docentes universitarios, con el fin de poder comparar ambos constructos. Para el diseño del instrumento se atendieron algunas de las recomendaciones propuestas por Elby, Frederiksen, Schwarz, y White, B. (2000).

Atendiendo a la segunda recomendación, unificar la definición y categorización del constructo *concepciones sobre el conocimiento científico*, se tomaron las definiciones sugeridas por el propio Scharw (2013), entendiendo a las epistemologías personales como el conjunto de creencias sobre (a) el origen y la adquisición del conocimiento, que denomina concepciones epistemológicas y (b) las ideas vinculadas con la realidad, que denomina, concepciones ontológicas. En este último caso se plantearon dilemas en torno a la posibilidad y esencia del conocimiento.

Por último, atendiendo al requerimiento de estudiar las concepciones personales como representaciones con fuerte contenido procedimental, socialmente construidas y de difícil acceso, se buscó diseñar un instrumento que no consistiera en preguntas directas que obligaran a los docentes a adherir a una postura filosófica determinada,

sino en el planteamiento de situaciones contextualizadas que les requiriera dar su opinión frente al planteamiento de un dilema sobre una situación científica concreta. Esta decisión se basó en la consideración de que las epistemologías personales no necesariamente tienen una relación directa con las posturas filosóficas desarrolladas formalmente, dado su carácter individual y fundamentalmente pragmático.

Método

Este trabajo se planteó como una investigación con dos etapas. La Etapa 1, destinada a diseñar y validar un instrumento para indagar y describir las concepciones sobre el conocimiento científico de los docentes universitarios y la Etapa 2, consistente en describir las concepciones de los docentes universitarios a partir de la administración del instrumento construido.

Tipo de estudio: Se realizó un estudio descriptivo con un diseño ex post facto prospectivo simple.

Variable: la variable en estudio fue “Concepciones sobre el Conocimiento Científico” en sus dos dimensiones: Concepciones Ontológicas y Concepciones Epistemológicas.

Categorías de la variable

Para determinar las categorías de la variable, se tuvo en cuenta el análisis de los resultados obtenidos en investigaciones ya concluidas en torno a

las concepciones sobre el conocimiento científico (Adb- El Khalick y Lederman, 2000; Acevedo Díaz y Acevedo Romero, 2002; Kouladiys Ogborn, 1995 y Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997) que mostró que en los diferentes estudios llevados a cabo hasta el momento, se han utilizado distintos procedimientos para categorizar y describir a las concepciones. Por un lado, existen trabajos cuyas categorías se han establecido *a priori*, por ejemplo la investigación de Pecharromán y Pozo (2006), que lo hicieron a partir de tres posiciones: objetivismo, relativismo y constructivismo.

Otros estudios utilizan instrumentos tipo escala Likert y recorren un continuo que abarca desde el objetivismo al postmodernismo (Aldridge, Taylor y Chi Chen, 1997) o de la ciencia como conocimiento construido y razonado hasta la idea de conocimiento incorporado o recibido (Sanders, Stevenson, King y Coates, 2002).

También existen investigaciones que, si bien establecen dimensiones *a priori*, finalmente categorizan las concepciones una vez analizados los datos; ejemplos de esta clase de procedimientos son los trabajos de Adb- El Khalick y Lederman (2000), en los que se distinguen dos grandes tipos de concepciones: *more naive views* y *more informed views*; el estudio realizado por Acevedo Díaz y Acevedo Romero (2002), que establece *a posteriori* cuatro categorías: (a) *relativistas epistemológicos, idealistas ontológicos y subjetivistas por el*

contexto, (b) *realistas ontológicos, relativistas epistemológicos y subjetivistas por el contexto*, (c) *realistas ontológicos, empiristas contextualistas y objetivistas - positivistas* y (d) *realistas ontológicos, empiristas radicales y objetivistas - positivistas*; el trabajo de Kouladis y Ogborn (1995) a través del cual encuentran tres posiciones: (a) *inductivistas, racionalistas y relativistas*; (b) *contextualistas, racionalistas y relativistas* y (c) *eclécticos* y, los trabajos de Porlán (1994) y Porlán *et al.* (1997) donde se distinguen cuatro posiciones en relación a la imagen de la ciencia: *racionalismo, empirismo radical, empirismo moderado* y una *posición alternativa* formada por la combinación del relativismo moderado, constructivismo y evolucionismo.

Estos resultados muestran que la discusión, sobre las concepciones epistemológicas, posee un grado de complejidad y profundidad superiores a las escasas posiciones descritas en gran parte de estos trabajos. En este sentido, entendemos que una categorización previa que oriente una descripción cuantitativa general de las concepciones es adecuada como primer paso en una investigación.

Con base en el análisis de la literatura de investigación, se elaboró una síntesis de los resultados que permitió reducir el universo de concepciones docentes a cuatro grandes categorías. La Tabla 1 presenta la descripción de estas posiciones, que se consideraron categorías *a priori* de manera provisoria, hasta realizar el análisis de los resultados.

Tabla 1

Categorías provisionarias de la variable

Concepciones	Descripción de los rasgos generales
Posición I	Hay identificación entre teoría y objeto; la verdad científica se sustenta en esta identificación. La intervención del sujeto no afecta al objeto de conocimiento. Existe una realidad única que se puede describir con objetividad accediendo a ella empíricamente, mediante la utilización del método científico. El conocimiento científico suficientemente probado no cambia. El contexto sociopolítico no influye sobre el conocimiento científico.
Posición II	Se supone que una teoría tiene una contrapartida real, pero existen ciertos límites a la hora de acercarse a dicha realidad, provenientes de la razón. La experimentación y la observación objetivas son las únicas herramientas que permiten conocer las propiedades del mundo real y las leyes que lo rigen. Aunque el contexto sociopolítico puede influir más o menos, hay una realidad única que es posible describir con objetividad.
Posición III	La construcción del conocimiento científico depende del contexto. El modo de trabajo científico no garantiza la objetividad de la ciencia. La evidencia científica está contaminada por las teorías científicas. El conocimiento científico se refiere a las experiencias, antes que a una realidad independiente. Se busca la eficacia explicativa y predictiva más que el conocimiento de la realidad. No existe la posibilidad de acceder a la realidad entendida como única y universal. La ciencia accede a los fenómenos, es decir a las manifestaciones de esa realidad.
Posición IV	La construcción del conocimiento científico depende del contexto sociopolítico. Las teorías no pueden ser probadas, dado que la evidencia siempre presupondrá la misma teoría que se supone tiene que probar. No es posible describir una realidad única, puesto que no existe; con las teorías sólo se pueden realizar interpretaciones. Los objetos físicos concretos sólo son en realidad ideas reales o posibles. La razón es la fuente principal del conocimiento humano. Un conocimiento solo merece este nombre cuando es lógicamente necesario y universalmente válido

Estas posiciones, que están en línea con las propuestas hechas por Apostolou y Koulaidis (2010) y las descritas por Lederman y Abell (2014) en su revisión, son las que guiaron la elaboración de los dilemas que componen el cuestionario. Cabe destacar que, si bien aquí se describen posiciones ortogonales, es posible que las concepciones se encuentren distribuidas a lo largo de un continuo, donde los límites entre una

posición y otra puedan estar un tanto desdibujados y donde no necesariamente existe una progresión entre una categoría y otra. Sin embargo, las posiciones descritas en la Tabla 1 se consideraron categorías *a priori* para la elaboración del cuestionario.

Sujetos: La población comprendió a todos los docentes regulares o interinos, con un año como mínimo de permanencia

en la Facultad, independientemente de su categoría docente y su dedicación en horas a la investigación (266). La muestra fue de tipo no probabilístico, con sujetos tipo y estratificada (estrato 1: profesores, estrato 2: auxiliares). Esta estratificación se realizó considerando que factores como la función que se cumple como profesor o auxiliar, puede influir en las creencias epistemológicas y los sujetos fueron elegidos de manera tal que se vieran representadas todas las disciplinas de formación, por lo que se incluyeron 25 docentes de Física, 25 de Química, 25 de Biología y 25 de Matemática.

Instrumento: Desde el punto de vista metodológico, pensar las concepciones como representaciones con cierto carácter implícito implica que estas teorías no necesariamente son fáciles de abordar con preguntas directas, sino que deben ser inferidas a partir indagaciones indirectas y contextualizadas como resolución de problemas, dilemas, entrevistas no estructuradas, entre otras. En este caso, se optó por utilizar un cuestionario de dilemas debido a que, por un lado, se adecua a estos requerimientos descritos y, por otro, un instrumento escrito permite consultar a un número mayor de sujetos. Para elaborar el instrumento, se comenzó realizando una búsqueda bibliográfica mediante la que se encontraron distintas propuestas de instrumentos, entre los que se pueden mencionar el MCTP (Maryland Collaborative for Teacher Preparation, de McGinnis *et al*, 1997);

el BASSSQ, (Belief About Science and School Science Questionnaire, de Aldridge, Taylor y Chi Chen, 1997); el EBAPS (Epistemological Beliefs Assessment for Physics Science, de Elby *et al*, 2000); el VASS, elaborado por Halloun y Hestenes (1998); el MPEX, de Redish *et al* (1998), el cuestionario sobre creencias epistemológicas de Schommer (1990), entre otros. Si bien estos instrumentos fueron tenidos en cuenta para el nuevo diseño, se descartó su utilización tal como se presentaban debido a distintas razones. Algunos por estar orientados a estudiantes, otros por indagar concepciones explícitas y otros por no considerar el contexto.

Etapa 1: Construcción y validación del instrumento.

La construcción y validación del instrumento atravesó las siguientes fases:

1. La elaboración de un conjunto de dilemas adecuados. Se elaboraron originalmente once dilemas relacionados con los tres aspectos a indagar: relación teoría-realidad, progreso del conocimiento científico y cuestiones metodológicas. La versión original del cuestionario estuvo compuesta por 11 *dilemas*, cada uno con cuatro opciones de respuesta correspondientes a las cuatro categorías descritas como: Posiciones I, II, III y IV en la Tabla 1, que se consideraron como categorías *a priori*. Algunos de ellos estaban destinados a indagar cuestiones ontológicas y otros, cuestiones epistemológicas.

Dilemas orientados a indagar cuestiones ontológicas: se pensaron para explorar las concepciones sobre la *esencia y la posibilidad del conocimiento*, planteando situaciones en las que un objeto de conocimiento podría tener una existencia real autónoma, independiente de la conciencia del sujeto o, por el contrario, su determinación dependería del sujeto que conoce, posición desde la cual existirían tantas versiones del objeto como sujetos que lo interpreten. Ejemplo de esto es el Dilema 1, en que se presentan distintas formas de representación esquemática de la molécula de agua - distintos *objetos modelos* en términos de Bunge (1985) - y se consulta sobre la posibilidad de que alguno de ellos represente una copia fiel de la realidad.

En otros ítems, se indagó acerca de la coexistencia de teorías alternativas que expliquen un mismo fenómeno, planteando distintas concepciones que van desde suponer que no pueden coexistir teorías que expliquen la misma realidad - que es una sola - o argumentar que si las teorías construyen modelos con intención realista pero sin pretensiones de ser una imagen pictórica de la realidad, podrían convivir dos modelos teóricos derivados de la misma teoría general, hasta adherir a la idea de que las teorías interpretan los fenómenos sin tratar de acceder a la realidad e incluso considerar que no sólo pueden convivir teorías diferentes, sino que tampoco tendría demasiado sentido compararlas. Ejemplo de ello es el Dilema 6, que plantea el caso dos teorías que explican

la estructura y el comportamiento del agua, proponiendo en forma de diálogo a las cuatro posiciones posibles para esta situación, correspondiendo cada una de ellas a las cuatro categorías de la variable.

Dilemas orientados a indagar cuestiones epistemológicas: Estos dilemas se relacionan con las concepciones que poseen los sujetos acerca del *origen y la justificación del conocimiento*. Por ejemplo, en el Dilema 7, algunas personas discuten si la teoría de la evolución se puede considerar científica y se describe la visión de cuatro docentes. En la visión de Esteban (Posición I) y de Carlos (Posición II), aparece la idea de que el test definitivo de toda teoría es la experiencia. Esteban, con una posición claramente empirista, acepta la inducción a partir de la experiencia donde el criterio de demarcación es el verificacionismo. Carlos, de carácter más popperiano, adhiere el método hipotético deductivo y acepta como criterio de demarcación al falsacionismo. Pedro (Posición III), en cambio, entiende que toda experimentación está cargada de teoría previa y, por lo tanto, no se puede considerar objetiva; no obstante, existen ponderaciones relativas entre una teoría y otra. Por último, para Agustín (Posición IV), la experimentación por sí sola, no puede ni verificar ni falsar teorías científicas, ya que existen fuertes componentes convencionales e intervienen aspectos intersubjetivos y sociales.

2. La determinación de la validez de contenido. Se seleccionaron cuatro profesores de filosofía de la Facultad de Humanidades de la UNMDP y el titular de la cátedra de Filosofía de la Ciencia de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la misma Universidad a los que, en una entrevista, se les solicitó opinión acerca de la coherencia entre el aspecto que se pretendía indagar y el contenido de los dilemas construidos para ese fin; también se solicitó la evaluación de su claridad y pertinencia. Los dilemas que se consideraron confusos fueron redactados y evaluados nuevamente, y aquellos que seguían mostrando dificultades en esta segunda instancia, fueron eliminados.

3. La revisión de la claridad. Se realizó una *prueba piloto*, administrando el instrumento a un grupo de 20 sujetos con características similares a los que integrarían la muestra. Los resultados mostraron que, en general, las consignas eran claras pero la forma de presentación

algo extensa. En función de los resultados, se modificó la estructura de algunos ítems, se cambió el formato de presentación y se eliminaron algunos dilemas. Uno de ellos fue el Dilema 11, que presentaba muchas dificultades por la especificidad del tema planteado, afectando las respuestas de los docentes el desconocimiento y la dificultad para abordarlo intuitivamente.

4. El análisis de la consistencia interna. Utilizando los mismos cuestionarios administrados durante la prueba piloto se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre la opción correspondiente a cada Posición y el total de la suma de los valores de todas las opciones del cuestionario referidas a esa Posición. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Se observa que, para las Posiciones II y III, los dilemas son homogéneos, pero no ocurre lo mismo en el caso de las posiciones I y IV, lo que podría indicar falta de consistencia en las respuestas.

Tabla 2

Índice de homogeneidad en las concepciones sobre el conocimiento científico

D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	Categorías
	0,2253				-0,2598	0,0330	-0,1719			P1
0,4498	0,6442	0,5734	0,7429	0,6740	0,6579	0,7373	0,6540	0,6346	0,3607	P2
0,4698	0,6512	0,5907	0,7605	0,6910	0,6795	0,7429	0,6654	0,6454	0,3698	P3
0,2184	0,1214	0,0554	0,0747		0,2556	0,1258	0,1390			P4

5. La elaboración del cuestionario definitivo.

La versión final del cuestionario, compuesto por 10 dilemas con tres categorías de respuesta correspondientes a las Posiciones I, II y III (después de haber eliminado la Posición IV en función de los resultados obtenidos), se presenta en el Apéndice. Los dilemas se distribuyeron en cada dimensión de la siguiente manera: *Concepciones ontológicas*: D1, D2, D3, D6, D8, D9; *Concepciones epistemológicas*: D4, D7, D10, D5

6. La administración del instrumento y el análisis de fiabilidad.

La versión final del instrumento se administró a 100 docentes de las Facultades de Ciencias Exactas y Naturales y de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en el marco de una entrevista con cada docente en la que se solicitó que respondiera el cuestionario y se dejó un espacio para la reflexión sobre el tema.

El coeficiente de Cronbach, arrojó el siguiente resultado: $\alpha = 0.8342$. Debido a que el coeficiente que brinda este test depende tanto del número de ítems como de la correlación entre los mismos (o sus covariancias) y considerando que el cuestionario diseñado constaba sólo de 10 ítems, el coeficiente obtenido se consideró aceptable y el instrumento utilizado, fiable.

Etapa 2: Implementación del instrumento y análisis de los resultados

Procedimiento de análisis de datos

Luego de la administración del instrumento a los docentes participantes, se realizó un análisis descriptivo de las respuestas. Las figuras 1 y 2 muestran los resultados obtenidos al calcular la distribución de frecuencias en cada posición (categoría de la variable) para cada una de las dos dimensiones establecidas.



Figura 1. Distribución de frecuencias de las concepciones ontológicas

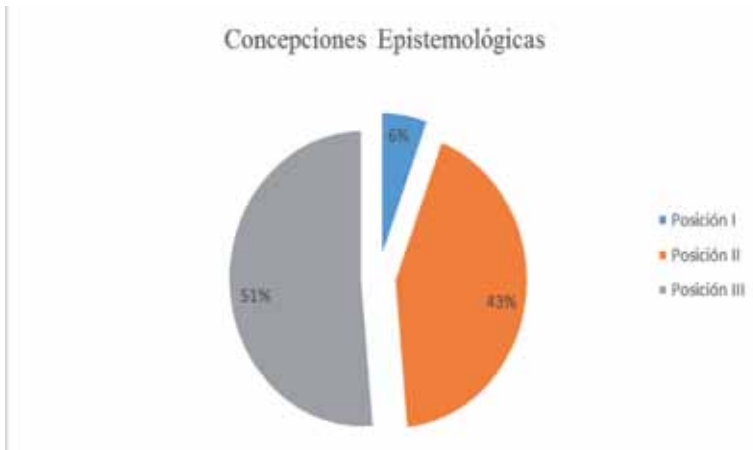


Figura 2. Distribución de frecuencias de las concepciones epistemológicas

En general se observan concepciones similares en ambas dimensiones de la variable. En ambos casos las opciones elegidas en los dilemas están repartidas entre las ideas cercanas a la Posición II y a la Posición III. Cabe observar que, en el caso de las concepciones ontológicas aparecen algunos docentes cercanos a la Posición I y aunque este grupo es pequeño, resulta curioso ya que corresponde a una visión de la ciencia ya superada.

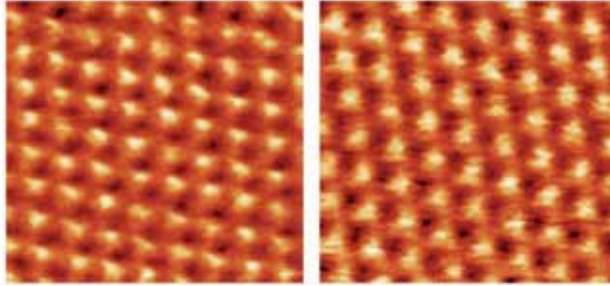
Análisis de resultados

Con base en estos datos, se pueden describir sintéticamente las principales concepciones de los docentes sobre el conocimiento científico de la siguiente manera:

- Respecto de las *cuestiones ontológicas*, las concepciones se dividen entre aquellos que consideran que los científicos acceden a una

visión distorsionada de la realidad porque siempre está mediada por las interpretaciones que se hacen de ella, y los que piensan que lo central es el objeto de conocimiento y que las cuestiones subjetivas no intervienen en el acto de conocer, por lo que consideran posible acceder al conocimiento del objeto, ahora en el futuro. Por ejemplo, en el dilema que se presenta en la Figura 3, aproximadamente un 30% de los docentes ve átomos en la imagen del microscopio si se acerca a mirar desde la teoría cuántica; un 20% piensa que se pudo acceder a la realidad sin la mediación del sujeto en esa realidad, creyendo en la confirmación empírica de la existencia de átomos de carbono y el restante 30% sostiene que lo que “ve” está en función de los anteojos con que mira. Lo real siempre queda intervenido como consecuencia de la organización a priori de su conciencia.

La imagen que se presenta corresponde a un trozo de grafito (sustancia formada por átomos de carbono), observada con un microscopio de efecto túnel cuya resolución es del orden de $1 \times 10^{-12} \text{m}$ (aproximadamente el tamaño de un átomo). Observe la imagen: ¿qué ve?



- I. Sólo puedo decir que esa es la imagen que brinda el microscopio de una muestra de grafito. No aseveraría que se ven átomos. Eso sería una interpretación personal influenciada por el enunciado de este dilema.
- II. Si se interpreta la imagen desde la teoría cuántica, se observan los átomos de carbono formando la estructura predicha por la ciencia para el grafito
- III. La confirmación empírica de los átomos de carbono arreglados tal como lo postula la ciencia para el caso del grafito.

Figura 3. Ejemplo de dilema para indagar las cuestiones ontológicas

Con respecto a las teorías científicas, la mayor parte de los docentes considera que son limitadas, aunque cabe destacar que existen variaciones en las opiniones respecto del origen de esta limitación. Más de la mitad de los docentes indagados piensa que la validez de las teorías científicas está limitada por factores externos que impiden acceder, por el momento, a la realidad; sin embargo, otra porción importante cree que las limitan cuestiones relacionadas con la razón y, por lo tanto, siempre serán provisionales y podría darse la convivencia de más de una teoría. Por ejemplo, frente al dilema planteado respecto de la coexistencia de dos teorías que explican la relación

mente-cerebro, una parte importante de la muestra no encuentra ninguna dificultad en dicha convivencia ya que piensa que los científicos trabajan construyendo modelos teóricos que interpretan el mundo fenoménico y no la realidad. Puede ser que una teoría explique fenómenos de la relación mente-cerebro que la otra no aborde, o que lo haga desde una perspectiva diferente, con *anteojos paradigmáticos* distintos. Otro grupo importante de docentes, en cambio, aspira a terminar con la convivencia de teorías alternativas ya que creen que en algún momento se encontrará el camino que permita determinar cuál es la que mejor explica la realidad.

- Con respecto a las cuestiones *epistemológicas*, una parte mayoritaria admite, que la experiencia y la razón intervienen en el conocimiento, ya que el papel de la teoría en la experimentación es tan importante como el papel de los datos empíricos. Se comienza por percibir, de las cosas concretas, imágenes sensibles de las que el pensamiento extrae posteriormente, los conceptos generales. Con respecto a la influencia del contexto socio-cultural en el valor de las teorías científicas, se concluye que en las concepciones de los docentes universitarios predomina el subjetivismo frente al objetivismo, es decir, la idea de que el contexto sociopolítico incide en el trabajo del científico.

Por último, si se tiene en cuenta que los modos de entender la naturaleza del conocimiento y de su producción, han ido cambiando a lo largo del tiempo - y probablemente continuarán haciéndolo en el futuro - y que aún entre los filósofos comprendidos en lo que se denomina la *nueva filosofía de la ciencia*, hay diferencias entre las posiciones epistemológicas adoptadas, se pone claramente de manifiesto que no hay una sola forma de concebir la naturaleza de la ciencia y que ésta es tan provisional, al menos, como el propio conocimiento científico. En este sentido Lederman y Bell (2002) afirman que “(...) *de manera similar a lo que ocurre con el conocimiento científico, las concepciones de los docentes sobre la naturaleza de la ciencia son tentativas y dinámicas*” (p. 499).

Implicaciones para la enseñanza universitaria de las ciencias.

Uno de los avances significativos que ha tenido lugar en la investigación en educación científica es la documentación de la influencia de las creencias epistémicas de los profesores en la planificación y la práctica de la enseñanza de las ciencias (Lederman y Abell, 2014). Desde este punto de partida, los resultados obtenidos podrían, en principio, considerarse alentadores ya que las concepciones ontológicas y epistemológicas de los docentes permiten suponer que adhieren a una visión dinámica y actual del conocimiento científico. Que los docentes adopten esta perspectiva resulta interesante ya que no es conveniente enseñar ciencia desde una sola perspectiva, dando por hecho que hay una única manera de comprender su naturaleza que se reconozca como la *mejor*; es decir, un solo paradigma capaz de explicar los problemas sociales o filosóficos del mundo científico. En este sentido, Mortimer (2001) sostiene que el profesor no debe prepararse para proporcionar una visión estática de la ciencia, sino que debe presentar un *perfil conceptual* a través del cual se transmita la naturaleza dinámica del conocimiento. Presentar de manera estática la ciencia iría a contramano de las diferentes recomendaciones realizadas por especialistas respecto de la necesidad de proporcionar a los alumnos diversos puntos de vista sobre un tema en particular, para que puedan analizar y valorar críticamente los contenidos de aprendizaje.

No obstante estos resultados, el hecho de que los docentes posean concepciones que implican aceptar ciertos supuestos sobre el conocimiento científico como la provisionalidad, una visión filosófica y sociológicamente más rica y reflexiva sobre la ciencia y el trabajo científico, no garantiza que esta visión se traslade al aula. Las concepciones son representaciones muchas veces intuitivas, inestables, mediadas por cuestiones afectivas y por los escenarios socioculturales en los que se forman los sujetos (Eick y Reed, 2002), lo que explica la existencia de cierta variabilidad cognitiva debida a factores ligados a los escenarios en los que se activan. Por otro lado, tal como fue planteado al inicio del presente trabajo se sabe que, una vez en el aula, inciden otros factores que sin duda hacen que al docente le resulte muy difícil conservar la coherencia entre su propia perspectiva teórica respecto de una forma de entender la naturaleza de la ciencia y, su actuación profesional.

Como se señaló, es fundamental lograr cambios explícitos en las actitudes y creencias de los profesores, en la medida en que la investigación ha documentado el papel fundamental del desarrollo profesional en la

formación de actitudes hacia la ciencia (Moore, 1975), en el establecimiento de vínculos entre ciencia, tecnología y sociedad (Kaya, Yager y Dogan, 2009) y en la implementación de programas innovadores (Ost, 1971). También hay evidencia de que los docentes con actitudes más positivas tienen estudiantes con mayores niveles de logro (Evans, 2011), mientras que los programas de desarrollo profesional que no toman en cuenta estos aspectos han tendido al fracaso (Ryan, 2004; Stipek y Byler, 1997). Por esta razón, resulta imprescindible la generación de espacios en los que se promueva la reflexión de los docentes universitarios sobre estos aspectos, de tal manera que se incorpore la discusión epistemológica al currículum (Acevedo, 1996). Resulta además, de particular interés que los profesores manifiesten y aborden de manera explícita la forma en que conciben la naturaleza de la ciencia y la construcción del conocimiento científico, de tal forma que se comience un proceso de explicitación de estas concepciones y, eventualmente, en los casos en que resulte necesario, promover su re-descripción. La propia administración del cuestionario que se realizó en este estudio, generó en sí misma un espacio en este sentido.

Referencias Bibliográficas

- Abd-El-Khalic, F. y Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665-701
- Abd-El-Khalic, F. y Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education* 22, 665-701
- Abell, S. y Lederman, N. (Eds.). (2007). *Handbook of science education*. Philadelphia: Erlbaum
- Acevedo, J. (1994). Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias”, *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19, 111-125
- Acevedo, J. y Acevedo, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria, *Revista Iberoamericana de Educación*. Recuperado de http://www.rieoei.org/did_mat7.htm.
- Aldridge, J., Taylor, P. y Chi Chen, Ch. (1997). *Development, Validation and Use of the Belief about Science and School Science Questionnaire*. Recuperado de <http://www.chem.arizona.edu/tpp/basssq.pdf>
- Apostolou, A. y Koulaidis, V. (2010). Epistemology and science education: A study of epistemological views of teachers. *Research in Science & Technological Education*, 28 (2), 149–166.
- Bachelard, G. (2004). *La Formación del Espíritu Científico*. México: Siglo XXI.
- Barón, G., Padilla, J. y Guerra, Y. (2009). Obstáculos epistemológicos en la labor del docente neogranadino. *Revista Educación y Desarrollo Social*, (3) 2, 86-99
- Buehl, M. y Alexander, P. (2002). Beliefs about schooled knowledge: Domain specific or domain general? *Contemporary Educational Psychology*, 27, 415-449.

- Bunge, M. (1985). *Teoría y realidad* Ed. Ariel S.A., Barcelona.
- Conley, A., Pintrich, P., Vekiri, I., y Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 186–204
- Crawford, B. (2007). Learning to reach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (4), 613–642
- Deniz, H. (2011). Examination of changes in prospective elementary teachers' epistemological beliefs in science and exploration of factors mediating that change. *Journal of Science Education and Technology*, 20 (6), 750–760
- Duell, O. y Schommer-Aikins, M. (2001) Measures of People's Beliefs About Knowledge and Learning. *Psychology Review*, 13, 419, doi:10.1023/A:1011969931594
- Eberle, F. (2008). Teaching and coherent science: An investigation of teachers' beliefs about and practice of teaching science coherently. *School Science and Mathematics*, 108 (3), 103–112
- Eick, C, y Reed, C. (2002). What makes an enquiry oriented science teaching? The influence of learning histories on students. Teacher role identity and practice. *Science Education*, 86(3), 401-416
- Elby, A., Frederiksen, J., Schwarz, C. y White, B. (2000) *Epistemological Beliefs Assessment for Physical Science*. Recuperado de www2.physics.umd.edu/~elby/EBAPS/home.htm.
- Evans, B. (2011). Content knowledge, attitudes, and self-efficacy in the mathematics. New York City Teaching Fellows (NYCTF) Program. *School Science and Mathematics*, 111 (5), 225–235
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 478-488
- García, M., Mateos, M. y Vilanova, S. (2014). Cuestionario de dilemas para indagar concepciones sobre el aprendizaje en docentes universitarios. *Revista Docencia Universitaria*, 15, 103-120

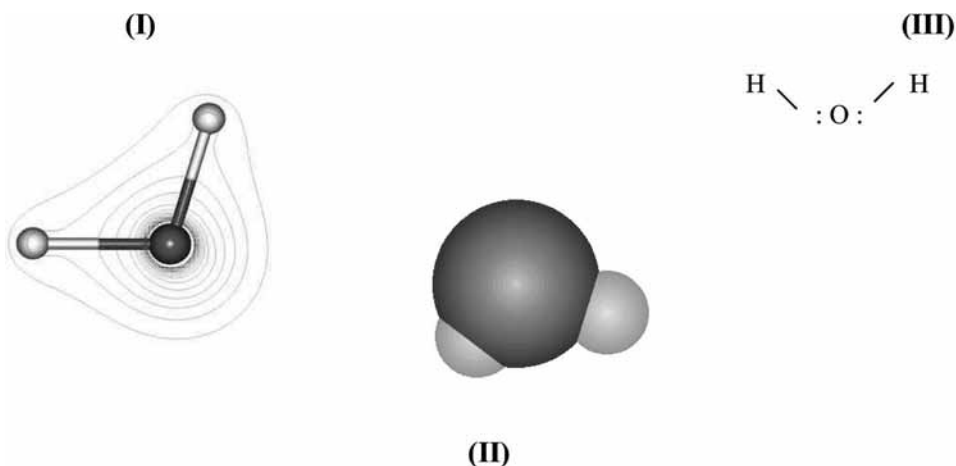
- Halloun, I y Hestenes, D. (1998) Interpreting VASS dimensión and profiles. *Science & Education*, 7(1), 3-24
- Hofer, B. (2002). Personal epistemology research: Implications for learning and instruction. *Educational Psychology Review*, 13(4): 353-382
- Hofer, B. (2004). Epistemological understanding as a metacognitive process: thinking aloud during online searching. *Educational Psychologist*, 39(1), 43-56
- Hofer, B. y Pintrich, P. (1997). The development of epistemological theories: beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88-140
- Hofer, B. y Pintrich, P. (2002). *Personal Epistemology. The psychology of belief about knowledge and knowing*. Londres: LEA
- Kaya, O., Yager, R., y Dogan, A. (2009). Changes in attitudes towards science–technology–society of preservice science teachers. *Research in Science Education*, 39(2), 257–279
- Koulaidis, V. y Ogborn, J. (1995). Science Teachers’s Philosophical Assumptions: How well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3), 273-283
- Lederman, N. y Abell, S. (Eds.) (2014). *Handbook of research on science education* (Vol. II). New York, NY: Routledge.
- Lederman, N. y Bell, B. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners’ conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 497-521
- Lederman, N. y O’Malley, M. (1990). Students’ perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74(2), 225-239
- Mansour, N. (2009). Science teachers’ beliefs and practices: issues, implications and research agenda. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(1), 25–48
- Marrero, J. (1993) Las teorías implícitas del profesorado: vínculo entre la cultura y la práctica de la enseñanza, en Rodrigo, M.J., Rodríguez, A y Marrero, J. *Las teorías implícitas: Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid: Visor.

- Mc Ginnis, S., Greber A. y Watanabe, T. (1997). Development on an instrument to measure teachers candidates' attitudes and beliefs about the nature of and the teaching of mathematics and science. *Annual meeting of the National association for Research in Science teaching*, Illinois
- Moore, T. (1975). *Educational Theory. An Introduction*. London: Routledge and Kegan
- Mortimer, E. (2001). Perfil Conceptual: modos de pensar y formas de hablar en las aulas de ciencia. *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4)
- Northcote, M. (2009). Educational beliefs of higher education teachers and students: implications for teacher education. *Australian Journal of Teacher Education*, 34(3), 69-81
- Ost, D. (1971). An evaluation of an institute for teachers of secondary-school biology. *American Biology Teacher*, 33 (9), 546-548.
- Pardo, R. y Calvo, F. (2002). Attitudes toward science among the european public: a methodological analysis. *Public Understanding of Science*, 11, 155-195
- Pecharromás, I. y Pozo, J. (2006). ¿Qué es el conocimiento y cómo se adquiere? Epistemologías intuitivas en profesores y alumnos de secundaria. En J. Pozo; N. Scheuer; M. Pérez Echeverría; M. Mateos; E. Martín y M. de la Cruz (Eds.), en *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos*, Barcelona: Graó, 243-288
- Porlán Ariza, R.; Rivero García, A. y Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones". *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288
- Porlán, R. (1994). Las concepciones epistemológicas de los profesores: el caso de los estudiantes del magisterio". *Investigación en la Escuela*, 22, 67-84
- Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos." *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2): 155-171

- Pozo, J. I.; Scheuer, N.; Mateos, M. y Pérez, M. P. (2006). “Las teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza”, en J. I. Pozo et al. *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje* (pp. 95–132), Barcelona: Graó
- Redish, E., Saul, J. y Steinberg, R. (1998). Student Expectations in Introductory Physics, *American Journal of Physics*, 66, 3, 212-224
- Ryan, S. (2004). Message in a model: teachers’ responses to a court-ordered mandate for curriculum reform. *Educational Policy*, 18, 661–685.
- Sanders, P., Stevenson, K., King, M. y Coates, D. (2002) University students’ expectations of teaching. *Studies in Higher Education*, 25, 309–323
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students’ practical epistemologies and their influence on learning through inquiry, *Science Education*, 89 (4), 634–656.
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82, 498-504
- Schraw, G y Olafson, L. (2008). Assessing teachers’ epistemological and ontological worldviews en *Knowing, Knowledge and Beliefs: Epistemological Studies Across Diverse Cultures*, pp. 25–44, Amsterdam: Springer
- Schraw, G. (2013). Conceptual Integration and Measurement of Epistemological and Ontological Beliefs in Educational Research. *Hindawi Publishing Corporation ISRN Education*, 1-19. Recuperado de:<http://dx.doi.org/10.1155/2013/327680>
- Stipek, D., y Byler, P. (1997). Early childhood education teachers: do they practice what they preach? *Childhood Research Quarterly*, 12, 305–325

APÉNDICE: CUESTIONARIO DE DILEMAS: CONCEPCIONES SOBRE EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO (C.D.C.C.)

1-¿Cuál de todas estas figuras representa fielmente la molécula de agua?



a. Ninguna y tampoco se puede decir que hay una que se corresponde mejor con la realidad. Todas son interpretaciones igualmente válidas.

b. La ----, los últimos avances científicos han permitido confirmarla como la versión real de la molécula.

c. Ninguna, todas son modelos, pero la -----, que se deduce de la mecánica cuántica, es la que se corresponde mejor con la molécula real del agua tal y como es.

2- Mientras que algunos científicos se adhieren a la teoría que considera la mente y el cuerpo como entidades separadas, existe una segunda posición que propone la teoría que ambos forman una sola entidad. ¿Por qué cree que no hay acuerdo entre los científicos?

a. Porque las dos teorías pueden convivir sin tener que decidir que una sea más verdadera que la otra. Lo que verdaderamente importa es que, a través de ellas, los científicos puedan explicar los fenómenos relacionados con el cuerpo y la mente

b. La única teoría válida es la que propone que el cuerpo y la mente o cerebro constituyen una sola entidad. Cualquier proceso mental es un proceso cerebral.

c. Porque hasta el momento, no se ha podido determinar que una se corresponda mejor con la realidad y, por lo tanto, establecerla como la teoría verdadera.

3-Entre 1870 y 1910 se produjo una controversia con relación a la existencia de moléculas y átomos. Algunos científicos sostenían que los átomos y moléculas eran entes reales, mientras que otros negaban su existencia. Más tarde, la teoría de Einstein, convenció a la comunidad científica de la realidad de los átomos y moléculas. ¿Qué cree que puede ocurrir de ahora en adelante?

a. *Que pueden aparecer problemas que no explica la teoría de Einstein y, por lo tanto, deban proponerse nuevas teorías explicativas dentro de la misma teoría general o no.*

b. *Que no aparezcan nuevas dudas al respecto. Se ha demostrado la superioridad de la teoría de Einstein.*

c. *Que aparezcan problemas que no pueda explicar y deban proponerse nuevos modelos pero siempre deducidos dentro de la misma teoría general que se ajusten mejor a la realidad.*

4- Un investigador novel está buscando una nueva explicación para el fenómeno de la disminución de la densidad del agua cuando ésta pasa del estado líquido al sólido. Tiene las siguientes opciones para trabajar. ¿Cuál es la mejor?

a. *Partiendo de los conceptos involucrados en las teorías previas que explican el fenómeno, elaborar nuevas hipótesis diseñando para cada una, un plan de contrastación empírica.*

b. *Diseñar experimentos concretos cuyos resultados permitan inducir nuevas teorías siguiendo los pasos del el método científico.*

c. *A partir de la observación y experimentación del fenómeno, proponer nuevas hipótesis que lo interpreten diseñando para cada una, un plan de contrastación empírica.*

5- ¿Cuál de estas frases representa mejor sus ideas acerca de la influencia de la historia y del contexto socio- político en la construcción del conocimiento científico?

a. *Las teorías científicas elaboradas hasta el momento reflejan los valores sociales y políticos como así también lo presupuestos filosóficos y las normas intelectuales de la cultura en la cuál es practicada. El valor de verdad de todo conocimiento científico, se ve afectado de modo esencial por lo histórico*

b. *El conocimiento científico es universal. Las teorías científicas trascienden los límites culturales y nacionales y no son afectadas por los valores sociales,*

políticos y filosóficos como tampoco por las normas intelectuales de la cultura en la que se desarrolla cada teoría. Las verdades de la ciencia son verdades “objetivas”, es decir, independientes, en cuanto a su validez, de la historia.

6- Dos estudiantes que se encuentran preparando un examen de química tienen la conversación que se detalla debajo: ¿Cuál de ellos representa mejor sus ideas?

Julia: *Estuve consultando bibliografía sobre la formación de la molécula de agua y parece ser que actualmente existen dos teorías que describen la forma, ambas provenientes de la misma teoría general: la cuántica.*

Luis: *No puede ser, seguramente has leído mal. No pueden existir al mismo tiempo dos teorías que expliquen el agua. Es siempre la misma sustancia entonces no se pueden decir dos cosas diferentes sobre ella. Seguramente una es obsoleta.*

Julia: *Es que la ciencia toma cosas de la realidad pero construye modelos y, por lo tanto, podría haber dos ideas distintas sobre el agua, siempre que ambas provengan de la misma teoría general. Puede ser que cada una explique un aspecto diferente de la sustancia, o que una teoría incluya a la otra porque es más elaborada.*

María: *Yo estoy de acuerdo con Julia en que la ciencia construye modelos, pero no coincido en que lo haga con intención llegar a la verdad. Para mi, puede haber dos teorías que convivan ya que una puede ser más eficaz que la otra según el contexto en que se la aplique o el aspecto del agua que se quiera estudiar.*

a- María

b- Julia

c- Luis

7- A continuación se presenta un diálogo entre personas que están discutiendo acerca de si la teoría de la evolución es científica o no. ¿Qué persona refleja mejor sus ideas al respecto?

Esteban: *A mí me parece que la teoría de la evolución no es científica. Explica demasiado y es difícil de someterla a experimentación. El Darwinismo describe acontecimientos singulares, algo no repetible y, por lo tanto, no accesible a los experimentos. No puede ser científica.*

Carlos: *Con tu criterio sería imposible probar que el mundo existió ayer. Si bien la experimentación es un punto de partida imprescindible, las teorías se obtienen por un proceso que va más allá de los datos. Además, lo importante y lo que realmente la hace científica es su poder predictivo. Por ejemplo: si se emite la hipótesis acerca de que los osos polares con piel más gruesa sobrevivirán al gélido*

invierno ártico, se puede someter dicha hipótesis a contrastación y establecer si la teoría puede explicar o no la realidad.

Pedro: *estoy de acuerdo con Carlos en que lo que hace científica una teoría, en este caso la de la evolución de Darwin, es su poder predictivo; pero no coincido con que el punto de partida sea la experimentación. Para mí, cuando Darwin comenzó a experimentar, ya tenía una teoría en mente. Cualquier conocimiento parte de la razón y luego viene la experimentación.*

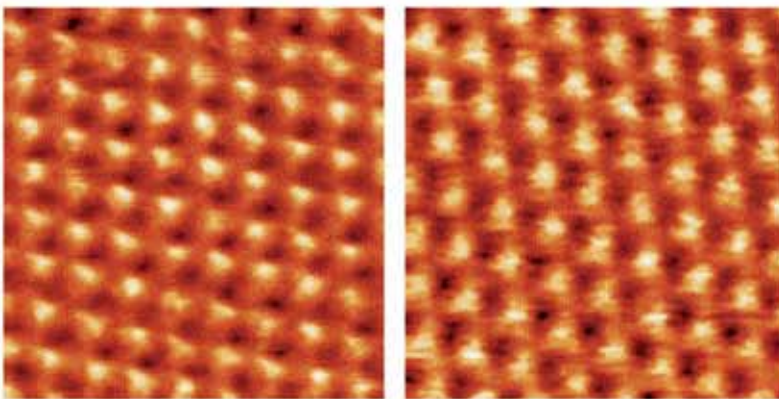
8- De las hipótesis formuladas por la ciencia para explicar la extinción de los dinosaurios, hay dos que tienen amplio sustento. La que sugiere que un meteorito inmenso que golpeó la tierra fue el responsable del hecho y la que hace referencia a una erupción volcánica masiva. ¿Cómo pueden ser posibles estas conclusiones distintas de los científicos si ambos grupos han tenido acceso al mismo conjunto de datos?

a. Faltan instrumentos más precisos que permitan medir con mejo. Seguramente en unos años, con los avances de la ciencia, se podrá conocer la verdad de los hechos, que si dudas es una sola.

b. Que existan dos teorías no es un problema, no tiene por qué haber una teoría universalmente válida. Factores como el contexto en el que se investigó y la cultura pueden conducir a resultados diferentes y no por eso considerarlos inválidos.

c. Por el momento conviven, pero, con el tiempo, un análisis teórico más profundo contrastado con los datos que se tienen permitirá encontrar la verdad.

9- La imagen que se presenta corresponde a un trozo de grafito (sustancia formada por átomos de carbono), observada con un microscopio de efecto túnel cuya resolución es del orden de $1 \times 10^{-12} \text{m}$ (aproximadamente el tamaño de un átomo). Observe la imagen: ¿qué ve?



a. Sólo puedo decir que esa es la imagen que brinda el microscopio de una muestra de grafito. No aseveraría que se ven átomos. Eso sería una interpretación personal influenciada por el enunciado de este dilema.

b. Si se interpreta la imagen desde la teoría cuántica, se observan los átomos de carbono formando la estructura predicha por la ciencia para el grafito

c. La confirmación empírica de los átomos de carbono arreglados tal como lo postula la ciencia para el caso del grafito.

**10- A continuación, se presenta una discusión sobre el estado del universo
¿Cuál de ellos representa mejor sus ideas?**

Ana: Algunos astrónomos creen que el universo se está expandiendo de manera tal que las galaxias se están alejando unas de otras. Sin embargo, otros, como los griegos sostienen que está en estado estático: sin expansión ni contracción.

Eduardo: No puede ser; si tienen los mismos datos no pueden llegar a conclusiones diferentes. El universo es uno solo.

Ana: Si, el universo es uno solo pero los científicos puede elaborar diferentes hipótesis a partir de las observaciones realizadas. Después verán cuál de las hipótesis se ajusta mejor a los datos y, por lo tanto, es la que mejor lo describe.

Isabel: No es importante establecer si el universo es o no uno solo. Lo que importa es que las teorías se desarrollen dentro de una estructura conceptual coherente y expliquen los fenómenos que ocurren con él.

