

## Realismo científico versus constructivismo en la formación inicial de profesores de química

**Waldo Quiroz**

Pontificia Universidad Católica de  
Valparaíso

waldo.quiroz@pucv.cl

**Eduardo Colihuiñca**

Liceo Villa Macul Academia  
Santiago

**Cristian Merino**

Pontificia Universidad Católica de  
Valparaíso

cristian.merino@pucv.cl

### Resumen

En este estudio, se analizan las concepciones epistemológicas de académicos y estudiantes de un programa de formación de profesores de química. Dado que en el proceso formativo participan académicos de dos facultades (ciencias y educación) nos interesó conocer sus concepciones epistemológicas y compararlas. Los resultados mostraron que la aceptación del positivismo por parte de académicos de ambas facultades es nula, cosa que sí se manifiesta en los profesores en formación. Por otra parte, la visión constructivista de la ciencia es completamente rechazada por parte de los académicos de la facultad de ciencia quienes presentan una epistemología claramente ligada al realismo científico. Respecto de los académicos de la facultad de educación, de forma interesante, estos presentan concepciones epistemológicas muy heterogéneas que van desde el realismo hacia el constructivismo.

**Palabras clave:** constructivismo, realismo, positivismo, formación de profesores de ciencias

### Introducción

Existen diferencias entre las ciencias naturales y sociales, que no son accidentales ni puede eliminarse tan fácilmente por la mera resolución de hacerlo. En efecto para algunos autores establecen la existencia de un quiebre a nivel filosófico existiendo una mayor adherencia por parte de los científicos activos hacia el Realismo Científico (Mario Bunge, 2011). Por otra parte, en lo concerniente al campo de la educación, es claro el hincapié por una filosofía constructivista (Matthews, 1994; Smith & Siegel, 2004; K. G. Tobin, Tippins, & Hook, 1994). Pero, respecto ahora sobre la educación científica existe un gran consenso hoy en día que la didáctica de las ciencias experimentales ha hecho del constructivismo una base común para una parte importante de sus estudios de campo (Aduriz-Bravo, 1999-2000).

Irónicamente se ha planteado que la concepción predominante en estudiantes y profesores de ciencia no se adhiere ni al constructivismo ni al realismo científico, ubicándose en una especie de realismo ingenuo o positivismo, que asocian la ciencia a un cuerpo de ideas verdaderas obtenidas por la observación (Cudmani, 2001). Ahora bien, en el marco de la formación inicial de profesores de ciencia para el sector de secundaria, se pueden darse diferentes situaciones: a) modelos donde los profesores se forman primero en la disciplina y posteriormente en didáctica y pedagogía, b) modelos integrados donde existe

concomitancia entre la formación disciplinar, didáctica y pedagógica y, c) modelos donde la formación es en paralelo.

Desde el punto de vista de la investigación, la ausencia a veces de datos nos impide constatar empíricamente qué avances, diferencias, positivas o negativas, se producen como efecto de un planteamiento curricular. A continuación, deseamos describir un caso, que tentativamente se podría ser similar en otras instituciones que dado circunstancia, podría inherentemente generar tensiones en aspectos epistemológicos en la relación formación disciplinar y pedagógica en los profesores de ciencias. Se trata de un programa de formación de Profesores de Química inserto en una Facultad de Ciencias. La formación disciplinar está a cargo de académicos de Facultad de Ciencias y la formación pedagógica y psicológica está a cargo de académicos de Facultad de Educación, todos ellos altamente productivos en sus respectivas líneas de investigación.

Sobre la base de entrevistas, discusiones en trabajos de titulación y sesiones de cátedra con estos profesores de química en formación, hemos detectado algunas diferencias de enfoque y ciertos conflictos internos tanto entre profesores de química en formación, como entre los académicos de las facultades de ciencia y de educación que los forman, patrón que no es aislado y que es reportado en otros estudios (Scerri, 2003), junto con aquellos que profundizan sobre las realidades de los procesos formativos desde la perspectiva del estudiante (Fernández, Tuset, Pérez, & Letva, 2009; Pro & Nortes, 2016), o desde las visiones que tienen profesores de ciencias en ejercicio (Briceño, Benarroch, & Marín, 2013; Porlán & Rivero, 1998; Porlán, Rivero, & Martín del Pozo, 1997). Por tanto, nos permitimos explicitar y describir estas visiones tanto en los académicos como en los profesores en formación, en virtud de las herencias y tendencias epistemológicas diferentes, así como en las influencias relativas que podrían originar en los profesores a lo largo de su proceso formativo. Para indagar en estas visiones hemos elaborado un instrumento centrado en la teoría atómica de la materia. Contenido disciplinar que ocupa un lugar destacado en educación científica (Vamvakeros, Pavlatou, & Spyrellis, 2010). En virtud de lo anterior nos preguntamos; ¿Qué visiones tiene los académicos que participan en programas de formación de profesores de ciencias y que relación guardan con las visiones de los profesores que forman? ¿Qué tan divergentes son las concepciones epistemológicas acerca de la naturaleza de la ciencia?, ¿Qué supuestos ontológicos del constructivismo o del realismo comparten los académicos y los profesores en formación?

## Marco de referencia

### Realismo científico

En este trabajo clasificamos 3 concepciones epistemológicas. Basamos nuestro marco de referencia en el sistema filosófico de Mario Bunge sobre Realismo Científico. Si bien en la bibliografía especializada existe profundas y abundantes reflexiones, análisis y críticas hacia conceptualizaciones epistemológicas (Cobern & Loving, 2008; Giere, 1979; Guerra-Ramos, 2012; Nola, 1997; Nola, 1998), nos parece un foco desde el cual poder mirar el fenómeno y construir categorías desde las cuales poder situar las visiones de los académicos y profesores en formación. Por tanto, aceptamos que este marco no es el único para su estudio, pero es provechoso para nuestras finalidades.

Según Bunge, todas las ramas de la ciencia se sustentan en el realismo y lo comprueban y ni siquiera la interpretación de Copenhague de la física cuántica ha logrado refutarlo. Las interpretaciones relativistas de la ciencia, según su perspectiva, no son más que injertos filosóficos innecesarios que cuando se eliminan, surge una ciencia realista, materialista y determinista (M. Bunge, 2012b).

Según Bunge, la actividad científica se sustenta desde 4 hipótesis o supuestos filosóficos (M. Bunge, 2000).

- a) *Primer Supuesto: Existencia de la realidad objetiva.* El realismo científico asume la existencia de una realidad externa al sujeto cognoscente. Realidad por lo tanto objetiva. Según este autor, cuando el científico construye hipótesis factuales para cubrir un conjunto de hechos, se presupone que los hechos son reales, es decir en ciencia se presupone que hay algo fuera del mundo interno del sujeto.
- b) *Segundo Supuesto: Pluralismo de propiedades.* El segundo supuesto filosófico es que la realidad está compuesta por sistemas de diversos niveles en los cuales emergen o desaparecen propiedades. Se plantea según este autor que este supuesto no sólo está contenido en la actividad científica, sino que se apoya en la evidencia que esta aporta.
- c) *Tercer Supuesto: Determinismo ontológico.* El Realismo plantea que existen leyes objetivas en la realidad, esta no se comporta caóticamente, sino en base a relaciones causa-efecto que entregan ese orden y que la ciencia intenta reconstruir conceptualmente estas relaciones.
- d) *Cuarto Supuesto: Determinismo epistemológico (cognoscibilidad de la realidad).* Referente de las corrientes epistemológicas a tratar, encontramos que el Realismo Científico plantea que la realidad y sus leyes se pueden conocer. En este punto, el realismo científico se separa del realismo ingenuo y es que, según el realismo científico, al igual que realismo crítico, esta cognoscibilidad es parcial o aproximada. Según este Bunge, el científico al aceptar implícitamente el segundo supuesto de pluralismo de propiedades se acepta que gran parte de la realidad no está al alcance de los sentidos y por lo tanto al aplicar el método científico para intentar conocer esta realidad, nuestras conjeturas pueden ser contrastadas de forma muy indirecta y por lo mismo nuestro conocimiento es provisional y aproximado.

### **El constructivismo**

A mediados de la década de 1990, el constructivismo se había convertido en un referente explícito para la enseñanza de las ciencias (Tobin & McRobbie, 1997), de modo que los textos principales en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias se enmarcan con un "enfoque constructivista". Mientras que autores sostienen que el constructivismo es básicamente un enfoque epistemológico.

Mirado desde el marco de referencia seleccionado el realismo científico, el constructivismo se presentaría en cuatro variantes (M. Bunge, 2006):

- a) Ontológico, el cual afirma que las cosas son cúmulos de percepciones; por lo tanto, es contradictorio a la existencia de una realidad objetiva.
- b) Social o socio-constructivismo, que afirma que los hechos científicos son construcciones sociales, en lugar de hechos que ocurren en el mundo externo.

- c) Psicológico o piagetiano, que sostiene que a medida que crecen los niños, por sí mismos construyen los conceptos de objeto, tiempo, conservación del número, etcétera, y
- d) Pedagógico, es decir el que sostiene que ha de permitirse al alumno aprender por sí mismo, con una guía mínima.

Si bien el espíritu no es reducir a estas cuatro ideas, pero nos parece interesante la transcripción que se hace desde este marco de referencia. Para efectos de este trabajo, se realizará una comparación entre el realismo y la versión sociológica del constructivismo, el socio-constructivismo (Matthews, 2015).

### **Conflictos epistemológicos del constructivismo y el realismo**

Diversos estudios que avalan las diferentes posturas del constructivismo como corriente epistemológica, como su gran aporte a la concepción moderna de la educación. Sin embargo, el constructivismo presenta detractores y una serie de críticas las cuales provienen principalmente desde el realismo las cuales revisaremos en detalle en el siguiente apartado. Las mayores críticas al constructivismo se basan en la no-aceptación del concepto de verdad y realidad objetiva. Según Coll (1983), existe una escasez de críticas al modelo constructivista debido, probablemente a la actual crisis ideológica de nuestra sociedad. Una de las críticas importantes, recogidas por Matthews (1994), consiste en que el constructivismo conserva el paradigma epistemológico aristotélico-empirista - basado en el sentido común y centrado en el sujeto-, y que, al apuntar correctamente un importante error en las presunciones empiristas, cambia hacia una epistemología relativista sin abandonar el paradigma mismo. Se ha afirmado que la postura filosófica de la investigación constructivista en Ciencias de la Educación es confusa, ya que cuando se trata de las bases del constructivismo, impera una visión relativista respecto de la veracidad de las ideas (Matthews, 1994). Scerri (2003) por su parte ha sugerido que "muchos constructivistas de los EE.UU. son empiristas puros debido a su ignorancia de los procesos científicos". Una de las principales críticas a la postura constructivista en Ciencias de la Educación, es la adopción de una postura relativista respecto a la validez del conocimiento: *"..el constructivismo aparece para exigir una ontología relativista"* (TAYLOR, 2001). Esto quiere decir que, al no existir una verdad objetiva desde una mirada constructivista, tampoco existe un conocimiento más verdadero que otro.

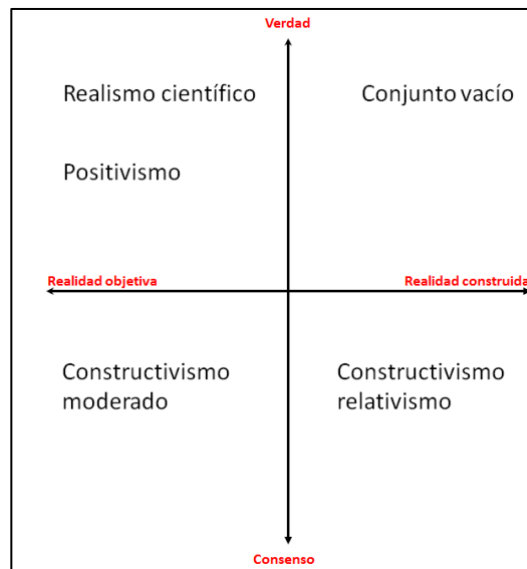
### **Dimensiones de análisis**

En base a nuestro marco de referencia, hemos establecido 3 clases de concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia que presentan académicos y profesores en formación inicial en química. Estas son "realismo" (en sus vertientes crítico o científico), "constructivismo" (en sus vertientes más moderadas o relativistas) y el "positivismo" o realismo ingenuo.

Estas categorías se construyeron en base a 3 dimensiones filosóficas: La primera una categoría ontológica asociada al concepto de realidad creada u objetiva; la segunda asociada al concepto axiológico de la cognoscibilidad de las pautas o leyes de la realidad a través de las ideas científicas (determinismo ontológico) siendo estas clasificadas como verdades o consensos; la tercera categoría tiene que ver con el pluralismo de niveles desde el fenomenismo (un nivel) hasta el sistemismo o pluri-nivel y los grados de verdad con las

cuales se puede conocer estos niveles como verdad total o verdad parcial (determinismo epistemológico).

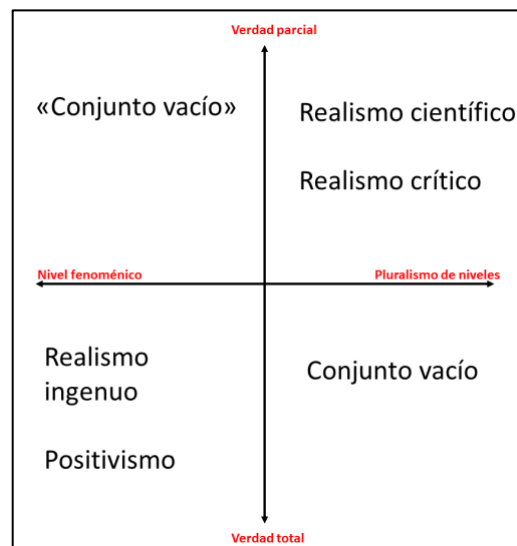
La figura 1 muestra las clasificaciones de concepciones de la Naturaleza de la Ciencia en base a las combinaciones de estas categorías. La figura 1 muestra las clasificaciones en base al cruzamiento de las dimensiones ontológicas (realidad construida vs. realidad objetiva) y axiológicas (verdad vs. consenso).



**Figura 1:** Clasificaciones de concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia en base a su ontología y axiología. (Fuente: Elaboración del autor)

En la figura 1 se muestra 4 cuadrantes de los cuales uno agrupa al realismo en todas sus versiones y comparten la cognoscibilidad y la existencia de una realidad objetiva. En un segundo cuadrante tenemos al constructivismo moderado el cual acepta la existencia de una realidad objetiva es decir un realismo ontológico, pero niega que esta sea cognoscible por lo que de acuerdo con esta postura las ideas científicas son consensuadas por la comunidad. En el tercer cuadrante tenemos a un constructivismo ontológico y axiológico el cual niega tanto la existencia y como consecuencia la cognoscibilidad de una realidad y finalmente tenemos un cuarto cuadrante vacío, por cuanto la negación ontológica de una realidad objetiva es inconsistente con la cognoscibilidad de esta.

Dentro de las categorías filosóficas que aceptan la cognoscibilidad de la realidad, tenemos quienes comparten el fenomenismo, es decir que aceptan que lo único cognoscible o lo único que existe es lo directamente observable vs. quienes comparten el segundo supuesto de pluralismo de niveles de la realidad. Ambas categorías tiene directa relación con el concepto axiológico de verdad total vs. verdad parcial por cuanto la propuesta fenomenista plantea que, al ser lo cognoscible directamente observable, entonces el conocimiento científico es un conocimiento directo de la realidad y por lo tanto un conocimiento exacto, verdadero a diferencia de la aceptación del pluralismo de niveles en donde se acepta que existe una realidad fuera del alcance de los sentidos y el conocimiento científico es por lo tanto parcial e indirecto. En la figura 2 se muestran las categorías generadas a partir de estas dos dimensiones.



**Figura 2:** Clasificaciones de concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia en base a su axiología y el pluralismo de niveles. (Fuente: Elaboración del autor)

La figura 2 muestra que la categoría de realismo científico se ubica en un cuadrante que comparte la existencia de niveles de la realidad y por lo tanto las ideas científicas tienen grados de verdad o son verdades parciales. En un segundo cuadrante tenemos al realismo ingenuo el cual ubica a la ciencia como el estudio de los fenómenos y por lo tanto las ideas científicas como verdades incuestionables. Es importante precisar que en la figura 2 no se incluye el científismo como dimensión, es decir la aceptación del principio que la mejor forma de conocer la realidad es el método científico como criterio clasificador.

Desde el punto de vista del pluralismo de niveles tanto el realismo ingenuo como el denominado positivismo son fenomenistas, es decir aceptan que el ámbito de estudio de la ciencia es exclusivamente a nivel fenoménico. Sin embargo, respecto del científismo los positivistas se diferencian de los realistas ingenuos en que los primeros apelan a un método único empirista que unifica la ciencia como una sola. Metodológicamente el realismo ingenuo no es implícitamente científista. Para efectos de este trabajo, considerando que el científismo no forma parte de las categorías analizadas, se clasificó en el mismo cuadrante al realismo ingenuo con el positivismo (ambos fenomenistas y absolutistas axiológicos), al igual que al realismo crítico con el realismo científico (ambos pluralistas de la realidad y de axiología parcialista).

Un tercer cuadrante el cual denominamos “conjunto vacío”. Esta categoría está entre comillas debido a que para efectos de este trabajo ninguna de las propuestas de naturaleza de la ciencia analizadas está presente. Sin embargo, a nivel histórico podemos incluir en este cuadrante a la síntesis kantiana, la cual acepta el concepto de verdad parcial, relacionando a la ciencia como el estudio a nivel fenoménico, pero dejando fuera de su alcance el nivel esencial o del noumeno (Echeverría, 2005). Finalmente, el cuarto cuadrante vacío en donde la aceptación del pluralismo de niveles implica que no tenemos acceso directo a toda la realidad y por lo tanto es incompatible con el concepto de verdad total.

Así, para efectos de este trabajo nos interesó poder distinguir estas categorías extremas en las visiones de los académicos y profesores en formación en química.

### Metodología

Se trata de una investigación «ex post facto». Dada la forma de elegir a los participantes, el contexto y el instrumento utilizado, no pretendemos generalizar los resultados (Latorre, del Rincón, & Arnal, 2005)

#### Instrumentos de generación de datos

Para el logro de nuestros propósitos se construyeron instrumentos, que recogen algunos de los episodios históricos más relevantes del desarrollo de la teoría atómica, como estrategia para acceder las visiones de ciencias de los participantes (García & Izquierdo-Aymerich, 2014). Desde la concepción del átomo griego, pasando por distintos modelos atómicos de Dalton, Thompson, Rutherford, Bohr y Schrödinger.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante una encuesta de selección abierta. Nos pareció pertinente realizar dos versiones con preguntas análogas del instrumento en términos de las concepciones epistemológicas. Una versión orientada especialmente a académicos de la Facultad de Ciencias (EFC) y profesores de química en formación y la otra (EFE) especialmente orientada a los académicos de la Facultad Educación. La diferencia entre ambas versiones es que en EFE se evitan detalles técnicos que lleven a confusión a los académicos más ligados a las humanidades. En la tabla 1 y 2 se entrega una síntesis de todas las preguntas y alternativas. Las preguntas de la encuesta se pueden consultar en el **anexo 1**

Ambas encuestas constan de un total de 8 preguntas. A modo de ejemplo presentamos una pregunta y posibilidades de respuesta de ellas. La encuesta completa se encuentra el **anexo 1**.

#### *Pregunta 1. Sobre la aceptación de la realidad objetiva.*

Respecto del átomo.

- a) En la medida en que nuestra sociedad va construyendo su propia realidad, y por otra parte en la medida en que el hecho científico del átomo es un constructo social, el átomo en la realidad va variando.
- b) El hecho del átomo es que este existe en la realidad y que las ideas respecto a él han ido variando y seguirán variando en el tiempo.
- c) El átomo existe y la teoría atómica moderna lo describe en su totalidad.
- d) Otro, especifique
- e) Me quedo con más de una alternativa (favor márkelas)

Cada alternativa plantea una opción diferente en relación de las 3 corrientes epistemológicas en investigación. La alternativa a) plantea abiertamente una concepción constructivista, al referirse que son las personas quienes crean su propia realidad del mundo. La alternativa b) plantea abiertamente una concepción realista, al hablar de que son las ideas respecto del átomo quienes cambian y no la realidad en sí. La alternativa c)

plantea una concepción positivista, al referirse a que esta realidad está absolutamente accesible para nosotros y d) plantea abiertamente una respuesta de tipo individual, de la cual, y siguiendo criterios utilizados para separar las diferentes concepciones epistemológicas (objetividad, totalidad, acuerdos sociales o de comunidades, etc.), se cataloga según el fundamento de la respuesta acogida. Por último, la alternativa e) plantea la elección de más de una alternativa por pregunta, permitiendo conocer muchas veces concepciones contradictorias entre sí para un mismo individuo.

**Tabla 1:** Resumen de preguntas, alternativas y supuestos ontológicos cuestionario para académicos y estudiantes de ciencias. (Fuente: Elaboración propia).

Pregunta	Encabezado	Supuesto ontológico	A)	B)	C)
1	Respecto del átomo	Aceptación de la realidad objetiva	En la medida en que nuestra sociedad va construyendo su propia realidad, y por otra parte en la medida en que el hecho científico del átomo es un constructo social, el átomo en la realidad va variando	El hecho del átomo es que este existe en la realidad y que las ideas respecto a él han ido variando y seguirán variando en el tiempo.	El átomo existe y la teoría atómica moderna lo describe en su totalidad
2	Respecto de las influencias de los experimentos de Faraday		Los experimentos de Faraday permitieron demostrar de forma incuestionable que en la realidad los átomos no eran eléctricamente neutros como lo había planteado Dalton.	A través de los experimentos de Faraday pasamos desde una realidad compuesta por partículas neutras e indivisibles hasta una realidad compuesta de partículas divisibles con subpartículas cargadas.	Los experimentos de Faraday nos llevaron a modificar nuestras ideas respecto de la naturaleza eléctrica de la materia. Los átomos neutros e indivisibles que creemos que existen en la realidad, no eran tan así como lo creíamos en la teoría atómica de Dalton.
3	Respecto de los modelos atómicos	Aceptación del determinismo ontológico	La evolución de los modelos atómicos (Dalton-Thomson-Bohr-mecánico-cuántico) se da debido a que la realidad es fluctuante e impredecible, por lo que los cambios de los modelos atómicos reflejan los cambios culturales que se dan en la sociedad.	La evolución de los modelos atómicos se da por cuanto a que la ciencia busca la verdad y de forma objetiva se ha demostrado que el modelo atómico actual es verdadero y los anteriores son completamente falsos.	La realidad no se comporta caóticamente, detrás de los fenómenos existen leyes y los distintos modelos atómicos son aproximaciones cada vez mejores de la realidad, los cuales nos permiten reproducir conceptualmente estas leyes objetivas.
4	Respecto de las leyes ponderales (ley de las proporciones múltiples y definidas)		Las combinaciones de sustancias se dan en la realidad a través de relaciones causa-efecto. Las leyes ponderales son un intento de los científicos de conocer esas leyes que se dan en naturaleza.	Las leyes ponderales son un reflejo del esfuerzo que el hombre de nuestra sociedad hizo por construirse una realidad estructurada y predecible.	Las leyes ponderales de la teoría atómica son las leyes de la naturaleza de las combinaciones de la materia que el hombre descubrió.
5	Respecto de la teoría atómica moderna	Aceptación del determinismo epistemológico/Pluralidad de propiedades	Existe una verdad objetiva respecto de la naturaleza de la materia y la teoría atómica moderna es un intento de acercarnos conceptualmente a ella.	La naturaleza de la materia es un constructo social al igual que la teoría atómica.	La teoría atómica moderna es el reflejo de nuestra comprensión total de la naturaleza de la materia.
6	Respecto de los electrones, neutrones y protones		La existencia de estas subpartículas atómicas fue una convención de los científicos de la época, convención que aun aceptamos, pero que podría cambiar en el futuro producto de futuras revoluciones sociales y culturales.	Las partículas subatómicas que existen en la naturaleza, recién las conjeturamos a partir de los experimentos de Faraday y estamos en proceso de comprender cada vez más su naturaleza en conjunto con el desarrollo de la teoría atómica.	Gracias a la teoría atómica moderna develamos la verdadera naturaleza de las partículas sub-atómicas.
7	Respecto de los experimentos cruciales del desarrollo de la teoría atómica (ej: las electrólisis que llevaron a plantear la idea de electrón, el experimento de la gota de aceite que llevó a calcular la relación carga/masa de esta partícula y por último el experimento del bombardeo de la placa de oro que llevo a plantear al idea del núcleo atómico)		Fueron experimentos cruciales para contrastar de forma lo más objetiva posible, nuestras ideas de la naturaleza discontinua de la materia con la realidad externa. Gracias a esto hemos podido acercarnos cada vez más a la esencia de la materia.	Fueron un hecho histórico cuyo principal propósito fue el de modificar nuestra realidad material. Al no ser posible conocer la realidad, la hemos construido socialmente como raza a través de estos experimentos.	Estos experimentos develaron la verdadera naturaleza de la materia. Podemos decir que nos encontramos con un conocimiento total del átomo gracias a ellos.
8	Respecto de la influencia de los experimentos de Rutherford en el desarrollo de la teoría atómica moderna		El bombardeo con núcleos de helio permitió determinar de forma objetiva las inconsistencias del modelo atómico de Thompson. Esto por cuanto a que este modelo no daba cuenta completamente de los resultados experimentales que se estaban dando en la realidad.	El bombardeo con núcleos de helio a una placa de oro, permitió demostrar que el modelo de Thompson era falso en su totalidad y que debía reemplazarse.	La principal función del experimento de Rutherford fue influir en la sociedad para que esta modificara el hecho científico del átomo de Thompson.



**Tabla 2:** Resumen de preguntas, alternativas y supuestos ontológicos para cuestionario de académicos de la facultad educación

Pregunta	Encabezado	Supuesto ontológico	A)	B)	C)
1	Los alquimistas son considerados como fundadores de la química y sus postulados fueron extensamente aceptados durante un largo período de la historia. Sin embargo, estos mismos postulados son desechados en la actualidad por carecer de fundamento y validez empírica. En contraste sus trabajos llevaron al desarrollo de técnicas y procedimientos de gran importancia para los trabajos experimentales actuales. Al respecto:	Aceptación de la realidad objetiva	No existen ideas erróneas, sino, ideas más o menos aceptadas referentes al contexto social de la época	Hoy en día esta absolutamente demostrado que las ideas de los alquimistas son completamente erróneas y las actuales son verdaderas.	Comparado con las ideas alquimistas, se ha establecido de forma lo mas objetivamente posible que las ideas actuales de la química nos dan una mayor capacidad para explicar y predecir la realidad externa
2	La idea de que la tierra gira en torno al sol es una idea completamente aceptada y sin embargo solo podemos ver al sol girando en torno a la tierra. Por otra parte la existencia del átomo es un supuesto ampliamente aceptado y sin embargo nunca nadie ha visto uno en forma directa. Al respecto:		Podemos establecer de forma categórica la veracidad respecto del átomo y la teoría heliocéntrica, por medio de la ciencia y específicamente de la química y la astronomía.	La estimación de la veracidad de las teorías científicas se estima mediante contrastación empírica.	El valor de verdad (verdadero/falso) de una idea, referente a algún aspecto del mundo, lo confiere totalmente la sociedad.
3	Los cambios de estado en la materia (sólido, líquido y gas) se explican en base a la teoría atómica cuyo postulado principal es la existencia de partículas extremadamente pequeñas llamadas átomos. En base a esto todos los comportamientos que afectan a la materia se pueden explicar en función de partículas que nadie nunca ha visto. Al respecto:		La existencia de estas partículas se encuentra validada por la sociedad, por el mutuo acuerdo de la comunidad científica; por lo que este supuesto debe ser claramente aceptado.	La ciencia ha demostrado por muchos años que estas partículas existen, por tanto no cabe dar lugar a dudas	Mediante experimentos se ha establecido objetivamente que las ideas de la existencia de estas partículas es la que nos da la mejor explicación que podemos dar del comportamiento de la materia.
4	El átomo es el cimiento principal para la construcción de toda la materia y gran parte de los fenómenos físicos asociados a ella, se pueden explicar en torno a sus interacciones. Por otra parte el diamante exhibe un alto grado de dureza en torno a las disposiciones que adoptan los átomos de carbono en su estructura. Se puede afirmar referente a esto que el diamante es igual de duro aquí que en China o que en cualquier otro lugar del mundo. Al respecto:	Aceptación del determinismo ontológico	Estas regularidades y pautas no existen en la realidad, son solo, convenciones sociales.	Creemos que en la naturaleza hay leyes objetivas, que intentamos conocer y dentro de la teoría atómica estas leyes se reconstruyen conceptualmente y su grado veracidad se lo confiere la contrastación empírica.	Las regularidades citadas en el ejemplo se dan en realidad, por que, existe una única verdad y esa verdad es develada completamente a través de la ciencia y esta es transcultural.
5	El modelo atómico de Bohr se representó como analogía a los cuerpos en movimiento del sistema solar. Al respecto		Esta idea emergió debido al paradigma imperante en la sociedad, y a su simplicidad al relacionar la estructura del átomo con algo que podemos imaginar como el sistema solar y sus cuerpos en movimiento.	Su fundamento fue racional y su aceptación fue objetiva a través de los resultados experimentales, por lo que esta representación obedeció a la mejor reconstrucción conceptual de la materia que se tenía en esa época, lo cual implica una relación directa entre lo microscópico y lo macroscópico de la materia.	Esta idea se fundamentó en la certeza que nos entrega la ciencia, por lo que esta analogía es absolutamente cierta y se cumple a cabalidad.
6	El tamaño de la partícula atómica se representa en una escala de medida considerablemente pequeña, por lo que la posibilidad de ver un átomo es prácticamente imposible. Aun así instrumentos, como el microscopio electrónico de barrido nos permiten ver indirectamente una imagen de la materia a escala atómica, reconstruida computacionalmente en donde se observan algunas densidades esféricas las cuales serían los átomos hipotéticos que nunca hemos visto (ver figura). Al respecto.	Aceptación del determinismo epistemológico/ Pluralidad de propiedades	Lo que se logra observar por medio del microscopio valida por completo el postulado acerca de la existencia del átomo.	Este instrumento apoya las ideas de nuestro conocimiento actual de la materia. Sin embargo, estas concepciones podría cambiar cuando se construyan aparatos e instrumentos más poderosos y confiables que den mayores detalles de los átomos reales.	Nuestra realidad es relativa, varía respecto del nuevo conocimiento y las nuevas tecnologías van modificando nuestras concepciones y por lo tanto nuestra realidad.
7	Respecto de la época de la historia en donde se postularon los primeros modelos atómicos, podemos apreciar que los intervalos de tiempo entre una revolución científica y otra solo fueron de un par de años. En cambio actualmente después de la introducción de la teoría mecánico cuántica, esta revolución se ha estancado. Al respecto.		El hecho de este estancamiento demuestra que nuestro conocimiento acerca de la estructura y comportamiento del átomo es absoluto y completo.	Las revoluciones científicas solo se producen por el tipo de contexto en que se encuentre la sociedad, por lo que la siguiente revolución científica se encontrara afecta a estas mismas disposiciones.	Una revolución científica solo se logra cuando se demuestra empíricamente que una idea tiene supremacía sobre otra, por lo que solo hasta que haya mejores explicaciones del fenómeno del átomo con fundamento teórico-empírico, esto no sucederá.

## La muestra

Los participantes corresponden a 3 perfiles los cuales son:

- a) Académicos de una Facultad de Ciencias, grupo 1
- b) Académicos de una Facultad de Educación, grupo 2 y grupo 3
- c) Estudiantes de pedagogía en química de primer año, grupo 4

1° Grupo. Académicos del área de Ciencias. Este grupo consta de 12 académicos en ejercicio, dentro del Instituto de Química de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, con años de experiencia docente que van desde los 6, hasta los 47, con una media de 21 años, de los cuales 8 cuentan con Doctorado y 1 con Magíster en Ciencias. Además 5 de ellos han tomado por lo menos 1 curso formal en filosofía de las ciencias.

2° Grupo. Académicos del área de Educación. Este grupo consta de 7 académicos en ejercicio, dentro del Instituto de Educación de la misma universidad con años de experiencia docente que van desde los 5, hasta los 25 con una media de 15 años de los cuales 1 cuenta con Doctorado, 1 con Doctorado y Magíster, y 4 con Magíster. Además, solo 2 de ellos han tomado por lo menos 1 curso en filosofía de las ciencias.

3° Grupo. Académicos de Psicología. Este grupo consta de 3 académicos en ejercicio, dentro del Instituto de Psicología y Educación de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Años de experiencia que van desde los 3, hasta los 15 con una media de 9 años. Todos cuentan con Magíster en su disciplina, y también todos ellos han tomado por lo menos 1 curso en filosofía de la ciencia.

4° Grupo. Profesores de química en formación: acá tenemos dos subgrupos:

- Uno en formación final. Este grupo consta de 12 estudiantes universitarios, que se encuentran cursando el último año de la carrera de Pedagogía en Química.
- El otro subgrupo consta de 21 estudiantes universitarios, que se encuentran cursando las primeras asignaturas de la carrera de Pedagogía en Química.

## Tratamiento de datos

La asignación de puntaje para cada pregunta, tanto para las encuestas de académicos como las de profesores en formación, fue asignada en base a la aceptación o rechazo de los 4 supuestos ontológicos del realismo científico ya antes descritos. Esta se realizó asignando un puntaje máximo de 1 punto cuando se comparte el supuesto en alguna pregunta (realismo, constructivismo o positivismo según corresponda), y el mínimo de 0 cuando este se rechaza. Asignando además puntajes promedios, cuando se elige más de una alternativa por pregunta (Ej. Pregunta 1, se escoge una alternativa orientada al constructivismo y otra al positivismo; su puntaje ponderado será de 0.5 puntos, ya que acepta y a la vez rechaza el supuesto). Luego por cada encuestado se promedian sus respuestas en base a una separación previa por los supuestos ontológicos en los grupos seleccionados, calculando su promedio y desviación estándar.

Los resultados obtenidos, después del análisis y tratamiento respectivo de cada muestra, se

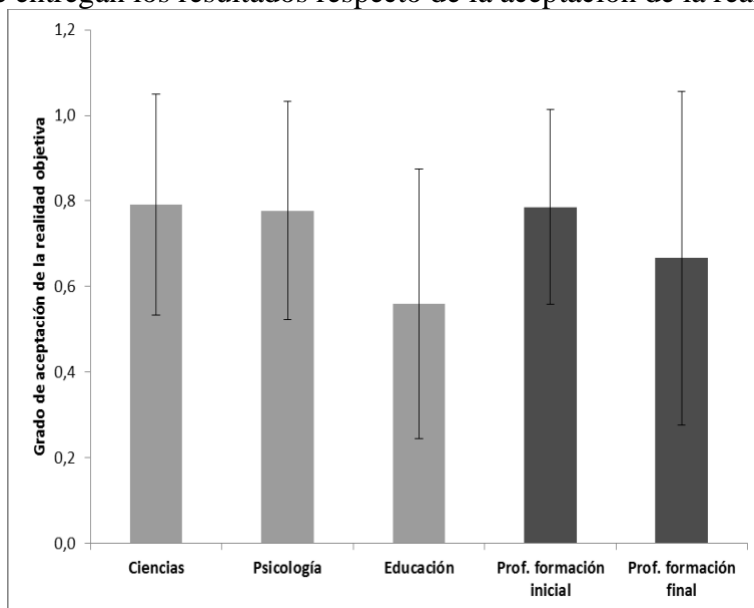
presentan en términos de promedios, de desviación estándar, y test t-student al 95% para cada supuesto o dimensión.

Para efectos de evaluar estadísticamente las diferencias epistémicas y ontológicas de los académicos, se utilizó la herramienta de análisis de componentes principales, en donde a cada alternativa se le asignó un puntaje de 0-1 a favor del constructivismo, realismo o positivismo. Quienes marcaron más de una alternativa, el puntaje máximo fue dividido.

## Resultados y Discusión

### Aceptación de la existencia de una realidad objetiva.

En la figura 3 se entregan los resultados respecto de la aceptación de la realidad objetiva.



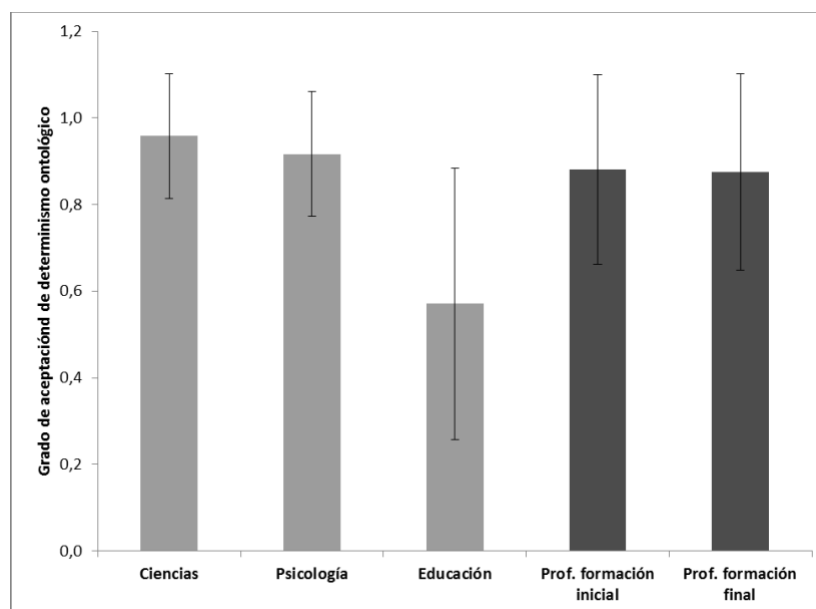
**Figura 3.** Aceptación de la realidad objetiva de académicos de ciencia (Ciencias), académicos de la escuela de psicología (Psicología), académicos de la escuela de educación (Educación) y profesores de química y ciencias naturales en formación inicial y final. Las barras representan los valores promedio de aceptación y los brackets su desviación estándar.

De todos los académicos analizados en la Figura 3, se observa que los de educación son los que comparten en menor grado la existencia de una realidad objetiva. De acuerdo al test t de comparación de conjunto de datos el grupo de académicos de educación presenta unas diferencias estadísticamente significativas sobre el 90% de confianza respecto de los académicos de ciencia los cuales serían el extremo opuesto de acuerdo a los antecedentes entregados. Esto se explica para la actividad científica en el área de las ciencias de la naturaleza, ya que no se puede desarrollar fuera de la aceptación de realismo ontológico (M. Bunge, 2000) por cuanto sus objetos de estudio son claramente productos de la evolución de la materia, a diferencia de los objetos de estudio del área de las ciencias sociales en donde la construcción de sistemas sociales es evidentemente realizada por seres humanos, siendo nosotros quienes en muchos casos construimos incluso las leyes que regulan nuestros comportamientos como por ejemplo, sistemas políticos, educativos etc.

Al comparar los otros grupos de estudio se observa que los académicos de ciencia, los académicos de psicología y los profesores en formación inicial presentan un similar grado de aceptación de la existencia de una realidad objetiva, es decir un realismo ontológico, aunque el promedio de los mismos profesores en formación final es un tanto menor y con mucha mayor dispersión comparado con los profesores en formación final. Estos resultados se pueden interpretar como un proceso de cambio de paradigma en los estudiantes universitarios de pedagogía en ciencias a lo largo de su proceso formativo en donde ingresan en los primeros cursos con una visión más realista de la ciencia y luego la influencia de la formación pedagógica entregada por los académicos de educación les entregaría una visión más constructivista respecto de esta dimensión dispersando sus concepciones y disminuyendo por lo tanto el promedio de aceptación del realismo ontológico.

### **Aceptación del determinismo ontológico (leyes de la naturaleza)**

En la figura 4, se entregan los resultados respecto de la aceptación del determinismo ontológico.



**Figura 4.** Aceptación del determinismo ontológico de académicos de ciencia (Ciencias), académicos de la escuela de psicología (Psicología), académicos de la escuela de educación (Educación) y profesores de química y ciencias naturales en formación inicial y final. Las barras representan los valores promedio de aceptación y los brackets su desviación estándar.

En la Figura 4, se describe una clara tendencia respecto de la aceptación del determinismo ontológico por parte de académicos del área de ciencia y psicología, como también de los profesores en formación tanto inicial como final. Encontramos que la aceptación del determinismo ontológico aumenta en los académicos de ciencia y disminuye hacia los académicos de educación. Lo cual es significativo en términos que cumple lo que cabría de esperar, ya que los académicos ligados al ámbito científico, mantienen una concepción que justifica la existencia de leyes, mediante la cual basan sus trabajos e investigaciones experimentales, es decir que las leyes de la naturaleza son producto de la evolución del universo, poseen existencia real e independiente de los seres humanos (M. Bunge, 2012a) y no un constructo social. Por otra parte encontramos a los académicos de educación, los

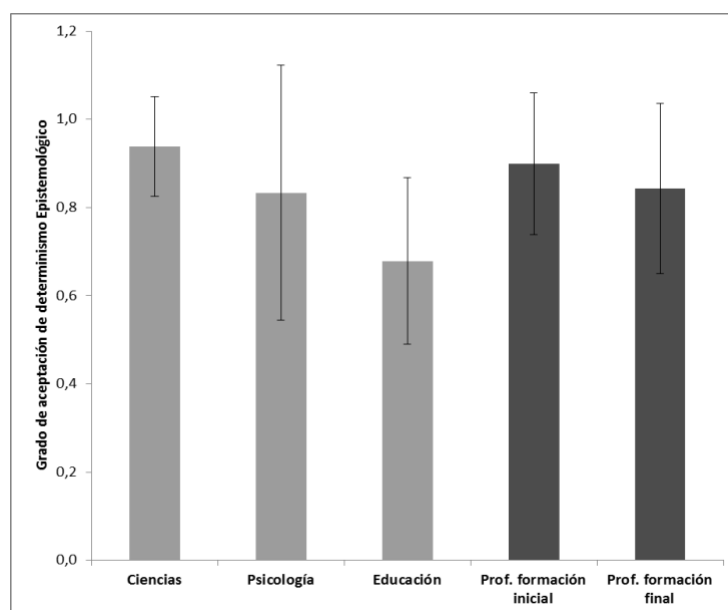
cuales al estar más ligados a las ciencias sociales que a las ciencias naturales, tienden a relativizar el concepto de ley objetiva por cuanto en el marco de sus objetos de estudio, sistemas sociales, se entiende que existe un ámbito de la realidad, la realidad social, en la cual tanto los sistemas como las leyes que regulan su comportamiento son constructos humanos y por lo tanto el concepto de ley va más allá del mero concepto de ley natural.. De acuerdo al test t de comparación de conjunto de datos, el grupo de educación presenta unas diferencias estadísticamente significativas sobre el 95% de confianza respecto del grupo de académicos de ciencia.

Es interesante notar que en esta dimensión, los profesores de química y ciencias naturales en formación, no presentan diferencia significativa con los académicos de ciencia, como tampoco se observa una variación significativa entre estos profesores de ciencia en formación inicial vs. los de formación final, lo que indica que en esta dimensión la influencia de los académicos de educación a lo largo del proceso de formación de profesores es baja y probablemente asocian el concepto de ley al de ley natural por sobre al de ley social.

### **Aceptación del determinismo epistemológico (cognoscibilidad de la realidad)**

El supuesto del determinismo epistemológico asume que la realidad y las leyes de la naturaleza además de existir, se pueden conocer.

En la figura 5, se entregan los resultados de la aceptación del determinismo epistemológico.



**Figura 5.** Aceptación del determinismo epistemológico de académicos de ciencia (Ciencias), académicos de la escuela de psicología (Psicología), y académicos de la escuela de educación (Educación) y profesores de química y ciencias naturales en formación inicial y final. Las barras representan los valores promedio de aceptación y los brackets representan la distribución de los resultados de cada muestra como su desviación estándar.

De la figura 5, se observa la misma tendencia que encontramos en el determinismo ontológico, es decir, encontramos al grupo de académicos de ciencia con el mayor grado de

aceptación del determinismo epistemológico, luego académicos de psicología, que presentan una mayor dispersión de datos que los otros grupos, luego encontramos a los académicos de educación como el grupo que presenta una menor aceptación en el cual la diferencia es estadísticamente significativa al 90% de acuerdo al test t-student.

Las razones de esto podrían deberse a las mismas que encontramos en el determinismo ontológico. Es decir, una concepción más social de la ciencia y de sus objetos de estudio en el grupo de educación, nos llevaría a una concepción de ley más relacionada con el ámbito de sistemas sociales, en donde las leyes son constructos humanos. Luego, como estas leyes en el ámbito social no serían objetivas por cuanto no pertenecen a una realidad externa al ser humano, su cognoscibilidad sería acotada y más que conocerlas estas serían meramente consensuadas y mutables, por lo mismo no es de extrañar que la distribución de esta dimensión es exactamente la misma que para el determinismo ontológico en el grupo de profesores de educación. Es interesante dar cuenta que al igual que los supuestos de la existencia de la realidad objetiva, los profesores en formación inicial presentan un promedio levemente superior de aceptación del determinismo ontológico, en comparación con los profesores en formación final, aunque esta variabilidad es poco significativa como para hablar de una tendencia. Finalmente, de forma consistente con los resultados de la figura 4, el mayor grado de aceptación del determinismo epistemológico se da con los académicos de ciencia y además con un menor grado de dispersión. Esto significa, como era de esperar, que el cientifismo se da de forma más marcada y homogénea en académicos de ciencia demostrando una visión de mundo cientifista más consistente en comparación con el grupo de académicos de psicología quienes presentaron una mayor dispersión en la aceptación del determinismo epistemológico en comparación con la dispersión del determinismo ontológico.

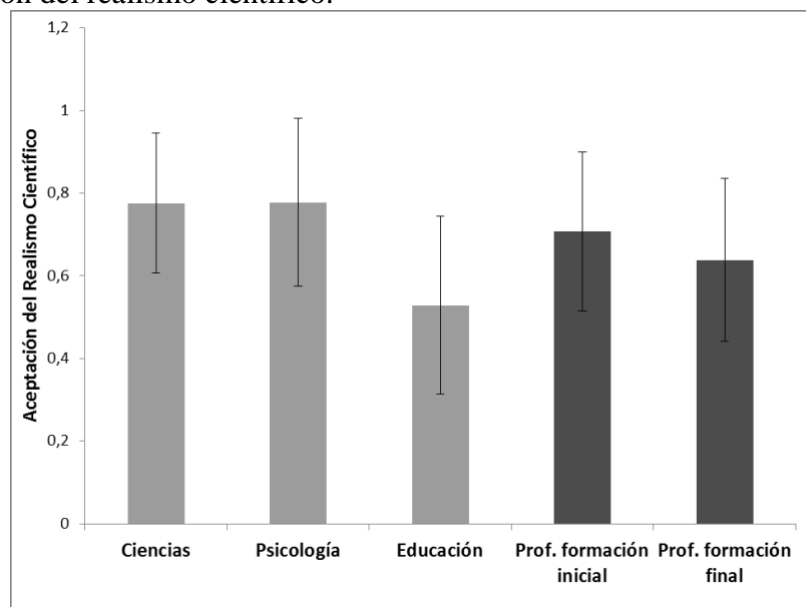
Respecto del análisis más general de todas las dimensiones se observa que en la medida en que el grupo de académicos se encuentra más ligado al ámbito de la educación, tienden cada vez menos a compartir las dimensiones ontológicas del realismo científico, tanto la existencia de una realidad objetiva como también la existencia de leyes objetivas, lo que se puede explicar con una visión de mundo post-moderna asociada al socio-constructivismo. Así por ejemplo podemos considerar al grupo de los académicos de ciencia como los menos ligados a la educación escolar, seguido por los académicos de psicología más ligados a las ciencias sociales que el grupo anterior; finalmente el extremo más ligado a la educación misma, los cuales son los académicos de la escuela de educación de formación principalmente humanista. Es evidente que la constatación de este fenómeno nos lleva a plantear el cómo afecta (positiva o negativamente) el compartir paradigmas distintos acerca de la naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencia.

Llama la atención que, dentro de la misma enseñanza universitaria en ciencias, no se observa una tendencia hacia el realismo científico por parte de profesores en formación al pasar por los años de educación superior. Creemos que esto se debe a que, durante el proceso de formación universitaria de los estudiantes de pedagogía en química, observan un rol compartido de formación, tanto por parte de académicos de una facultad de ciencia como también de académicos de una facultad de filosofía y educación. Por lo que como ya se mencionó antes los estudiantes de pedagogía se encuentran con dos discursos epistemológicos que pueden resultar contradictorios.

## Clasificación epistemológica

### *Aceptación del Realismo Científico*

El grado de aceptación de las concepciones del positivismo, constructivismo y realismo científico es multivariante por cuanto como vimos, tiene connotaciones tanto ontológicas como epistemológicas. En la Figura 6 se entregan los resultados de los académicos respecto de la aceptación del realismo científico.

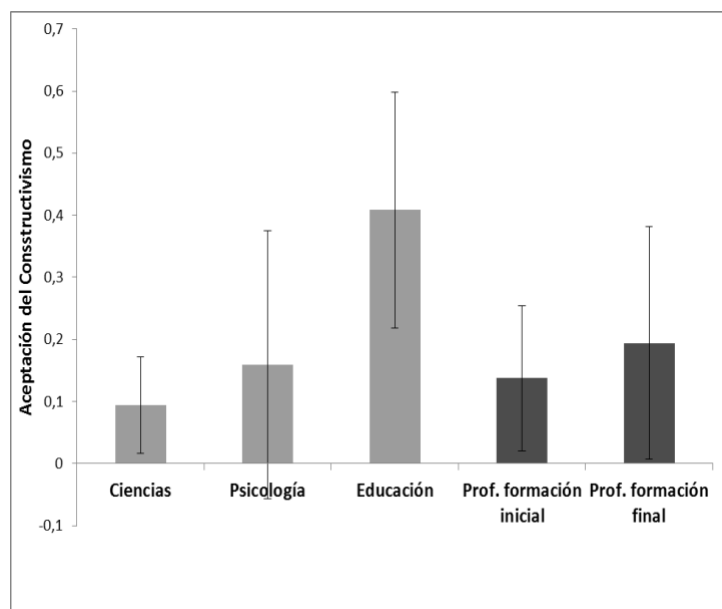


**Figura 6.** Aceptación del Realismo Científico de académicos de ciencia (Ciencias), académicos de la escuela de psicología (Psicología), académicos de la escuela de educación (Educación) y profesores de química y ciencias naturales en formación inicial y final. Las barras representan los valores promedio de aceptación y los brackets representan la distribución de los resultados de cada muestra como su desviación estándar.

De la figura 6 se desprende, primero una diferencia significativa entre los grupos de académicos de ciencias y psicología vs. los académicos de educación; la mayor aceptación del realismo científico por parte de los académicos de ciencia comparado a los académicos de educación es estadísticamente significativa al 95% de confianza. En los académicos de psicología, encontramos que su media ponderada en base al total de las muestras de cada grupo es muy similar en relación a su aceptación de la postura realista; ambos grupos alcanzan un nivel de aceptación del realismo científico cercano a 0.8 de un total de 1.0. Los profesores en formación inicial presentan una marcada tendencia hacia el Realismo Científico, cosa que disminuye poco significativamente en los estudiantes en formación final. Podemos plantear por lo tanto que a lo largo de la formación de académicos de ciencia de nuestra institución, la progresión de la concepción realista baja levemente, posiblemente influenciada por los académicos de la escuela de educación.

### **Aceptación del Constructivismo**

En la figura 7, se entregan los resultados respecto de la aceptación del constructivismo.



**Figura 7.** Aceptación del constructivismo de académicos de ciencia (Ciencias), académicos de la escuela de psicología (Psicología), académicos de la escuela de educación (Educación) y profesores de química y ciencias naturales en formación inicial y final. Las barras representan los valores promedio de aceptación y los brackets representan la distribución de los resultados de cada muestra como su desviación estándar.

De la figura 7, podemos observar que los académicos del área de educación son los que tienen claramente una mayor aceptación al constructivismo, ya que estos comparten mayormente sus supuestos respecto de la construcción social de la realidad y del consenso como criterio de aceptación de las ideas científicas por sobre la correspondencia de las ideas con el mundo. Además, por el lado contrario encontramos a los académicos de ciencia, los cuales tienen gran aceptación hacia el realismo científico, ubicando su nivel de aceptación al constructivismo cercano a cero. La mayor aceptación del constructivismo por parte de los académicos de educación es estadísticamente significativa al 95% de confianza vs. los académicos de ciencia.

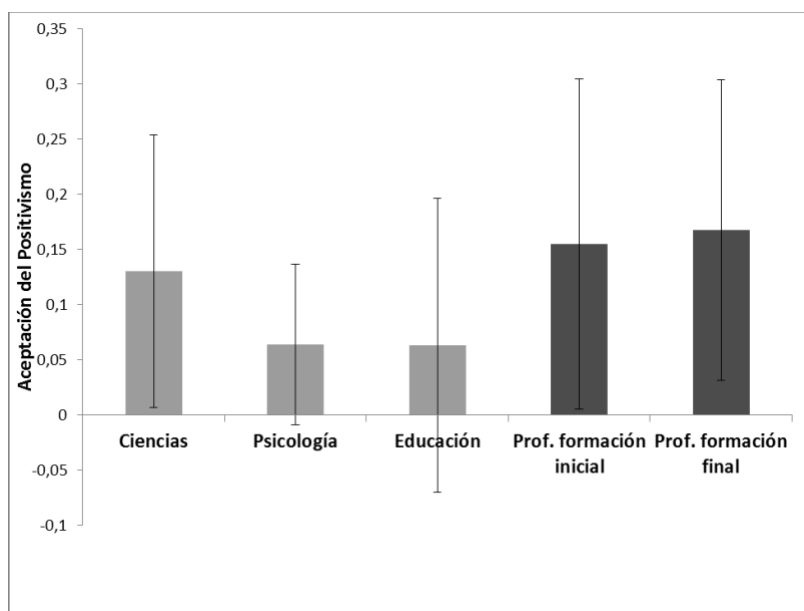
Podemos observar que el grupo de los profesores que recién comienzan su formación presentan un mayor grado de rechazo hacia una visión constructivista. En general este rechazo disminuye pero se hace más disperso al llegar a la formación final, por lo que se observa cierta influencia de los académicos de educación en este ámbito, pero sigue siendo poco significativa. Los resultados de las figuras 6 y 7 nos muestran que los académicos del área de ciencias vs. el área de educación presentan claramente 2 visiones de mundo las cuales son además contradictorias entre sí, lo que plantea una serie de preguntas y desafíos tales como ¿Cómo enfrentar esta divergencia de visiones durante la formación de profesores de ciencia?, ¿Cuál de las visiones respecto de la ciencia, realista o constructivista es la más adecuada para la formación de profesores?.

Estas preguntas no son menores y ya vienen teniendo cabida en distintas publicaciones en educación científica. Por ejemplo, autores renombrados como Matthew plantean que la visión socio-constructivista desafía a la racionalidad científica lo que podría socavar gravemente uno de los principales argumentos de la justificación de la enseñanza de la ciencia (Matthews, 2015).



### Aceptación del Positivismo

Nuestros resultados respecto de la aceptación al positivismo de la figura 8 en cualquiera de los grupos es bastante menor, ya que esta no supera una media de 0.15 en un máximo de 1.0. Esto conlleva principalmente a una resolución que el positivismo esta casi extinto en el cuerpo docente la igual que en los profesores en formación. Aunque el positivismo comparte los supuestos ontológicos del realismo científico, al no compartir el supuesto del pluralismo de niveles y por lo tanto el concepto de verdad parcial, es claro que el fenomenismo y el concepto ingenuo de verdad absoluta asociado a esta epistemológica, ya no tiene peso entre las concepciones actuales dentro del grupo de estudio. Estos resultados contradicen la opinión generalizada que se tiene respecto que el positivismo es la visión de ciencia mas generalizada en estudiantes y profesores (Briceño et al., 2013). Creemos que esto se debe a que a la hora de los análisis la mayoría de los estudios no hacen una diferencia entre el positivismo o realismo ingenuo vs. el realismo científico o crítico, no diferenciando el concepto de verdad absoluta vs. verdad parcial.



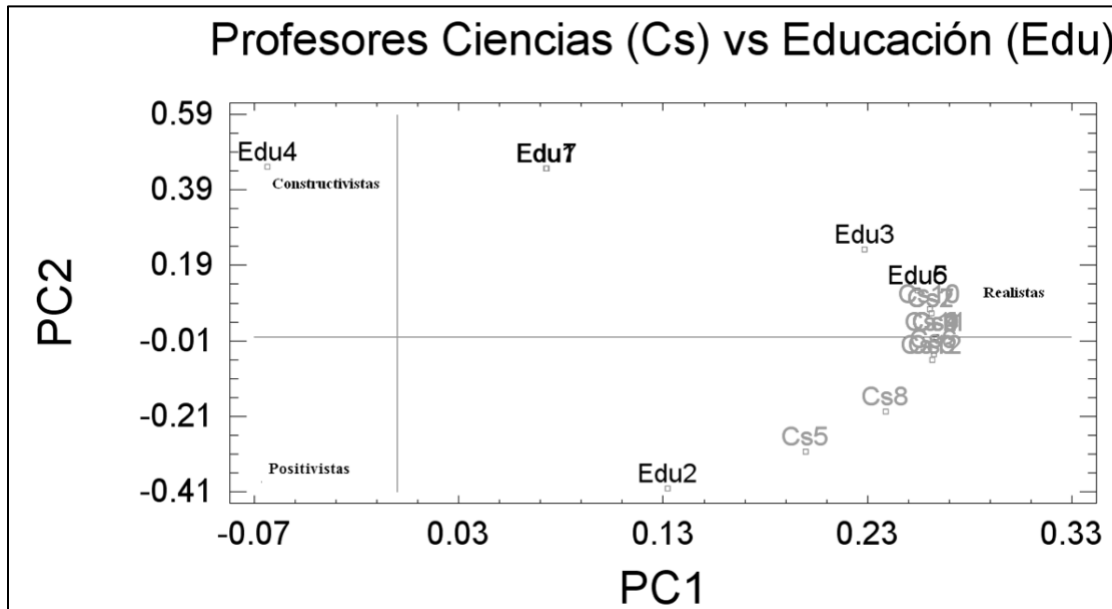
**Figura 8.** Aceptación del positivismo de académicos de ciencia (Ciencias), académicos de la escuela de psicología (Psicología), académicos de la escuela de educación (Educación) y profesores de química y ciencias naturales en formación inicial y final. Las barras representan los valores promedio de aceptación y los brackets representan la distribución de los resultados de cada muestra como su desviación estándar.

Respecto de los supuestos ontológicos realistas analizados en este trabajo, en los 3 casos, (realidad objetiva, verdad objetiva y determinismo epistemológico) el menor grado de aceptación lo presentaron los académicos de educación al igual que su adherencia es mayormente constructivista y marcadamente anti-positivista.

### Análisis clasificatorio en base a concepciones epistemológicas

Para clasificar los distintos grupos en base a sus concepciones epistemológicas, considerando que estas poseen una componente multivariante se aplicó la herramienta de análisis de componentes principales (PCA) de forma de agrupar estas dimensiones en solo 2 vectores. Esta herramienta es muy importante ya que nos permite visualizar la puesta en

común de varias variables en relación a grupos seleccionados. Permitiendo establecer, como ocurre la dispersión de datos en las muestras, y con ello establecer concretamente como y donde se orientan los grupos de estudio. En la Figura 9, se entregan los resultados de los académicos de ciencia versus los académicos de educación respecto de su orientación hacia alguna de las tres corrientes epistemológicas en estudio.



**Figura 9.** Análisis de PCA, tendencia a alguna corriente epistemológica (realismo, constructivismo, positivismo) entre académicos de la Facultad de Ciencias (Cs) y académicos de la Facultad Educación (Edu).

En la figura 9 se entregan 4 cuadrantes. El cuadrante superior izquierdo se encuentra la visión constructivista, hacia la derecha se encuentra el componente 1 asociado a la visión realista y la visión positivista se encuentra en el componente dos en el cuadrante inferior izquierdo. Los profesores de educación se codificaron como “Edu” los cuales van desde la numeración 1 al 7. En el caso de los profesores de ciencia se tipificaron como “Cs”.

A la luz de análisis de PCA se observan los siguientes aspectos:

1. El positivismo no está presente en el profesorado, aseveración que puede parecer exagerada, pero a la luz de las evidencias, se puede establecer objetivamente que esta tendencia es fiable. Podemos observar de la Figura 9, que la orientación de cualquiera de los académicos estudiados hacia el positivismo es prácticamente nula, ya que la dispersión de datos se mueve entre el realismo y el constructivismo en menor medida
2. Los académicos de ciencia no comparten el paradigma constructivista. Por el contrario, son en su mayoría marcadamente realistas. En este punto es importante aclarar que no se detectó diferencia alguna entre los científicos con o sin formación en filosofía de la ciencia.
3. Los académicos de educación se mueven entre el constructivismo y el realismo, pero claramente presentan posturas epistemológicas distintas a los académicos de ciencia ya que casi se mezclan en este espacio.

En este análisis de PCA se incluyeron profesores de psicología. Sin embargo, en el caso de estos grupos no se encontraron separación estadística entre grupos. El análisis de PCA nos confirme de una forma más general que el quiebre filosófico se encuentra entre los académicos de ciencias vs. educación.

### Conclusiones

Concluimos que el positivismo como corriente epistemológica no tiene mayor influencia en los académicos universitarios, ni en los profesores en formación de química y ciencias naturales, como tampoco académicos de áreas más humanistas. Respecto del constructivismo, podemos concluir que los académicos investigadores en ciencias naturales presentan una muy escasa aceptación de esta propuesta epistemológica, presentando una visión muy homogénea y orientada claramente hacia el realismo científico.

De forma muy interesante, los académicos universitarios de la facultad de filosofía y educación presentan una concepción epistemológica muy heterogénea la cual va desde académicos marcadamente realistas como en el caso de los psicólogos, como académicos parcialmente constructivistas como en el caso de los académicos de educación.

Es interesante y merece un estudio aparte el hecho que la postura epistemológica de los profesores en formación cambia muy poco desde su formación inicial hasta la final. ¿La influencia constructivista es muy poca o poco explícita en su formación?, ¿no adhieren a ella?, preguntas como esa deben reflexionarse para futuras investigaciones.

El quiebre filosófico entre los profesores de ciencia vs. los profesores de educación es marcado y estadísticamente significativo, siendo las visiones filosóficas más divergentes de los grupos de estudio.

Considerando los resultados y el marco teórico, este trabajo presenta la debilidad de no desagregar las concepciones realistas y constructivistas en sus respectivas subcategorías. No se considera la diferencia entre realismo científico vs. realismo crítico, como tampoco entre constructivismo moderado vs. constructivismo relativismo. Se plantea por lo tanto que futuros estudios deben considerar las dimensiones del científismo y de incognoscibilidad de la realidad objetiva para una mejor clasificación.

Las perspectivas de este trabajo apuntan a evaluar ¿cuál es la orientación epistemológica más adecuada para la enseñanza y aprendizaje de la química? y ¿cómo se pueden conjugar estas epistemologías para explotar lo mejor de cada una de ellas?, considerando que existe un quiebre en las concepciones de realidad y verdad objetiva entre los mismos académicos, ¿es posible y deseable entregar una visión de naturaleza de la ciencia unificada a los profesores de ciencia en formación?

## Bibliografía

- Aduriz-Bravo, A. (1999-2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza*, 61-74.
- Briceño, J., Benarroch, A., & Marín, N. (2013). Coherencia epistemológica entre Ciencia, aprendizaje y enseñanza de Profesores universitarios colombianos. Comparación de resultados con Profesores chilenos y españoles. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 55-74.
- Bunge, M. (2000). *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*: México, Siglo XXI.
- Bunge, M. (2006). *Chasing Reality: Strife Over Realism*: Toronto, University of Toronto Press.
- Bunge, M. (2011). Knowledge: Genuine and Bogus. *Science & Education*, 20(5), 411-438. doi: 10.1007/s11191-009-9225-3
- Bunge, M. (2012a). *Causality and Modern Science: Third Revised Edition*: New York: Dover Publications, Inc.
- Bunge, M. (2012b). Does Quantum Physics Refute Realism, Materialism and Determinism? *Science and Education*, 21(10), 1601-1610. doi: 10.1007/s11191-011-9410-z
- Cobern, W. W., & Loving, C. C. (2008). An Essay for Educators: Epistemological Realism Really is Common Sense. [journal article]. *Science & Education*, 17(4), 425-447. doi: 10.1007/s11191-007-9095-5
- Coll, C. (1983). *Psicología genética y aprendizajes escolares: recopilación de textos sobre las aplicaciones pedagógicas de las teorías de Piaget*: Siglo XXI de España.
- Cudmani, L. C. d. (2001). "Cuestiones que plantean las concepciones posmodernas en la enseñanza de las ciencias: visiones de científicos destacado de la historia". *Ciência & Educação (Bauru)*, 7, 155-168.
- Echeverría, R. (2005). *El búho de Minerva: introducción a la filosofía moderna*: Santiago, Chile: J.C. Sáez.
- Fernández, M. T., Tuset, A. M., Pérez, R., & Letva, A. (2009). Concepciones de los maestros sobre la enseñanza y el aprendizaje y sus prácticas educativas en clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 287-298.
- García, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2014). Contribución de la Historia de las Ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 265-281.
- Giere, R. (1979). *Understanding Scientific Reasoning*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Guerra-Ramos, M. T. (2012). Teachers' Ideas About the Nature of Science: A Critical Analysis of Research Approaches and Their Contribution to Pedagogical Practice. *Science & Education*, 21(5), 631-655. doi: 10.1007/s11191-011-9395-7
- Latorre, A., del Rincón, D., & Arnal, J. (2005). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Ediciones Experiencia.
- Matthews, M. R. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: Un problema con la epistemología constructivista. *Historia y Filosofía de la Ciencia*, 12, 79-88.
- Matthews, M. R. (2015). *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science*. New York, NY: Taylor & Francis.
- Nola, R. (1997). Constructivism in science and science education: A philosophical critique. *Science & Education*, 6(1-2), 55-83.
- Nola, R. (1998). Constructivism in Science and Science Education: A Philosophical Critique. In M. R. Matthews (Ed.), *Constructivism in Science Education: A Philosophical Examination* (pp. 31-59). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Porlán, R., & Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Díada Editora.
- Porlán, R., Rivero, A., & 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.
- Pro, A., & Nortes, R. M. (2016). ¿Qué pensaban los estudiantes de la diplomatura de maestro de educación primaria sobre las clases de ciencias de sus prácticas de enseñanza?. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 7-32.

- Scerri, E. R. (2003). Philosophical confusion in chemical education research. *Journal of Chemical Education*, 80(5), 468-477.
- Smith, M. U., & Siegel, H. (2004). Knowing, Believing, and Understanding: What Goals for Science Education? *Science & Education*, 13(6), 553-582. doi: 10.1023/B:SCED.0000042848.14208.bf
- Taylor, T. G. N., Coll R. K. (2001). *Using constructivism to inform tertiary chemistry pedagogy*. Chemistry Education: Research and Practice in Europe 2, 215-226.
- Tobin, K., & McRobbie, C. J. (1997). Beliefs about the Nature of Science and the Enacted Science Curriculum 1. *Science and Education*, 6(4), 355-371.
- Tobin, K. G., Tippins, D. J., & Hook, K. (1994). Referents for changing a science curriculum: A case study of one teacher's change in beliefs. *Science & Education*, 3(3), 245-264. doi: 10.1007/bf00540156
- Vamvakeros, X., Pavlatou, E., & Spyrellis, N. (2010). Survey exploring views of scientist on current trend in chemistry education. *Science & Education*, 19, 119-145.

## ANEXO 1

### *Cuestionario para académicos que imparten asignaturas de educación a estudiantes de pedagogía en ciencias básicas*

FOLIO: \_\_\_\_\_

#### Estimado(a) Profesor(a)

Se ha considerado la necesidad y pertinencia de develar las concepciones (teorías implícitas) que los académicos poseen en torno a la Naturaleza de la Ciencia, la cual está presente en nuestra práctica profesional. A continuación, se propone un cuestionario estructurado de siete preguntas que tiene por objetivo principal identificar y caracterizar tales concepciones.

Agradecemos desde ya su valiosa colaboración profesional en esta investigación, que pretende contribuir a mejorar la calidad de la enseñanza de las ciencias en nuestra región. ***Toda la información que se recopile en esta actividad de investigación es de uso estrictamente confidencial.*** Su participación en esta investigación es completamente voluntaria. Por otra parte, si usted desea recibir un ejemplar de los resultados, para los efectos que usted estime conveniente, no dude en dirigirse a Prof. xxxxxx, tel xxxx, xxxx@xxx. Si así lo desea le podemos hacer llegar una versión electrónica del documento final.

### III. Cuestionario

**Instrucciones:** Lea atentamente las siguientes aseveraciones. A continuación, seleccione la respuesta que se aproxima más con su parecer.

1. Los alquimistas son considerados como fundadores de la química y sus postulados fueron extensamente aceptados durante un largo periodo de la historia. Sin embargo, estos mismos postulados son desechados en la actualidad por carecer de fundamento y validez empírica. En contraste sus trabajos llevaron al desarrollo de técnicas y procedimientos de gran importancia para los trabajos experimentales actuales. Al respecto:

- a) No existen ideas erróneas, sino, ideas más o menos aceptados referentes al contexto social de la época
- b) Hoy en día está absolutamente demostrado que las ideas de los alquimistas son completamente erróneas y las actuales son verdaderas.
- c) Comparado con las ideas alquimistas, se ha establecido de forma lo mas objetivamente posible que las ideas actuales de la química nos dan una mayor capacidad para explicar y predecir la realidad externa
- d) Otro, especifique:
- e) Me quedo con más de una alternativa (favor márkuelas)

2. La idea de que la tierra gira en torno al sol es una idea completamente aceptada y sin embargo solo podemos ver al sol girando en torno a la tierra. Por otra parte, la existencia del átomo es un supuesto ampliamente aceptado y sin embargo nunca nadie ha visto uno en forma directa. Al respecto:

- a) Podemos establecer de forma categórica la veracidad respecto del átomo y la teoría heliocéntrica, por medio de la ciencia y específicamente de la química y la astronomía.
- b) La estimación de la veracidad de las teorías científicas se estima mediante contrastación empírica.
- c) El valor de verdad (verdadero/falso) de una idea, referente a algún aspecto del mundo, lo confiere totalmente la sociedad.
- d) Otro, especifique:
- e) Me quedo con más de una alternativa (favor márkuelas)

3. Los cambios de estado en la materia (sólido, líquido y gas) se explican en base a la teoría atómica cuyo postulado principal es la existencia de partículas extremadamente pequeñas llamadas átomos. En base a esto todos los comportamientos que afectan a la materia se pueden explicar en función de partículas que nadie nunca ha visto. Al respecto:

- a) La existencia de estas partículas se encuentra validada por la sociedad, por el mutuo acuerdo de la comunidad científica; por lo que este supuesto debe ser claramente aceptado.
- b) La ciencia ha demostrado por muchos años que estas partículas existen, por tanto, no cabe dar lugar a dudas
- c) Mediante experimentos se ha establecido objetivamente que las ideas de la existencia de estas partículas es la que nos da la mejor explicación que podemos dar del comportamiento de la materia.
- d) Otro, especifique
- e) Me quedo con más de una alternativa (favor márkuelas)

4. El átomo es el cimiento principal para la construcción de toda la materia y gran parte de los fenómenos físicos asociados a ella, se pueden explicar en torno a sus interacciones. Por otra parte, el diamante exhibe un alto grado de dureza en torno a las disposiciones que adoptan los átomos de carbono en su estructura. Se puede afirmar referente a esto que el diamante es igual de duro aquí que en China o que en cualquier otro lugar del mundo. Al respecto:

- a) Estas regularidades y pautas no existen en la realidad, son solo, convenciones sociales.
- b) Creemos que en la naturaleza hay leyes objetivas, que intentamos conocer y dentro de la teoría atómica estas leyes se reconstruyen conceptualmente y su grado veracidad se lo confiere la contrastación empírica.
- c) Las regularidades citadas en el ejemplo se dan en realidad, por que, existe una única verdad y esa verdad es develada completamente a través de la ciencia y esta es transcultural.
- d) Otro, especifique
- e) Me quedo con más de una alternativa (favor márkuelas)

5. El modelo atómico de Bohr se representó como analogía a los cuerpos en movimiento del sistema solar. Al respecto:

- a) Esta idea emergió debido al paradigma imperante en la sociedad, y a su simplicidad al relacionar la estructura del átomo con algo que podemos imaginar como el sistema solar y sus cuerpos en movimiento.
- b) Su fundamento fue racional y su aceptación fue objetiva a través de los resultados experimentales, por lo que esta representación obedeció a la mejor reconstrucción conceptual de la materia que se tenía en esa época, lo cual implica una relación directa entre lo microscópico y lo macroscópico de la materia.
- c) Esta idea se fundamentó en la certeza que nos entrega la ciencia, por lo que esta analogía es absolutamente cierta y se cumple a cabalidad.
- d) Otro, especifique
- e) Me quedo con más de una alternativa (favor márkuelas)

6. El tamaño de la partícula atómica se representa en una escala de medida considerablemente pequeña, por lo que la posibilidad de ver un átomo es prácticamente imposible. Aun así, instrumentos, como el microscopio electrónico de barrido nos permiten ver indirectamente una imagen de la materia a escala atómica, reconstruida computacionalmente en donde se observan algunas densidades esféricas las cuales serían los átomos hipotéticos que nunca hemos visto (ver figura). Al respecto:

- a) Lo que se logra observar por medio del microscopio valida por completo el postulado acerca de la existencia del átomo.
- b) Este instrumento apoya las ideas de nuestro conocimiento actual de la materia. Sin embargo, estas concepciones podrían cambiar cuando se construyan aparatos e instrumentos más poderosos y confiables que den mayores detalles de los átomos reales.
- c) Nuestra realidad es relativa, varía respecto del nuevo conocimiento y las nuevas tecnologías van modificando nuestras concepciones y por lo tanto nuestra realidad.
- d) Otro, especifique:
- e) Me quedo con más de una alternativa (favor márkuelas)

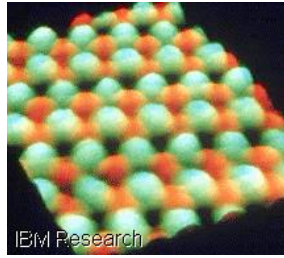


Figura 1. Reconstrucción computacional de las densidades electrónicas detectadas por un microscopio electrónico de barrido

7. Respecto de la época de la historia en donde se postularon los primeros modelos atómicos, podemos apreciar que los intervalos de tiempo entre una revolución científica y otra solo fueron de un par de años. En cambio, actualmente después de la introducción de la teoría mecánico-cuántica, esta revolución se ha estancado. Al respecto:

- a) El hecho de este estancamiento demuestra que nuestro conocimiento acerca de la estructura y comportamiento del átomo es absoluto y completo.
- b) Las revoluciones científicas solo se producen por el tipo de contexto en que se encuentre la sociedad, por lo que la siguiente revolución científica se encontrara afecta a estas mismas disposiciones.
- c) Una revolución científica solo se logra cuando se demuestra empíricamente que una idea tiene supremacía sobre otra, por lo que solo hasta que haya mejores explicaciones del fenómeno del átomo con fundamento teórico-empírico, esto no sucederá.
- d) Otro, especifique:
- e) Me quedo con más de una alternativa (favor márkuelas).