

“CUESTIONES QUE PLANTEAN LAS CONCEPCIONES POSMODERNAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. VISIONES DE CIENTÍFICOS DESTACADOS DE LA HISTORIA”

*Leonor C. de Cudmani**

Resumo: Se plantea la influencia que podría tener en la Educación Científicas las nuevas concepciones sobre el grado de verdad del conocimiento científico. Los modelos constructivistas plantean una sana relativización de las ideas de racionalidad, proceso, verdad etc.; pero ¿hasta dónde es razonable llevar esa relativización? El debate está instalado en los asientos académicos, en los medios, en los niveles de decisión sobre políticas educativas. ¿Deberíamos preparar a los futuros profesores para situarse críticamente ante esta cuestión?

Unitermos: Educación Científica; Conocimiento Científico, Formación de Profesores

Abstract: *The article discusses the influence that could really have in scientific education the degree of truth of new scientific conceptions. Constructivistic models outline a relativistic position for rationality, progress and truth, but, hich is the limit for this position? The debate is installed in academic environments, at the media and at the levels of decision in educational policy. Should we prepare future professors to construct critical positions to this question?*

Keywords: *Scientific Education; Scientific Knowledge; Teachers Formation*

Introducción

En los últimos años se ha venido registrando en la sociedad, en los medios, en los ámbitos académicos y en ciertos niveles de decisión sobre política educativa una suerte de desvalorización de las ciencias, un permanente cuestionamiento a los valores que la caracterizaron: Objetividad - Precisión - Racionalidad - Progreso - Verdad

La sana crítica que científicos y epistemólogos han venido haciendo a posturas extremas y absolutas en la interpretación de estos valores ha llevado también a enunciar posturas relativistas extremas.

En este trabajo se analizarán aspectos referidos a la “verdad” científica.

¿Cómo afecta o podría afectar esta tendencia a la educación científica?

El problema de la relación entre la realidad y el mundo con las teorías y concepciones de la Ciencia aparece reiterativamente en la Investigación en Educación en Ciencia:

* ¿Cómo salvar la brecha lógica entre las proposiciones conceptuales, a las que se arriba en base a sistemas teóricos y modelos, con la situación fáctica a que se aplican?.

* ¿Cómo conciliar la Física del aula del libro del profesor con la Física de la experiencia del alumno?

* ¿Cómo evitar que las formulas y los algoritmos matemáticos, computacionales, se vacíen de significados físicos?

* *Directora de la Maest. en Enseñanza de las Ciencias, FaCEyT, Univ. Nac. de Tucumán, Tucumán, Rep. Argentina (e-mail: Lcudmani@herrera.unt.edu.ar)*

Son cuestiones que sin duda tienen incidencia en la enseñanza y el aprendizaje.

En el II Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias (Córdoba, Argentina, Setiembre de 2000) que se desarrollara bajo el lema: "Ciencia para todos: calidad y equidad", los principales expositores (2000 Gil Pérez, A.; 2000 Pozo J.) han coincidido en sostener que uno de los más fuertes argumentos que sostienen la necesidad de "la ciencia para todos" consiste en la necesidad que los ciudadanos sean capaces de "entender el mundo para poder tomar decisiones fundadas sobre él".

Esta afirmación lleva implícita la creencia de que la ciencia tiene algo que decir acerca de la realidad, acerca del mundo. Tiene algún "valor de verdad".

Por otro lado cada vez se pone más en evidencia la importancia que tienen las creencias explícitas o implícitas de investigadores, docentes y alumnos sobre el conocimiento científico, en la Educación en Ciencias (1993 Gil Pérez D.; 1992 Mathews 1985 - 1992 Hodson D. 1991 Cleminson A.; 1998 - 1999 Colombo de C., L.; 1989 - 2000 Colombo de C. L.; Salinas de S., J.; 1993, 1994, 1995 Salinas de S., J, Colombo de C., L.).

¿Qué sabemos respecto de las creencias en relación a la "verdad" del conocimiento científico, entendido en este caso como correspondencia entre el mundo y el conocimiento que de él nos proporciona la ciencia?

Las investigaciones (1992 Loving; 1998 - 1999 Colombo de C., L. 1994 - 1995 - 1998 - 2000 Colombo de C., L., Salinas de S., J.) coinciden en mostrar que la mayoría de los docentes y estudiantes de Ciencias Naturales comparten la creencia de que el saber científico es "verdadero". Conceptos, leyes y teorías son constitutivos del mundo y los científicos se limitan a "descubrirlo". El supuesto básico es: existe un mundo real que es cognoscible mediante la razón humana.

"Fuerza, inercia, gravedad no son construcciones mentales sino entidades realmente existentes que revelan una estructura causal del mundo y permiten una explicación mediante estos mecanismos causales" (1998 - Rodríguez da Silva, p. 8).

Se entiende así la gran frecuencia con que aparece en las investigaciones educativas la creencia de que el método científico comienza con la observación.

Se ha puesto mucho énfasis en la necesidad de superar estas concepciones de un realismo y un positivismo ingenuo, reemplazándola por una concepción constructivista en que el conocimiento científico es considerado una construcción o reconstrucción conceptual del mundo. Pero, hasta qué punto puede llevarse esta sana relativización de la "verdad fáctica".

Desde campos como el de la Historia y sobre todo la Sociología de la Ciencia se sostiene posiciones que están en el otro extremo:

Es una ilusión pensar que el mundo real ejerza alguna función en la formación y la aceptación de las creencias científicas porque lo que consideramos ser el "mundo" y nuestras "evidencias" acerca de él no existen independientemente de nuestras propias creencias científicas (o modelos mentales)" (Latour citado por Salles o Barra 1998).

Así, el relativismo radical niega toda relación entre el mundo y el conocimiento científico. Este sería una construcción de un grupo sociocultural, al que se llega por consenso, sin ningún correlato con lo real (posición anti-realista y escéptica).

Frente a estos cuestionamientos, me pareció interesante investigar si los científicos se plantearon esta problemática y cuál fue la posición por ellos asumida.

La primera parte de este trabajo se referirá a testimonios históricos al respecto. Es muy notable que las figuras paradigmáticas de la ciencia, esas que dieron su nombre a leyes y teorías como: Newton, Heisenberg, Dirac o Hawking, sí se plantearon explícitamente la cuestión.

Veamos algunos ejemplos seleccionados a partir del Renacimiento: que es cuando los temas científicos comienzan a diferenciarse significativamente de los filosóficos. Veremos a través de estos testimonios cuán fuerte es la influencia de estas creencias en la etapa heurística de la investigación, es decir en la instancia de la formulación de la hipótesis.

En los orígenes de la ciencia moderna el concepto de verdad fáctica no se diferenciaba substancialmente del concepto de VERDAD, con mayúscula. La naturaleza era, por sobre todas las cosas, la Creación divina. Ante esta concepción resultaba inconcebible investigar la “verdad de las cosas y el mundo” prescindiendo de Dios. Así en su obra *Mysterium Cosmographicum* (Cap. IV) Kepler sostiene que “Dios ha creado el Universo siguiendo un orden y ha dotado al hombre de capacidades para percibirlo” ... “Pienso que la mayoría de las causas de las cosas que hay en el mundo podrían deducirse del amor de Dios hacia los hombres... Por ello creo que la Tierra ... fue hallada por Dios digna de girar en mitad de los planetas de modos que hay tantos en el interior como en el exterior de su trayectoria”. (Carpar M. 1950).

Por otra parte Heisenberg refiriéndose a la obra de Newton “Principios matemáticos de la Filosofía natural” considera que él conserva su fé en un Dios personal y las leyes naturales no son más que medios para el cumplimiento de sus fines (1985 Heisenberg).

La conclusión de la obra de Kepler, “Armonía del Universo”, tiene como broche final las palabras que siguen:

Tè doy gracias a ti, Dios señor y creador nuestro, porque me dejas ver la belleza de tu creación, y me regocijo con las obras de tus manos. Mira, ya he concluido la obra a la que me sentí llamado; he cultivado el talento que Tú me diste; he proclamado la magnificencia de tus obras a los hombres que lean estas demostraciones, en la medida en que pudo abarcarla la limitación de mi espíritu. (1619 Kepler)

Para Kepler el objetivo de la ciencia es la elevación espiritual en la contemplación de la perfección divina y su criterio de verdad es el “a priori”. Hay un cierto menosprecio hacia lo empírico. La experiencia lleva de modo fortuito a descubrir hechos que sólo se comprenden a partir de principios apriorísticos. De allí la gran valoración de las relaciones entre las cantidades y las figuras geométricas.

“La geometría eterna como Dios y surgida del espíritu divino, ha servido a Dios para formar el mundo, para que este fuera el mejor y el más hermoso, el más semejante a su creador” (op. cit.).

Esta vinculación de las verdades de la naturaleza con las concepciones de la geometría es una idea fuerza que perdura desde entonces. En su libro “¿Es Dios un geómetra?”, Ian Stewart y Martin Golubitsky (1995), reproducen una cita de Paul Dirac:

“Para explicar la situación podríamos decir, quizás, que Dios es un matemático de muy alto nivel que se sirvió de una matemática muy avanzada para construir el universo” (1930 Dirac citado por Stewart y Golubitzky 1995, p. 13).

Volveremos más adelante sobre esta cuestión.

Pero en pocos años más esta concepción de la naturaleza y por ende de la noción de la verdad fáctica cambia substancialmente.

Con el método experimental de Galileo se comienza a profundizar un proceso en que los sistemas físicos se modelan de modo de aislar algunos aspectos de la realidad, e identificar ciertas magnitudes significativas lo cual permite describir matemáticamente y en base a esto explicar los procesos naturales con mayor precisión y objetividad. Por cierto que para lograrlo ha sido necesario hacer fuertes recortes a la realidad en su total complejidad. De allí que Newton se compare con un niño que juega en la playa y se alegra cuando encuentra un guijarro más pulido que otro o una concha más hermosa que de ordinario, mientras el gran océano de la verdad se extiende ante él inexplorado.

La verdad fáctica se alcanza por la observación y la experimentación y las conclusiones son generales y necesarias “A todo discurso debe preceder la observación y el experimento”.

Veamos lo que afirma Sagredo al comienzo de la “jornada primera” en “Diálogo sobre los dos sistemas máximos”.

SAGREDO: “Siempre me ha parecido la mayor soberbia querer tomar a la humana capacidad de concebir como suprema regla de lo que la Naturaleza es capaz de obrar, siendo así que, por el contrario, no se da en la Naturaleza ningún fenómeno, ni siquiera el más insignificante, cuyo completo conocimiento pudiere ser alcanzado por la más profunda meditación. La frívola fatuidad de querer entenderlo todo sale tan solo de la completa carencia de cualquier conocimiento. Si uno hubiera intentado una sola vez entender perfectamente una cosa, y hubiera llegado a gustar verdaderamente cómo está hecho el saber, se daría cuenta de que no entiende ninguna de las demás infinitas verdades”

Aquí parece claro que si bien Galileo considera que el conocimiento que alcanza corresponde a la verdad en la naturaleza, no se le escapa que su conocimiento está reducido a ámbitos muy limitados entre las “infinitas verdades”.

Por otra parte en una carta a Carcarille de 1637, Galileo sostiene:

“Si luego, la experiencia muestra que las propiedades que nosotros dedujimos se confirman para la caída libre de los cuerpos naturales, podemos afirmar sin peligro de error que el concreto movimiento de caída es el mismo que nosotros definimos y presupusimos; si no es aquel el caso, nuestras demostraciones, cuya validez se refería pura y simplemente a nuestras suposiciones, no pierden nada de su fuerza ni de su rigor, tal como a los teoremas de Arquímedes sobre la espiral no les daña en lo más mínimo el hecho de que no se encuentre en la Naturaleza ningún cuerpo dotado de un movimiento espiriforme”.

Heisenberg manifiesta su admiración ante la claridad y la precisión con que Galileo es capaz de valorizar la alternancia entre la hipótesis y la experiencia: un principio

fundamental en el pensamiento científico contemporáneo. Pero Galileo deja bien en claro que la experiencia es “sin peligro de error” el criterio de verdad (1985 Heisenberg).

Quizás sea esta tenacidad en sostener como definitivo y verdadero el conocimiento confirmado por la experiencia, como verdadero no como hipótesis confirmada, perfectible y provisoria, lo que haya constituido una de las razones de su enfrentamiento con el Papa y con la Iglesia de su época.

En los años siguientes los grandes éxitos de la mecánica newtoniana tuvieron como consecuencia que sus métodos y principios se aplicaron con excelentes resultados a ámbitos cada vez más amplios. Los desarrollos tecnológicos ampliaron el alcance de los sentidos y permitieron el extraordinario éxito de la mecánica en el siglo XVIII con Laplace y Lagrange y el de la óptica y la termodinámica en el siglo XIX.

Pero, la idea de ciencia concebida como el camino para alcanzar la “verdad objetiva” que se proponía presentar un cuadro de la realidad, lo más vívido e intuitivo posible se fue modificando hacia una descripción matemática, una compilación lo más precisa y concisa posible que incluyeran todas las relaciones observadas. A la importancia de la observación y experimentación se suma la importancia de construir sistemas con alto grado de formalización y cuantificación.

Para esta concepción, la materia es el principio inmutable, invariable a través de todos los cambios fenoménicos. Sobre esta base, el materialismo de siglo XIX creó la imagen de un universo cuya realidad auténtica son los átomos en movimiento en el espacio y en el tiempo. Todos los fenómenos observables son sólo la consecuencia de sus posiciones relativas y sus movimientos.

El fracaso de la idea de éter y la necesidad de postular la existencia de los campos trajo las primeras dificultades frente a la concepción de verdad objetiva. Sin embargo, los campos todavía podían ser considerados como generados por los átomos y descriptos objetivamente como procesos en el espacio-tiempo.

Estas ideas se sostienen aún después del descubrimiento de la Radioactividad. Los electrones, los protones y los neutrones son ahora la última realidad objetiva.

La ciencia del siglo XX puso de manifiesto que esta imagen más o menos intuitiva de la realidad es demasiado burda para adecuarse a los hechos objetivos y debe dar lugar a concepciones de un grado mucho más alto de abstracción. La cuestión de si las partículas existen realmente en el espacio y el tiempo no puede plantearse del mismo modo. Heisenberg afirma:

“La noción de la realidad objetiva de las partículas elementales se ha disuelto por consiguiente en forma muy significativa, y no en la niebla de alguna noción nueva de realidad, oscura o todavía no comprendida, sino en la transparente claridad de una matemática que describe, no el comportamiento de las partículas elementales, pero sí nuestro conocimiento de dicho movimiento. Su ciencia no es más que un eslabón en la cadena sin fin de las contraposiciones del hombre y la Naturaleza, y no le es lícito hablar sin más de la Naturaleza “en sí”. La ciencia natural presupone siempre al hombre, y no nos es permitido olvidar que, según ha dicho Bohr, nunca somos sólo espectadores, sino siempre también actores en la comedia de la vida” (op. cit. p. 14).

Los entes que se concibieron como la última realidad objetiva, las partículas elementales, se resisten a una determinación precisa localizada en el espacio y el tiempo.

“El conocimiento científico no es aplicable más que a sectores acotados de la experiencia. La afirmación que a menudo encabeza los credos de nuestra época, por la que éstos se dan no como materia de mera fe, sino como saber científicamente acreditado, encierra por consiguiente una contradicción interna y se basa en una ilusión. (op. cit. p. 26)

El hombre es parte inseparable de esa naturaleza. No puede considerar entonces, a la ciencia fáctica, como un espectador externo y objetivo.

Cuando el científico estudia la naturaleza abstrae, explica, ordena y de este modo interactúa con su objeto de estudio y por lo tanto lo modifica. El método de investigación se vuelve así indistinguible del objeto de estudio.

Desde una posición bastante radical Heisenberg expresa, citando a Eddington,:

“Hemos visto que, cuando la ciencia ha llegado más lejos en su avance. Ha resultado que el espíritu no extraía de la Naturaleza más que lo que el propio espíritu había depositado en ella. Hemos hallado una sorprendente huella de pisadas en la ribera de lo desconocido. Hemos ensayado, una tras otra, profundas teorías para explicar el origen de aquellas huellas. Finalmente hemos conseguido reconstruir el ser que las había producido. Y resulta que las huellas eran nuestras”. (op. cit. p. 132)

Para otros científicos en cambio esta concepción no se ajusta al tradicional ideal de verdad de la ciencia y debe tomarse como una etapa de crisis que será seguramente superada. Por ahora lo que se impone es la posibilidad de representar matemáticamente los fenómenos de modo de poder prever con claridad y exactitud y sin contradicciones lógicas los resultados experimentales. Estos modelos constituyen sistemas de conceptos y leyes que sólo se aplican a sectores bien acotados de la experiencia y no puede esperarse que ellos necesariamente puedan ser aptos para representar sectores nuevos de la realidad.

Las leyes nuevas no son tan estrictas como las de la física clásica. El determinismo riguroso fue suplantado por leyes de probabilidad. Fue necesario repensar las nociones mismas de causalidad y separabilidad de los sistemas. Quedan sin embargo en pie los grandes logros de las teorías altamente formalizadas en la exactitud de sus descripciones y predicciones.

En una obra ya mencionada de Stewart y Golubitsky ellos señalan:

“Prácticamente toda la ciencia actual se basa en las matemáticas; precisamente, el nivel de madurez de una ciencia se valora a menudo según el nivel de matematización a que ha llegado. Incluso la biología, que tradicionalmente ha sido de lo menos matemático dentro de lo que se considera ciencia auténtica, ha alcanzado una mayor consideración en este sentido en la medida en que ha profundizado mucho más en las estructuras de procesamiento de la información que se dan en torno a la molécula de ADN. Las matemáticas en su forma más pura -la lógica- se encuentran en la base de la genética, de las teorías sobre la evolución y del significado de estar vivo y de ser humano”. (1995 Stewart y Golubitzky - p. 14).

En esta línea se inscribe la célebre frase que Dirac pronunciara en 1956 en la Universidad de Moscú,

“Toda ley física ha de poseer belleza matemática. El matemático juega un juego cuyas reglas ha inventado él mismo mientras que el físico juega un juego en el que las reglas las determina la naturaleza, sin embargo a medida que transcurre el tiempo se hace cada vez más evidente que las reglas que el matemático ha encontrado interesante, son las mismas que la naturaleza ha elegido” (1939, Dirac citado por Stewart y Golubitsky, 1995 p. 268).

Es difícil permanecer indiferente ante la extraordinaria frecuencia con que es posible interpretar la naturaleza mediante modelos matemáticos. Los estudios sobre simetrías y sistemas no lineales (teoría del caos) son excelentes ejemplos en la física contemporánea.

Pero cabe preguntarse ¿es ésta una tendencia del mundo natural o es el producto de la invención humana en su intento de ordenar ese mundo en categorías suficientemente sencillas como para que puedan ser abarcadas por nuestras mentes limitadas?.

En la obra antes citada, los dos científicos concluyen:

“Sin embargo, es mejor que no nos demos mucho crédito a nosotros mismos. No hemos inventado todas esas geometrías nosotros solos: las hemos robado. El mundo real nos ha dado pistas. A menudo, éstas han surgido en ámbitos muy distintos de la aplicación final que han tenido: la geometría euclidiana empezó como una técnica de agrimensura y culminó en el espacio-tiempo de Newton, la geometría no euclidiana empezó sin ningún reconocimiento como un instrumento para la navegación y ahora es la base que sustenta la teoría de la relatividad general. Sin embargo, parte del enigma de Wigner en torno a la exagerada eficacia de las matemáticas puede tener una respuesta más sencilla: las matemáticas son eficaces a la hora de explicar el universo, porque es de él de donde surgen. No obstante, esto no aclara la extraña manera en que las matemáticas parecen ampliar nuestras percepciones. Por otra parte, parece más lo que conseguimos a partir de una teoría matemática que lo que ponemos en ella, aunque todo lo que hacemos es sacar conclusiones lógicas de unos supuestos iniciales. (op. cit. p. 293)

Por otra parte una gran búsqueda de la ciencia contemporánea está centrada en las llamadas “teorías del todo”, ¿qué nos dicen los científicos que trabajan en ese campo acerca de la “verdad”?

Analizaré aquí lo que parecería ser el pensamiento de dos importantes científicos: Stephen Hawking y J. D. Barrow. El primero es un premio Nobel muy conocido, el segundo uno de los cosmólogos más prestigiosos de la actualidad, profesor de Sussex.

De las reflexiones de ambos puede inferirse que para ellos la búsqueda se refiere sin duda al comportamiento de un mundo físico real a cuyo conocimiento nos vamos aproximando cada vez más. Sin embargo existen matices diferenciales.

Hawking está lejos de ser un escéptico. Para él, el conocimiento científico ofrece perspectivas muy grandes de alcanzar esa verdad fáctica. En el primer capítulo en la “Historia del Tiempo”, nos dice:

“¿Qué sabemos del universo y cómo hemos llegado a saberlo?, ¿De dónde surgió el universo y adónde va?, ¿Tuvo el universo un principio?, ¿Llegará éste a un final?. Avances recientes de la física, posibles, en parte, a fantásticas tecnologías, sugieren respuestas a algunas de estas preguntas... Algún día, estas respuestas nos parecerán tan obvias como que la Tierra gira alrededor del sol o tan ridículas como una torre de tortugas. Sólo el tiempo lo dirá” (1988 Hawking p. 17).

Y concluye su obra afirmando:

“Si descubrimos una teoría completa, (y él espera que así será) con el tiempo, habrá de ser... comprensible para todos... Entonces todos, filósofos, científicos y la gente corriente, seremos capaces de tomar parte en la discusión de por qué existe el universo y por qué existimos nosotros. Si encontramos una respuesta a esto sería el triunfo definitivo de la razón humana porque entonces conoceríamos en pensamiento de Dios”. (op. cit. p. 223)

Hawking considera a la razón humana capaz de aprehender la verdad del mundo en su totalidad.

Más cauto parece Barrow al respecto. Para él, el conocimiento científico ha sido entrenado para responder de ciertas formas a particulares tipos de variables,

“...La información basada en los hechos, o estructuradas lógicamente, posee un marco previo en el que puede ser acomodado. Cuando cadenas de hechos pueden ser comprimidas algorítmicamente de modo significativo estamos en vías de crear una ciencia”. (1994 Barrow p. 223)

Sostiene, como vemos, que la ciencia resuelve sus problemas por aplicación sistemática de un procedimiento secuencial, esta exploración “en pos de la teoría del todo” podría descifrar el mensaje de la naturaleza en toda circunstancia pero sabemos que no es así.

Sólo las características del mundo que son computables o enumerables pueden formar parte de esta teoría.

“No toda característica del mundo es, o bien enumerable o bien computable. Por ejemplo la propiedad de una proposición de ser verdadera en un sistema matemático particular no es enumerable ni computable”.

“Uno puede aproximarse a la verdad con un grado de precisión cada vez mayor, introduciendo cada vez más reglas de razonamiento y añadiendo suposiciones axiomáticas adicionales, pero esta nunca podrá ser aprehendida por un conjunto finito de reglas. Estos atributos que carecen de las propiedades de enumerabilidad y computabilidad -las características “prospectivas” del mundo-, son los que no podemos reconocer o generar mediante series secuenciales de pasos lógicos. Ellos dan testimonio de la necesidad de ingenuidad y originalidad; pues no pueden ser abarcados por ninguna colección finita de reglas o leyes. Belleza, simplicidad y verdad son todas ellas propiedades prospectivas”.

“El alcance de las Teorías del Todo es infinito, pero limitado; hay partes necesarias de un entendimiento completo de las cosas, pero no son ni mucho menos suficientes para develar las sutilezas de un universo como el nuestro...”

No hay fórmula que pueda proveer toda la verdad, toda la armonía, toda la simplicidad. Ninguna Teoría del Todo podrá proveer nunca una penetración total. Pues el ver a través de todas las cosas nos dejaría sin ver nada en absoluto”.
(op. cit. p. 234)

Hasta aquí he considerado concepciones de los científicos. No cabe dudas que todas estas ideas sobre la verdad de nuestro conocimiento sobre el mundo físico, surgido de las ciencias y los científicos, han influido notablemente en el desarrollo de la Filosofía y la Epistemología de las ciencias naturales.

No voy a profundizar en esta oportunidad sobre la polémica actual de la Epistemología contemporánea. Analizar las ideas de Kuhn, Feyerabend, Lakatos, Laudan entre otros y sus consecuencias para la idea de verdad en ciencia sería tema para otro trabajo.

Sin embargo, quisiera plantear algunas cuestiones epistemológicas que sistematicen un poco todas las posiciones que he analizado.

¿Cuáles son hasta aquí los principales problemas que se plantean cuando se quiere establecer una relación entre las construcciones teóricas de las ciencias naturales y el mundo al que supuestamente se aplican?

Las teorías científicas son construcciones del intelecto humano, sujetas a cambios, perfectibles tanto en sus conceptualizaciones cuanto en sus cánones epistemológicos, fines y valores y ontologías subyacentes (1987. Laudan). Por otro lado ellas se refieren a un mundo físico que no dependería de estos cambios.

En una posición extrema el realismo radical, ingenuo e inductivista, sostiene que las teorías descubren o aspiran a descubrir lo que la naturaleza realmente es. Los átomos, los campos electromagnéticos, los genes o las especies biológicas realmente existen en la realidad, los científicos las “descubren” y con estos elementos construyen sus teorías. Las “teorías verdaderas” dan una descripción correcta de algún aspecto del mundo real. En esta teoría de la correspondencia las proposiciones son verdaderas si se corresponden con los hechos.

Bunge señala claramente las dificultades de esta concepción:

... Diremos que una proposición observacional es verdadera sí y sólo si concuerda con los hechos o expresa adecuadamente la situación a la que se refiere, o si recoge la observación efectiva. Pero ¿qué significa que una proposición recoge una entidad no conceptual como es un hecho?. Esta adecuación, concordancia o encaje es metafísico... ¿cómo podemos comparar dos objetos heterogéneos como son una idea y un hecho?... En cambio sí podemos confrontar una idea con su referente: pero también de un modo metafórico, porque lo que no podemos hacer es poner materialmente una enfrente de la otra en el espacio, pues las ideas no tienen existencia separada en el espacio físico” (1998. Bunge. p. 868).

Por otra parte Matthews sostiene que para que se pueda atribuir “realidad” (cierto valor de verdad) a las afirmaciones científicas es necesario que estas afirmaciones puedan

pasar con éxito todos los test experimentales relevantes, ser coherente con las demás teorías aceptadas, estar expresadas mediante raciocinios consistentes y precisos, preferentemente en lenguaje matemático (1994 Matthews).

Entendiendo la verdad como correspondencia Popper (1967) hizo una importante contribución a la idea de la ciencia como búsqueda de la verdad cuando reconoce la importancia de la idea de aproximación a la verdad o verosimilitud, a la que caracterizó en términos de consecuencias verdaderas y falsas de una teoría.

Pero falsear o confirmar una hipótesis es mucho más complejo de lo que parece. Para llegar a una proposición que pueda ser sometida a la verificación experimental es necesario introducir una serie de hipótesis auxiliares, lógicamente independiente aunque sólo sea referidas al funcionamiento de los instrumentos de medición.

Es decir que las proposiciones científicas no pueden falsearse o confirmarse aisladamente.

Quine expresa con claridad esta idea:

"Nuestros enunciados sobre el mundo exterior se enfrentan al tribunal de la experiencia sensorial, no de forma individual, sino en su conjunto. (...) Tomada colectivamente, la ciencia tiene una doble dependencia: del lenguaje y de la experiencia; sin embargo, esta dualidad no es fácilmente evidenciable en los enunciados de la ciencia tomados aisladamente" (1980 Quine).

Cuando un experimento contradice una teoría los científicos se plantean muchos interrogantes: ¿hubo errores en la forma de realizarlo?, ¿En la interpretación de los resultados?, ¿Falló la hipótesis a confirmar o alguna de las hipótesis auxiliares?. Cómo continuar la investigación no surge directamente del experimento.

De allí que haya que recurrir a un conjunto de pruebas, a la convalidación "cruzada" a través de múltiples experimentos independientes. Sólo de ese modo se hace posible que la teoría se afirme y sea aceptada.

Por su parte el instrumentalismo considera que el componente teórico de la ciencia, sus constructos, no describen la realidad. Son simplemente ficciones, instrumentos contruidos por los científicos que permiten relacionar estados observables con otros. Pero son ficciones útiles que permiten hacer predicciones sobre las manifestaciones observables de los sistemas naturales.

En la realidad existen las desviaciones de las agujas de los instrumentos, los planetas, las líneas espectrales. Los epiciclos, los electrones, los campos, los quarks no tienen este tipo de existencia.

El problema de esta concepción reside en que para los instrumentalistas las entidades observables se diferencian claramente de los constructos teóricos. La ciencia comienza con la observación, esta proporciona una segura base a partir de la cual derivar el conocimiento. Sin embargo hay mucha argumentación que demuestra que la observación depende de la teoría.

No cabe dudas que, frente a un hecho cualquiera, lo que se observa depende de la estructura cognoscitiva de quien observe y desde qué marco teórico se hace la observación. Basta con imaginarse qué observaría, ante una placa nuclear que muestra una estrella de desintegración: un físico nuclear, un científico no especializado, un hombre común o un niño. O bien qué observaría frente a un río un físico, un químico, un biólogo o un geólogo.

Por otra parte algunos observables que los instrumentalistas identifican claramente como tales: la velocidad de una bola de billar, por ejemplo, implica propiedades teóricas, algunas tan sofisticadas como la idea de un "límite matemático" en el caso de la velocidad, otras como el de la "rigidez", en el concepto aparentemente intuitivo y simple de "bola de billar".

Desde la sociología de la ciencia, el relativismo radical sostiene que la verdad de la ciencia no se refiere tanto a la correspondencia con la naturaleza cuanto a la búsqueda de consenso, a la posibilidad de convencer.

Ya mencioné al comienzo la radical posición de Latour (1987-1995) respecto a la verdad del conocimiento científico. La posición antirealista de Kuhn, compartida por otros pensadores contemporáneos, establece un paso desde el reconocimiento de que nuestras representaciones del mundo dependen de la teoría a que el propio mundo depende de esas teorías.

Contra esta posición Mario Bunge argumenta:

"Si no existe ninguna realidad independiente, si el mundo entero es una construcción social y si los hechos se reducen a proposiciones de cierto tipo es patente que no hay verdad objetiva alguna" (1998 Bunge p. 87).

Esta posición radical, del relativismo, ha recibido muchas críticas. Reconocer la importancia de las cosmovisiones de las distintas épocas y culturas en la reconstrucción teórica que la ciencia hace de la realidad no significa negar necesariamente la realidad del mundo y la posibilidad de intentar conocerlo.

Algunos autores (Salles o Barra 1999) vienen señalando ventajas del punto de vista realista. Permite explicar y comprender:

- * que muchas de nuestras creencias surjan espontáneamente
- * nuestra habilidad para perfeccionar el ajuste entre nuestras representaciones y la realidad.
- * el alto grado de precisión que han alcanzado muchas de las predicciones científicas.

De todos modos, es difícil que esta posición del relativismo sea compartida por los científicos que construyen el conocimiento en ciencias naturales.

El sociólogo que analiza y se inspira en las ciencias naturales:

"Da por descontado que el investigador científico busca la verdad, y admite que la organización social condiciona la investigación pero niega que ella dicte los resultados de la pesquisa o dictamine sobre el valor de verdad de los mismos."

Si no hay verdad objetiva, ¿por qué los investigadores se empeñan en poner a prueba sus conjeturas?. Si la verdad no es la moneda de la república de las ciencias, ¿cómo se explica que su falseamiento sea equiparado a la falsificación de la moneda corriente y castigado con el ostracismo de la comunidad científica?. Algunos acogen estos cambios con entusiasmo, porque juzgan que nos libran de las cadenas de la razón y de la contrastación de empírica. Otros deploramos esos cambios porque creemos que sólo la racionalidad y la contrastación empírica pueden ayudarnos a comprender mejor el mundo y a diseñar

un futuro en el que sea posible vivir. Como se ve, la elección entre ambos partidos no es un problema técnico sino parte de la elección entre dos concepciones del mundo”. (op. cit. p. 13).

El tema es sin duda para la polémica. Altamente cuestionador.

¿Pueden estas cuestiones marginarse en la formación de docente y estudiante de ciencias?

Si bien es cierto que científicos y educadores en ciencia difícilmente comparten estas visiones que están despojando a la ciencia de sus valores de verdad, de racionalidad, y de progreso (1999 Colombo de Cudmani, L.), es también cierto que estas ideas se manejan en ámbitos académicos y educacionales, se difunden en publicaciones periodísticas e inciden en ideas que la sociedad y la cultura se forman respecto de la ciencia.

Se difunde una concepción devaluada de la ciencia desde la concepción misma de sus modos de conocer.

Si nos preocupa la “formación científica para todos”:

¿Qué idea de ciencia vamos a transmitir?

¿Será esta concepción donde se han dejado de lado valores fundamentales, donde “todo vale”, donde cualquier conocimiento es igualmente válido como aproximación a la realidad?

¿No fueron esos valores de objetividad, de precisión, de racionalidad, los que le dieron a la ciencia y a la educación científica su potencialidad de instrumentar al hombre para interpretar y conocer el mundo y tomar decisiones en consecuencia?.

Y la pregunta clave de este contexto: ¿Deben quedar estas cuestiones sobre la verdad y la racionalidad marginadas de la sala de aula y de la educación en ciencias en general?. De hecho no lo están ni en el debate político institucional ni en el ámbito de los formadores de opinión.

¿Debemos preparar a los docentes de modo que sepan adonde acudir en procura de criterios adecuados para guiarlos?

Estas cuestiones no podrán ser eficientemente abordadas en las aulas de ciencias sino preparamos adecuadamente a los profesores.

“El profesor que no domina mínimamente esta idea y conceptos no podrá hacer otra cosa que abandonar a sus alumnos, y, ¿porqué no? A sí mismo, frente a una “elección infeliz”, puesto que no sabrá donde procurarse criterios adecuados para guiarlo” (1998 Salles o Barra p. 16).

El tema es altamente cuestionador y plantea múltiples facetas. La formación del docente de ciencias debería por ello prepararlos para que puedan enfrentarlas: “Un profesor de ciencia histórica y filosóficamente instruido puede ayudar a sus alumnos a comprender exactamente cómo una ciencia aprehende o no aprehende al mundo real, subjetivo y vivido. Un profesor sin esa instrucción deja a los estudiantes liberados a una elección infeliz entre rechazar por ser una fantasía su propio mundo o el mundo de la ciencia” (1994 Matthews p. 213).

Referência bibliográfica

BARROW, John D. *Teorías del Todo*. Barcelona: Editorial Crítica, Grijalbo. 1994.

BUNGE, Mario. *La investigación científica*. 3. ed. Barcelona: Ariel. 1973.

BUNGE, Mario. *Sociología de la ciencia*. Buenos Aires: Sudamericana. 1998.

CASPAR, M. *Bibliografía Kleperiana*. Munich. 1950.

CLEMINSON, A. Establahingan epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 27 n. 5, p. 429-445, 1991.

COLOMBO, L. C. de; SALINAS, J. S. de. Epistemología e Historia de la Física: justificación de su inclusión en curricula universitaria de Física. *Enseñanza de la Ciencia*, n. Extra, tomo 1, 1989.

COLOMBO, L. C. de. Concepciones sobre la racionalidad y el progreso de la ciencia y su influencia sobre la enseñanza. In: Simposio de Educación en Física - SIEF, 4., 1998, La Plata. *Memorias...* La Plata, 1998.

COLOMBO, L. C. de. Ideas epistemológicas de Laudan y su posible incidencia en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 17, n. 2, 1999.

COLOMBO L. C. de. Ideas epistemológicas de Laudan y su posibel influencia en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 17, n. 2, p. 327- 331, 1999.

COLOMBO, L. C. de; SALINAS, J. S. de - 2000 - Cambios en las concepciones de los estudiantes sobre la ciencia: resultados de una experiencia de Aula. *Rev. Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, p. 106- 113, mayo 2000.

CHALMERS, A. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* 2.ed. Madrid : Editorial Siglo XXI. 1982.

DIESCHL, R.; HAMILTON, R. *Phylosophy of science, cognitive science and educational theory and practice*. Albany: Sunny Press, N. Y. 1991.

DUSCHL, R. A. Science education and philosophy of science, twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics* v. 87, n. 7, p. 541- 555, 1985.

GALILEO, G. *Diálogo dei Massimi Sistemi*. Florencia, v.1, v.2. 1855.

GIL PEREZ, D. Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza: aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

HARRE, R. *History and philosophy of science in the pedagogical rocess science under scrutiny*. home RW (org) Reidel Dordrecht. p.139-157.1983. 1 CD.

HAWKING,S. W. *Historia del Tiempo*. Buenos Aires: Editorial Crítica, Grijaldo. 1988.

HEISENBERG, W. La imagen de la naturaleza en la física actual. Hamburgo: Versión original: Das naturbild del heutigen Physik, Rowahlrt Verlag .1985.HODSON, D. Phylosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, v. 12, p. 25-57, 1985.

HODSON, D. Philosophy of science and science education. *Journal of Philosophy of Education*, v. 20, n. 2, p. 241-251, 1986.

HODSON, D. Towards a phylosophicall y more valid science curriculum” - *Science and Education*, v. 72, n. 1, p. 25-57, 1992.

- LATOUR, B. *Science in action: how to follow scientists and engineers through society*. Cambridge: Harvard University Press. 1987.
- LATOUR, B. Who speaks for science. *The Sciences*, v. 35, n. 2, Marzo/ abril, 1995.
- LAUDAN, L. *Science and Values: the aims of science and their role in scientific debate*. Berkeley: University of California Press. 1987.
- LOVING, C. C. *From constructive realism to deconstructive antirealism: helping science teachers find a balanced philosophy of science teaching*. Canadá, v. 2, p.45-70. 1992
- MATTHEWS, M. History, Philosophy and Science teaching: the present rapprochement, los sonámbulos. *Studies in Science Education* - v. 18, n. 25-51, 1990.
- MATTHEWS, M. Historia, filosofía y enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, v. 12, n. 2, p. 255-277, 1994.
- MATTHEWS, M. *The role of History and Philosophy of Science: science teaching*. New York: Routledge. 1994.
- POPPER, K. *Conjeturas y refutaciones*. Buenos Aires: Paidós. 1967.
- QUINE. *Two dogma of empiricism from a logical point of view*. Cambridge: Harvard University Press. 1980.
- RODRIGUEZ, M. S. da. Relativismo e anti-relativismo na ciência... *Ciência e Educação*, v. 5, n. 1, 1998.
- SALLES, E. B. A realidade do mundo da ciência. *Ciência e Educação*, v. 5, n. 1, 1998.
- SALINAS, J. S. de; COLOMBO, L. C.; JAEN, M. Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas, *Rev. Brasileira de Ensino de Física*, v. 17, n. 1, 1995.
- SALINAS, J. S. de; COLOMBO, L.C. de. *Concepciones epistemológicas de los estudiantes en los ciclos básicos de Ingeniería*. Argentina: SIEF. 1994.
- SALINAS, J. S. de; COLOMBO, L. C. de. Epistemología e historia de la física en la formación de los profesores de física. *Rev. Brasileira de Ensino de Física*, v. 15, p. 1-4, 1993.
- STEWART, I.; GOLUBITSKY, M. *¿Es Dios un Geómetra?* Barcelona: Editorial Crítica, Grijaldo. 1995.
- WALLACE, W. A. *Galileo and his Sources*. Princeton University Press. 1984

Artigo Recebido em: 04/10/00

Artigo Aceito para Publicação em: 01/06/01