

ENSEÑANZA DE LA CIENCIA SIN EXPERIMENTACIÓN POR DEMOSTRACIÓN VERSUS ENSEÑANZA POR VIRTUALIZACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN

JORGE EDUARDO DUQUE PARRA*, PH.D., JOHN BARCO RÍOS**, M.ED.

Recibido para publicación: 05-09-2013 - Versión corregida: 29-10-2013 - Aprobado para publicación: 14-11-2013

Resumen

Se plantea el interrogante si la virtualización de la enseñanza debe primar sobre la enseñanza por demostración. Se argumenta que la demostración por experimentación es un ejercicio teórico-práctico inteligente porque le permite al estudiante observar, inferir y deducir desde lo real haciendo más objetivo y eficaz el aprendizaje, en tanto que la virtualización de la experimentación los elementos que se presentan provienen de segunda mano y carecen de la objetividad que brinda la palpabilidad de lo real. Se concluye que, acorde con el método científico, la enseñanza por demostración debe imperar sobre la enseñanza por virtualización.

Palabras clave: Enseñanza, educación, ciencia, método científico

Teaching science without experimentation by demonstration versus teaching by virtualization of the experimentation

Summary

The question arises whether the virtualization of education must take precedence over teaching by demonstration. It is argued that the experimental demonstration is a smart theoretical-practical exercise because it allows the student to observe, infer and deduce from reality becoming the learning process more objective and effective, while the virtualization of the experimentation, the elements coming from second hand have a lack

Referencia Vancouver:

Duque-Parra JE, Barco-Ríos J. Enseñanza de la ciencia sin experimentación por demostración versus enseñanza por virtualización de la experimentación. Arch Med (Manizales) 2013; 13(2):226-32.

Referencia Redalyc:

Jorge Eduardo Duque Parra, John Barco Ríos. Archivos de Medicina (Manizales). Volumen 13 N° 2. Julio-Diciembre 2013. ISSN versión impresa 1657-320X. ISSN versión en línea 2339-3874. Universidad de Manizales. Manizales (Colombia).

* Departamento de Ciencias Básicas. Programa de Medicina. Universidad de Caldas. Departamento de Ciencias Básicas. Universidad de Manizales. Departamento de Ciencias Básicas Biológicas. Universidad Autónoma de Manizales. Correo electrónico: jduqueparra@yahoo.com.mx

** Departamento de Ciencias Básicas. Programa de Medicina. Universidad de Caldas. Colombia. Correo electrónico: barco.john@gmail.com

of objectivity provided by the palpability of the real. We conclude that, according to the scientific method, teaching by demonstration should prevail on teaching by virtualization.

Key words: *Teaching. Education. Science. Scientific method.*

Introducción

Williams James solía predicar la “voluntad de creer”, yo, por mi parte, quisiera predicar la “voluntad de dudar”... lo que se persigue no es la voluntad de creer, sino el deseo de descubrir, que es exactamente lo opuesto.

Bertrand Rusell

¿Cómo saber si la ciencia que orientan los profesores universitarios está privada de la experimentación por demostración, o si la enseñanza debe guiarse por virtualización de la experimentación por demostración? Como el campo de la educación es tan extenso, una aproximación al interrogante se puede ilustrar en parte con la parábola del elefante: “A una aldea, en la que todos sus habitantes eran ciegos, llegó una vez un elefante, y los aldeanos se acercaron a palpar su inmensa presencia para enterarse, a su manera, de cómo era aquello. Uno palpó la trompa; otro, su interminable costado; otro más llegó hasta las orejas; y otro, incluso, pudo subir y pasearse sobre su lomo. Luego, las descripciones que hicieron fueron muy dispares: para uno de ellos el elefante era un gran tubo elástico que ondeaba en el aire, para el siguiente era una inmensa pared palpitante y rugosa; para un tercero era una gran vela carnosita, que azotaba el espacio con gran fuerza; el último de los investigadores desmintió a todos los demás diciendo que en realidad se trataba de una montaña en movimiento”¹.

Cada uno de los exploradores defendía su verdad con calor, mientras que aquellos que no se acercaron a palpar se aburrían con tanta discusión y se fueron a dormir, sin acabar de enterarse cómo era el elefante.

Verdades parciales, verdades momentáneas o temporales, porque la verdad absoluta se ha de confundir con lo inmenso en el espacio y en el tiempo. Los mejores de entre nosotros se acercarán a palpar esta verdad con mayúscula y luego intentarán contarnos lo que han tocado con sus manos tan pequeñas y tan temporales¹; pero si esta verdad momentánea que extraen es puesta por escrito, estará disponible en cualquier momento, podrá ser comparada con otras verdades y ser verificada o rechazada para convertirse en verdad del momento. Dicha verdad no puede ser una mera aplicación de los conocimientos científicos que están contribuyendo a una imagen distorsionada y empobrecida de la naturaleza de la ciencia (el elefante) y la tecnología, que consecuentemente pudieran llevar al desinterés e incluso rechazo hacia su estudio ².

Se puede asumir de la historia anterior que, aunque vivimos en sociedad con poetas, políticos, religiosos, filósofos, todos ellos con sus propias formas de conocimiento, y todas ellas válidas en sus propios dominios ³, el tener una visión única del mundo es un imposible, y dicha verdad puede ser anecdótica o caprichosa, llegando incluso a convertirse en algo tan peligroso como intentar conseguir la unidad a través de la confusión ⁴. Es preciso superar las visiones distorsionadas y empobrecidas de lo que constituyen las actividades científicas, ampliamente extendidas ⁵.

Esta confusión de aparentes verdades, que presentadas por personas no científicas o expertas en cada uno de los dominios del saber, conocedoras superficiales de algo y desconocedoras de la tradición escrita sobre ese algo, se convierte en mera opinión personal o en palabras que pueden transmitir muchos significados, algunos de los cuales son alegóricos o metafóricos, y las

personas pueden fabricar las metáforas más disparatadas³ con su enorme carga de subjetividad, que a muchos podrá parecerles verdad.

Aunque el aprendizaje de la ciencia en general es una construcción personal y social, producto de una deconstrucción permanente y continua de los modelos teóricos⁶; en el campo de las ciencias básicas (ciencias fundamentales) del área de la salud, las ciencias de la vida se fundamentan en la experimentación, en el ansia permanente de someter a prueba los viejos dogmas para establecer nuevas “verdades”. En consecuencia, la enseñanza debe incluir demostración para mantener avivada dicha ansia, pues la ciencia exige como mínimo el coraje necesario para poner en entredicho la sabiduría convencional, incluso la que el profesor demuestra y profesa. Así, se puede estudiar más críticamente, más objetivamente, examinando, buscando y comprobando las leyes. Este es el único camino conocido posible por la ciencia para llegar a comprender nuestro universo y el ser humano. Pero no debe confundirse la demostración con la virtualización, ya que por el momento no tenemos los medios disponibles para replicar al 100% lo real. Sin embargo, hay quienes creen que las teorías científicas son invenciones de los científicos construidas a partir de la observación y que luego son validadas mediante la experimentación, conciben la ciencia como apoyada en la naturaleza incierta de la evidencia científica⁷.

Las mayores críticas del currículo médico en la década de 1980 a nivel mundial se centraban, entre otros, en el exceso de confianza en el aprendizaje por memorización, y se argumentó reemplazar la disección con proyecciones y aprendizaje basado en computación, pero la disección adecuada contribuye a la moral, la ética, la aproximación humanística y la atención del paciente⁸. Esto no se logra con la virtualización, pues ésta nos muestra imágenes planas, no incluye la tridimensionalidad, la propiocepción, el olor y el tacto, entre otros sentidos; además, la enseñanza por demostración experimental no se limita a que los alumnos repitan una y otra vez las lecciones

aprendidas a manera de recetas, sino que les muestra cómo encontrar soluciones⁹ cuando se enfrenten a diversas situaciones reales.

Así pues, las prácticas por demostración experimental no consisten en meras demostraciones sin reflexión, sino más bien de un ejercicio teórico-práctico inteligente. De ello no se escapa la actividad que realizan los diversos profesionales de la salud, como el médico, la enfermera, el fisioterapeuta, el odontólogo, etc., pues su actividad, en tanto que tal, debe empezar y terminar viendo, tocando, oyendo y oliendo cuerpos humanos, y la técnica empleada para ello se convierte en un recurso inteligente para patentizar, asegurar y hacer efectivo y constatable el conocimiento de lo real¹⁰.

El que enseña ciencia y los que en ella se desempeñan, deben saber como mínimo el significado de lo que es la ciencia, y si pudieran al mismo tiempo hacerla, sería mucho mejor. Para lo anterior, los profesores de ciencia utilizan el método científico, buscando hechos que sean significativos en el sentido de conducir a leyes generales. Para este fin, el edificio de la ciencia exige el uso de la inducción y de la analogía. Estas formas de inferencia, más que de deducción, son las que deben ser examinadas si hemos de captar el mundo de la ciencia u otro que no sea el de los sueños¹¹.

Pero esta inferencia desde lo real es mucho más objetiva y eficaz que cuando se hace desde lo virtual, pues cuando se realiza desde éste campo se altera significativamente el aprendizaje, porque la demostración desde la virtualidad carece de elementos de primera mano y las leyes obtenidas serían de segunda mano, por ser precisamente un acercamiento virtual. Si la mente construyese significados virtualizando la realidad extracorpórea más desvirtuada sería, aun si construyese virtualizaciones a partir de otras virtualizaciones.

El método científico es natural. El primer ser humano que dijo: “el fuego quema”, estaba empleando en esencia dicho método, sobre todo si había decidido quemarse varias veces. Este

ser humano tuvo que pasar por los períodos de observación y de generalización; de cierta manera estaba buscando leyes. Para llegar a establecer una ley científica se reconocen tres etapas: la de observar los hechos (reales) significativos, la de sentar hipótesis que expliquen tales hechos y, finalmente, la de deducir de esas hipótesis consecuencias que puedan ser puestas a prueba por la observación.

Esto sería lo ideal en la educación, pero las premuras de asumir todos los contenidos curriculares y la carencia de recursos en los laboratorios para la demostración, llevan a que la docencia se convierta en monólogos del profesor dirigidos al estudiante. Pero los hechos y las hipótesis no están aislados, existen dentro del cuerpo general del conocimiento científico¹¹ y, como tal, deben enfrentarse en la enseñanza por demostración, no solamente por teorización. Entonces, ¿para qué desproveer de la experimentación los hechos reales cambiándolos por virtuales en la enseñanza? Una posible explicación a este interrogante surge de lo acontecido en la Universidad de Cambridge, cuando se propuso por primera vez crear un laboratorio. Allí, el matemático Todhunter objetó que era innecesario para los estudiantes ver realizar los experimentos, ya que los resultados podían ser atestiguados por sus profesores, todos ellos de la más alta autoridad académica (nosotros también podríamos argumentar algo semejante para las asignaturas que regentamos, utilizando películas, videos, etc.). Dichos matemáticos consideraban el argumento de autoridad, aunque no es para disentir el que exista el cabo de hornos, el desierto del Sahara, los polos o el cerebro humano, sin necesidad de ir allí o abrir un cráneo para atestiguarlo. Pero la mayoría de nosotros dependemos inevitablemente de la experimentación. Por ejemplo, sabemos que nuestro sol esta separado de nosotros por un enorme espacio y que no lo podemos tocar directamente; sin embargo, percibimos los efectos de la radiación que abandonó esa estrella minutos antes de llegar a la tierra y que estimula nuestras retinas y nuestra piel; no obstante, a partir de estas sensaciones inferimos la existencia del sol. En

igual hilo conductor, también puede pensarse en los niños que creen que hay otro niño detrás del espejo, y aunque han llegado a esta conclusión por un aparente proceso lógico, esa conclusión, sin embargo, es equivocada.

Los ejemplos anteriores nos indican, en parte, que la experimentación por demostración es base fundamental para contrastar nuestra vivencia mental por razonamiento. La ciencia que conocemos hoy ha sido empírica y se cree únicamente en aquello que puede ser verificado y las inferencias no pueden ser demostrativas sino en el mejor de los casos probables¹². ¿Qué sucede entonces con aquellos profesores de ciencia que le omiten a sus estudiantes la demostración real de lo que enseñan?, ¿qué orientan acaso: ¿ciencia o creencias por fe sin razonamiento?

Es ampliamente reconocido el papel preponderante que juegan los modelos en la construcción de la ciencia, los roles que estos pueden tener, la producción y uso de modelos como característica de la ciencia¹³. Es así como el método científico está íntimamente ligado con la virtud social de la imparcialidad, pero ¿qué sucede si la quitamos? La imparcialidad quedaría restringida entonces a los que ostentan el título de profesores. Si se niega que la demostración de una proposición es concluyente, podrá considerársela como sometida a ulterior proceso, pues habrá que buscar demostraciones más sólidas, que de no encontrarse deberá sostenerse que la proposición examinada no formaba parte de la ciencia⁴.

Aunque se trate de enseñar lo mejor posible pero sin hacer prácticas demostrativas de lo real, estaremos muy lejos de generar una visión del mundo basada en la ciencia; pero es evidente que el proceso discursivo por sí solo no garantiza el aprendizaje, porque éste siempre forma parte de una intención didáctica que se materializa en cierta estrategia, como el uso de analogías, actividades de contextualización, entre otros¹⁴; además, porque hay poco interés político en asumir el costo de producirla (y de enseñarla con demostraciones reales). Nos

encontramos en un lento tránsito de la visión mítico-mágica del mundo heredada de antiguas culturas, lo que nos aleja de la visión actual fundamentada en el conocimiento científico.

La ciencia sólo puede aprenderse haciéndola o rehaciéndola, y para ello la demostración experimental real es fundamental; mientras que quienes se encargan de la alfabetización tecnológica comparten concepciones distorsionadas y empobrecidas de la tecnología, concebida como simple aplicación de conocimientos científicos que obstaculizan una enseñanza capaz de favorecer una inmersión en la cultura tecnocientífica, de generar interés y de favorecer el aprendizaje².

El centro de gravedad de cualquier actividad científica es la objetividad, es decir que sea demostrable, usando los métodos a su alcance para evitar juicios errados, concentrarse en demostraciones "palpables". Precisamente en eso difiere la ciencia fáctica de otras disciplinas metacientíficas o paracientíficas, las cuales carecen de sistemas de comprobación objetivada por la experimentación¹⁵. No se debe pensar en que las demostraciones deben llevar siempre a generar utilidades económicas y de aplicación inmediata (como sí lo hacen algunos burócratas de instituciones gubernamentales y universitarias), pues las leyes de la gravitación universal no fueron postuladas para realizar vuelos espaciales, ni la invención del microscopio para el desarrollo de antibióticos, ni el telescopio para los viajes espaciales. Cualquier actividad que se haga y que no esté encaminada al conocimiento de la naturaleza mediante demostraciones objetivas y verificables, estará fuera del ámbito de la ciencia, de ahí que la filosofía y la religión no sean consideradas científicas. El profesor de ciencia se dedica a utilizar métodos mentales y técnicas de observación que el éxito y la experiencia han validado como particularmente bien adaptados para describir e intentar explicar la construcción de la naturaleza³. En modo alguno puede concebirse la tecnología como mera aplicación de los conocimientos científicos, pues no debemos ignorar ni minusvalorar los procesos de diseño necesarios

para convertir en realidad los objetos y sistemas tecnológicos y para comprender su funcionamiento². En concordancia con ello, la educación por demostración real contribuye a fundamentar la realidad y escapar del mito y la superchería; sin embargo, los intentos de algunos por demostrar objetivamente lo erróneo de los postulados dogmáticos en la gente del común, llevan a que estos reaccionen con enojo, considerando a la ciencia como enemiga e incomprensible, y mantienen en su mente ideas que perpetuarán el mito en lugar de un conocimiento basado en la ciencia. De ahí que tantas personas creen en la astrología, la telequinesis, la telepatía, los poderes del triángulo de las Bermudas, la numerología, la meditación trascendental, la canalización espiritual, la gemoterapia¹⁵ y la existencia de una deidad regidora y controladora, aspectos que no son demostrables por experimentación y ni siquiera válidos desde el sentido común.

Considérese ahora el lado opuesto de la teorización: la demostración. Algunos creen que se deben formar estudiantes para que sean fuertemente pragmáticos, lo que sería ir en contravía de la evolución pensante del ser humano. En el caso de los que se forman en Medicina, por ejemplo, se ha señalado que el médico ideal será aquel que no sólo sabe curar la enfermedad, sino que también sabe cómo curarla. La técnica es un saber hacer algo sabiendo con rigor científico lo que se hace¹⁰, y en el caso de la Medicina que involucra la ciencia, lo que se verifica no es una ley aislada sino una teoría entera. Si en algunos casos la teoría parece constituir aquel momento que antecede a la práctica, en otros el momento inicial de la investigación es de carácter técnico-experimental y la exigencia de una teoría rigurosamente demostrada no interviene más que en la fase conclusiva.

El amor al conocimiento se logra por el examen o inspección de las cosas, un examen que los griegos llamaron *theoría*¹⁶. Conocer, en términos generales, es en cierto modo dominar, es controlar el medio, es también un modo importante de establecer vínculo con los demás¹⁷.

La inspección cada vez más minuciosa de las cosas se asocia con la ciencia, en la que el objetivo primario es la explicación del mayor número posible de fenómenos del Universo con arreglo a un modelo¹⁸. Así, la ciencia, aunque arranca de la observación de lo particular, no está ligada esencialmente a lo particular sino a lo general¹⁹. La ciencia está relacionada con el hecho de hacer “la clase de pregunta correcta”, de manera que la respuesta pueda ser convenientemente evaluada. Si el profesor y el estudiante participan activamente en estas discusiones comprenderán ampliamente lo que involucra la ciencia, de mejor manera que si aprendieran un conjunto de cosas ya definidas por otros²⁰, como suele presentarse con la virtualización.

La educación es el medio para transmitir a las nuevas generaciones los conocimientos, los valores y las habilidades de los antepasados²¹. En los devenires de la exploración, allí está implícita la educación y cubre dos procesos por completo distintos e igualmente necesarios: la socialización y la individualización²², debiendo haber algo en común –la tradición– para que una comunidad avance. Enseñar se ha asociado tradicionalmente con la simple transmisión de conocimientos (teorizar), pero éste es un hecho desafortunado, especialmente para la ciencia, la cual, por su naturaleza, es una actividad de constante búsqueda de la “verdad” a través de prácticas que lleven al estudiante a adquirir hábitos de análisis y crítica ante los distintos fenómenos y situaciones observadas³. El estudiante necesita aprender los hechos reales acerca de nuestro mundo²⁴, con lo que se concluye que el aprendizaje de la ciencia se ve favorecido si es abordado en conexión con el contexto natural y sociocultural del alumnado⁷, pero lo que más falta le hace es una pauta de referencia: una base que le permita entender cómo encajan esos hechos entre sí en un todo comprensible²⁴. En conclusión, los estudiantes universitarios de ciencias deberían recibir en su formación más desarrollo epistemológico, en lugar de un conocimiento científico descrito como objetivo y universal⁷.

Tratar de poseer todo el conjunto de conocimientos actuales es imposible; además, el hecho de poseer una serie de datos no es suficiente para calificar a una persona de conocedora de la ciencia²⁰. Es mejor saber poco pero bien comprendido, en especial por demostraciones experimentales reales, pues la ciencia avanza por reconstrucción, no por acumulación²⁵ y su motor es la investigación, aún si a veces da reversa²⁶.

Conclusión

Para que los profesores de hoy logren cautivar las mentes de sus educandos y las de las futuras generaciones, tendrán que transmitir en forma directa la alegría de sus investigaciones y la espléndida sensualidad de las mismas, sin virtualizarlas. El profesor tiene que aprender a sentir para pensar²⁷ y esto se logra enfrentándose a la realidad con todos los sentidos disponibles. Sólo los que han experimentado de primera mano la adquisición de nuevos conocimientos en una disciplina son realmente capaces de apreciar la grandeza de la ciencia del pasado, así como de medir la importancia de sus gigantescos avances, comparándolos con los esfuerzos que ellos mismos tienen que realizar para ganar unos milímetros en la oscuridad que les rodea²⁸.

Si se piensa que la demostración virtual es mejor que la real, o que las demostraciones son sólo para repetir la receta de clase, se estará en un error, pues sea la teoría o sea la práctica, la educación no es un monólogo del maestro, pues la pedagogía no se deja aprisionar entre el engañoso positivismo de técnicas de enseñanza para el aprendizaje inmediato y útil²⁹. Asumiendo lo virtual se estaría alterando significativamente el aprendizaje, porque la demostración de la virtualidad carecería de elementos de primera mano que no toma lo real³⁰.

Conflictos de Interés: No presentamos conflicto de intereses.

Fuentes de financiación: Propias.

Literatura citada

1. Lorén S. **Del electrón a dios**. Barcelona: Plaza & Janes S.A.; 1968; p.13.
2. Ferreira-Gauchia C. **Concepciones acerca de la naturaleza de la tecnología y de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la educación tecnológica**. *Ensciencias* 2012; 30 (2):197-218.
3. Gould S. **Ciencias versus religión. Un falso conflicto**. Barcelona: Crítica; 1999. p.64.
4. Geymonat L. **Filosofía y filosofía de la ciencia**. Barcelona: Labor; 1970. p.129.
5. Fernández I, Gil-Pérez D, Carracosa J, Cachapuz A, Praia J. **Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza**. *Ensciencias* 2002; 20(3): 477-488.
6. Ravanal Moreno E. **Concepciones del profesorado de biología en ejercicio sobre el aprendizaje científico escolar**. *Ensciencias* 2012; 30 (2):33-54.
7. García-Carmona A, Vázquez Alonso A, Manassero Mas MA. **Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas**. *Ensciencias* 2012; 30(1):023-034.
8. Azis MA, McKenzie JC, Wilson JS, Cowie RJ, Ayeni SA, Dunn BK. **The human cadaver in the age of biomedical informatics**. *Anat Rec (New Anat)* 2001; 269: 20-32.
9. Rinderman H. **El desarrollo de la creatividad**. *Mente y cerebro* 2003; 2:38-39.
10. Laín-Entralgo P. **La Medicina actual**. Barcelona: Orbis; 1986. p.71.
11. Rusell B. **La perspectiva científica**. Madrid: Sarpe; 1983.
12. Rusell B. **Escritos básicos**. Barcelona: Aguilar; 1985.
13. Justi R, Chamizo-Guerrero JA, García-Franco A. **Experiencias de formación de profesores de ciencias latinoamericanos sobre modelos y modelaje**. *Ensciencias* 2011; 29 (3):413-426.
14. Mónaco S. **Comprender la comunicación para enseñar mejor. Acciones docentes apoyadas en la psicolingüística**. *Ensciencias* 2013; 31(2): 209-227.
15. Benítez L. **Una ruta hacia la ciencia. La preparación de un científico**. México: McGraw Hill; 2004.
16. Hoyos-Vásquez J. **Ciencia y Saber**. Simposio permanente sobre Universidad. Cuarto seminario general. Asociación Colombiana de Universidades (ASCUN). Bogotá: Corporación editorial universitaria de Bogotá; 1988-1990; p.9.
17. Rodríguez del Alisal M. **La moral de aprender**. *PHP* 1987; 8:4-13.
18. Stanley E. **El ocaso del determinismo**. En: Gardner M. **El escarabajo sagrado (II)**. Barcelona: Salvat editores S.A.; 1986.p.279-299.
19. Russel B. **La ciencia para salvarnos de la ciencia**. En: Gardner M. **El escarabajo sagrado (II)**. Barcelona: Salvat editores S.A.; 1986. p.411-455.
20. Sagan C. **Podemos conocer el Universo. Reflexiones sobre un grano de arena**. En: Gardner M. **El escarabajo sagrado (I)**. Barcelona: Salvat editores S.A.; 1986. p.5-121.
21. Palmero-Melquíades J. **Educación del adolescente**. *PHP* 1984; 5:64-75.
22. Rorty R. **Educación sin dogma**. *Facetas* 1990; 88:44-47.
23. Roldán PG. **La enseñanza de la biología el profesor de ciencias y los futuros científicos**. *Actual Biol* 1974; 3: 63-66.
24. Brooks C. **En defensa del canon**. *Facetas* 1992; 96:28-33.
25. Peña LB. **La Revolución del conocimiento y sus consecuencias en la Universidad**. Simposio permanente sobre Universidad. Cuarto seminario general. Asociación Colombiana de Universidades (ASCUN). Bogotá: Corporación editorial universitaria de Bogotá; 1988-1990. p.14-15.
26. Sin autor. **Equipo de pequeños científicos. Pequeños científicos en la escuela primaria**. *Colombia Ciencia & Tecnología* 2002; 20:28-35.
27. Root-Berstein RS. **Cómo descubrir el arte en la ciencia**. *Facetas* 1991; 92:44-47.
28. Oppenheimer JR. **La física en el mundo contemporáneo**. En: Gardner M. **El escarabajo sagrado (I)**. Barcelona: Salvat editores S.A.; 1986. p.217-234.
29. Borrero C. **Educación y política. La educación en lo superior y para lo superior**. Asociación Colombiana de Universidades (ASCUN). Bogotá: Corporación editorial universitaria de Bogotá; 1988. p.87.
30. Duque-Parra JE. **¿Es la clase magistral algo obsoleto en el campo de la enseñanza en Medicina?** *Medicina* 2013; 2:171-173.

