

Ciencia, pedagogía y cultura científica

Arnaldo **González Arias**
Francisco A. **Horta Rangel**

Es verdad lo que rebasa la prueba de la experiencia

Albert Einstein

¿Existe alguna forma simple de conocer si una propuesta que se publicita como científica lo es en realidad? Para promover la cultura científica es necesario, ante todo, tener una noción clara de la ciencia; solo así será posible diferenciar si un resultado propuesto como científico realmente lo es. Sin embargo, existen “teorías” supuestamente científicas que ni siquiera mencionan el método científico, ni proponen en su lugar algún otro procedimiento concreto de acción. Tampoco es raro encontrar en los medios de comunicación la oferta de algún producto o técnica que se presenta como científico sin serlo, pero adornado de forma tal con terminologías afines a la ciencia que impiden valorar fácilmente su autenticidad.

Recientemente se ha cuestionado si la pedagogía contemporánea y otras áreas o campos del conocimiento como las ciencias políticas son realmente ciencias o caen en el ámbito de las humanidades, ya que no logran encontrar relaciones generales de causa-efecto en su área de estudio ni hacer predicciones de algún tipo. En la pedagogía hay que añadir que es común tratar de generalizar soluciones sin tomar en cuenta las diferencias entre grupos de estudiantes; el historial docente puede ser muy diferente en diversos lugares, y también lo serán los resultados. Entonces, ¿cómo distinguir la ciencia de lo que aparenta serlo, pero no lo es? Cualquier ciencia debe cumplir una serie de normas que incluyen el estudiar entidades reales y estar basada en conocimientos anteriores y actualizados sobre el tema de que se trate; utilizar procedimientos escrutables, justificables y verificables, en lo esencial siguiendo el método científico; buscar leyes o su refinamiento; mantener una estrecha comunicación con otros investigadores y ser compatible e interaccionar con otras ciencias.



Avicena, "príncipe de los médicos", enseñando. Grabado de una edición latina del Canon, 1520-1522. Foto © Jean-Loup Charmet, Biblioteca de la antigua Facultad de Medicina, París. Tomado de *El correo de la UNESCO*, Año 33, España, 1980.

Para fomentar la cultura científica no basta con divulgar y popularizar la ciencia; también es necesario denunciar y criticar las pseudociencias.

CULTURA CIENTÍFICA

En 2005 la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe de la UNESCO publicó un extenso documento: "Cómo promover el interés por la cultura científica", accesible en <http://www.oei.es/decada/libro.htm>, sobre la necesidad de promover esta temática en la región, incluyendo recomendaciones. Los criterios allí expuestos se pueden resumir expresando que la cultura científica es necesaria por las siguientes razones:

- Con el fin de posibilitar el conocimiento de nosotros mismos y el mundo que nos rodea, creando así mejores condiciones de vida en lo individual.
- Con el objetivo de promover la toma de conciencia y la participación en los problemas que afectan a la comunidad y a la sociedad.
- Con vistas a facilitar la toma de decisiones de todo tipo, a cualquier nivel, sobre la base de criterios sólidos.

Un criterio adicional sería el de instruir a todos en cómo diferenciar la ciencia de las pseudociencias y pseudotecnologías, bastante extendidas en muchos lugares, con el fin de evitar posibles daños a la economía y a las personas (ver, por ejemplo, <http://www.fisica.uh.cu/rationalis/index.htm>).

Sin embargo, cuando nos referimos a la cultura científica, ¿existe alguna forma simple de conocer si una propuesta que se publicita como científica lo es en realidad? Aún más: ¿cuál es el criterio a seguir para identificar si una proposición concreta, incluso un determinado campo o área del conocimiento, es científica o no? ¿Es posible hablar de cultura científica si se desconoce el método científico?

No son preguntas ociosas. Actualmente es posible encontrar en los medios de comunicación la propuesta de algún producto, técnica o procedimiento "novedoso" que se nos presenta como científico, pero que en realidad no lo es. Se proponen pulseras holográficas, collares cuánticos, agua magnetizada o "productos naturales" capaces de aliviar diversas dolencias, mejorar el "balance energético" o recuperar el vigor sexual, prometiendo grandes beneficios con muy poco esfuerzo por parte del interesado. Por regla general, la aparente terminología científica con la que se adornan tales propuestas hace difícil discernir lo que hay de cierto en su discurso, aún para aquellos con formación científica en áreas relacionadas al tema.^{1,2,3}

La tergiversación no solo se refiere a productos o técnicas; también se extiende a algunos campos del conocimiento. Referencias recientes cuestionan el carácter científico de determinadas áreas del conocimiento como la pedagogía.^{4,5} Críticas similares también han aparecido en relación a las ciencias políticas.⁶

El principal inconveniente para alcanzar la categoría de ciencia que se atribuye a estas áreas del conocimiento es que, a diferencia de las ciencias reconocidas, no son capaces de predecir absolutamente nada. De aquí que muchos las consideren, en vez de ciencias, como pertenecientes a las Humanidades. Estas últimas (por ejemplo, el arte, la literatura, la filología, la lingüística) estudian particularidades; no intentan encontrar leyes o postulados universales; esa es la diferencia fundamental entre unas y otras. Lo que no parece ser impedimento para que en algunos lugares se otorguen títulos de "Doctor en Ciencias Filológicas" o "Doctor en Ciencias del Arte".

Por ejemplo, un procedimiento imprescindible en la investigación científica, empleado desde sus mismos inicios, es el uso de modelos. Un modelo es un esquema simplificado del fenómeno real; una primera aproximación a la resolución del problema. Posibilita su tratamiento matemático y la obtención de relaciones cuantitativas entre sus diferentes aspectos.

El refinamiento del modelo proporciona una mejor comprensión del fenómeno, encontrar relaciones cuantitativas más exactas y un acercamiento cada vez mayor a la realidad, que siempre es más compleja y nunca debe confundirse con el modelo. En consecuencia, la prédica de que el estudio de los fenómenos se debe llevar a cabo desde sus mismos inicios en toda su complejidad es, al menos, acientífica, por ser ajena a la historia de la ciencia y a la realidad de su desarrollo.

Son de uso común en cualquier sistema educativo, entre otros, los modelos ondulatorio y corpuscular de la luz, el modelo planetario del átomo, el modelo cuántico, los diferentes modelos macroeconómicos, el modelo heliocéntrico del sistema solar y el modelo del gas ideal. Sin embargo, es posible encontrar artículos y libros sobre pedagogía donde se llama “modelos” a lo que en realidad

son diferentes *métodos o sistemas* de enseñanza y no aproximaciones simplificadas de la realidad.^{12,13,14,15}

Algo similar sucede con la economía y los modelos matemáticos econométricos, donde el término “modelo” se emplea tergiversado como sinónimo de teoría o sistema económico (*i.e.*, modelo neoliberal, etc.) y no se ajusta a otros significados de la palabra. Esta práctica de utilizar conceptos propios de la ciencia con una acepción “novedosa” (existiendo ya la denominación precisa para hacerlo) no reconocida por las academias de la lengua, ni registrada en diccionarios o enciclopedias, también conspira fuertemente contra la diseminación de la cultura científica. El ejemplo anterior no es, ni mucho menos, el único. Entre otras tergiversaciones notables, vale la pena mencionar que algunos psicólogos han elaborado supuestas “teorías” curativas, divorciadas de la evidencia experimental, mediante la suplantación de los conceptos bioenergía y bioenergética. Otros no tergiversan; simplemente inventan energías inexistentes persiguiendo fines similares.^{16,17}

Ante estas realidades, ¿cómo orientarse hacia una correcta difusión de la ciencia y la promoción de una cultura científica popular?

¿QUÉ ES LA CIENCIA?

Para hablar sobre cultura científica es necesario, ante todo, describir adecuadamente qué es la ciencia. Una definición aparentemente válida, que resume otras –pero que resulta insuficiente, como se verá más adelante– es la siguiente: esfera de la actividad humana dirigida a la adquisición sistemática de nuevos conocimientos, reflejados en leyes e interpretaciones de todo lo que nos rodea. Una ley es un nexo estable y reiterado entre fenómenos; las leyes son relaciones universales de causa-efecto a cumplirse bajo condiciones determinadas. Hay muchas leyes y principios, tanto en las ciencias naturales como en las sociales; baste citar entre las primeras las de gravitación universal (Newton, física), la de las proporciones definidas (Proust, química) y las de la herencia (Mendel, biología). Ejemplos de las segundas son las leyes de Pareto o del 80/20 y la de Gresham (“el dinero malo expulsa al bueno”) en economía.

Las ciencias naturales estudian los aspectos físicos (no humanos) del mundo; incluyen entre otras la química,

De embryonis. Anónimo, 145 x 207 mm, 1347? Tomado de Pietro Corsi, *The Enchanted Loom*, Oxford University Press, Inc., New York, 1991.



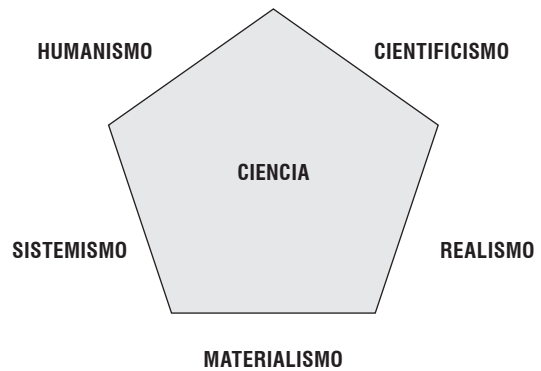
la física y la biología. las ciencias sociales estudian el comportamiento y actividades de los seres humanos no estudiados por las ciencias naturales. pertenecen a este grupo la economía, psicología, derecho y arqueología, entre otras. Las ciencias de la salud incluyen en su seno tanto ciencias naturales como sociales, más otras específicas como la anestesiología, la cirugía o la bromatología, hasta llegar a unas treinta.

Es de notar que algunas ciencias, como la geografía, a veces aparecen clasificadas como naturales y otras como sociales. No deben confundirse las ciencias con las humanidades (arte, literatura, etc.); como se dijo anteriormente, estas últimas estudian particularidades sin pretender encontrar leyes o postulados universales. Paul G. Hewitt, autor de libros de enseñanza de la física y ganador de varios premios en la temática, proporciona una definición de ciencia un poco más completa, pero que aún no resulta totalmente suficiente y no será analizada en detalle.¹⁸

¿CÓMO AVANZA LA CIENCIA?

La Figura 1 muestra esquemáticamente algunos criterios generales que condicionan el progreso científico desde una visión naturalista o materialista del mundo; la otra posibilidad es la visión supernaturalista o idealista, poco compatible con el método científico (ver más adelante).

La forma usual de comprobar en la práctica las ideas sobre las cosas reales tiene que ver con el método científico, analizado más adelante. Hay algunas pseudociencias que en principio practican el método científico, aunque solo sea parcialmente o aplicando procedimientos erróneos; es por eso que las discusiones sobre la búsqueda de criterios para separar la ciencia de lo que no lo es han sido bastante extensas en los últimos años. A nuestro entender, el más completo de estos criterios ha sido propuesto por Mario Bunge, quien considera que toda ciencia debe cumplir necesariamente una serie de normas o requisitos y no se puede diferenciar de lo que no es ciencia a partir de un solo criterio. Bunge desautoriza con argumentos muy sólidos propuestas anteriores como las del Círculo de Viena (liderado por Carnap) y los posteriores de Karl Popper y seguidores. En lo esencial, estos autores consideran que los enunciados científicos se pueden diferenciar de los no científicos a partir de un



Materialismo: el universo está compuesto por cosas concretas, materiales, que se comportan con arreglo a leyes.
Realismo: el mundo existe con independencia de quienes lo investigan y puede llegar a ser conocido, al menos gradualmente.
Cientificismo: indica racionalismo (consistencia interna de las ideas y su coherencia lógica) y empirismo (toda idea acerca de cosas reales debe ser comprobada en la práctica).
Sistemismo: diferentes aspectos de la ciencia conforman un sistema, de forma que las teorías científicas no entran en conflicto entre sí.
Humanismo: que puede resumirse en la máxima "persigue tu propio bienestar –biológico, mental y social– y el de los demás", y abstente de causar daños innecesarios. ¹⁹

Figura 1. La matriz filosófica del progreso científico.

solo criterio, la refutabilidad o falsabilidad, o la reformada demostrabilidad o comprobabilidad.^{20,21,22,23}

CAMPOS DE INVESTIGACIÓN Y PSEUDOCIENCIA

Para definir la ciencia, Bunge reconoce la existencia de una familia de *campos de investigación* que poseen las siguientes características:*

1. Cada uno de ellos está formado por una comunidad de investigadores, personas que han recibido instrucción especializada y mantienen lazos estrechos de comunicación entre sí.
2. La sociedad alberga y fomenta (o tolera) la actividad de esta comunidad.
3. Se investigan entidades reales y no ideas que "flotan" libremente.
4. Todo cambia según ciertas leyes, no hay nada inmutable o milagroso; el conocimiento refleja la realidad, no es subjetivo.

* Con el fin de facilitar la comprensión del lector se han sustituido u omitido términos muy específicos, propios de la filosofía o campos afines.

5. La investigación se desarrolla a partir de una colección de teorías lógicas y matemáticas actualizadas, no obsoletas.

6. Emplea una colección de datos, hipótesis y teorías razonablemente bien confirmadas (aunque corregibles), junto a métodos de investigación eficaces, producidos en otras áreas de investigación.

7. Únicamente estudia problemas referentes a la naturaleza de entidades reales de su campo de investigación o de algún otro.

8. Se basa en conocimientos previos actualizados y comprobables (aunque no definitivos).

9. Tiene por objetivo descubrir o utilizar leyes y tendencias, sistematizar hipótesis generales y refinar métodos de investigación.

10. La metodología empleada consta exclusivamente de procedimientos escrutables (controlables, analizables, criticables) y justificables (explicables), en primer lugar mediante el método científico.

11. Para cada campo de investigación, existe al menos un campo contiguo en el que ambos comparten elementos, o el dominio de un campo está incluido dentro del otro.

12. La composición de los elementos del 4 al 11 cambia –por lo general muy lentamente– como resultado de la investigación realizada en el propio campo y en los campos relacionados.

Bunge considera que todo campo de investigación que no cumpla la totalidad de las 12 condiciones es acientífico, y llama semiciencia o protociencia a cualquiera que las satisfaga de manera aproximada. Todo campo de conocimiento que no es científico, pero se publicita como tal, es pseudocientífico. También señala una serie de diferencias características entre los individuos que se dedican a la actividad científica y quienes cultivan la pseudociencia, reproducidas en la Tabla 1.¹⁹

Particularidades adicionales sobre quienes adoptan las manifestaciones más burdas de la pseudociencia se han publicado en otros lugares.²⁴

A las actitudes que aparecen en la Tabla 1 se les puede añadir que en las investigaciones científicas honestas –la inmensa mayoría– los investigadores tratan de encontrar la verdad, cualquiera que esta sea, por encima de sus preferencias; en la pseudociencia es bastante común

Tabla 1

ACTITUDES Y ACTIVIDADES TÍPICAS DE CIENTÍFICOS Y PSEUDOCIENTÍFICOS ¹⁹	Científico		Pseudocientífico		
	SI	NO	SI	NO	Op*
Admite su propia ignorancia y, por ende, la necesidad de mayor investigación.	•			•	
Considera que su propio campo es difícil y está lleno de lagunas.	•			•	
Avanza mediante el planteamiento y la resolución de nuevos problemas.	•			•	
Recibe con agrado nuevas hipótesis y métodos.	•			•	
Propone y ensaya nuevas hipótesis.	•				•
Intenta descubrir o aplicar leyes.	•			•	
Aprecia la unidad de la ciencia.	•			•	
Se apoya en la lógica.	•				•
Utiliza la matemática.	•				•
Recoge o utiliza datos, especialmente cuantitativos.	•				•
Busca contraejemplos.	•			•	
Inventa o aplica procedimientos objetivos de control.	•			•	
Resuelve las disputas por medio del experimento o el cálculo.	•			•	
Recurre de manera sistemática a la autoridad.		•	•		
Suprime o tergiversa los datos no favorables.		•	•		
Actualiza la información.	•			•	
Busca comentarios críticos de otros.	•			•	
Escribe artículos que pueden ser entendidos por cualquier persona.		•	•		
Es probable que adquiera fama instantáneamente.		•	•		

* Opcional

que las investigaciones, si las hay, sean tendenciosas y tengan por finalidad tratar de convencer a los demás de las ideas preconcebidas de los autores. Según Merton, uno de los clásicos de la escuela norteamericana de sociología, el desinterés debe ser uno de los principios guías de la buena ciencia.

Significa que no se deben presentar resultados enlazándolos a creencias personales o al activismo por una causa; las simpatías deben mantenerse separadas de los resultados científicos.²⁵

EL MÉTODO CIENTÍFICO

En la ciencia, la adquisición de nuevos conocimientos se lleva a cabo a través del método científico, procedimiento derivado de la práctica y la experiencia de muchas generaciones. En las ciencias médicas, cuando hay pacientes involucrados, en vez de experimentos se acostumbra hablar de ensayos clínicos.

En la Figura 2 aparece un esquema que muestra, a grandes rasgos, en qué consiste el método. Nos dice que cuando tenemos nociones de determinado fenómeno (observación), usualmente se establece una suposición acerca de por qué ocurre y cuáles son sus causas (hipótesis). Es necesario entonces repetir el fenómeno –o parte de él– controladamente (experimentación), con el fin de evitar la interferencia de agentes ajenos que afecten lo que se desea estudiar y obtener así valores numéricos confiables y reproducibles.

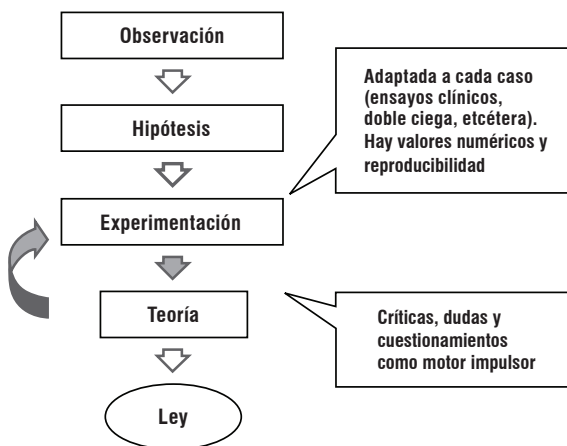


Figura 2. El método científico.

Esto último es de primordial importancia. Si los resultados de un experimento no son reproducibles en otros laboratorios, por otros operadores y utilizando otro instrumental, no se podrá afirmar absolutamente nada de los resultados obtenidos. Significa que el resultado particular obtenido fue, si no erróneo, cuando más casual. Es un indicio de que el experimento no fue controlado lo suficiente y hubo factores ajenos, no identificados por el operador, que afectaron el resultado. Una vez que se tiene el resultado de un experimento, –que puede confirmar o negar la hipótesis– es necesario buscar alguna explicación racional basada en ese resultado. Se llega así a la teoría. Y cuando se posee una teoría, a partir de esta siempre es posible tratar de predecir lo que ocurrirá en alguna otra situación parecida, e idear algún otro experimento que servirá de comprobación al anterior y también a la teoría (de ahí la doble flecha en el esquema de la Figura 2).

Así se establece una interacción continua entre teoría y experimento, que constituye sin lugar a dudas el núcleo esencial o “fuerza motriz” del método científico.

Asociada a la interacción teoría-experimento hay todo un proceso de divulgación internacional de resultados a través de publicaciones en revistas científicas arbitradas, críticas, errores y rectificaciones. Y no es raro que teorías muy bien establecidas deban ser reformadas, al detectarse algún nuevo fenómeno que la teoría existente no es capaz de explicar satisfactoriamente.

Cuando la teoría se hace lo suficiente amplia y sólida, cuando es capaz de dar explicación a una gran cantidad de fenómenos y relaciones de causa-efecto y también de rebatir racionalmente cualquier crítica, se llega a la ley. Las leyes tampoco son eternas. Muchas veces se hace necesario generalizarlas para lograr explicar fenómenos no detectados hasta el momento. Hay muchísimas leyes físicas, químicas, biológicas y de otras ciencias: todas ellas provienen del proceso que acabamos de describir.

En realidad, la afirmación anterior no se ajusta estrictamente a la verdad, pues en algunas áreas del conocimiento es materialmente imposible llevar a cabo experimentos controlados en relación a un determinado fenómeno. Así ocurre, por ejemplo, en la geología o la astronomía, cuyos métodos de análisis e investigación no se han considerado. No obstante, en esos casos la observación precisa y reproducible sustituye al experimento, y las teorías se consideran válidas cuando:

- Son capaces asociar racionalmente muchos hechos en apariencia independientes.
- Logran predecir la existencia de relaciones y fenómenos no detectados hasta el momento.

LA PSEUDOCIENCIA

Junto a la ciencia también existe la falsa ciencia o pseudociencia, que aparentando ser ciencia en realidad obvia la parte esencial del método científico, pasando directamente de la hipótesis a algún punto medio entre la teoría y la ley, sin realizar experimentos (Figura 3).

De esta manera las suposiciones e hipótesis de algún “iluminado” y sus seguidores se convierten en “leyes” sin pasar por el fino tamiz de la interacción teoría-experimento. Estas suposiciones, al hacer abundante uso de la terminología científica en sus descripciones y aseveraciones, pueden engañar fácilmente a cualquiera no familiarizado

con el quehacer científico. La mayor parte de las veces la experimentación simplemente se omite y se toma la hipótesis como una verdad absoluta.

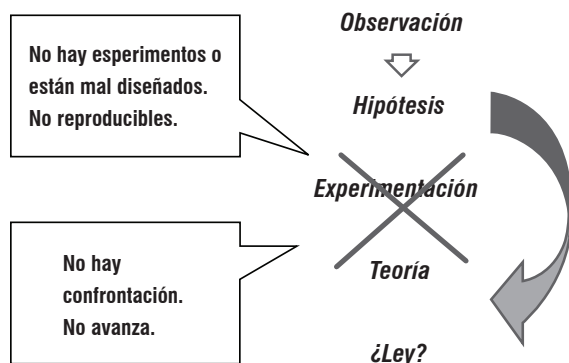


Figura 3. La tergiversación pseudocientífica.

En otras ocasiones se llevan a cabo unos pocos experimentos mal diseñados y se propone una teoría desligada del experimento. Si hay resultados experimentales aparentemente favorables, siempre son casuales; no son reproducibles. Como el motor de avance de la ciencia es precisamente la crítica y la interacción teoría-experimento, la pseudociencia no tiene forma de avanzar. Invariablemente, sus “leyes” y “teorías” están dadas de una vez y para siempre.

Existen pseudociencias que emplean la terminología científica para ocultar o disfrazar su trasfondo esencialmente religioso.²⁶

De hecho, el predominio de las creencias es algo común a la religión y las pseudociencias, pues es posible dividir el conocimiento en dos grandes campos; por una parte se encuentran los campos de investigación, donde se agrupan las humanidades, las ciencias básicas y aplicadas, las matemáticas y la tecnología, incluyendo la medicina y el derecho. El otro incluye los campos de creencias, donde junto a las religiones y las ideologías políticas aparecen las pseudotecnologías y las pseudociencias.¹⁹

En el campo de las ciencias médicas no faltan las afirmaciones falsas, elaboradas concienzudamente con el único fin de engañar al paciente y justificar de alguna forma la validez de una u otra pseudoterapia. A pesar de lo absurdo que pudiera parecer a primera vista, es un tema actual y una posibilidad muy real a tomar en cuenta ante

afirmaciones de supuestas terapias maravillosas, que curan infinidad de dolencias. Se pueden encontrar promesas que van desde “aliviar” cualquier tipo de cáncer con productos homeopáticos, que no son más que agua pura, hasta efectuar curaciones a distancia con un péndulo y una fotografía del paciente).^{27,28}

Hay al menos tres razones para denunciar y condenar la pseudociencia:

1. Es falsa. Toda pseudociencia predica nociones contrarias a las reconocidas por la ciencia.
2. Constituye una pérdida de tiempo, esfuerzo, recursos, y algo similar a lo que los economistas llaman “costo de oportunidad”. Es decir, no solo se pierde lo dicho anteriormente, también se pierde lo que se pudiera haber ganado de emplear esos recursos y esfuerzos en algo realmente productivo.
3. Cuando la pseudociencia está ligada a una falsa terapia, el posible perjuicio para el paciente siempre está presente, ya bien sea por causa directa, o porque este no logre atender a tiempo su dolencia al entretenerse con la pseudoterapia, sin someterse a un tratamiento verdaderamente eficaz.

CONCLUSIONES

Para contribuir a la cultura científica es necesario, ante todo, tener una noción muy clara acerca de la ciencia, para así poder diferenciar cuando un resultado es científico o no lo es. Existen teorías supuestamente científicas que ni siquiera mencionan el método científico y tampoco proponen en su lugar algún otro método concreto de acción. No es posible diferenciar inequívocamente la ciencia de lo que no lo es a partir de un criterio único.

Cualquier ciencia debe cumplir una serie de requisitos o normas básicas que incluyen, entre otras, una instrucción especializada de los investigadores en el campo de conocimiento en cuestión; el estudiar entidades reales y estar basada en conocimientos anteriores, actualizados y corregibles; el uso de procedimientos escrutables y justificables; la búsqueda de leyes o su refinamiento; la estrecha comunicación con otros investigadores y la compatibilidad e interacción con otras ciencias, considerando que no hay nada inmutable y que la verdad existe, es alcanzable y refleja la realidad, aunque solo sea de forma parcial y no definitiva.

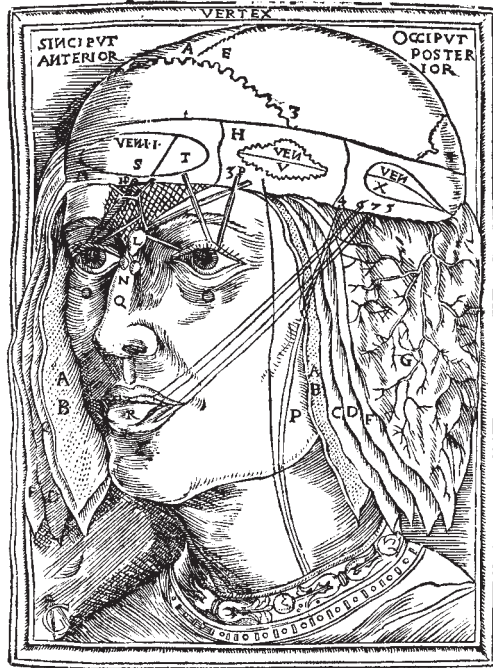
Una semiciencia o protociencia es aquella que sin apearse estrictamente a las normas muestra claras señales de poder hacerlo en el futuro; una pseudociencia es la que se publicita como científica pero contradice alguna de las normas. También es posible diferenciar ciencias y pseudociencias analizando las actitudes típicas de quienes practican unas u otras.

Para fomentar la cultura científica no basta con divulgar y popularizar la ciencia; también es necesario denunciar y criticar las pseudociencias.

REFERENCIAS

- Barret Stephen MD. Quack Electrodiagnostic Devices (2007). <http://www.quackwatch.com/01QuackeryRelatedTopics/electro.html>
- Pérez-Lanzac C. Sanidad advierte contra las pulseras holográficas: esta es su historia (2010). http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Sanidad/advierte/pulseras/holograficas/historia/elpepusoc/20100428elpepusoc_5/Tes.
- Bergado JA. Medicina sin apellidos, *Juventud Técnica Digital* (2011). Accesible en <http://www.juventudtecnica.cu/Juventud%20T/2011/la%20opinion/paginas/sin%20apellidos.html>
- Moreno Castillo R. Panfleto antipedagógico (2007). Accesible en <http://www.mat.uh.edu/~cerda/Pamflet.pdf>
- Moreno Castillo R. ¿Es la pedagogía una ciencia?, *Foro de Educación* 11, (2009) 67-83. Accesible en www.forodeeducacion.com/numero11/006.pdf.
- Oxhorn P. El arte de la "ciencia" política. *Temas y debates* 14 (2007) 85-93.
- Ortiz Ocaña AL. Construyendo la nueva escuela: Leyes pedagógicas y principios didácticos (2005). Monografías.com; consulta agosto 2011, <http://www.monografias.com/trabajos28/construir-nueva-escuela/construir-nueva-escuela.shtml>
- Ausubel DP, Novak JD y Hanesian H. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, Editorial Trillas, México (1963).
- Critici G. Crítica destructiva. Pensamiento complejo, *Luventicus* (2003). <http://www.luventicus.org/articulos/03R009/index.html>
- Reynoso C. *Modelos o Metáforas: crítica del Paradigma de la Complejidad de Edgar Morin*. Editorial Prometeo, Argentina (2009).
- González Arias A. ¿Educación científica sin método científico?, *Juventud Técnica Digital*, junio 6 (2008). Accesible en www.fisica.uh.cu/rationalis/ciencia/educacion/educ-cientifica.htm
- Fernández J y Orribo T. Los modelos didácticos en la enseñanza de la Física. Ponencia IX Congreso de la Didáctica de la Física, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid. Septiembre (1995).
- Ortiz Ocaña AL. Modelos pedagógicos: Hacia una escuela de desarrollo integral. Monografías.com, consulta Sept. 2011, <http://www.monografias.com/trabajos26/modelos-pedagogicos/modelos-pedagogicos.shtml>.
- Santángelo HN. Modelos Pedagógicos en los Sistemas de Enseñanza no Presencial basados en Nuevas Tecnologías y Redes de Comunicación, *Revista Iberoamericana de Educación* 24. (2000).
- Arévalo A. Los modelos pedagógicos, visto en Sept. 2011, http://arevalodeleon.com/focim/Bodega/PATRICIA%20AIDA/23-julio-literatuta%20disertacion/22-Los_modelos_pedagogicos.pdf
- González Arias A. Ciencia, pseudociencia y bioenergía. *Rev Cub Fis* vol. 25, No. 1 (2008) 17-21.
- González Arias A. Use and misuse of the concept energy, *Latin Am J of Phys Educ* (2012) (en vías de publicación).
- Hewitt PG. *Conceptual Physics*, 3rd Edition. Ch. 1. Ed. Addison Wesley Publishing

Uniuersalis figura omnium partium capitis humani cum sua explicatioc.



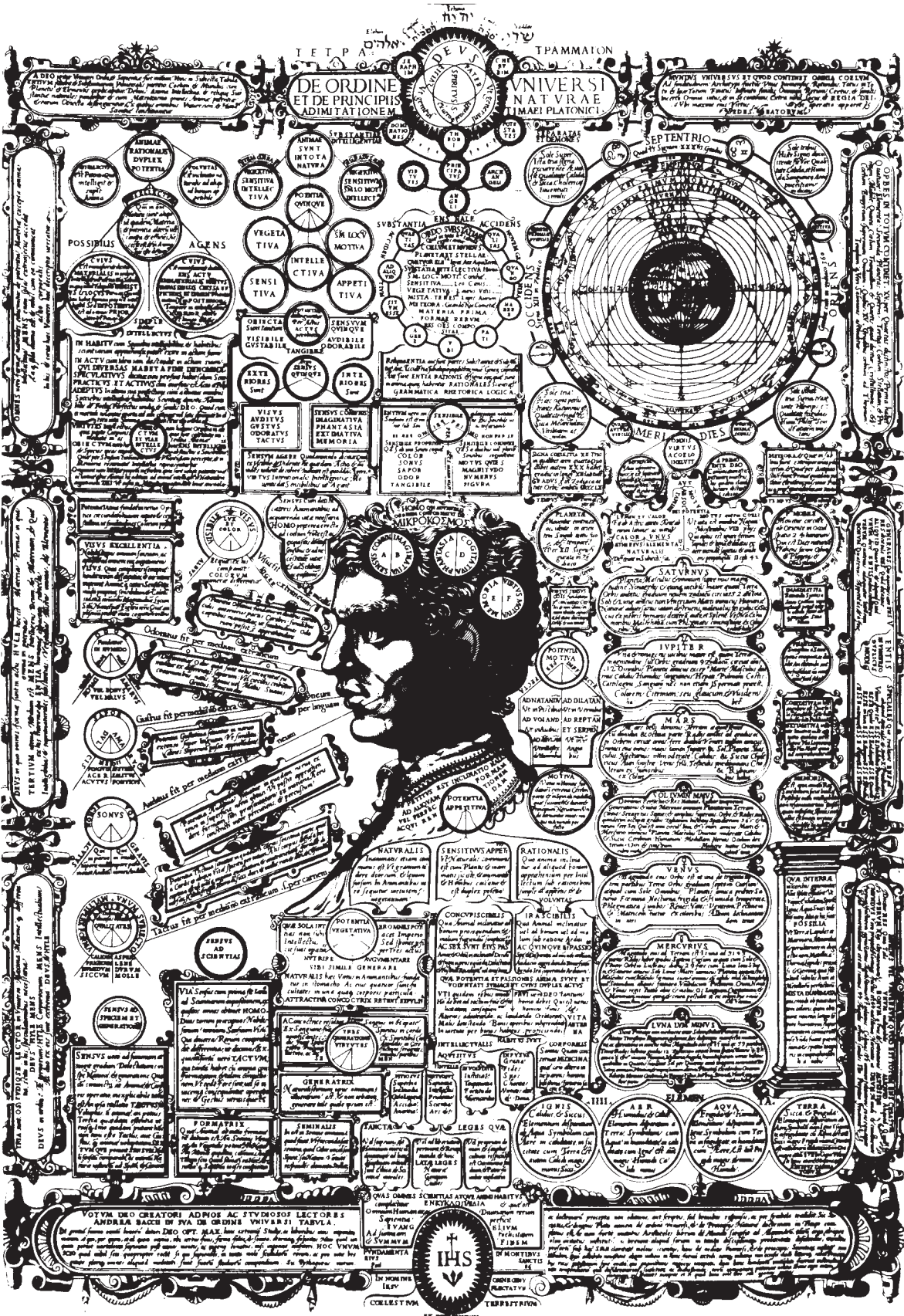
Las capas del cerebro. Johannes Dryander, 1537. Tomado de Harry Robin. *The Scientific Image: From Cave to Computer*. Harry N. Abrams, Inc., Publishers, New York, 1992.

Company, New York (1997) 1-7. Accesible en <http://www.fisica.uh.cu/bibvirtual/vidaytierra/Paul G. Hewitt - Acerca de la Ciencia.pdf>

- Bunge M. *Las pseudociencias, ivaya timo!* 1ra. Ed. Editorial Laetoli, Pamplona, España, (2010) 18, 49, 50 y 223.
- Hempel CG. Problems and changes in the empiricist criterion of meaning. *Revue Internationale de Philosophie* 11, (1950) 41-63.
- Popper KR. *Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge*. Basic Books, New York (1962). En español: *Conjeturas y refutaciones, el desarrollo del conocimiento científico*, Paidós, Barcelona (1994).
- Hansson SO. "Science and pseudoscience" in Edward N. Zalta (Ed), *Stanford Encyclopaedia of Philosophy* (2008). Accesible en <http://plato.stanford.edu/entries/pseudo-science/>
- Bunge M. What is science? Does it matter to distinguish it from pseudoscience? A reply to my commentators. *New ideas in psychology* 9 (1991) 245-283.
- González Arias A. La ciencia cabeza abajo, *Revista Española de Física*. Nov. (2008).
- Merton RK. *Sociología de la ciencia*, Editorial Alianza, Madrid (1977).
- González Arias A. Terapia floral de Bach: El carrusel de las ilusiones, 28/2/11 (2011), Aporrea.org, url=(0046)<http://www.aporrea.org/actualidad/a118601.html>. Accesible en <http://www.fisica.uh.cu/rationalis/homeopatia/Bach/Aporrea%20Terapia%20floral%20de%20Bach%20EI%20carrusel%20de%20las%20ilusiones.htm>
- López Borgoñoz S. Sobre Cuba y el Vidatox, *El Escéptico* 1 (2011) p. 14.
- Ávila J y Fonte P. *Salud Ecológica*. Editorial de Ciencias Médicas, La Habana (2004). Accesible en http://bvs.sld.cu/salud_ecologica/indice_p.html, ver también las críticas en http://bvs.sld.cu/salud_ecologica/nota_editorial.htm

Araldo González Arias
Departamento de Física
Universidad de La Habana
arnaldo@fisica.uh.cu
agonzalezarias@yahoo.com

Francisco Antonio Horta Rangel
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
de la Universidad de Guanajuato
anthort@hotmail.com



De ordine universi et de principiis naturae ad imitationem Timaei platonici. Andrea Baci, Grabado, 286 x 415 mm, 1581? Tomado de Pietro Corsi, *The Enchanted Loom*, Oxford University Press, Inc., New York, 1991.