

Ciencia y disciplinariedad*

Edgar Serna M.

Ph.D (c) Pensamiento Complejo. Corporación Universitaria Remington. Medellín, Antioquia - Colombia
edgar.serna@uniremington.edu.co

Alexei Serna A.

Ing. de Sistemas. Corporación Universitaria Remington. Medellín, Antioquia - Colombia
alexei.serna@uniremington.edu.co

RESUMEN

En el transcurrir de la historia de la ciencia, se presentan diversos momentos en los que sus protagonistas han dejado su legado impreso. Aunque el dinamismo de la ciencia no permite su estancamiento en el tiempo, cada era la impregna de hechos, realidades y coyunturas que se deben analizar desde una mirada analítica e imparcial. En este artículo se presenta uno de esos análisis con el objetivo de definir qué es y qué no es ciencia, y se intenta responder al interrogante de para qué se hace ciencia, todo con una visión de disciplinariedad científica.

PALABRAS CLAVE

Disciplinariedad científica, método científico, filosofía, conocimiento.

Science and Disciplinarity

ABSTRACT

In the course of history of science had presented many times when its protagonists have left their legacy printed. Although the dynamism of science does not allow stagnation in time, each was impregnated with facts, realities, and situations that should be analyzed from an analytical and unbiased look. This article presents one such analysis to define what is and is not science, and attempts to answer the question of what is science done for; all from a vision of scientific disciplinarity.

KEYWORDS

Disciplinarity scientific, scientific method, philosophy, knowledge.

Ciência e disciplinariedade

RESUMO

No curso da história da ciência tinha apresentado muitas vezes quando seus protagonistas não deixaram o seu legado impreso. Embora o dinamismo da ciência não permite que a estagnação no tempo, cada um foi impregnado com fatos, realidades e situações que devem ser analisados a partir de um olhar analítico e imparcial. Este artigo apresenta uma tal análise para definir o que é e não é ciência, e tenta responder à questão sobre o que é ciência feita para, tudo a partir de uma visão de disciplinariedade científica.

PALAVRAS-CHAVE

Disciplinariedade, método científico científica, filosofia, conhecimento.

Recibido: 18/08/2015 Aceptado: 15/11/2015

* <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23111> Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Cómo citar este artículo: SERNA M., Edgar; SERNA A., Alexei. Ciencia y disciplinariedad *En*: Entramado. Enero - Julio, 2016 vol. 12, no. 1, p. 152 -162, <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23111>

Introducción

La falta de correspondencia entre las representaciones comunes de la ciencia y la variedad de disciplinas típicamente cubiertas por la historia de la misma, refleja una ambigüedad sistemática que, en sí misma, puede ser rastreada en las opiniones de sus protagonistas. En este entorno cultural la filosofía natural llegó a ser re-articulada como la participación de los conocimientos contemplativos y prácticos. La tensión y la ambigüedad resultante se ilustran en los puntos de vista de Georges Louis Leclerc (1749) en el siglo XVIII, quien sugirió que las especies solamente eran variedades marcadas y modificadas por factores ambientales a partir de una forma original. En el siglo XIX, una nueva empresa llamada *ciencia* representó el establecimiento de una ideología inestable del conocimiento natural que estaba en deuda con los desarrollos modernos tempranos. Los dos elementos complementarios y competitivos de la ideología de esa ciencia han sido descritos como *filosofía natural* (discurso de conocimiento contemplativo) y como *instrumentalidad* (discurso de conocimiento práctico o útil; *know-how*). Pero, en gran parte, la historia de la ciencia se refiere a la historia de sus interrelaciones cambiantes. En el siglo XX se ampliaron las acciones productivas del hombre y se profundizaron sus intervenciones prácticas. Un proceso que se fortaleció a partir de los años 1950 con la revolución científico-técnica en la que se hizo, por primera vez, una vinculación entre el avance del conocimiento del mundo y el cambio constante de la ciencia, la tecnología y la producción. Desde entonces este entrelazamiento ha tenido notable influencia en el desarrollo de las mismas. Por otro lado, el desarrollo de la ciencia ha dotado a la humanidad de los conocimientos necesarios para transformar la Naturaleza a escala planetaria, a la vez que ha originado una importante metamorfosis en la vida de los seres humanos (Morin, 1992).

En este artículo se hace un análisis de qué es y qué no es ciencia. Se parte de un recorrido histórico del concepto, luego se describen sus relaciones e interrelaciones, y posteriormente se presentan algunas conclusiones. El objetivo es desarrollar una visión filosófica desde diversas lecturas y posturas de pensadores y científicos acerca del término y su significado para la sociedad y para el desarrollo científico-tecnológico. Es un aporte al desarrollo temático y a la discusión del quehacer científico, con una visión crítica, y orientado a analizar la ambigüedad semántica que se descubre en los diferentes trabajos.

¿Qué es ciencia?

La sociedad actual tiene una alta dependencia de la ciencia y la tecnología, pero, como decía Carl Sagan (Head, 2006), el mundo se las ha arreglado hábilmente, de modo que casi

nadie entiende lo que son. Aunque muchos gobiernos patrocinan activamente el quehacer científico, para la mayoría de individuos la comprensión de, por no hablar de cualquier acuerdo sobre, qué es ciencia sigue siendo casi un misterio. Así que, ¿qué es exactamente la ciencia? ¿Qué es lo que aspira a hacer? ¿Por qué debería importarle a la sociedad? Parecen preguntas simples, pero son infinitamente complejas, y las respuestas siempre serán esquivas y polémicas. Algunas definiciones elocuentes se centran en la ciencia como proceso y no como producto, con una alta dosis de curiosidad más que de certeza. Al parecer, la ciencia real siempre será una revisión en progreso, que se origina y culmina en la ignorancia (Firestein, 2012); que no provee verdad absoluta porque solamente es un mecanismo, una manera de tratar de mejorar el conocimiento de la naturaleza, y un sistema para probar las ideas contra el universo y ver si coinciden (Asimov y Clarke, 1997); que es una forma de pensar mucho más de lo que es un cuerpo de conocimientos (Sagan, 1997); que es una contradicción inherente -una maravilla sistemática- aplicada al mundo natural (Lewis, Amini y Lannon, 2001); o que la ciencia es el esfuerzo humano coordinado para entender, o comprender mejor, la historia del mundo natural y cómo funciona, con evidencias físicas observables como base de la comprensión (Wilson, 1999).

La historia de la ciencia no es una disciplina aislada y habitada únicamente por científicos preocupados por ennoblecer su pasado; ni es un campo de pastoreo para filósofos que tratan a los científicos (o filósofos naturales) y a sus ideas como si existieran en el vacío, aparte del resto de la sociedad. Sin embargo, por el simple hecho de hoy los estudios históricos de las ideas y eventos científicos se ajustan mejor a las normas que en ninguna otra época de la historia, sería un error suponer que las disciplinas se han convertido totalmente en una parte de la historia propiamente dicha (Morin, 2008). A pesar del éxito de los esfuerzos realizados desde la década de 1960 por incorporar los estudios históricos de la actividad científica en el resto de la historia, la historia de la ciencia como disciplina permanece separada. Paradójicamente, podría decirse que el éxito de estos esfuerzos ha hecho que esa historia permanezca como está. En cualquier caso, el estado actual y las perspectivas de la historia de la ciencia no se pueden definir sin hacer referencia a su pasado reciente. Además, debido a que la ciencia ha demostrado por su propia naturaleza ser social e ideológica, la historia de la misma no podría ser interpretada más que como parte integral de la historia total de las relaciones y las estructuras sociales (Kuhn, 1996).

No es de extrañar que esta conclusión no sea recibida con los brazos abiertos por todos los historiadores de la ciencia. Así, la historia de hoy está lejos de ser uniforme en su perspectiva historiográfica. En lugar de ser asumida plenamente como parte integral, a menudo aparece apenas un

poco más independiente que antes. De hecho, parece en cierto peligro de regresión al aislamiento debido al resultado de no entender y/o no prestar atención a su propio legado histórico (Osorio, 2012). Comprensiblemente, parte de la historia se ha centrado en la humanidad y ha prestado poca atención a su entorno natural. Pero la historia de la ciencia se relaciona igualmente con la humanidad y con la naturaleza, y se podría considerar como un *estudio del cambio de la comprensión del mundo natural*. Aunque para muchos la palabra ciencia supone algo complicado y muy técnico, y probablemente la asocian con un laboratorio, el concepto comenzó con una interpretación común del mundo que nos rodea, aunque más tarde se hizo más sofisticado, y solamente en el siglo XIX se separó de otros estudios mediante la especialización.

Existen diversos enfoques para la historia de la ciencia, pero últimamente se ha empezado a sustituir gran parte del internalista (o ciencia centrada) por un enfoque contextual más amplio que relaciona a la ciencia con la sociedad de hoy. Un género valioso que surge aquí es el enfoque biográfico, donde el investigador está obligado a mirar la vida y el entorno del sujeto al mismo nivel que a su trabajo. Un buen ejemplo es el estudio de Richard Westfall (1994) acerca de la vida de Isaac Newton, en el que el autor no comete el error de abstraer la física del contexto de la teología, la filosofía y la alquimia, que tenían gran influencia en el mundo mental de Newton. Ni tampoco aísla la dimensión política, aunque no aparece tanto en la vida del mismo, así como los alegatos hechos por la iglesia y el Estado acerca del sistema newtoniano del siglo XVIII.

Pero la historia de la ciencia debe ser más que el estudio de los individuos, porque también se debe ocupar cada vez más de las instituciones. Del siglo XVII en adelante los científicos se organizaron en sociedades, tales como la Royal Society de Londres (1660) y la Academia de Ciencias de París (1666), cuyo funcionamiento estaba regentado por el Estado. Este patrocinio estatal a la ciencia plantea preguntas interesantes, y genera un fuerte contraste entre la relación de ésta con el gobierno de turno, como el que se daba en Gran Bretaña y Francia. Por otra parte, se cuestionaban los criterios de inclusión de los miembros en estas sociedades científicas, porque en la británica eran aficionados a tiempo parcial, mientras que en la francesa era de forma elitista y profesional. Aunque, como en casi todo lo relacionado con la ciencia, existían muchas preguntas por hacer pero solamente un puñado de especialistas que participaban en la búsqueda de respuestas. En todo caso, a diferencia de la historia política, la historia de la ciencia es un campo relativamente nuevo, y para encontrar respuestas a preguntas cada vez más complejas se necesitan más personas con algún tipo de formación relacionada y con un alto interés en la historia de las ideas y de las aplicaciones de la ciencia.

¿Para qué se hace ciencia?

Por un lado, y *desde una perspectiva individual*, para poner a prueba nuevas ideas o para refutar las anteriores. Un científico se vuelve famoso por descubrir cosas nuevas que cambian la forma de pensar acerca de una especialidad. Este argumento se basa en principios prácticos y probablemente explica por qué muchos individuos se dedican a la ciencia como carrera. Pero en un nivel pragmático también existen los que lo hacen para ganar dinero. Es el caso de muchos profesores en las universidades, que solamente lo toman como parte de sus obligaciones contractuales y no para hacer nuevas aportaciones al conocimiento, especialmente desde la industria. También están los científicos que trabajan para corporaciones, a quienes se les paga para generar nuevos conocimientos; tienen mejores salarios, pero deben trabajar en el anonimato porque sus descubrimientos los mantienen en secreto sus empleadores para desarrollar nuevos productos o tecnologías que pueden comercializar.

Por otro lado, y *desde una perspectiva social*, si estas ideas ayudan a explicar por qué los individuos hacen ciencia, valdría la pena preguntarse ¿por qué las sociedades y las naciones les pagan para hacerlo? ¿Por qué una sociedad dedica parte de sus recursos al desarrollo de nuevos conocimientos sobre el mundo natural? ¿Qué motiva a los científicos a dedicar su vida al desarrollo de ese nuevo conocimiento? Una enorme cantidad de respuestas se encuentra en el deseo de mejorar la vida de las personas, y cualquier sociedad preocupada por su bienestar apoyará todo tipo de esfuerzos para lograrlo. Lo mismo puede decirse acerca de los deseos de desarrollo económico. En un mundo globalizado, donde las naciones se ven cada vez más a sí mismas atrapadas en la competencia económica, el apoyo a dicha ciencia es nada menos que una inversión en el futuro económico. También se encuentra el deseo humano de controlar el planeta y su medio ambiente. En cierto sentido este tipo de ciencia tiene por objeto desarrollar el manual del propietario que los seres humanos necesitan para tomar el control del ecosistema mundial (Castells, 2009). Además, las sociedades apoyan la ciencia por la simple curiosidad y por la satisfacción y el aprendizaje que se logra al conocer el mundo que las rodea. Cuando los beneficios intangibles se combinan con los tangibles, no es de extrañar que la mayoría de las sociedades modernas apoyen la investigación científica para mejorar la comprensión del universo.

Ciencia y cambio

Si los científicos tratan constantemente de hacer nuevos descubrimientos o de desarrollar nuevos conceptos y teorías, entonces el cuerpo de conocimiento producido por la ciencia debe estar sometido a un cambio permanente. Esto

se define como el progreso hacia una mejor comprensión de la naturaleza, y se logra mediante un cuestionamiento constante de si las ideas actuales son correctas. El resultado es que las teorías vienen y van, o al menos se modifican en el tiempo, como cuando se cuestionan las viejas ideas y se descubren nuevas pruebas (Morin, 1996). En palabras de Popper, la ciencia es una historia de errores corregidos; incluso Einstein comentaba que cada año se retractaba de lo que había escrito el anterior (Mulkay, 1979). Muchos científicos han señalado que les gustaría volver a la vida en unos pocos siglos para ver qué nuevos conocimientos y nuevas ideas se han desarrollado, y para ver cuáles de las de su propio siglo se han desechado (Pickering, 1995). Las ideas de hoy deben ser compatibles con todas las pruebas que se tiene, y se espera que sobrevivan las del futuro. Sin embargo, cualquier mirada a la historia obliga a darse cuenta de que es probable que en el futuro se proporcionen nuevas pruebas, y que llevarán por lo menos a diferentes interpretaciones. Por otro lado, algunos científicos involucran su ego y se niegan a aceptar las nuevas ideas y pruebas. En ese caso, podría decirse que la ciencia avanza de funeral en funeral (Layton, 1977). Pero la mayoría se dan cuenta que las teorías actuales probablemente sean ideas del pasado puestas de moda, y lo mejor que se puede esperar es que sobrevivan con algunos retoques y que sean puestas a punto por las generaciones futuras. Aunque, debido a que la ciencia es dinámica, continuamente surgen nuevas ideas innovadoras que realizan aportes al conocimiento, y nuevamente se inicia el ciclo.

Ciencia y conocimiento

Actualmente la ciencia no puede, y probablemente nunca lo hará, dar declaraciones absolutas de verdad eterna, porque únicamente proporciona teorías (Raj, 2000). La verdad absoluta se convierte en dogma o religión y la ciencia cuenta únicamente con conocimientos tentativos sujetos a evaluación. Esas teorías, probablemente, se perfeccionarán en el futuro e incluso algunas serán descartadas en razón de otras con más sentido y a la luz de los datos generados por los científicos. Sin embargo, las actuales son las mejores explicaciones disponibles del mundo; ellas explican y han sido probadas con gran cantidad de información; y, aunque seguramente la humanidad generará más conocimiento en los siglos por venir, hasta ahora se ha reunido suficiente información para construir las teorías que permiten la comprensión científica del universo.

Esto hace que las sociedades deban tomar decisiones en cada momento del tiempo. Por un lado, aceptar, tal vez con cierto escepticismo, la comprensión científica (y solamente teórica) del mundo natural derivada de todas las observaciones y mediciones descritas previamente (Bunge, 2013).

Por otro lado, aceptar las ideas tradicionales del mundo natural, desarrolladas hace siglos por personas que, sin importar cuán sabias o bien intencionadas fueran, solamente tenían ojos agudos e imaginación fértil como sus mejores herramientas (Bunge, 1985). Entonces, podrán intentar hacerse a una idea de qué es la ciencia, y decidir si creer en ella o esperar a ver si surge un nuevo conocimiento que les brinde mayor claridad. En todo caso, su definición seguirá en una especie de limbo, del que solamente saldrá cuando la sociedad comprenda con precisión qué es y para qué sirve.

Haciendo investigación en el laboratorio o en el campo se puede hacer ciencia, pero esto necesariamente no es una contribución al conocimiento. La comunidad científica no se enterará de, o tendrá confianza en, los resultados de una investigación hasta que se publique en una *medio arbitrado por especialistas* (Serna, 2010, 2012). Esto significa que el científico tiene que escribir un documento en el que justifica por qué su trabajo de investigación es significativo, describe los métodos que usó para hacerlo, informa exactamente lo que observó en ellos, y explica lo que significan sus observaciones en relación con lo que ya se sabía. A continuación lo envía a los editores de un medio científico, por ejemplo una revista, que a su vez lo remiten a dos o tres pares especialistas para su revisión. Si éstos ratifican que la investigación se realizó de manera metodológicamente sólida y que los resultados contribuyen con conocimiento nuevo y útil, entonces el editor aprueba la publicación, aunque casi inevitablemente con algunos cambios o adiciones. Luego de un tiempo, el documento aparece en una nueva edición de la revista, y los científicos de todo el mundo conocen acerca de esos resultados. Luego deciden por sí mismos si creen que los métodos utilizados fueron los adecuados y si los resultados significan algo nuevo y emocionante, y poco a poco el artículo cambia la forma en que las personas piensan del mundo.

Por supuesto que hay algunas sutilezas en este proceso. Si el manuscrito fue enviado a una revista de prestigio, tales como *Science* o *Nature*, la competencia para su publicación significa que los editores pueden seleccionar para publicar solamente los que ellos piensan que son trabajos innovadores, y rechazan el resto, a pesar de que todos hagan aportes sustanciales a la ciencia. Entonces, los autores de los manuscritos rechazados deben enviarlos a revistas de menor reconocimiento, donde probablemente se publiquen, pero que son leídos por un público más reducido. Para bien o para mal, los científicos son más propensos a leer y a aceptar trabajos publicados en revistas importantes de amplia distribución. En resumen, la ciencia se convierte en conocimiento mediante la publicación de los resultados de la investigación en medios especializados. Luego puede convertirse en conocimiento más general cuando los escritores los seleccionan para ponerlos en sus textos, que toman los

profesores para guiar sus cursos. Publicar es una cuestión crítica, aunque no todas las publicaciones son iguales, pero cuanto más reten los resultados las ideas establecidas más la notarán otros científicos y el mundo en general.

¿Qué no es ciencia?

Muchos historiadores sugieren que la ciencia moderna comenzó alrededor del 1600 con los esfuerzos de Galileo (1564-1642), Kepler (1571-1630) y Bacon (1561-1626). Esta época marcaba el cambio de la escolástica de la Edad Media y el Renacimiento a la ciencia tal como se conoce hoy, o ciencia moderna. La primera involucraba en gran medida el razonamiento deductivo desde los principios de Aristóteles, por lo tanto, era una iniciativa intelectual *top-down*. Por su parte, la ciencia moderna involucra la inducción desde múltiples observaciones de la naturaleza, por lo que trabaja *bottom-up* desde la observación básica o experimental a la generalización. En palabras de Bacon (2004), debido a que el hombre no es más que el siervo o intérprete de la naturaleza, lo que hace y lo que sabe es únicamente lo que ha observado del orden de ella en hechos o pensamientos, y más allá de esto no sabe nada y no puede hacer nada. Todo depende de mantener constantemente los ojos fijos en los hechos de la naturaleza y así recibir las imágenes simplemente como son.

Los trabajos de Galileo y Kepler ejemplifican este cambio fundamental de actitud. El pensamiento medieval había asumido una centralidad en la humanidad, de modo que la Tierra se pensaba que era el centro del universo, a la vez que la idea de la circularidad se consideraba como la perfección orbital para los cuerpos celestes. Básicamente se trataba de un pensamiento religioso, mítico y mágico del que la ciencia se desprende en la modernidad. Unos cien años antes de Galileo y Kepler, Copérnico (1473-1543) había roto con precaución la primera de estas hipótesis al concluir tentativamente que la Tierra orbitaba alrededor del sol, pero seguía aferrado a la idea de una órbita perfectamente circular. Galileo argumentó con mucha más fuerza en pro de una Tierra orbitando alrededor del sol, y en última instancia rompió la visión céntrica en el planeta que se basaba en la lógica centrada en lo humano. Por su parte, Kepler demostró que las órbitas de los planetas eran elipses, en lugar de los círculos que exige un universo filosóficamente perfecto. Todas las observaciones recientes, como que las órbitas son elipses cambiantes, que la Tierra no es perfectamente esférica sino un esferoide achatado, y que el sol no ocupa la posición central en una sola galaxia sino entre miles de millones de galaxias, serían muy desagradables para esa visión escolástica del mundo (Habermas, 1990).

Es decir, la lógica de la ciencia moderna requiere que las observaciones o los hechos dominen la validez de las generali-

zaciones o teorías, aunque a menudo el pensamiento previo se orienta en la dirección opuesta. A Galileo se le recordó esa dirección previa cuando fue llevado a Roma y condenado porque su *proposición de que el sol no era el centro del universo y que era movible*, iba expresamente en contra de las sagradas escrituras. El éxito y la aplicación cotidiana de la física moderna, la química, la biología, la geología y otras ciencias es una prueba contundente de la validez de este enfoque moderno. Pero entonces, ¿qué no es ciencia?

La ciencia no es arte

Decir esto puede parecer trivial pero la comparación ayuda a ilustrar qué es ciencia. El arte es el intento de expresar sentimientos o ideas individuales acerca de algo, de manera que otros lo encuentren hermoso, gracioso, o al menos estéticamente satisfactorio. Por lo tanto, el arte es individualista. Fuera de las artes escénicas, el arte casi siempre lo producen individuos, ya que tiene que tener la pureza de expresión que solamente puede venir de una persona. En general, en las escénicas el arte es el concepto de una persona (un compositor, un coreógrafo, un director), a pesar de que es ejecutado por muchas. También es individualista en que una pintura o una escultura abandonadas en un estudio son arte, aunque nadie las vea, e incluso si alguien que las vio pensó que eran feas, sin gracia, o de mal gusto. Arte sin exhibir o sin amor todavía es arte en lo que expresa el concepto del artista. Por otro lado, la definición sugiere que debe ser bello o estéticamente satisfactorio. Hasta el siglo XIX la belleza era una exigencia del arte, y en el siglo XX la expresión llegó a ser tan importante, o los conceptos expresados eran a menudo tan angustiosos, que a veces la belleza pura podía sufrir. Sin embargo, la estética sigue siendo fundamental para el arte. Pero ciertamente aun en el más popular de hoy, tal como en las pinturas impresionistas, la música de Bach, Mozart o Beethoven, el ballet, la danza y la poesía, la belleza sigue siendo un componente crítico.

La ciencia en cambio es el intento de llegar a conclusiones demostrables y replicables sobre el mundo natural (Habermas, 1972), y generalmente se construye con un método que implica comprobación y evidencia de lo que se sostiene. Existe el individualismo en que lo que cada científico hace, porque cómo lo estudia es algo abierto a su elección, sin embargo, las conclusiones tienen que ser demostrables con evidencias y trabajo en equipo. Si un artista dice: *Esta obra expresa algo muy profundo en mi corazón*, todo el mundo asiente con la cabeza; pero si un científico dice: *Yo no tengo ninguna prueba para demostrar; pero en el fondo de mi corazón sé...*, todos voltean los ojos y salen del salón. La naturaleza no-individualista de la ciencia también se refleja en la cantidad de la investigación científica que llevan a cabo los grupos (Bunge, 2000): un artículo con único autor en física de partículas es casi tan común como una novela de varios

autores. En segundo lugar, la ciencia no tiene que ser satisfactoriamente bella o estética, o incluso emocionalmente satisfactoria. Se puede demostrar que las órbitas de los electrones se distorsionan, que las estructuras cristalinas tienen defectos, que las cuencas oceánicas y sus corrientes son asimétricas, o que los planetas no son esféricos, y eso está bien, a pesar de que un mundo geoméricamente perfecto podría ser más hermoso. Se puede demostrar el decaimiento de los átomos, que las especies cambian, que los continentes se mueven, fusionan y dividen en formas aleatorias, o que el universo cambia de forma explosiva, y eso está bien, a pesar de que un mundo sin tiempo invariante podría ser estéticamente más satisfactorio. Se puede demostrar que los seres humanos evolucionaron de animales genealógicamente mal diseñados y que descienden de antepasados desaliñados o viscosos, y eso está bien, a pesar de que emocionalmente no es satisfactorio para los seres humanos.

En resumen, el arte es en gran medida el esfuerzo de un individuo por comunicar sus ideas o sentimientos de manera hermosa, mientras que la ciencia es el esfuerzo de un grupo por caracterizar la realidad. La estética, el *sine qua non* del arte, no cuenta mucho en la ciencia. Aunque muchos científicos e individuos encuentran satisfacción estética en los conceptos científicos y los patrones de la naturaleza, e incluso algunos físicos pretenden encontrar la belleza en sus ecuaciones. También es cierto que muchos científicos obtienen alguna satisfacción estética, o por lo menos son capaces de ejercitar sus deseos y ambiciones artísticas, al ilustrar los conceptos científicos. Pero la belleza no es, o no debería ser, un criterio para evaluar la validez de una hipótesis o una teoría científica. Aunque dadas las características de la generación actual es de esperar que empiece a tener mayor protagonismo en el futuro.

La ciencia no es tecnología

Uno de los errores que se comete a menudo es confundir a la ciencia con la tecnología. Como resultado, diariamente la ciencia recibe desde un *crédito indebido* (por los milagros de la ciencia moderna en la cocina) hasta una *culpa excesiva* (desde los tomates desmesuradamente firmes a la guerra nuclear). De hecho, la ciencia no fabrica cosas. Los científicos desarrollaron suficientemente la comprensión de la radiación para que se inventara el horno de microondas, pero ni fabricar un horno ni usarlo es ciencia. Los científicos están en el negocio de la generación de conocimiento, mientras que los ingenieros están en el negocio de la generación de tecnología. Por otro lado, la sociedad utiliza cotidianamente tecnología sofisticada, pero la ciencia no la requiere de esa forma. Un ecologista puede observar el comportamiento natural de las aves y un geólogo examinar un afloramiento sin utilizar tecnología particularmente de

punta. De hecho, la única tecnología en común a todas las ciencias es el cuaderno en el que se registran las observaciones. Es decir, muchas veces la ciencia conduce a la tecnología y utiliza la tecnología, pero no es tecnología y de hecho puede funcionar independientemente de ella.

La ciencia no es verdad ni certeza

Muchos asumen que los científicos han generado un cuerpo de conocimientos que con seguridad es cierto. Después de todo, algunas de esas ideas se conocen con suficiente certeza para que la mayoría las den por sentadas. Un ejemplo es la suposición común de que la tierra gira alrededor del sol, y mucha evidencia científica apoya la idea de la teoría heliocéntrica del sistema solar, por lo que es común que se tome como verdadera. Sin embargo, ningún ser humano ha observado el sistema solar y ha visto cómo la tierra viaja en una órbita alrededor del sol. Solamente es una teoría, pero una casi ineludible. En ese sentido, la mayoría de científicos admiten que, a pesar de que buscan la verdad, no la conocen ni la generan (Prygonine, 1981). Ellos proponen y prueban teorías a sabiendas de que en el futuro podrán refinarlas, revisarlas, e incluso rechazarlas. Al preguntarles acerca de un tema que no es directamente observable, probablemente se obtenga una respuesta que comienza con algo como *La evidencia sugiere que... o Nuestra comprensión actual es...* No es palabrería o indecisión por desconocimiento. Lo que está respondiendo es un reconocimiento razonado de que muchas cosas no se pueden conocer con absoluta certeza, y que solamente se está al tanto de la evidencia observable. Sin embargo, se puede llegar a la mejor conclusión posible sobre la base de la evidencia más completa y moderna disponible.

Lo anterior contrasta fuertemente con el conocimiento reclamado por muchos otros, cuando afirman que ellos, o un libro, o los libros, tienen todo el conocimiento relevante y que por lo tanto es una verdad absoluta e incuestionable, pero únicamente un dogma o una religión refieren a verdades absolutas. Por eso es común creer que la biblia contiene todo el conocimiento y que es una verdad literal e infalible (Bunge, 1985). Ningún libro de ciencia ha sido ni será respaldado de esa manera. Por ejemplo, considere la pregunta: *¿Cómo empezó el mundo?* La respuesta de un científico iniciará con la evidencia que se ha recogido por décadas o siglos de estudio astronómico, e incluirá varias líneas acerca de los movimientos de las galaxias. Luego concluirá con una teoría que se ajusta a la evidencia acumulada. No presentará, o al menos no debiera hacerlo, cualquier declaración acerca de la verdad absoluta. Por el contrario, algunos que se precian de científicos responderán que el mundo fue creado por una deidad hace cierto número de años; y si se les pregunta acerca de su nivel de certeza generalmente responden que absolutamente no tienen ninguna

incertidumbre. Un verdadero científico no responde con ese grado de certeza, sin tener en cuenta la evidencia disponible para ello, ni asumirá ese tipo de reclamación a la verdad. Puede tener un alto nivel de confianza si hay pruebas suficientes, pero no reclama la verdad o certeza absolutas. Vale la pena recordar que si un individuo admite la incertidumbre no quiere decir que está equivocado, aunque el problema sea político, económico, religioso, o científico. De hecho, si admite cierta incertidumbre en su pensamiento a menudo está más cerca de la verdad, o al menos entiende mejor los problemas, que alguien que acepta la certeza absoluta (Schaar, 2003). Gritar más fuerte no genera verdad.

La ciencia no es religión

Ciencia y religión son muy diferentes, tanto en lo que tratan de hacer como en los enfoques que utilizan para lograr sus objetivos. La ciencia trata de explicar el origen, la naturaleza y los procesos del universo físicamente detectable. La religión busca explicar el significado de la existencia humana, definir la naturaleza del alma, justificar la existencia de una vida futura y mantener la devoción a una deidad o deidades. Sus objetivos y métodos son muy diferentes. La ciencia usa evidencia física para responder a sus preguntas y a partir de ella se basa en los humanos modernos para hacer inferencias (Prygonine, 2003). Las religiones, por el contrario, suelen utilizar la inspiración divina, la interpretación de los textos antiguos, y en algunos casos una visión personal como fuente de respuesta a sus interrogantes. Por lo tanto, ciencia y religión no son, o no deberían ser, enfoques en competencia, ya que tratan de lograr cosas diferentes y por diferentes métodos. A la luz de estas diferencias fundamentales en objetivos y métodos, la ciencia y la religión son paradigmas distintos y no siempre compatibles entre sí (Butler *et al.*, 2011).

Además, la consideración de estos objetivos y métodos demuestra que la ciencia y la religión tienen poco en común. La ciencia no tiene que hacer nada acerca de inferencias sobre las almas, la otra vida, o las deidades porque no son entidades físicamente detectables o medibles sobre una hipótesis que se pueda probar. Por su parte, muchas religiones, especialmente las orientales, hacen afirmaciones sobre el origen y la naturaleza del universo físicamente detectable, y generalmente lo hacen a causa de su aceptación de la totalidad de un texto antiguo que incluye historias sobre el origen de la tierra y de la vida. Las religiones que tratan las historias de estos textos como *alegorías no-literales* tienen poco o ningún conflicto con la ciencia.

Para ilustrar estas diferencias, en la Tabla I (pág. 159) se presentan algunas generalizaciones sobre el conocimiento religioso, el conocimiento artístico o místico y el conocimiento científico. Hay que tener en cuenta la diversidad que pue-

de surgir en los conceptos: 1) religión: budismo, hinduismo, islamismo, judaísmo, chamanismo, sintoísmo y las muchas variantes del cristianismo; 2) ciencia: experimental, teórica, observacional, física, biológica; y 3) la diversidad casi infinita de experiencias místicas. Esta clasificación no se debe entender como una condena o idealización de alguna de ellas, sino como una forma de verlas a la luz de las otras.

Es importante tener en cuenta que, dependiendo de cuál sea la visión que se tenga del mundo, cada una de estas formas de pensar puede tener sus ventajas:

- Para alguien que valora muy positivamente la constancia y se siente incómodo con los cambios en el conocimiento, la ciencia puede ser muy inquietante. Pero para el que se adapta a las cambiantes concepciones del mundo e incluso disfruta de las ideas recién descubiertas sería muy atractiva.
- Para quien tiene poca fe en la integridad y la capacidad de la humanidad contemporánea, la ciencia le generaría poca credibilidad. Sin embargo, sería creíble para quien cuestiona la autoridad del pasado y en cambio está más confiado de los reportes publicados y revisados por algunos humanos contemporáneos.
- La ciencia le proporcionaría una perspectiva desagradable a aquel que se conforta con la visión tradicional de una naturaleza especial de la humanidad y con la idea de una fuerza de cariño rector. Sin embargo, para quienes la vida real es como es y la humanidad no tiene lado bueno, les parecería de mucha utilidad.

La disciplinabilidad científica

Por siglos, el método cartesiano fue el principal impulsor de los descubrimientos científicos. Sin embargo, las ideas de Descartes (1637) se basaban en una época en la que la mayoría de científicos eran eruditos y muchos trabajaban en diversos campos científicos a la vez, además de que también intentaban comprender la filosofía y la teología. La ciencia comenzó a alejarse gradualmente de estas áreas y se convirtió en una de estudio independiente, y su creciente complejidad e incremento en amplitud y profundidad hacían imposible que un científico pudiera trabajar en varias disciplinas a la vez. Entonces, y debido a que la ciencia se dividió en áreas del conocimiento (disciplinas), el método científico se volvió mucho más complejo. Por ejemplo, la física podía permanecer fiel al método inductivo de Francis Bacon, pero la neurociencia comenzó a encontrar dificultades al tratar la extrema variabilidad y complejidad del cerebro. Como resultado, en el siglo XX cuando los filósofos de la ciencia abordaron el método, se produjo un gran cambio. Uno de ellos fue Karl Popper (2002), quien entendió las limi-

Tabla I.

Diferentes tipos de conocimiento

Aspectos	Religioso	Místico/Artístico	Científico
Cómo descubre conocimiento.	De los textos antiguos o de las revelaciones de individuos inspirados.	Desde una visión personal, o desde el conocimiento de los demás.	De la evidencia generada por la observación de la naturaleza o por la experimentación.
Grado en el que el conocimiento cambia a través del tiempo.	Poco.	Puede ser considerable.	Considerable.
Grado en el que se esperan cambios futuros en el conocimiento.	Ninguno.	Se puede esperar, en la medida que se espera el desarrollo personal.	Tentativo. En tanto se descubre una nueva evidencia o se falsea una teoría anterior.
Cómo cambia el conocimiento a través del tiempo.	Es inmutable, excepto por la reinterpretación de las autoridades, por nuevas revelaciones inspiradas, o por la divergencia de rebeldes.	Por cambios individuales o por ideas de los demás.	Por nuevas observaciones o experimentos, y/o por la reinterpretación de los datos existentes.
Nivel de certeza.	Alto, debido a la fe. Puede ser completo.	Alto.	Depende de la calidad y el alcance de las pruebas; nunca será completo.
Supuestos de base.	Que los textos antiguos o la revelación inspirada tienen significado para las condiciones modernas o futuras.	Que los sentimientos personales y puntos de vista reflejan la naturaleza.	Que la naturaleza tiene patrones de comportamiento discernibles, predecibles y explicables.
Objetivos habituales.	Entender el alma humana, la naturaleza de una deidad y las condiciones de vida futura.	Entender el universo físico y/o metafísico.	Comprender el origen, la naturaleza y los procesos del universo observable.
Dónde se pone la fe.	En seres sobrenaturales, o en las autoridades que interpretan textos y acontecimientos.	En sus propias percepciones.	En la honestidad de quienes reportan datos científicos y en la capacidad humana para entender la naturaleza.
Fuentes de contradicción.	Entre las diferentes religiones; entre los diferentes textos y/o autoridades; y entre los textos individuales.	Entre los individuos que sacan sus propias conclusiones.	A través del tiempo, como los cambios en la comprensión; y entre los campos e individuos que utilizan diferentes enfoques y materiales.

Fuente: Los Autores

taciones del viejo método científico y centró su tesis en establecer que la ciencia no es infalible, porque a menudo las disciplinas científicas bien establecidas siguen caminos equivocados y generan teorías incorrectas. Por otro lado, las pseudo-ciencias, tales como la psicología y las sociales, a menudo encuentran respuestas correctas, incluso sin seguir un método a la perfección. Esto lo llevó a cuestionar la definición misma de la ciencia y trató de desarrollar un método científico que abordara estas limitaciones. Hasta entonces el método no hacía distinción entre ciencia y no-ciencia, y giraba en torno a las técnicas empíricas y al método inductivo, por lo que no tenía en cuenta el desarrollo de las nuevas disciplinas y no encajaba adecuadamente en la creciente complejidad de las ciencias teórica y práctica (Bauer, 1992). Popper postula entonces que la ciencia avanza a través de un proceso de *conjeturas y refutaciones*, en el que los cien-

tíficos teóricos desarrollan teorías que los científicos experimentales intentan probar o negar. Para que esto suceda la teoría tiene que ser *falsifiable*, y si la teoría no puede ser probada adecuadamente por la ciencia entonces no puede ser científica.

Paul Feyerabend (2010), el anarquista científico, se dio cuenta al igual que Popper que la ciencia se había dividido en muchas disciplinas diferentes, que a su vez se habían vuelto demasiado complejas para definir las mediante un método general. Estaba convencido que al tratar de obligar a todas esas disciplinas a seguir una serie de reglas, en realidad lo que se lograba era obstaculizar a la ciencia y crear falsas restricciones y obstáculos al progreso. Su filosofía *anything goes* es un intento de abordar esta cuestión, con el argumento de que el trabajo científico no debe estar influen-

ciado por filosofías secretas y arcaicas. Señaló que todos los científicos deben acercarse a la filosofía, porque si no la entienden, cómo podrían verse limitados por ella. Su argumento más fuerte en contra del método es que, históricamente, si el proceso de la ciencia se hubiera limitado a sus estrictas limitaciones no se habrían logrado los grandes descubrimientos. A menudo, los científicos tienen que construir las reglas sobre la marcha, adaptando sus métodos para enfrentar los nuevos descubrimientos que no pueden ser examinados sin romper las reglas establecidas. Señaló que gracias a que las revoluciones científicas más grandes ignoraron el llamado *método científico*, el descubrimiento científico progresó de manera desigual.

En el siglo XXI, en plena edad del desarrollo tecnológico, en medio de la Sociedad del Conocimiento y de la Información, y gracias a la creciente complejidad de la ciencia, la propuesta cartesiana ya no funciona para todas las disciplinas y tiene que modificarse. Como lo proponen los autores de la complejidad la mejor manera de ver la ciencia es sobre una base disciplinar, porque cada campo científico parece haber desarrollado su propia filosofía; además, porque la realidad es que las disciplinas no son independientes y los científicos necesitan integrar varias de ellas en su trabajo (Camp, 2002). Por otro lado, la ciencia de este siglo es inter y multi-disciplinar, y ellos deben hacer acopio de un pensamiento multi-dimensional para comprender y resolver los problemas. Por todo esto es que es más conveniente pensar en un método que permita el trabajo científico creativo, en el que los científicos dejen volar su imaginación para encontrar la mejor ruta para desarrollar su trabajo, en medio de una creciente complejidad y de un volumen de conocimiento cada vez mayor (Phelan, 2001).

La división disciplinar de la ciencia debe revelar la estructura que refleja la orientación científica prevaleciente, lo que indica implícitamente las prioridades del desarrollo general de la ciencia y de los países, es decir, las posibilidades de la aplicación del conocimiento (Morin, 2008). La estructura ramificada de los sistemas de investigación y de desarrollo es un posible indicador de la orientación y las prioridades adoptadas, y al mismo tiempo del sistema general de los valores sociales que hacen que una sociedad determinada sea claramente reconocible. Por ejemplo, en la controversia de 1989 sobre el logro reportado de la fusión nuclear fría, parte de las comunidades de la física y la química se oponían tanto a la teoría como a la competencia profesional del descubrimiento. Los físicos veían el anuncio de los químicos como una incursión en su territorio disciplinar, y se esforzaban por restaurar las fronteras interdisciplinarias. Los acontecimientos que siguieron arrojaron luz sobre la manera en que las afirmaciones del conocimiento de los científicos y las creencias meta-científicas se ven afectadas por su pertenencia disciplinar. En particular, esta contro-

versia ofreció evidencia de una re-interpretación constructivista de la división de la naturaleza en niveles, que habitualmente ha servido de base para apoyar la división de la ciencia en disciplinas. Un fenómeno que por varias décadas ha sido ampliamente estudiado por historiadores y filósofos de la ciencia.

Los primeros estudios se centraron en gran medida en la competencia entre los profesionales dentro de las disciplinas individuales. Una lucha alimentada por la idea de que la recompensa por el conocimiento de los practicantes estaba disponible en cantidades limitadas solamente a las organizaciones profesionales que rigen la disciplina. Con frecuencia centrada en la prioridad del descubrimiento o su anuncio, y ha llegado a constituir un importante factor determinante de la distribución de recursos dentro de la ciencia (Gaston, 1973; Hagstrom, 1974; Lamb y Easton, 1984). Pero, por fuera de estas discusiones, la idea de desarrollar un método científico que involucre al pensamiento complejo desde diferentes disciplinas para crear un conjunto homogéneo es una cuestión prioritaria. Por ejemplo, ¿cómo fusionar el modelo que desarrolla un neurocientífico para comprender el impacto que causa el estrés emocional en la función cognitiva, con un modelo macro-económico construido por un economista para formular una política económica en tiempos de recesión? Parece descabellado pero es un ejemplo del impacto que se podría lograr, y es algo de lo que trata Morin en el paradigma del pensamiento complejo. Todo esto debe llevar a la cuestión de cómo y si este tipo de trabajo multi-disciplinar y multi-dimensional contribuirá a la evolución de la ciencia y al desarrollo de la capacidad humana para poner a prueba las ideas científicas que van más allá del ámbito de la experimentación. La sensación es muy positiva acerca de un futuro así, y el pensamiento complejo está colaborando para lograr este cambio de mentalidad.

Las limitaciones de una ciencia uni-disciplinar se hacen más evidentes si se interpreta y observa desde la teoría de la complejidad. Desde esta perspectiva, se basa en un orden complejo multi-factorial, que incluye a las propiedades complejas y al comportamiento complejo, es decir, alternando eventos pseudo-sencillos y eventos pseudo-caóticos fortuitos alternos (Pryogine, 1984). De esta forma, la ciencia es capaz de analizar fenómenos simples y complejos y resolver los causados por la interacción de diversas propiedades. Si un científico conoce el estado inicial o real de un sistema complejo podrá realizar predicciones acerca del pasado y del futuro, o sea sus estados virtuales, mediante simulación por computador. Así mismo, y debido a este enfoque multi-disciplinar complejo de la ciencia, le será posible estudiar la naturaleza y el grado de simplicidad y complejidad de las interacciones entre las variables de los sistemas involucrados, la sucesión probabilística de los eventos pseudo-sencillos relativamente estables y de los pseudo-caóticos fortuitos, lo

mismo que de los patrones de comportamiento y de las tendencias que ocurren dentro de los sistemas complejos (Morin, 2003). En resumen, la ciencia es multifactorial, relativista, compleja, e intrínseca o probabilísticamente incierta, y para comprenderla e intervenirla se debería mirar desde la óptica de la complejidad, un paradigma que le permite al científico dejar volar su imaginación y ser creativo al realizar su trabajo.

Conclusiones

La ciencia es el esfuerzo concertado de los seres humanos para entender la historia del mundo natural y su funcionamiento. La base de ese entendimiento es la evidencia física observable, ya sea a partir de observaciones a la naturaleza o de experimentos que intentan simularla. Los resultados de, y las inferencias desde, dichas observaciones y experimentos se convierten en conocimiento científico solamente después de ser publicados, y su objetivo es modificar las ideas previas. Estas teorías, que son conceptos de amplia cobertura basados en grandes cantidades de datos y que tratan de explicar y predecir cantidades de fenómenos, pueden ser ideas poderosas, pero aun así están constantemente bajo revisión e incluso rechazo cuando surge un nuevo conocimiento. El resultado es que el conocimiento científico está en constante cambio, pero siempre se espera que avance hacia una visión más correcta del mundo.

La ciencia es respetada y admirada en el mundo moderno. El hombre de la calle utiliza la palabra ciencia en el sentido de todo lo que ha llegado a un estado de sofisticación, previsibilidad y comprensión. Decir que algo es ciencia, ya sea que se trate de una cirugía o de una previsión política, es para darle el más alto nivel de credibilidad. La ciencia ha dado recompensas importantes como la conservación de alimentos por refrigeración y la preservación de la salud mediante la inoculación. Pero la ciencia no fabrica dispositivos, solamente emite las bases teóricas sobre las cuales se pueden hacer realidad mediante la ingeniería. Los beneficios de esta relación están tan omnipresentes en el mundo de la tecnología que la mayoría no puede diferenciarlos.

Pero la ciencia no fue siempre tan apreciada. Surgió de la oscuridad, de la mística, de la alquimia, de la astrología y de la brujería. De hecho, la metafísica fue un intento original de dar explicaciones racionales a los fenómenos naturales y un paso necesario en el desarrollo de una ciencia objetiva. Siempre ha sido, y aun hoy lo es, un movimiento fundamentalista que pretende volver a los días en que las respuestas eran dadas por hombres santos, más que por hombres sabios. Tal era el caso antes de la primera gran era de la ciencia en la antigua Grecia, a la que por un período de más de mil años se le llamó la edad oscura.

La ciencia es la filosofía de que el mundo natural puede ser conocido a través de la razón humana y que la naturaleza es racional, ordenada y regular. Cuando las cosas parecen irracionales la respuesta científica es que no se tienen suficientes datos para resolver el problema. Los estudios científicos llevan a hipótesis, teorías y leyes. La ley científica (natural) es trascendente del tiempo y la cultura, independiente de los sistemas éticos o de valor y acumulativa y progresiva.

El dinamismo, la complejidad y la inter y multi-disciplinariedad de la ciencia en este siglo la obligan a utilizar herramientas y principios que no tienen cabida en el método tradicional. La nueva visión del universo y los desarrollos tecnológicos seguirán cambiando aceleradamente y las disciplinas interactuarán cada vez con mayor dependencia unas de otras, por lo que se puede vislumbrar una nueva revolución científica. Una revolución de la que harán parte conceptos como la lógica, la abstracción y el pensamiento complejo; y modelos computacionales y principios como el razonamiento lógico, cómo aprenden las personas y la multi-dimensionalidad del conocimiento; cuya integración y puesta en marcha generará una forma de ver y trabajar en ciencia con base en el paradigma de la complejidad y la teoría del pensamiento complejo orientada a aprovechar la creatividad y la imaginación de los científicos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. ASIMOV, I. & CLARKE, A. *The Roving Mind*. New York: Prometheus Books, 1997.
2. BACON, F. *Novum organum*. London: Losada, 2004.
3. BAUER, H. *Science literacy and the myth of the scientific method*. Illinois: University of Illinois Press, 1992.
4. BUNGE, M. *La ciencia, su método y su filosofía*. Barcelona: Laetoli, 2013.
5. BUNGE, M. *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Madrid: Siglo XXI, 2000.
6. BUNGE, M. *Seudociencia e ideología*. Buenos Aires: Alianza, 1985.
7. BUTLER, J. *et al.* *The power of religion in the public sphere*. New York: Columbia University Press, 2011.
8. CAMP, J. *Confusion: A study in the theory of knowledge*. Massachusetts: Harvard University Press, 2002.
9. CASTELLS, M. *The rise of the network society - The information age: Economy, society, and culture*. USA: Wiley-Blackwell, 2009.
10. DESCARTES, R. *Le discours de la methode*. Translator Donald, A.C. (1998). *Discourse on method*. London: Hackett Publishing Company, 1637.

11. ENDERS, J. & FULTON, O. Higher education in a globalising world - International trends and mutual observations. Berlin: Springer, 2002.
12. FEYERABEND, P. *Against Method*. New York: Verso, 2010.
13. GASTON, J. *Originality and competition in science: A study of the British high energy physics community*. Chicago: University of Chicago Press, 1973.
14. HABERMAS, J. *Knowledge & human interests*. London: Beacon Press, 1972.
15. HABERMAS, J. *The philosophical discourse of modernity: Twelve lectures*. Massachusetts: The MIT Press, 1990.
16. HAGSTROM, W. Competition in science. En: *American Sociological Review*, 1974. vol. 39, no. 1, p. 1-18.
17. HARGROVES, K. & SMITH, M. *The natural advantage of nations - Business opportunities, innovations and governance in the 21st century*. London: Routledge, 2006.
18. HEAD, T. *Conversations with Carl Sagan*. Mississippi: University Press of Mississippi Press, 2006.
19. KUHN, T. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press, 1996.
20. LAMB, D. & EASTON, S. *Multiple discovery: The pattern of scientific progress*. USA: Avebury, 1984.
21. LAYTON, E. Conditions of technological development. In Rösing, I. & Solla, D. (Eds.), *Price Science, Technology, and Society: A Cross-Disciplinary Perspective* (p. 197-222). London: Sage, 1977.
22. LECLERC, G. *Histoire naturelle - Générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roi*. Paris: The L'imprimerie Royale, 1749.
23. LÉVI-STRAUSS, C. *The raw and the cooked*. Mythologiques, Volume I. Chicago: University of Chicago Press, 1983.
24. MORIN, E. *Eduquer a l'heure planetaire*. Paris: Balland, 2003.
25. MORIN, E. From the concept of system to the paradigm of complexity. En: *Journal of Social and Evolutionary Systems*, 1992. Vol. 15, no. 4, p. 371-385.
26. MORIN, E. *La transdisciplinarietà: Manifiesto*. Barcelona: 7 saberes, 1996.
27. MORIN, E. *On Complexity - Advances in systems theory, complexity, and the human sciences*. London: Hampton Press, 2008.
28. MULKAY, M. Knowledge and utility: Implications for the sociology of knowledge. *Social Studies of Science*, 9, 1, p. 63-80, 1979.
29. OSORIO, S. El pensamiento complejo y la transdisciplinarietà: Fenómenos emergentes de una nueva racionalidad. En: *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 2012. vol. XX, no. 1, p. 269-291.
30. PHELAN, S. What Is complexity science, really? En: *Emergence*, 2001. vol. 3, no. 1, p. 120-36.
31. PICKERING, A. *The mangle of practice: Time, agency, and science*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
32. POPPER, K. *The logic of scientific discovery*. New York: Routledge, 2002.
33. PRYGONINE, I. *From being to becoming: Time and complexity in the physical sciences*. London: W.H. Freeman & Co, 1981.
34. PRYGONINE, I. *Is Future given?* London: World Scientific Pub Co Inc., 2003.
35. PRYGONINE, I. *Order out of chaos: Man's new dialogue with nature*. London: Flamingo, 1984.
36. RAJ, K. Colonial encounters and the forging of new knowledge and national identities: Great Britain and India. En: MACLEOD, R. (Ed.), *Nature and Empire: Science and the Colonial Enterprise* (p. 119-134). London: Osiris, 2000.
37. SAGAN, C. *The demon-haunted world: Science as a candle in the dark*. New York: Ballantine Books, 1997.
38. SCHAAR, M. Judgement and Certainty. 26th International Wittgenstein Symposium (p. 311-313). August 3-9, Kirchberg am Wechsel, Austria, 2003.
39. SERNA, M.E. Editorial. En: *Revista Digital Lámpasakos*, 2010. vol. 3, p. 5-6.
40. SERNA, M.E. Social Control for Science and Technology. En: Larrondo, P. *et al.* (Eds.), *10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* (p. 1-7), 2012.
41. WESTFALL, R. *The life of Isaac Newton*. Massachusetts: Cambridge University Press, 1994.
42. WILSON, E. *Consilience: The Unity of Knowledge*. London: Vintage, 1999.