

# **APUNTES SOBRE SOCIOLOGIA Y FILOSOFIA DE LA INGENIERIA**

**Adriana Patricia Gallego Torres**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, adpgallegot@udistrital.edu.co

**Mónica Rueda Pinto**

Universidad Santo Tomás de Aquino, Bogotá, Colombia, monicarueda@usantotomas.edu.co

## **ABSTRACT**

This paper presents an approach to the sociology and philosophy of engineering, from the general problem of the relationship between Philosophy and Sociology, revise proposed taking as an example the historical reconstruction of recognition of engineering as a scientific discipline.

**Keywords:** philosophy, engineering, sociology, history

## **RESUMEN**

Este trabajo presenta una aproximación a la sociología y la filosofía de la ingeniería, a partir del problema general de la relación entre filosofía y sociología, se propone revisarla tomando como caso la reconstrucción histórica del reconocimiento de la ingeniería como disciplina científica.

**Palabras clave:** ciencia, ingeniería, sociología, historia

## **1. INTRODUCTION**

La preocupación del público por las nuevas tecnologías ha dio lugar a nuevos campos de investigación: la filosofía, la historia y la sociología de la ingeniería, y las ciencias sociales se unieron para crear nuevas perspectivas en los temas interdisciplinarios relacionados, con la ciencias y las ingenierías,. El objetivo de estas disciplinas es como se produce el conocimiento tecnológico sus gestores, reguladores, y otros actores que intervienen sobre la elección y el uso de las tecnologías.

## **2. LA SOCIOLOGIA DE LA INGENIERIA UN PUNTO DE PARTIDA**

Los estudios sociales de la ingeniería, éstos pueden remontare a las publicaciones de los ingenieros y filósofos Max Eyth (1836- 1906) y Alard du Bois- Reymon en su obra Erfindung und Erfinder sobre la relación de la ingeniería con la sociedad y la importancia de reflexionar en torno a esta compleja relación diferenciando los procesos sociológicos particulares de la invención y la realidad del inventor.

Esta relación encierra la clave de la evolución de la humanidad, debido fundamentalmente a que los desarrollo ingenieriles sintetizan la evolución de la cultura, la ciencia y la sociedad y su compleja relación, es decir, en la su historia desde las culturas prehistóricas, podemos encontrar lo determinado y lo indeterminado, las leyes de la naturaleza, la lógica científica y el y la relación de muchos hechos históricos que han marcado las diferentes civilizaciones. Esta relación compleja se hizo evidente a partir de finales de la década de 1960, la creciente preocupación del público con las nuevas tecnologías ha dado lugar a un nuevos estudios en campo de la ciencia aplicada y de las ingenierías. Investigadores de la tecnológicos, naturales, del comportamiento, y las ciencias

sociales se unieron para proponer un problema interdisciplinario sobre la necesidad de reflexionar acerca de la historia, la filosofía y sociología de la tecnología y la ingeniería sobre todo entre los gestores, reguladores, y otros que decidir sobre la elección y el uso de las tecnologías. (Otway 1987, Pérez, 1995)

Esta relación tiene una larga tradición, Popper en el primer volumen de "La Sociedad abierta y sus enemigos" (1945), con un sentido diferente: la implementación de los métodos críticos y racionales de la ingeniería y ciencia a la solución de los problemas sociales en el que afirmaba:

*“La ingeniería gradual habrá de adoptar, en consecuencia, el método de buscar y combatir los males más graves y serios de la sociedad, en lugar de encaminar todos sus esfuerzos hacia la consecuencia del bien final...(esto es).. La diferencia que media entre un método razonable para mejorar la suerte del hombre y un método que, aplicado sistemáticamente, puede conducir con facilidad a un intolerable aumento del padecer humano. Es la diferencia entre un método susceptible de ser aplicado en cualquier momento y otro cuya práctica puede convertirse fácilmente en un medio de posponer continuamente la acción hasta una fecha posterior, en la esperanza de que las condiciones sean entonces más favorables. Y es también la diferencia que media entre el único método capaz de solucionar problemas (según lo enseña la experiencia histórica, incluyendo la propia Rusia, como se verá más adelante) y otro que, dondequiera que ha sido puesto en práctica, solo ha conducido al uso de la violencia en lugar de la razón, y, si no a su propio abandono, al abandono, en todo caso, del plan original”*

La ingeniería puede verse como artefacto, como conocimiento o como práctica social (Herrera, 1990; Cajas 1998). En este sentido, y retomando el convencimiento de que las ingenierías son consideradas como saberes, es factible proponer una epistemología para cada una de ellas; pero cada una de esas propuestas no puede afincarse en K. Popper (1962), en T. S. Kuhn (1972) ni en I. Lakatos (1983), ni siquiera para la Ingeniería más cercana a la Física, es decir, aquella en la que los colectivos de ingenieros diseñan y fabrican instrumentos y máquinas. No es posible acudir a la categoría de sustitución de teorías y experimentos cruciales, ni a la de cambio paradigmático como tampoco a la de abandono de programas de investigación que se hicieron regresivos. Es esta la razón por la cual se ha propuesto una estructura general para analizar desde ella en qué consiste, en este caso, una “Tecnología dura”. No obstante, hay que recordar que G. Basalla (1991), acudió al concepto de evolución para explicar el desarrollo de la tecnología de herramientas, aun cuando esta propuesta no ha sido acogida como se esperaba.

Esta negativa a utilizar aproximaciones epistemológicas que tienen como punto de partida la construcción y desarrollo histórico de la Física, no deja de reconocer que una disciplina como la Termodinámica clásica, es la que en su origen partió del análisis de la máquina de vapor de J. Watt, por lo que sin temor a equivocaciones, se puede afirmar que fue la ciencia de las máquinas térmicas. Sin embargo, se tomó distancia de esos artefactos, a partir del momento en que S. Carnot situó sus explicaciones en una máquina térmica ideal, que no puede ser diseñada y fabricada.

Otro aspecto que es importante considerar es el de si es o no es factible explicar el desarrollo de esta Tecnología dura, desde la aproximación empirista o la positivista, ambas como ya se ha explicitado, basadas en la lógica inductiva; para reiterarlo, la que parte de los hechos o de la observación para elaborar estructuras conceptuales y metodológicas sobre las razones de la estructura y funcionamiento de los instrumentos y máquinas. Se recuerda que hubo cierta inclinación a pensar que los artesanos o técnicos “copiaban por la simple observación” estructuras y procesos que se daban en la naturaleza. De ser así, no se tendría una explicación de cómo el hombre del neolítico empezó a fabricar sus instrumentos de piedra. De la misma manera, poner de presente que cuando, muchos siglos después, intento volar imitando a la aves, fracasó rotundamente. Por tanto, los artefactos primero y los ingenieros posteriores, son una creación de la mente de artesanos, técnicos y tecnólogos e ingenieros. Un ejemplo trivial, no existe en la naturaleza nada que se semeje a la cremallera. De ser aceptados éstos argumentos, una epistemología para dar cuenta del desarrollo histórico de los saberes ingenieriles, tendría que basarse en la lógica deductiva.

J. Ladriere (1977) sostuvo ya que el quehacer tecnológico es una actividad teóricamente ordenada. Ese ordenamiento teórico supone la elaboración previa de un discurso de naturaleza hipotético – deductiva, de cuya estructura los colectivos de tecnólogos formulan hipótesis tecnológicas que precisan y delimitan un problema propio del saber dentro del cual trabajan los miembros de esos colectivos. El problema orienta la solución constructiva que se persigue, dentro de los límites de la máxima eficacia y eficiencia que en cada época se puede conseguir.

En esta apuesta por una aproximación epistemológica no empirista ni positivista, se niega igualmente que la construcción y desarrollo histórico de la ingeniería como ciencia, haya obedecido a la labor de individuos geniales, casi que nacidos con la programación genética para ser considerados como los grandes inventores. Esta concepción es la que se ha tejido alrededor de T. A. Edison (1847 – 1931), digno representante del estadounidense que “de la nada” se convirtió en el gran ejemplo de que se puede crear y desarrollar artefactos, sin siquiera haber tenido una formación académica como técnico o como tecnólogo; es una posición eminentemente ideológica que pone en tela de juicio los programas de reconstrucción histórica, que hablan hoy en favor de que fue una que supo poner a su servicio un equipo de ingenieros que supo plasmar en realizaciones concretas, las ideas que se le ocurrían. Incluso, se ha puesto en duda la originalidad de las invenciones que se le atribuyen (Weightman, 2008).

Como se ha admitido de manera general en las ciencias de la naturaleza, que cada propuesta epistemológica ha de estar fundamentada en referencias históricas basadas en la consulta de fuentes primarias, se adopta en este texto que cada una de las tecnologías, como construcciones humanas adelantada por colectivos de especialistas tiene una historia. Al respecto, ha habido reconstrucciones (Bedini y De Solla, 1981; Derry y Williams, 1977; Hall, 1981), de las que recibirían el calificativo de estar mediadas por una llana aproximación epistemológica positivista. Esta suele limitarse a un recuento de las invenciones en la dinámica de una sucesión lineal que, por lo general, se limita a un listado de inventos y de inventores, con la supuesta y no demostrada de una concepción empirista y positivista.

Esa historia puede demarcarse a partir del momento del tallado de la piedra, sigue con la creación de la alfarería, continua con la metalurgia y sus eras del cobre, del bronce y del hierro. Parte destacable ha de ser la creación de las corporaciones de artesanos y la creación en cada una de ellas, de los “Collegia Artificum” en los que los maestros transmitían su saber a sus discípulos. Ha de analizarse la introducción de la episteme de las matemáticas en el saber de los artesanos constructores de máquinas, pasando antes por el papel de los geómetras mecánicos de la antigua Alejandría; y, desde esta ciudad a los artesanos fabricantes de instrumentos científicos. En este listado, la fundación de la Escuela Politécnica de París, de donde egresó S. Carnot, que fue modelo para la creación de los programas de ingeniería. En este orden nos atrevemos a reafirmar que la ciencia y la ingeniería han estado asociadas al desarrollo humano, y sin duda forman parte de la naturaleza humana (Petroski, 1992), pero para comprender esta relación es necesario acudir a la filosofía de la tecnología quien en la actualidad es uno de los pilares de los estudios CTS (ciencia, tecnología, sociedad).

### **3. APUNTES SOBRE FILOSOFÍA**

Los orígenes de ésta disciplina podemos situarlos a finales del siglo XIX en Alemania, cuando el ingeniero Ernst Kapp, en 1877 acuñó la frase “*filosofía de la tecnología*” en su obra principal *Fundamentos de una filosofía de la técnica* (*Grundlinien einer Philosophie der Technik*), Kapp elabora una concepción artefactual de la tecnología como proyección de nuestros órganos (Organprojektion), como proyección de los seres humanos que se reproducen a sí mismos en la colonización del espacio y del tiempo. La filosofía de la tecnología de Kapp debe ser entendida en el marco de su “filosofía geográfica”, donde Kapp apela a rasgos geográficos como ríos u océanos para ofrecer una explicación material de la realidad histórica. La historia, en este sentido, es el testimonio diferencial de los seres humanos en su intento, en gran medida mediante la tecnología, de afrontar tales desafíos ambientales (Pérez, 1995; Cerezo y Lujan, 1998, Moran 2006; Capana, 2007).

En la misma década de la muerte de Kapp, el ingeniero ruso Engelmeier empleo el termino “Filosofía de la

Tecnología” en sus artículos. En 1911, en el cuarto congreso mundial de filosofía en Bolonia- Italia reformulaba la concepción de Philosophie de Technik y en 1927 Engelmeier colaboro en la construcción de los problemas centrales de ésta naciente disciplina, entre los que cabe destacar: El desarrollo de un programa para la filosofía de la tecnología, definir el concepto de tecnología, el papel de la tecnología en historia de la cultura, entre otros (Engelmeierm 1929).

En 1913, el ingeniero químico alemán Eberhard Zschimmer (1873-1940) publicó un libro titulado “Filosofía de la Tecnología” en el que afirmaba que la meta de la tecnología es la libertad humana, lograda y entendida en términos de dominio material y de la superación de las limitaciones de la naturaleza (Mitcham, 1989) .

Antes y después de la segunda guerra mundial otro de los filósofos de la tecnología pionero de ésta disciplina es Friedrich Dessauer (1831-1963) quien consideró que el conocimiento científico- técnico a través de la ingeniería se convirtió en un modo de existir de los seres humanos. Para él la tecnología era una experiencia religiosa y toda experiencia religiosa toma un sentido tecnológico.

En este mismo sentido, el grupo de investigación de la tecnología llamado “Hombre y Técnica” (‘Mensch und Technik’), creado con ocasión de la celebración del centenario de la VDI, cuyo objetivo principal era consolidar la filosofía de la tecnología como una disciplina autónoma y buscaba recuperar el prestigio de los ingenieros y de la tecnología y, luchar contra la imagen de la tecnología relacionada con el supuesto de que la sociedad de bienestar depende del desarrollo continuo de la tecnología, estimulará una filosofía afirmativa de ésta, tratando de aproximarla al estilo cognitivo y argumentativo de los ingenieros (Jaramillo, 1992).

En 1939, José Ortega y Gasset, quien publica su en forma de libro *La Meditación de la técnica* recoge los escritos para un curso impartido en 1933 en la universidad de verano de Santander, que habían sido ya publicados en forma de artículos en Argentina, junto con *Ensimismamiento y alteración*. No es esta la única ocasión en que Ortega se ocupa de la técnica; también lo hace en *La rebelión de las masas*, *En torno a Galileo*, *La idea de principio en Leibniz* y en *Una interpretación de la historia universal*.

Según Ortega, la técnica nos descubre la constitución del hombre, el «raro misterio» de su ser. Porque el ser humano no pretende mediante la técnica simplemente adaptarse al medio como los demás seres vivos, sino transformar el medio para adaptarlo a sus necesidades. Teniendo en cuenta que las necesidades humanas no son sólo biológicas, porque las personas necesitamos también lo superfluo. «Vivir humanamente» significa, no únicamente estar en el mundo, sino estar bien («bienestar»), por eso el hombre es técnico, creador de lo superfluo con vistas a la felicidad. Sin embargo, la creciente capacidad técnica del hombre ha ocultado la capacidad de programar la propia vida, ha contribuido a que el hombre «no sepa ya quién es», a que se le haya vaciado la vida. De ahí la desorientación y desmoralización colectivas de Occidente, personificadas en el «hombre-masa», que lleva una vida carente de proyecto.

Ya a finales del siglo pasado (1998), en su texto clásico *¿Qué es la filosofía de la tecnología?*, Mitcham distingue dos modos de abordar la filosofía de la tecnología, la tradición ingenieril y la tradición humanística. Pero ahora, después de más de un siglo de existencia, podemos hablar que hay tantas filosofías de la tecnología como corrientes filosóficas. Así, encontramos una tradición analítica anglo-americana (con dedicación a la inteligencia artificial), una tradición fenomenológica europea-continental (con dedicación a las vivencias existenciales de los usos técnicos cotidianos) , una pragmatista, una aristotélico-tomista, una marxista, etc.

A pesar de esa diversidad, Mitcham sigue pensando que todas ellas pueden alinearse de acuerdo a las dos primeras tradiciones, la ingenieril y la humanística. Con el riesgo de una gran simplificación, podemos decir que la primera tradición tiene una actitud positiva hacia la tecnología, en cambio, la segunda, adopta una actitud más cauta.

Del primero es digno representante Mario Bunge, centrado en el estudio de la racionalidad y del método de la tecnología, que se hacen derivar de la racionalidad científica. Para Bunge, la tecnología no es sino ciencia

aplicada, y plasmación material de la forma de conocimiento y actuación más racional que existe. De ahí se derivaría que tanto la ciencia como la técnica son moralmente neutras, y sólo habría que lamentar las malas utilizaciones de ambas por intereses ajenos a los de esa racionalidad. En cambio, buena parte de la filosofía humanista de la tecnología (influida por autores como Lewis Mumford o Jacques Ellul) ha realizado una crítica cultural de nuestra era tecnológica, apelando a una movilización ética e incluso metafísica para impedir que los "auténticos valores humanos" queden ahogados en el camino.

Como podía esperarse de los desarrollos en sociología de la ciencia, una derivación lógica fue ampliarlos al análisis de las tecnologías. Hasta ahora, la mayor parte del trabajo se ha centrado en la realización de estudios de casos y en el intento de elaborar conceptos y formulaciones teóricas que den cuenta y traten de explicar la complejidad que surge de los estudios específicos. Se suelen considerar fundamentalmente tres enfoques: el Programa SCOST (Construcción social de la ciencia y la tecnología), la teoría de la red de actores, y la historia de los sistemas sociotécnicos.

El programa SCOST, encabezado por Trevor Pinch y Wiebe Bijker recurre a la metodología del programa EPOR de la escuela de Bath. Para las escuelas constructivistas de la tecnología, el cambio tecnológico es contingente, y para dar cuenta de él se evitan explicaciones en términos de lógica interna. También lo social y lo económico son, como la tecnología, heterogéneos y emergentes. Las relaciones sociales están constituidas y configuradas por medios económicos y técnicos. No existe ningún plan que en última instancia dirija el cambio histórico (ya sea en cuanto a lo tecnológico, lo económico o lo social). Las tecnologías nacen del conflicto, de la diferencia o de la resistencia entre promotores y afectados. Tales diferencias pueden constituir o no conflictos o desacuerdos abiertos. Los estudios de casos del programa SCOST analizan las estrategias empleadas por distintos actores sociales en dichos desacuerdos, estrategias que se supone están diseñadas para mejorar la propia posición respecto de los adversarios. Tanto las estrategias como las consecuencias de éstas (entre las que se incluyen las propias tecnologías) deberían ser tratadas como un fenómeno emergente.

Para la teoría de la Red de Actores, de Bruno Latour y Michel Callon, los procesos de innovación se entienden como lucha entre distintos actores que intentan imponer su definición del problema que se trata de resolver. El concepto de "actor" engloba por igual a los actores humanos y no humanos (herramientas, máquinas, diseños, instituciones, etc.), y ya no se puede sostener la dicotomía entre actores sociales y objetos, entre humanos y no humanos, sino que hay que hablar de redes de estrechas relaciones entre todos estos colectivos.

Los estudios de los sistemas sociotécnicos han intentado aplicar la teoría de sistemas a la historia de la tecnología. Hay un gran interés en desvelar las mutuas interacciones entre tecnología y sociedad, más allá de discusiones sobre supuestos determinismos de uno u otro tipo. Para Thomas Hughes estas interacciones hacen surgir nuevas tecnologías que modifican las relaciones sociales, pero igualmente hacen aparecer nuevos factores sociales por los que determinados actores pueden a su vez configurar las tecnologías para defender sus intereses.

El voluminoso libro *El mito de la máquina* (1964), del crítico e historiador estadounidense Lewis Mumford (1895-1990), fue uno de los primeros textos críticos sobre la tecnología, que sembró las bases de una nueva sensibilidad ecológica sobre los problemas de la sobreproducción industrial y los males a ella asociados, que ahora se han hecho más conocidos.

Ahora sabemos que la tecnología apropiada no consiste en disponer de una máquina más poderosa para roturar más rápido la tierra, sino en saber el momento y la profundidad a que debe colocarse la semilla. De hecho, las nuevas tecnologías de labranza cero consisten en roturar la tierra lo menos posible. La técnica del riego por goteo se basa en utilizar menos agua, no más. La nueva sociedad del conocimiento, que intenta suplantar a la sociedad industrial, precisamente pretende introducir nuevos grados de racionalidad a la utilización de la máquina.

El nuevo paradigma no se interesa tanto en el poder y la cantidad de los instrumentos, sino en su precisión y la capacidad de adaptación a cambiantes circunstancias. Son las llamadas máquinas inteligentes, que producen en la cantidad y oportunidad estrictamente necesarias, sin desperdiciar una energía que ahora sabemos escasa, y sin producir el descarte constante de un excedente que se transforma en moroso residuo. Cuanto más grandes, más fijas y menos flexibles son las máquinas del siglo XX, menos posibilidades tienen de adaptarse a circunstancias que en el siglo XXI cambian cada vez más rápidamente, incluso, el clima.

## CONCLUSIONES

El trabajo que aquí presentamos tiene por objeto analizar las relaciones entre la historia, la filosofía y sociología de la ingeniería lo que conlleva a situarnos en la concepción de ingeniería o de los productos resultantes de las investigaciones en ingeniería que ha imperado en los últimos años y que ha sido impulsada por las industrias que los producen y que los venden con el señuelo de que adquirirlos es hacerse a la tecnología que, como saber histórico y socialmente elaborado, se halla detrás de esos tecnofactos (Gallego Badillo, 1998); una concepción instrumentalista que también domina en los programas académicos de las universidades, apoyada en la aproximación epistemológica positivista que redujo “la Tecnología” a “ciencia aplicada” (González García, López Cerezo y Luján López, 2000).

Ha imperado una concepción idealizada y relacionada con “la Ciencia”, para quienes los científicos se ocupan del descubrimiento de la verdad, mientras que los ingenieros de la aplicación de esa verdad (Winner, 1994). No obstante, en la décadas de los setenta y ochenta, algunos investigadores que venían trabajando en la sociología del conocimiento científico, con los mismos presupuestos y acudiendo a las mismas metodologías, volcaron su interés al estudio social de la tecnología; un hecho que fue objeto de críticas. Sin embargo, los resultados obtenidos apuntaron a la conclusión de que ciencia y tecnología han estado relacionadas, aun cuando dicha relación no ha sido lineal. En resumen, las elaboraciones de los filósofos de la tecnología, dieron pie para introducir y formular el estatuto epistemológico de la ingeniería y desligarla de la simple aplicación de los modelos científicos, lo mismo ocurre con los estudios sociales de la ingeniería, que dejaron claro la relación tan estrecha que tienen los problemas y las soluciones en ingeniería.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Basalla, G. (1991). *La evolución de la tecnología*. Barcelona: Grijalbo.
- Bensaude – Vincent, B. (1998). Lavoisier: una revolución científica. En: *Historia de las ciencias*, Serres, M. (ed.), Caldin, E. F. (2002). The Structure of Chemistry In Relation to the Philosophy of Science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 8, No. 2, 103 – 121.
- Capra, F. (2008). *La ciencia de Leonardo. La naturaleza profunda de la mente del gran genio del Renacimiento*. Barcelona: Anagrama.
- Comte, A. (1984). *Curso de filosofía positiva. Discurso sobre el espíritu positivo*. Barcelona: Orbis.
- Cuellar Fernández, L. H., Gallego Badillo, R. y Pérez Miranda, R. (2008). El modelo atómico de E. Rutherford. Del saber científico al conocimiento escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), 43 – 52.
- Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 6, N0. 1, 5 – 15.
- Derry, T. K. y Williams, T. I. (1977). *Historia de la tecnología. Vol. 1. Desde la antigüedad hasta 1750*. México: Siglo XXI.
- Diéguez, A. (2012). *La vida bajo escrutinio. Una introducción a la filosofía de la biología*. España: Buridán.
- Drouin, J. P. (1998). Mendel, faceta jardín. En: *Historia de las ciencias*; Serres, M. (ed.), pp, 459 - 476. Madrid: Cátedra.
- Durkheim, E. (1990). *Montesquieu y Rousseau. Precursores de Sociología*. Bogotá: Empresa Editorial UN.
- Echeverría, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.

- Eslava, J. C. (2004). Tensiones y confluencias: Una mirada fugaz al triple legado de los estudios histórico-sociales sobre la ciencia. *Revista Colombiana de Sociología*, No. 23, 159 – 180.
- Estany, A. (2005). El papel de la historia de la ciencia en los estudios interdisciplinarios de la ciencia. En: *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*; Martínez, S. F. y Guillaumin, G.; pp, 291 – 306. México: UNAM.
- Federmann, R. (1974). *La Alquimia*. Barcelona: Bruguera.
- Ferguson, E. S. (1981). La máquina de vapor antes de 1830. En: *Historia de la tecnología. La técnica en Occidente, de la prehistoria a 1900*. Volumen Primero. Barcelona: Gustavo Gili.
- Feyerabend, P. K. (1984). *Contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. Barcelona: Orbis.
- Gallego Torres, P., Montenegro Marín, C., y Gallego Badillo, R., (2012). Reflexiones para una Didáctica de las ingenierías. *Revista Educación en Ingeniería*, Vol 7 No. 13 pp 83-90
- Gallego Torres, P., y Castro J. "La importancia de unas relaciones CTS" En: Argentina. 2008. *Evento: Noveno simposio de investigación en educación en física*.
- Gallego Torres, P., Zapata, j y Rueda, M (2009) Alfabetización científico tecnológica y cultural, *Revista Científica* vol. 11, pag 44- 57
- Gutzwiller, M. C. (1992). El caos cuántico. *Investigación y Ciencia*, No. 186, 14 – 20.
- Hall, R. A. (1981). Desde la primera tecnología hasta 1600. En: *Historia de la tecnología. La técnica de Occidente, de la prehistoria hasta 1900*. Vol. Primero. Barcelona: Gustavo Gili.
- Harris, M. (1986). *Caníbales y reyes*. Barcelona: Salvat.
- Hayles, N. K. (1993). *La evolución del caos*. Barcelona: GEDISA.
- Herreño, Chaves, J. I., Gallego Badillo, R. y Pérez Miranda, R. (2010). Transposición didáctica del modelo científico de Lewis-Langmuir. *Revista Eureka. Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 7(2), 527 – 543.
- Heisenberg, W. (1967). Ley natural y estructura de la material. En: *El humanismo en la filosofía de la ciencia*, De Gortari, E. (Dir.), pp, 7 – 24. México: UNAM.
- Hodson, D. (1985). Phylosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12(1), 25 – 27.
- Hoffmann, R. (1997). *Lo mismo y no lo mismo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Humphreys, P. (2007). Epistemología del siglo XXI. *Revista Antropos. Huellas del conocimiento*, No. 214, 65 – 70.
- Ihde, A. J. (1984). *The development of modern chemistry*. New York: Dover.
- Kemp. T. (1986). *La revolución industrial en la Europa del siglo XIX*. Barcelona: Orbis.
- Koyré, A. (1979). Del mundo del “más o menos” al universo de la precisión. *Naturaleza, Educación y Ciencia*, No. 4. I Semestre: Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Koyré, A. (1981). *Estudios galileanos*. México: Siglo Veintiuno.
- Kragh, H. (2007). Introducción a la historia de la ciencia. Barcelona: Crítica.
- Kreimer, P. (2009). *El científico también es un ser humano. La ciencia bajo la lupa*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- Kretzenbacher, H. L. (2003). The aesthetics and Heuristics of Analogy. Model and Metaphor in Chemical Communication. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 9, No. 2, 1991 – 218.
- Kroeber, A. L. (1975). Lo superorgánico. En: *El concepto de cultura: Textos fundamentales*, Kann, J. S. (Comp.), pp. 47 – 84. Barcelona: Anagrama.
- Kuhn, T. S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Labastida, J. (1979). *Producción, ciencia y sociedad: de Descartes a Marx*. México: Siglo Veintiuno.
- Ladriere, L. (1977). El reto de la racionalidad. Salamánca: Ediciones Sígueme.
- Laidler, K. J. (1995). *The world of Physical Chemistry*. New York: Oxford University Press.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Leff, E. (2000). Pensar la complejidad ambiental. En: *La complejidad ambiental*, Leff, E. (coord.), pp. 7 – 53. México: Siglo XXI.
- Lemke, J. (1977). *Aprender a hablar en ciencias*. Barcelona: Paidós.
- Lévi-Strauss, C. (1964). *El pensamiento salvaje*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lewin, R. (1995). El caos como generador de orden. Barcelona: Tusquets.

- Lombardi, O. y Pérez, A. R. (2010). En defensa de la autonomía de la Química frente a la Física. Discusión de un problema filosófico. En: *Historia y Filosofía de la Química*, Chamizo, J. A. (Coord.), pp. 195 – 209. México: Siglo XXI.
- Lombardi, O. (1998). La noción de modelo en ciencias. *Educación en Ciencias*, Vol. II, No. 4, 5 – 13.
- Manocorda, A. (1987). *Historia de la educación*. México: Siglo XXI Editores.
- Martínez, S. F. (2003). Geografía de las prácticas científicas. En: *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*; Martínez, S. F. y Guillaumin, G.; pp. 249 – 290. México: UNAM.
- Malinowski, B. (1975). La cultura. En: *El concepto de cultura: Textos fundamentales*, Kann, J. S. (Comp.), pp. 85 – 128. Barcelona: Anagrama.
- Mason, S. F. (2001). *Historia de las ciencias*. 4. La ciencia del siglo XIX. Madrid: Alianza.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.
- Moreno Ramírez, J. E., Gallego Badillo, R. y Pérez Miranda, R. (2010). El modelo semicuántico de Bohr en los libros de texto. *Ciência & Educação*, Vol. 16, No. 3, 611 – 629.
- Mosterín, J. (1978). La estructura de los conceptos científicos. *Investigación y Ciencia*, No. 16, 82 – 93.
- Olazaran, M. (1996). De la sociología de la ciencia a la sociología de la tecnología. Un horizonte abierto. En: *Sociología de la ciencia y la tecnología*; Iranzo, J. M., Blanco, J. R., Gonzáles de la Fe, T, Torres, C. y Cotillo, A. (Coord.); pp. 319 – 340. Madrid: CSIC.
- Petroski, H. (1992). *To engineer is human: the role of failure in successful design*, Vintage Books.
- Popper, K. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Prigogine, I. (1990). *Entre el tiempo y la eternidad*. Madrid: Alianza.
- Prigogine, I. y Stengers, I. (1990). *Entre el tiempo y la eternidad*. Madrid: Alianza.
- Quintanilla, M. A. (2005). *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de Filosofía de la Tecnología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Rae, J. B. (1981). El invento de la invención. En: *Historia de la tecnología. La técnica en Occidente, de la prehistoria a 1900*. Volumen Segundo. Barcelona: Gustavo Gili.
- Restivo, S. (1992). La ciencia moderna como problema social. *Fin de Siglo*, No. 3, 20 – 39.
- Sánchez, J. M (2009). *El jardín de Newton. La ciencia a través de la historia*. Barcelona: Crítica.
- San Juan, M., y Casado JM. (2005). Dinámica no lineal. Orígenes y Futuro. Física para todos / física no mundo, Enero, pp 23-31
- Shapin, S. (2005). Disciplina y delimitación: la historia y la sociología de la ciencia, a la luz del debate externismo-internismo. En: *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*, S. F. Martínez y G. Guillaumin (Comp.), pp. 67 – 119. (Traducción de L. E. Manríquez) México: UNAM.
- Scheler, M. (1969). *Conocimiento y trabajo*. Buenos Aires: Nova.
- Schneer, C. J. (1975). *Mente y materia*. Barcelona: Bruguera.
- Schummer, J. (2011). La filosofía de la química. De la infancia hacia la madurez. En: *Filosofía de la Química*; Baird, D, Scerri, E. y McIntyre, L. (comp.); pp. 36 – 70. México: Fondo de Cultura Económica.
- Sproule, A. (1993). *James Watt*. Bogotá: Editora Cinco.
- Stengers, I. (1998). Los episodios galileanos. En: *Historia de las ciencias*; Serres, M. (Ed.); pp. 255 – 286. Madrid: Cátedra.
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 21 – 25.
- Taylor, E. B. (1975). La ciencia de la cultura. En: *El concepto de cultura: Textos fundamentales*, Kann, J. S. (Comp.), pp. 29 – 46. Barcelona: Anagrama.
- Tomasi, J. (1999). Towards “chemical congruence” of the models in theoretical chemistry. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 5, No. 2, 79 – 115.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana. Vol. I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- Vessuri, H. M. C. (1992). Perspectivas recientes en el estudio social de las ciencias. *Fin de Siglo*, No. 3, 40 - 52.



Vessuri, H. M. C. (2001). De la transferencia a la creatividad. Los papeles de la ciencia en los países subdesarrollados. En: *Desafíos y tensiones actuales en Ciencia, Tecnología y Sociedad*; Ibarra, A. y López da Cerezo, J. A.; pp, 235 – 260. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos.

Weightman, G. (2008). *Los revolucionarios industriales. La creación del mundo moderno, 1776 – 1914*. Barcelona: Ariel.

Winner, L. (1994). Constructivismo social. Abriendo la caja negra y encontrándola vacía. En: *Sociología de la ciencia y la tecnología*; Iranzo, J. M., Blanco, J. R., Gonzáles de la Fe, T, Torres, C. y Cotillo, A. (Coord.); pp, 305 – 318. Madrid: CSIC.

White, L. A. (1975). El concepto de cultura. En: *El concepto de cultura: Textos fundamentales*, Kann, J. S. (Comp.), pp. 129 – 156. Barcelona: Anagrama.

Zahar, E. (1980). Experimentos cruciales. Estudio de un ejemplo. En *Progreso y racionalidad en la ciencia*, Radnitzky, G y Andersson, G (Edit), pp. 70 – 94. Madrid:

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*