

*Montaje para el experimento de radiación de cuerpo negro.
Laboratorio de Física Moderna. Departamento de Física.
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. U.de A.*

Naturaleza del conocimiento científico e implicaciones didácticas

- Resumen

El presente artículo muestra que la imagen pública y escolar acerca de la naturaleza de las ciencias no se corresponde con los planteamientos de los epistemólogos e investigadores en didáctica de las ciencias, y que esto puede no estar generando, entre los estudiantes, actitudes científicas adecuadas. Por último, se presenta a manera de hipótesis que un posible camino de desmitificación de la imagen de las ciencias debería empezar determinado cuáles y cómo se podrían transformar las creencias e imágenes de ciencia que utilizan los profesores a la hora de enseñar.

- Abstract

This paper shows that the public and school image concerning to science nature does not have correspondence with epistemologists and researchers statements in sciences didactics, and that this can not be generating, among students, proper scientific attitudes. It also presents the hypothesis that a possible way of demystifying the sciences image may begin for determining which are the science beliefs and images that teachers use when teaching and how these can be transformed.

- Résumé

Cet article montre qu'il n'y a pas de correspondance entre l'image publique et scolaire de la nature des sciences et les énoncés des épistemologues et chercheurs sur la didactique des sciences. Il montre aussi qu'il est possible que ce fait n'entraîne pas d'attitudes scientifiques parmi les étudiants.

Le texte présente comme hypothèse une alternative pour la démythification de l'image des sciences: celle-ci doit tout d'abord identifier les idées de la science véhiculées par les enseignants dans la salle de classe, et établir la façon de les transformer.

Naturaleza del conocimiento científico e implicaciones didácticas

*William Manuel Mora Penagos**
*Profesor del Departamento de Química de la-Universidad
Pedagógica Nacional y Universidad Distrital.*

*Palabras clave: Enseñanza de las ciencias, didáctica. Epistemología,
Historia de las Ciencias, Teoría Cognitiva*
Key Words: Science teaching, Didactics, Epistemology, Science history, Cognitive theory

Imagen Epistemológica

El desarrollo de la Didáctica de las Ciencias como disciplina con dominios propios y sus respectivas implicaciones en propuestas de mejoramiento de las actividades de clase (Mora, P. W. y Salcedo, T. L., 1995) ha sido, en gran medida, debido a los aportes de la epistemología, principalmente al reconocer cierto paralelismo entre los modelos epistemológicos del cambio científico, respecto al cambio en la construcción de los conceptos por parte de las personas y específicamente de los alumnos en el aula

* Dirección del autor: Departamento de Química. Universidad Pedagógica Nacional. Calle 73 # 11-73. Santafé de Bogotá.

de clase. Esta idea viene siendo promovida, hace ya algunos años, en trabajos publicados en revistas dedicadas a la enseñanza de las ciencias, entre los cuales destacamos:

"Acomodación de un Concepto Científico: Hacia una Teoría del Cambio Conceptual" (Posner, G. et al., 1982); "Teoría y Práctica de la Educación" (Novak, J., 1982); "Filosofía de la Ciencia, Ciencia y Educación Científica" (Hodson, D., 1985); "Teoría del Conocimiento, Teoría de la Enseñanza y Desarrollo Profesional: Concepciones Epistemológicas de los Profesores" (Porlán, R., 1989); "El Cambio Conceptual en el Aula: Una Perspectiva Filosófica" (Nussbaum, J., 1989); "La Metodología Científica y la Enseñanza de las Ciencias: Unas Relaciones Controvertidas" (Gil, P. D., 1986); "Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza / Aprendizaje como Investigación" (Gil, P. D., 1993); "Contribuciones de la Filosofía de la Ciencia a la Didáctica de las Ciencias" (Mellado, V., 1993); "Epistemología, Caos y Enseñanza de las Ciencias" (Luffregó, M., y Otros, 1994); "Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La Aproximación actual" (Matthews, M. R., 1994); etc.

En dichos trabajos se invoca la necesidad de establecer coherencia entre las perspectivas de la Enseñanza de las Ciencias y la Moderna Filosofía de las Ciencias como un argumento de cualificación teórica para la enseñanza y el aprendizaje. Sin embargo, la necesidad de establecer una relación entre Epistemología, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias no es nada novedosa, pues ya había sido defendida desde comienzos de siglo por Gastón Bachelard al exigir el desarrollo del "Espíritu Científico" (entendiéndolo como reflexión del saber y ampliación del marco de conocimientos), siendo dicho desarrollo un proceso mediante el cual se procede contra los conocimientos anteriores, destruyendo aquellos mal hechos, es decir, superando una serie de "Obstáculos de tipo Epistemológico" acumulados por la vida cotidiana que entorpecen los nuevos aprendizajes (entre los estos obstáculos se destacan: el conocimiento no interrogado de la opinión, las ideas valorizadas indebidamente, las analogías inapropiadas que impiden la abstracción el substancialismo y el antropocentrismo, entre otras. Bachelard, G., 1935). También la obra de Piaget, sobre Epistemología Genética, ha reforzado las conexiones entre la Epistemología y el Aprendizaje, al plantear la epistemología como con-

cerniente al aprendizaje y aprendizaje concerniente a la epistemología, haciendo un intento de aislar las distintas variedades de conocimiento siguiendo su desarrollo hacia niveles ulteriores, hasta incluir el conocimiento científico, en un paralelismo entre el desarrollo del pensamiento y aprendizaje humano con respecto a la evolución de las ciencias (Piaget, J. y García, R., 1967).

La epistemología entendida como una reflexión multidimensional sobre la ciencia, desde lo social (Kuhn T., 1965; Elkana Y., 1983; Richards S., 1987), desde lo evolutivo (Toulmin S., 1977; Holton G., 1983), desde lo complejo (Morin E., 1983; Wagensberg J., 1989), desde lo relativo como racionalidad moderada (Newton - Smith W., 1981; Chalmers A., 1989), entre otros, no constituye una construcción racional aislada, de orden metafísico sino que forma parte de un entramado de relaciones fluidas, con las ciencias, con su enseñanza y con su aprendizaje, algunas de las cuales tienen una indiscutible dimensión práctica en la enseñanza de las ciencias.

La Ciencia, su Enseñanza, su Aprendizaje y su Epistemología pueden ser tratados como un sistema complejo en donde la conexión entre la reflexión sobre la construcción de las ciencias y la reflexión sobre su enseñanza y aprendizaje supone en mayor o menor medida una reconstrucción de la actividad intelectual de los científicos que justifica su aplicación en la enseñanza de las ciencias en muchos aspectos dentro de los que se destacan:

- La comprensión de los mecanismos de producción de conocimientos de las ciencias y de su filosofía, pues como se viene mostrando (Losse, J., 1985) las fronteras entre ciencias y filosofía no están bien definidas ni son tan claras como pensó anteriormente la filosofía positivista de la ciencia. La filosofía no sólo posee un valor heurístico, para las ciencias, sino que las ciencias descansan sobre presupuestos filosóficos que no son absolutos sino que cambian, no fácilmente en su curso, y como resultado de la investigación científica. Como lo afirmó Einstein:

"La Epistemología y las Ciencias dependen entre sí. La Epistemología sin contacto con la ciencia se convierte en un esquema vacío. La ciencia sin epistemología es -en caso de que sea posible- primitiva y confusa". (Einstein, A., 1916)"

Se destaca que hay momentos del desarrollo de las ciencias en que esta avidez por la epistemología se hace más insoslayable, como lo cita Thomas Kuhn cuando afirma que sólo en los periódicos de crisis reconocida los científicos se vuelven hacia el análisis filosófico como instrumento para resolver "Enigmas" de su campo y que en periódicos de "Ciencia Normal" habitualmente tienen aislada la filosofía credora (Kuhn, T., 1985; Chalmers, A., 1989).

- Generación de propuestas teóricas en psicología cognitiva, pues como ya se ha dicho la historia y la epistemología han permitido correlacionar el pensamiento infantil y el pensamiento de las ciencias; en el sentido de afirmar que el pensamiento infantil evoluciona hacia formas de organización más complejas y más adecuadas para explicar los fenómenos que ocurren en el mundo, al igual que lo hacen los científicos (Piaget, y García, R., 1967; Kelly, G., 1963). Desde la psicología cognitiva se muestra que así como los científicos se resisten al cambio de teorías, los alumnos tienden a mantener el equilibrio intelectual y a transformar los datos para adoptarlos a sus sistema o simplemente ignorarlos.
- Propuesta de Modelos en Didáctica Moderna de las Ciencias que permiten describir, explicar y, en cierta forma, predecir los eventos que ocurren en los procesos de enseñanza - aprendizaje de las ciencias en contextos determinados. Modelos como el cambio conceptual (Posner G., 1982), el de cambio conceptual, metodológico y actitudinal (Gil, P. D., 1993), el de investigación en la escuela (Porlán, A. R., 1992), el de constructivismo humano (Novak, J., 1982), entre otros tantos, son ya ejemplos reconocidos.
- Desmitificar las ciencias, ofreciéndole al alumno una imagen de las ciencias más ajustada a la realidad que manejan los científicos, permitiéndole participar en diferentes procesos relacionados con la construcción del conocimiento científico.

Imágen Pública

La competencia desenfrenada por la producción de bienes tecnológicos que satisfagan el afán por el bienestar y seguridad material han in-

fluido poderosamente para que se haya convertido a la ciencia en una moderna religión portadora de verdades universales, métodos irrefutables y saberes no contaminables por la subjetividad; es decir, se ha convertido a la ciencia en todo poderosa, que quien la posea y la practique puede dominar y subyugar a las sociedades y culturas que no están muy comprometidas con ella, además nos lleva a mirar la ciencia y la tecnología como dignas de adoración respetuosa. De esta manera ha sido fácil que la ciencia ilumine y justifique la toma de decisiones políticas y económicas, transformando a la técnica en tecnocracia, en un instrumento de control y dominación soda; y así, la ciencia se ha sectorizado en una forma ideológica social que antagoniza con otras dimensiones de la cultura y especialmente con el conocimiento cotidiano, convirtiendo a éste en actividades de rutina.

ElKana (1983) argumentando a favor de una ciencia como sistema cultural que integra todas las dimensiones de la cultura , escribe:

"La ciencia raramente es considerada como una totalidad de la cultura humana, tanto como son la religión y el arte, porque se la considera como diferente, única, completamente aparte. Cuando excepcionalmente se considera la ciencia como la totalidad de la cultura humana, ella representa esa concepción arrogante, tecnocrática que resulta al considerar la ciencia no como un conjunto que comprende la religión, el arte, etc., sino más bien lo que se obtiene cuando se eliminan esas otras dimensiones de la cultura, tratándolas como obsoletas, inútiles o pertenecientes simplemente a un orden de importancia diferente para el hombre moderno".

Desafortunadamente mucho de la imagen pública de la ciencia que se puede palpar en la actualidad, especialmente en las prácticas educativas de la enseñanza de las ciencias (Mora, P. W., 1993), al estimular el alejamiento a opinar o a participar de otras dimensiones de la cultura como el arte o la religión, el mito o la magia (porque hacerlo sería reprochable socialmente por considerar estas dimensiones de menos estatus, ser marginales, lejos de lo útil y funcional y específicamente verdadero) ha plasmado una imagen verdaderamente religiosa y " acientífica", es decir, que al tratar de separar las otras dimensiones de la cultura, terminó propiciando una reversión epistemológica, así la ciencia comenzó a parecerse al mito y la religión, y estos últimos a la ciencia. Por ejemplo, si en la solución de una inquietud, formulada por un niño frente a un tópico

determinado acudimos a argumentos religiosos y contestamos: eso es así porque Dios lo ha determinado de esa manera; el niño inmediatamente se cuestiona respondiendo con una nueva pregunta, como por ejemplo, ¿Dios existe? y, si existe ¿cuáles son las razones de esta decisión? ¿Será verdad que alguien llamado de esa manera será el determinante de los acontecimientos? En cambio, cuando respondemos diciendo: eso es así porque la ciencia lo ha demostrado, allí termina por completo el ejercicio de criticidad en los niños y jóvenes. Parece que se ha invertido el papel de la ciencia y de la religión en las dinámicas del cuestionarse, es decir, se ha pasado del dogma religioso al dogma de la ciencia. Otro ejemplo para constatar que la imagen de la ciencia que se maneja públicamente es un dogma incuestionable nos lo brindan las propagandas que aparecen en Televisión, en lugar de optar por el uso de la crítica y el respeto, avasallan al televidente desacreditando los productos de la competencia, enmascarados por la reputación de una falsa ciencia; así la eficacia de un detergente o de un método de adelgazamiento queda absolutamente garantizado con el contundente adjetivo «científico» o en otras palabras, «respaldado científicamente por la universidad tal ». Todo lo anterior, unido a la vulgarización y tergiversación de los aportes científicos, así de imprudentemente se oye decir: «la química del amor nos unió», «alimento sano, libre de química». De este modo llegamos a la paradoja de que mientras la valoración social y profesional de la ciencia y la tecnología aumenta, no por ello lo hace su capacidad para impregnar la cultura de masas (Llorens, M., 1991), pues si esto fuese así, por ejemplo, la consideración de una persona como culta debería implicar el conocimiento no sólo de las principales obras de literatura como El Quijote, Cien años de soledad, o conocer las obras musicales de Mozart, Bethoven, sino que con igual rasero se debería considerar el conocimiento de las aportaciones científicas de un Newton, un Lavoisier, un Darwin, y por no ir lejos, de un Pataroyo, un Llinás o un Lucena.

Imagen Escolar

En la actualidad, muchos investigadores en enseñanza de las ciencias recalcan sobre la importancia que se debe dar, durante el proceso de educación escolar básica, al desarrollo en el niño de una imagen correcta sobre la naturaleza de las ciencias y los procesos de producción del cono-

cimiento científico, ya que esto influye de una manera significativa, no sólo en una cultura general, sino particularmente para despertar interés, motivación y decisión en las juventudes que van a seguir estudios en las diferentes carreras científicas y tecnológicas. Esto, sin lugar a dudas, contribuye a formar las futuras generaciones de científicos y tecnólogos indispensables para el adecuado desarrollo de una sociedad que, como la nuestra, comienza a estar comprometida con la ciencia y la tecnología a través de la legislación nacional.

Restringiéndonos a la naturaleza de las ciencias que se enseña, podríamos decir que hay principalmente dos imágenes mitificadas de la ciencia. La primera, producto del empirismo radical que sobrevalora la observación libre de teorías y de un método científico inductivo y rígido que va de la observación a las teorías; y la segunda, producto de una exagerada y rigurosa racionalidad proyectada por la comunidad científica, que fue forjada principalmente por los éxitos de la física en los últimos cien años, y que ha sido aceptada por una buena parte de filósofos de las ciencias del siglo XX. Estas imágenes han tenido una onda repercusión en el campo educativo, pues, en este medio, como en la sociedad en general, se mira a la ciencia como poseedora de algo muy poderoso llamado método científico, que sirve para producir conocimientos verdaderos e incontrovertibles.

Es decir, que, por un lado, el quehacer de los científicos se entiende como un estetoscopio no histórico del desarrollo de las ciencias, producto de acumulación de conceptos y teorías; y, por otro lado, se sobrevalora la ciencia reduciendo las demás formas culturales a simples supercherías. Por el contrario, el desarrollo de las ciencias mostrado por los historiadores y epistemólogos modernos permite entender que las ciencias no crecen de una manera lineal acumulativa, que no se puede pensar que nuestro conocimiento llegará a ser eventualmente completo, ni que exista un único método, sino que cada ciencia tiene sus procedimientos particulares que evolucionan a la par con ellas y permiten, a su vez, que distintas formas culturales adopten criterios científicos en sus desempeños, y que sean considerados como igualmente valiosos para el desarrollo de las sociedades, superando el mito racionalista de la conciencia objetiva e infalible de la verdad científica como único conocimiento humano admisible.

Algunas investigaciones ya han comenzado a tener en cuenta una hipótesis muy plausible (Giordan, A., 1988) que sostiene que una imagen en la que se entiendan las ciencias como instituciones "religiosas" poseedoras de un conocimiento superior, descubridoras y acumuladoras de conocimientos "verdaderos" inmutables logrados a través de un método único con características empiristas -inductivistas puede acarrear consecuencias lamentables tales como el estancamiento, o el lento progreso, del desarrollo de las ciencias y la tecnología de una sociedad. Si consideramos además que estas imágenes pueden estar generando la idea de que las ciencias son para unos pocos privilegiados, una serie de "sacerdotes con bata blanca", dotados de unas cualidades únicas que son inaccesibles a los individuos comunes y a las sociedades poco desarrolladas, es posible que los altos niveles de deserción de estudiantes que pretenden seguir estudios relacionados con las ciencias dependan de estas imágenes escolares.

Por otra parte, el esfuerzo que está desarrollándose en muchas investigaciones didácticas para superar una imagen de la ciencia propia del siglo XVII, de carácter individualista - empirista, puede que esté de espaldas a una verdadera realidad, ya que las características que se han escrito en los apartados anteriores de imagen pública y escolar de las ciencias parece estar más ajustado al modelo de las épocas de los siglos del oscurantismo medieval (Segura D., Molina A., 1994; Parga L. D., 1995) propios de los dogmas del mal aristotelianismo y de la fe religiosa; de las verdades incontrovertibles; de la primacía como fuente de conocimiento, de la tradición y las revelaciones sobre la experimentación y la reflexión crítica del conocimiento. Esta forma de ver y practicar la ciencia es una imagen que ni siquiera se esperaba del empirismo - inductivismo.

Si esta imagen dogmática es el centro del comportamiento en la sociedad y de muchos profesores de ciencias, ¿cómo podemos en el aula ayudar a los estudiantes a que accedan desde el pensamiento cotidiano a uno científico que propenda por la curiosidad, la creatividad, la confianza en sí mismo, el pensamiento crítico, el respeto y valoración de otras formas de pensar, en particular las de otras dimensiones de la cultura como el arte, el mito, la religión; todas ellas actitudes propias de una sana democracia?

Tal vez para poder comprender, a través de la enseñanza, cómo la ciencia es una dimensión apenas de la cultura con igual valor que las demás y sobre todo para comprender que quien hace ciencia no vive sólo en la dimensión científica sino en un conjunto de dimensiones que constituyen la cultura (Elkana Y., 1983), que no se debe extrañar que una persona que participa de la ciencia se vea condicionada por las otras dimensiones, así no se manifiesten explícitamente y aparezcan apenas a la imagen pública como creencias epistemológicas (metafísicas científicas) implícitas u ocultas, sea necesario irrumpir participativamente investigando las creencias sobre el conocimiento y en particular de la imagen de ciencia que se enseña, aprende y evalúa por parte del profesor. Pues el profesor, al igual que todos los hombres, desarrolla opiniones (creencias) sobre la naturaleza que lo rodea. Además todos los hombres tienen opiniones sobre el conocimiento. Se sabe que el medio cultural determina en gran medida el modo de vivir de todos los hombres y forma sus opiniones sobre la sociedad y sobre su manera de vivir. Así, al intentar el cambio y el desarrollo del conocimiento no se pueden separar las opiniones (creencias) sobre el mundo, y el hombre de las opiniones sobre el conocimiento, en el cual están insertas las primeras. Por otro lado, se entiende que el estado del conocimiento científico como tal depende del contexto histórico-social-cultural en su desarrollo y, por lo tanto, el cambio está determinado por las imágenes de ciencia y conocimiento (creencias) que se tengan por parte de las comunidades investigativas y que a su vez están interactuando con las ideologías dominantes.

Ya que se ha encontrado que el modelo didáctico del profesor (sus actuaciones y expectativas) está determinado por su imagen del conocimiento (pensamiento del profesor organizado en creencias y teorías personales), que a su vez es un producto de su formación inicial, de la observación de los modelos practicados por sus profesores y de los mensajes implícitos de los textos, etc., aparece como necesario profundizar investigativamente en averiguar las creencias sobre la naturaleza de las ciencias que hacen parte de los modelos didácticos de los profesores. Estos aspectos a investigar sólo estarían completos si se establecen dentro de un marco de las influencias ideológicas, políticas y en general sociales que determinan las acciones dentro del contexto del aula y en general

de la escuela; por esto estos elementos también son necesarios de investigar. Conocimiento, imágenes de conocimiento, e ideologías no se pueden separar, pues los tres factores interactúan en todo momento.

Aunque los aspectos anteriormente tratados son una aceptable introducción que enfatiza en las aportaciones de la epistemología a la misma ciencia y la enseñanza en general, y la necesidad de investigar la imagen de ciencia que está siendo enseñada por los profesores, es necesario tratar puntos más específicos que se refieran a las virtudes y deficiencias de imágenes de ciencia subyacentes en las obras de Bacon, Popper, Kuhn, Lakatos y Toulmin, entre otros, que podrían generar aportes más específicos para el cambio de la imagen de las ciencias y en particular para la construcción de estrategias didácticas para el trabajo docente en el aula. En esto nos comprometemos en un escrito posterior.

Bibliografía

- BACON, F. *Novum Organon*. México: Editorial Porrúa. 1980.
- BACHELARD, G. *La Formación del Espíritu Científico*. Buenos Aires: Siglo XXI editores. 1978.
- BLANCHE, R. *La Epistemología*. Barcelona: Oikos-Tau. 1973.
- CHALMERS, A.F. *¿Qué es una Cosa Llamada Ciencia?*. Madrid: Siglo XXI editores. 1989.
- ELKANA, Yehuda. *La Ciencia como Sistema Cultural: Una Aproximación Antropológica*. Boletín de la Sociedad Colombiana de Epistemología. Bogotá: Vol. m, 10-11. Enero-diciembre, 1983. Pp. 65-80
- FEYERABEND, P.K. *Contra el Método. Esquema de una Teoría Anarquista del Conocimiento*. Barcelona: Ediciones Orbis. 1974
- GIL, P.D. *La Metodología Científica y la Enseñanza de las Ciencias. Unas Relaciones Controvertidas*. Enseñanza de las Ciencias. 4 (2). 1986. Pp. 111-121.
- _____. *Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza/Aprendizaje como Investigación*. Enseñanza de las Ciencias. 11 (2). 1993. Pp. 197-212.
- GIORDAN, A. y VECCHI, G. de. *Los Orígenes del Saber: De las Concepciones Personales a los Conceptos Científicos*. Sevilla (España): Diada editores. 1988.

HOLTON, G. Introducción a los Conceptos y Teorías Científicas. Barcelona: Reverté. 1983.

KHUN. T. S. La Estructura de las Revoluciones Científicas. México: Fondo de Cultura Económica. 1975.

LAKATOS, I. La Metodología de los Programas de Investigación Científica. Madrid: Alianza editorial. 1978.

LOSSE, J. Introducción Histórica a la Filosofía de la Ciencia. Madrid: Alianza editorial. 1985.

LUFFIEGO, M. BASTIDAS M.F. Y Otros. Epistemología, Caos y Enseñanza de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias. 12 (1). 1994. Pp. 89-%.

MATTHEWS, M.R. Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La Aproximación Actual. Enseñanza de las Ciencias. 12 (2). 1994. Pp. 255-277.

MELLADO, V. y CARRACEDO, D. Contribuciones de la Filosofía de las Ciencias a la Didáctica de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias. 11 (3). 1993. Pp. 331-339.

MORA, P.W. Las Actitudes de los Estudiantes Hacia las Imágenes de las Ciencias: Una Estrategia Metodológica para su Mejoramiento. Tesis de Maestría. Universidad Pedagógica Nacional. 1993.

_____ y SALCEDO T.L. La Didáctica de las Ciencias: Un Contexto Teórico Práctico para la Investigación en el Aula de Clase. Actualidad Educativa. Santafé de Bogotá. Año 2 # 5. Enero-Febrero de 1995. Pp. 57-60.

MORÍN, E. El Método III: El Conocimiento del Conocimiento. (Libro Primero: Antropología del Conocimiento). Madrid: Ediciones Cátedra. 1988.

NEWTON-SMITH, W.H. La Racionalidad de las Ciencias. Barcelona: Paidós. 1981.

NOVAK, J.D. Teoría y Práctica de la Educación. Madrid: Alianza editorial. 1982.

PARGA, L.D. La Metodología Científica en los Trabajos Prácticos de Laboratorio: Un Estudio con Profesores de Química en Formación. Tesis de Maestría. Universidad Pedagógica Nacional. 1995.

PIAGET, J. GARCÍA, R. Psicogénesis e Historia de las Ciencias. Barcelona: Siglo XXI editores. 1967.

POPPER, K.R. La Lógica de la Investigación Científica. Madrid: Tecnos. 1962.

PORLAN, A.R. Teoría del Conocimiento, Teoría de la Enseñanza y Desarrollo

Profesional: Las Concepciones Epistemológicas de los Profesores. Tesis de Doctorado. Universidad de Sevilla (España). 1989.

_____. Hacia una Fundamentación Epistemológica de la Enseñanza. Investigación en la Escuela. Vol. 10, pp. 3-21. 1990

POSNER, G J , STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. yGERTZOG, W.A. Accomodation of a Scientific Conception: toward a theory of conceptual Change. Science education. 66(2). 1982. Pp. 221-227.

RICHARDS, s. Filosofía y Sociología de la Ciencia. México: Siglo XXI editores. 1987.

NUSSBAUM, J. Classroom Conceptual Change: Philosophical Perspectives. INTJ SCLEDUC,. Vol. 11. Special Issue. Pp. 530-540. 1989.

TOULMIN, S. La Comprensión Humana I: El Uso del Colectivo y la Evolución de los Conceptos. Madrid: Alianza editorial. 1977.

WAGENSBERG, J. Ideas Sobre la Complejidad del Mundo. Barcelona: Tusquets. Serie Metatemas 9. 1989.