

Enseñar ciencias

Los lugares epistemológicos y didácticos

Amadeo Sosa Santillán | Licenciado en Ciencias de la Educación FHCE, Udelar. Diploma Sup. Ciencias Sociales FLACSO-Universidad Autónoma de Madrid-CIEP. Diploma en Educación ORT. Profesor de Física de Educación Media (Concurso). Asesor Técnico del Programa de Popularización de la Cultura Científica del MEC.

«El que Ud. pueda observar una cosa depende de la teoría que Ud. usa. Es la teoría la que decide lo que puede observarse.»

Albert Einstein
(Fragmento de una conversación con
W. Heisenberg, 1926)

1. Introducción

En las últimas décadas, el avance científico y tecnológico no solo ha experimentado cambios a gran rapidez que supera al ocurrido en los siglos precedentes, sino que penetró en la sociedad transformando la vida cotidiana de la población. Estos aspectos tienen su correlato en la educación, dando lugar a una corriente pedagógica basada en los conceptos de Ciencia, Tecnología y Sociedad, denominada enfoque CTS.

En un marco de incertidumbre, pautado por una gran producción de conocimiento científico y tecnológico, enseñar ciencias de la naturaleza se constituye en todo un desafío para los docentes. Se comienza a reconocer la relatividad de los conocimientos a ser aprendidos, a la vez que se reconoce la necesidad de pensar no solamente en su transmisión, sino en su interpretación y gestión. A ello se deben agregar nuevas dimensiones que cruzan la práctica docente, como la ética, por ejemplo.

Proporcionar una aproximación al conocimiento científico de los fenómenos naturales, así como a las herramientas que se utilizan para investigar, se torna una tarea compleja. Desde la práctica escolar se deben considerar las diferentes posturas epistemológicas de las ciencias de la naturaleza. No existen enfoques ingenuos o neutros en las distintas concepciones epistemológicas, como tampoco existen en la intencionalidad pedagógica cuando se enseña ciencias. Tal como lo señala el actual Programa (ANEP, 2009), *«en toda práctica pedagógica subyacen, implícita o explícitamente, concepciones epistemológicas de cómo se construye el conocimiento científico»*.

El presente artículo hace un recorrido por diferentes posturas epistemológicas del conocimiento científico y la perspectiva de Chevallard sobre la Transposición Didáctica, con la finalidad de presentar algunas referencias teóricas que permitan enriquecer la práctica docente.

2. Dimensión epistemológica

De acuerdo al Programa, el logro de los objetivos implicará que los niños puedan enfrentarse a situaciones de la vida diaria e interpretarlas dentro de los marcos conceptuales, actitudinales y procedimentales de la ciencia, desde una perspectiva reflexiva y crítica.

Enseñar ciencias. Los lugares epistemológicos y didácticos

Los puntos en los que se articulan la dimensión cotidiana y la dimensión escolar con la dimensión científica se dan a través de la selección de los objetivos para cada nivel, los contenidos y las ejemplificaciones explicitadas en el Programa. Resulta necesario conocer los cambios que se fueron dando en la historia del desarrollo científico y cómo se presentaban los mismos en la enseñanza, a los efectos de enmarcar el presente trabajo.

En las últimas décadas del siglo XIX se consideraba que el conocimiento científico había llegado a su máxima expresión y, en consecuencia, su correlato en la enseñanza estaba centrado en una rigurosa secuencia de contenidos conceptuales de una profusa y rigurosa ilustración del funcionamiento de los aparatos de medida, todo ello organizado según la lógica de la disciplina. En tanto, el docente se presentaba como “proveedor” del conocimiento, dueño del conocimiento y de una verdad tan indiscutible como su autoridad.

A mediados del siglo pasado hubo un punto de inflexión en varios campos. En primer lugar, la enseñanza de las ciencias se concibió como un aprendizaje de las formas de trabajar de los científicos. Se tomaron como base de su enseñanza, el conocimiento y las prácticas de los científicos (Nieda; Macedo, 1997). En segundo lugar surge un interés inusitado en la enseñanza de las ciencias como resultado de la “guerra fría”, y aparecen múltiples proyectos, como el *Physical Science Study Committee* en 1960 (cuyos textos se llegaron a utilizar en educación secundaria en Uruguay y gran parte de Latinoamérica) y el *Harvard Project Physics* en 1965, ambos de Estados Unidos; el proyecto *Nuffield* (1972), de Inglaterra, también llegó a nuestras tierras; creados todos con la idea de aumentar la capacidad de producción científica y tecnológica. En tercer lugar, en el ámbito de la psicología se observan un paulatino abandono de los presupuestos asociacionistas y una aceptación creciente de la existencia de los procesos mentales, con una estructura cognitiva mediadora entre el estímulo y la respuesta.

Todo esto incide en la enseñanza de las ciencias, siendo concebida esta como una imagen especular del trabajo de los científicos. Para ello se pone énfasis en la enseñanza del método científico, por lo que el conocimiento científico se logra

por inducción de los resultados experimentales. En esta concepción epistemológica (empirista-inductivista), la observación es la base de toda investigación científica, seguida de la correspondiente experimentación. En el campo de la enseñanza esto se tradujo en el “aprendizaje por descubrimiento” (Nieda; Macedo, 1997), es decir, en realidad (re)-(des)-cubrir, o sea, sacar el velo, nuevamente, a lo ya descubierto.

Chalmers (1987), en referencia a esta concepción, sostiene que la misma se basa en que la imaginación especulativa no tiene cabida en la ciencia y que es necesario el uso de los sentidos, pues en ellos se basa la observación, punto de partida del proceso inductivo; el conocimiento científico es fiable porque es un conocimiento objetivo y probado.

En este somero análisis sobre la construcción del conocimiento científico vamos a tomar tres aportes: Karl R. Popper a partir de su crítica al inductivismo, su postura respecto a la carga teórica que tiene toda observación y al establecimiento de un criterio de demarcación científica que denomina falsabilidad; a Thomas Kuhn a partir de sus ideas sobre paradigma, ciencia normal y revoluciones científicas (concepción discontinua del progreso en ciencia); y a Feyerabend con sus provocativas ideas acerca del anarquismo epistemológico, resumido en su famosa expresión “Todo vale” por oposición a la existencia de un método científico.

Según Popper (1962), las teorías científicas son conjeturas sobre el mundo y no instrumentos de análisis del mismo ni generalizaciones sobre la base de datos empíricos. La actividad del científico debe ser crítica, tratando de refutar las teorías vigentes en cada momento y contribuir al progreso científico que tiene lugar por integración y mejora del conocimiento. Considera que las teorías científicas son el punto de partida para la reflexión filosófica (Echeverría, 1999), así como su contrastación negativa con la experiencia, es decir, la falsación. Las teorías científicas son conjeturas sobre el mundo y no instrumentos de análisis del mismo ni generalizaciones sobre la base de datos empíricos, tal como se dijo anteriormente. La razón científica se basa en la posibilidad de construir hipótesis para conocer el mundo, con el objeto de explicar los fenómenos y no solo describirlos. El instrumento idóneo lo constituirían entonces las



teorías que son, al mismo tiempo, los puntos de partida para la reflexión filosófica.

El avance científico se logra con la “puesta a prueba” de las teorías vigentes. *«Las ciencias empíricas son sistemas de teorías y la lógica del conocimiento científico, por tanto, puede describirse como una teoría de teorías. [...] Las teorías son redes que lanzamos para apresar todo aquello que llamamos el mundo: para racionalizarlo, explicarlo y dominarlo. Y tratamos de que la malla sea cada vez más fina.»* (Popper, 1962:57)

Popper enfatiza que la metodología científica es esencialmente deductiva, por lo que se parte de una cierta teoría de la que se deducirán ciertas consecuencias, pero estas deberán ser contrastables, refutables, y no una verificación de la teoría. Hay que destacar que Popper no está exigiendo una falsación efectiva para que una proposición tenga el estatuto de científico, sino que tenga la posibilidad de ser falseada.

Por su lado Kuhn, en su obra *La estructura de las revoluciones científicas*, presenta la noción de paradigma como un “modelo o patrón aceptado” por los científicos de determinada época por su imposición a otros paradigmas rivales. En ese sentido, cierta rama del saber tendrá estatuto de disciplina científica cuando surge y triunfa un paradigma. Ejemplos de ello serían el modelo copernicano, las leyes de Newton, las leyes de Maxwell sobre electromagnetismo, la teoría de la relatividad, entre otros. Esta noción fue muy criticada y Kuhn

respondió precisando la misma¹. No obstante, más adelante procuró reemplazar dicha noción por la de matriz disciplinaria.

En cuanto al desarrollo científico, Kuhn consideraba que la ciencia no progresa de modo continuo y acumulativo, sino que es una evolución discontinua alternada entre crisis y revoluciones. El paradigma representa al cambio conceptual que hay que dar para superar los problemas inherentes al anterior paradigma y que es puesto en evidencia en el período de crisis, de anomalías (hechos que no pueden ser explicados en el marco del paradigma), que precede a la revolución científica. La etapa precientífica² y la constitución de un paradigma dan origen a lo que Kuhn llamó ciencia normal. Sin embargo, en esta etapa se pueden presentar muchas anomalías, sin que por ello caiga el paradigma vigente. Para que esto ocurra debe aparecer un paradigma rival. Justamente, la ciencia debe ser capaz de generar nuevas ideas y nuevos paradigmas, pues de lo contrario se anquilosará. Cuando un paradigma se sustituye por otro se produce lo que Kuhn denominó una revolución científica; un ejemplo lo podemos tener en el paradigma newtoniano sustituido por el paradigma einsteiniano.

¹ «Un paradigma es aquello que los miembros de una comunidad científica, y sólo ellos, comparten y a la inversa, es la posesión de un paradigma común lo que constituye a un grupo de personas en una comunidad científica, grupo que de otro modo estaría formado por miembros inconexos.» T. S. Kuhn (1978:12-13), citado en J. Echeverría (1999).

² Le llama así a una etapa de aproximación a los conocimientos sobre cierta materia, a la que en ese estado no se le puede llamar ciencia.

Enseñar ciencias. Los lugares epistemológicos y didácticos

Un físico y filósofo que desarrolló una fuerte crítica al llamado “método científico” fue Feyerabend, que publicó en 1970 su ensayo *Contra el método*, obra con la que abrió una gran polémica entre los filósofos de la ciencia de esa época. En esa crítica, contra el método, proponía su anarquismo epistemológico en contra del racionalismo metodológico. Feyerabend estaba en contra de un único método, hegemónico a todas (o a la mayoría) las disciplinas científicas, por lo que propuso el pluralismo metodológico como herramienta que permitiera el progreso científico.

Un método único significaba una racionalidad invariable a lo largo de los tiempos, por lo que propuso un procedimiento contrainductivo, basado en la contradicción sistemática de teorías y resultados experimentales bien establecidos. Para Feyerabend, el científico debe ser heterodoxo y proponer ideas contrapuestas, ya que el conocimiento científico no avanza por acumulación, y *«las teorías no sólo navegan en un océano de anomalías, sino que ello es bueno. Hay que tratar de descubrir otras nuevas»* (Echeverría, 1999:230). Para ello habría que prescindir del contexto de descubrimiento y del contexto de justificación, ya que la fase de descubrimiento puede ser irracional, y dado que el descubrimiento científico no está atado a método fijo, podrá chocar con el contexto de justificación.

Según Echeverría (1999), para Feyerabend, la propia teoría de aprendizaje debe llevarnos a rechazar el problema de los términos teóricos. Las observaciones realizadas pueden ser rechazadas por razones teóricas.

En síntesis, para Feyerabend, de acuerdo a los problemas que se afronten, serán los métodos a utilizar; no hay una única racionalidad científica, un único camino que sea orientador de la investigación científica a la que esta deba someterse; los propios procesos de creación de teorías científicas van colaborando en la construcción de métodos (estos no son pre-existent) y, finalmente, se debe desmitificar la actividad científica: “Todo vale”.



Foto: Concurso Fotográfico QE / Ana Olivera

Por otra parte, un aspecto epistemológico que puede ayudar a enmarcar las soluciones a los problemas en ciencias y la solución de problemas de ciencias en el aula, surge de la filosofía de la ciencia (Klimovsky, 1997) que nos describe dos momentos, dos aspectos diferentes de la práctica científica: uno corresponde a la creación (de un concepto, hipótesis, teorías), al denominado “contexto de descubrimiento” vinculado a las circunstancias sociales, personales, etc., en que se produjo; y el otro corresponde al “contexto de prueba” o “contexto de validación”. Este último es la práctica de la validación (que en el caso de Popper tenga la posibilidad de ser falseada) y corresponde al momento de la demostración de la validez, tanto lógica como empírica, de una proposición científica. Debe ser la certificación de una hipótesis por la experiencia.

Para Klimovsky (1997:29), reafirmando lo expresado por Reichenbach³, los contextos parecen ser independientes, pero *«en la actualidad son muchos los filósofos de la ciencia que afirman que la frontera entre los dos contextos no es nítida ni legítima, pues habría estrechas conexiones entre el problema de la justificación de una teoría y la manera en que se la ha construido en la oportunidad en que ella surgió»*. Se establece una autonomía propia de la ciencia, pero al costo de una limitación para la extensión de los dominios y los temas de la

³ En cuanto a la discriminación que realiza sobre el contexto de descubrimiento y contexto de justificación.



objetividad científica, y también la imposibilidad de concebir una epistemología “pura” -no contaminada- del conocimiento. Por un lado, Popper sostuvo la necesidad de asegurar al menos la intersubjetividad en la construcción del conocimiento científico. Como la creencia es subjetiva, el conocimiento debe ser intersubjetivo, se constituye en valor supremo y debe asegurar su validez mediante el criterio de falsabilidad a una “prueba de realidad”. En tanto, Kuhn considera que esa separación sería artificial y dará una visión distorsionada de la investigación científica.

A estos dos contextos se agrega un tercero: el “contexto de aplicación” (Klimovsky, 1997), relacionado con los aspectos utilitarios del conocimiento a través de su aplicación, encerrando juicios de valor como beneficioso o perjudicial para la comunidad o especie humana, por lo que, a nuestro entender, tiene sus implicancias con los aspectos éticos de la producción, validación y aplicación del conocimiento. Un ejemplo de ello lo constituyen los contradictorios informes técnicos, elaborados en relación a los efectos contaminantes de las plantas procesadoras de celulosa sobre el Río Uruguay. Es la actualidad, este contexto cobra una gran relevancia, fundamentalmente por la validez de los contenidos científicos que se enseñan en la escuela en tanto utilitarios, relacionados entonces con el poder (económico, político, etc.).

En tanto, en las tareas científicas que se desarrollan en el aula, los saberes a ser enseñados y, por tanto, los problemas a ser resueltos, deben tener una legitimidad epistemológica propia de la disciplina científica en la que se origina, pero también de una legitimidad social plasmada en “la currícula” a desarrollar (Santos, 2005). La formación científica en el aula deberá orientarse a que los alumnos puedan ubicarse frente a problemas de la vida cotidiana para analizarlos e interpretarlos dentro del marco conceptual y procedimental propio de la ciencia, pero de acuerdo a los distintos enfoques epistemológicos desarrollados *ut supra*.

3. Dimensión didáctica

Cualquiera sea el corpus teórico a enseñar, ese corpus deóntico es el que orienta la práctica del docente y la construcción del conocimiento en los alumnos (Behares, 2004). Es aquí donde aparece el conocimiento a ser enseñado.

Chevallard (1991) analizó cómo el concepto de distancia, que nace en el campo de la investigación matemática pura, reaparece modificado en el contexto de la enseñanza de la matemática. Definió la Transposición Didáctica como un instrumento para analizar el proceso a través del cual el saber producido por los científicos (el saber sabio) se transforma en aquel que está contenido en los programas y libros de texto (el saber a enseñar) y, posteriormente, se convierte

Enseñar ciencias. Los lugares epistemológicos y didácticos

en aquel que aparece en el aula, en la práctica cotidiana de la enseñanza (el saber enseñado). Chevallard analiza las modificaciones que el saber producido por el sabio (el científico) experimenta, hasta que se convierte en un objeto de enseñanza. Es decir, el pasaje de un saber erudito a un saber enseñado.

Según esta teoría, cuando se enseña un concepto, este fue transpuesto de un contexto a otro, experimentando profundas transformaciones. Al ser enseñados, los conceptos mantienen semejanzas con las ideas originales presentes en el campo de la investigación científica, pero adquieren otros significados propios del contexto escolar en el cual será desarrollado. Ese proceso de transposición transforma el saber confiriéndole, en consecuencia, un nuevo estatus epistemológico (Astolfi, 1997).

En síntesis, Chevallard sostiene que los conocimientos (saberes) presentes en la enseñanza no son meras simplificaciones de objetos provenientes del campo de la investigación científica, con el objetivo de permitir su aprehensión por parte de los alumnos. Se trata de conceptos que serán “modificados” para ser enseñados, son conceptos que nacen en el contexto de producción de conocimientos científicos no preparados para ser enseñados, y cuando estos conceptos deban ser enseñados será necesario que se “adapten” a un nuevo contexto: el escolar. Allí aparece una distancia entre ese concepto producido en un contexto científico y ese concepto listo para ser enseñado. Por lo tanto, ese concepto debe ser capaz de responder a dos dominios epistemológicos diferentes: el contexto de la producción del conocimiento científico y el contexto de la producción de conocimiento escolar en ciencias.

Estos aspectos nos ubican en las diferencias que existen entre los problemas científicos, cotidianos y escolares, desde un punto de vista epistemológico. Al momento de trabajar en el aula sobre la solución de problemas sería conveniente trabajar sobre estos aspectos, acercando a los niños, de acuerdo a su desarrollo, estas diferencias.

Un tema muy trabajado en el aula de ciencias es la utilización del “Método Científico”, generalmente asociado a las ciencias naturales, utilizado como una secuencia de pasos para resolver un determinado problema. Aparece como

prescriptivo, rígido y algorítmico. Por cierto, es muy diferente a como los científicos resuelven los problemas. Al trabajar como un contenido el método científico, este necesariamente se escolariza, pasa a una nueva condición, se produce una transposición didáctica, dando lugar a cambios de corte epistemológico.

A partir de ello, las ideas, los conceptos y las teorías son transpuestos a los currículos y materiales didácticos. El conocimiento académico debe, de alguna manera, ser “adaptado” a los formatos escolares, es decir, el “saber a ser enseñado” y el “saber enseñado” son diferentes de aquellos producidos en los grupos de investigación.

Por otra parte, la mayoría de los conceptos presentados en clase tienen, en general, poco significado para los alumnos, es decir, aquello que es enseñado no se corresponde con las vivencias que ocurren fuera del ámbito escolar. Esto no significa que todo lo que deba enseñarse debe corresponderse con “la realidad”, con “los contextos cotidianos”, pero tampoco debe hacerse tanto énfasis en el análisis de “situaciones ideales” sin pasar al análisis de “situaciones reales” o, por lo menos, explicitar que esa es una forma de aproximarse al estudio de esa realidad.

Es necesario resaltar que la ciencia hace uso de modelos como aproximaciones al estudio de los problemas. La construcción de modelos científicos permite transformar situaciones complejas en situaciones más simples, a los efectos de poder tratar una determinada situación a partir de las teorías disponibles. Esto es imprescindible para la creación de conocimiento científico y también para su enseñanza. Lo que debe quedar claro en la enseñanza de la ciencia es que debe resaltar la importancia del trabajo con modelos, así como es necesario explicitar todos los supuestos que están también siendo considerados en ese modelo, por ejemplo: la ausencia de rozamiento, la constancia del valor de la aceleración gravitatoria dentro de ciertos límites, la no esfericidad de la Tierra, etc.

De alguna manera, en la transposición de los conceptos científicos se induce la idea de simplificación. Esta genera, a su vez, un nuevo saber, con un nuevo estatuto epistemológico: el “saber escolar”. Por otra parte, hay conocimientos enseñados que si bien tienen relación

Foto: Concurso Fotográfico QE / Ana Olivera



con el conocimiento científico, son “creaciones propias” del saber escolar. Ellas existen como “creaciones didácticas”, no son objeto de investigación científica y tampoco lo fueron, pero son presentadas “didácticamente” para crear la “ficción” necesaria para su aprendizaje. Debemos recordar que *«el saber enseñado supone un proceso de naturalización, que le confiere la evidencia incontestable de las cosas naturales; sobre esta naturaleza “dada”, la escuela espera ahora su jurisdicción, fundadora de valores que, en adelante, administran el orden didáctico»* (Chevallard 1997:18).

No obstante, es necesario precisar que tanto las motivaciones como los objetivos para enseñar y aprender ciencias, son muy diferentes de aquellos presentes en la investigación científica; hay un cambio en el “nicho” epistemológico, lo que implica una inevitable y necesaria transformación del conocimiento. Por ello, hay evidentes diferencias entre el “saber sabio” y el “saber enseñado”. Lo que se pone en tensión es la fuente epistemológica que emana de las propias disciplinas científicas de la naturaleza y las fuentes epistemológicas que enmarcan diversos modelos de enseñanza y de aprendizaje.

Finalmente, la Transposición Didáctica es para el docente *«una herramienta que permite recapacitar, tomar distancia, interrogar las evidencias, poner en cuestión las ideas simples, desprenderse de la familiaridad engañosa de su objeto de estudio. En una palabra, es lo que le permite ejercer su vigilancia epistemológica»* (Chevallard 1997:16). De allí que, tal como sostiene Chevallard, la entrada del saber en la problemática de la didáctica pasa de ser una situación potencial a transformarse en un hecho. Para que sea posible la enseñanza de un determinado saber, este deberá experimentar ciertas modificaciones para convertirse en un conocimiento pasible de ser enseñado.

Los agentes reguladores, determinantes para la selección y, principalmente, para las modificaciones que el “saber sabio” experimentará, son los componentes de la “noosfera”. En esta encontraremos todos aquellos factores que, de una forma u otra, influyen en la enseñanza, transformando el “saber sabio” en otro que reúna las condiciones necesarias para llegar al aula.

Esa “noosfera” está compuesta, en términos generales, por los científicos, los educadores, los políticos, la industria, la producción, los textos

escolares, entre otros. Todos y cada uno de ellos contribuyen con sus visiones, valores, expectativas, ideas, etc., en el delineamiento de los saberes que llegarán al aula. Todos estos agentes/factores presentes en el proceso de transformación y adecuación de los saberes, son agrupados por Chevallard en la categoría de “noosfera”. Esta actúa como mediadora entre las necesidades y expectativas de la sociedad, y el funcionamiento del sistema escolar.

4. Reflexiones finales

Como se expresó al comienzo del artículo, el rápido incremento del conocimiento científico, los nuevos paradigmas de la sociedad postindustrial, su impacto en la sociedad y por tanto en la educación, obligan a nuevos debates epistemológicos a la vez que tensionan el campo de la didáctica de las ciencias.

Ahora el saber sabio no es absoluto y atemporal. Puede verse modificado al poco tiempo, y dejar caducos los libros de texto y los

programas de enseñanza. Los cambios del conocimiento científico son cambios en el saber sabio y si bien los saberes a enseñar no se modifican a la misma velocidad que el conocimiento científico, es necesario que los alumnos reconozcan la existencia de estos cambios visibles en Historia de la Ciencia.

La pedagogía tradicional presente aún en las instituciones y educadores, a pesar de los cambios y las innovaciones teóricas, no responde adecuadamente a estos desafíos. La perspectiva de una enseñanza positivista, basada en el conductismo y en la transmisión-recepción de información, se mantiene vigente como paradigma inconsciente que resiste al cambio.

Por otra parte, hay dos aspectos en los que se debería hacer énfasis en la enseñanza de las ciencias: la importancia del conocimiento científico-tecnológico en la construcción de ciudadanía y las implicaciones que tienen en la educación los debates políticos y éticos del desarrollo de la ciencia y la tecnología. 

Bibliografía

- ANEP. CEP. República Oriental del Uruguay (2009): *Programa de Educación Inicial y Primaria. Año 2008*. En línea: http://www.cep.edu.uy/archivos/programaescolar/Programa_Escolar.pdf
- ASTOLFI, Jean-Pierre (1997): *Aprender en la escuela*. Santiago de Chile: Ed. Dolmen.
- BEHARES, Luis Ernesto (2004): “Materialidades del saber en Didáctica, a partir del concepto de ‘transposición’”; en L. E. Behares (comp.) (2004): *Didáctica Mínima. Los acontecimientos del Saber*, pp. 31-64. Montevideo: Psicolibros-Waslala.
- CHALMERS, Alan F. (1987): *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI editores.
- CHEVALLARD, Yves (1997): *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- ECHEVERRÍA, Javier (1999): *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX*. Madrid: Ed. Cátedra.
- KLIMOVSKY, Gregorio (1997): *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires: A-Z editora.
- KUHN, Thomas S. (1971): *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica. Traducción española de Agustín Contín. (*The Structure of Scientific Revolutions* [1962]. Chicago: University Chicago Press).
- KUHN, Thomas S. (1978): *Segundos pensamientos sobre paradigmas*. Madrid: Tecnos.
- NIEDA, Juana; MACEDO, Beatriz (1997): *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*. Madrid: OEI. UNESCO.
- POPE, Maureen; SCOUT, Eileen M. (1997): “La epistemología y la práctica de los profesores” en R. Porlán; J. E. García; P. Cañal (comps.): *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada Editora.
- POPPER, Karl Raimund (1962): *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- POZO, Juan Ignacio; PÉREZ, María del Puy; DOMÍNGUEZ, Jesús; GÓMEZ, Miguel Ángel; POSTIGO, Yolanda (1994): *La solución de problemas*. Madrid: Aula XXI, Santillana.
- SANTOS, Limber (2005): “Los saberes designados para ser enseñados: naturaleza y caracterización” en Luis E. Behares; Susana Colombo (comps.): *Enseñanza del Saber - Saber de la Enseñanza*. Montevideo: Universidad de la República, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
- SOSA SANTILLÁN, Amadeo (1997): “Enseñanza, aprendizaje y cambio conceptual” en *Educación en Física*, Volumen 3, Número 2.
- SOSA SANTILLÁN, Amadeo (2003): “Un enfoque sobre la enseñanza de las ciencias basada en competencias” en *Science Education International*, Vol. 3, N° 1 (Marzo). Edición en español.