

Acerca del carácter tecnológico de la nueva Didáctica de las Ciencias

Adriana Patricia Gallego Torres¹ y Rómulo Gallego Badillo²

¹Doctora en Ciencias Físicas. Didáctica de las ciencias. Universidad de Valencia. España. E-mail: Adriana.P.Gallego@uv.es

² Profesor Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C. Colombia. Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos –Grupo IREC-. E-mail: rgallego@uni.pedagogica.edu.co

Resumen: Este trabajo parte de una revisión histórica de la relación existente entre las ciencias experimentales y las tecnologías, sobre todo las denominadas duras. Además, se hace una propuesta de estructura epistemológica para esas tecnologías, fundamento para explicitar una aproximación al carácter tecnológico de la nueva didáctica de las ciencias. En el caso de las tecnologías, las categorías centrales de la estructura epistemológica, son las de sistema, modelo, diseño y prototipo. Por analogía, las categorías que permiten distinguir el carácter anotado de la nueva didáctica, son las de sistema educativo, modelo didáctico, diseño didáctico, proyecto piloto y normas didácticas.

Palabras clave: Tecnología, didáctica, modelo tecnológico y modelo didáctico, diseño tecnológico y diseño didáctico.

Title: About the technological character of the new Didactics of the Sciences

Abstract: This work leaves of a historical revision of the existent relationship between the experimental sciences and the technology, mainly those denominated hard. Also, a proposal of structure epistemológica is made for those technologies, foundation for explicitar an approach to the technological character of the new didactics of the sciences. In the case of the technologies, the central categories of the structure epistemológica, are those of system, model, design and prototype. For analogy, the categories that allow to distinguish the logged character of the new didactics, are those of educational system, model didactic, design didactic, project pilot and didactic norms.

Keywords: Technology, didactics, technological model and didactic model, design technological and didactic design.

Introducción

Hablar del carácter tecnológico de la nueva didáctica de las ciencias, requiere una precisión sobre lo que en este artículo se entiende por tecnología o mejor, tecnologías, pensando en la división que se ha establecido entre las

denominadas duras y las llamadas blandas. Hay que distinguir igualmente dos etapas en el desarrollo histórico de este campo de saber. La primera, la técnica, propia de los maestros artesanos, sus corporaciones y sus "Collegia Artificum". Son estos maestros los constructores de artefactos. La segunda, que se inicia con Galileo, el creador de la nueva ciencia matemática e instrumental, quien al aplicar la episteme de las matemáticas al saber de los artesanos (Koyré, 1979), hará que este se transmute paulatinamente en tecnología. Surgirán los tecnólogos, los constructores de tecnofactos, que a diferencia de los artefactos, serán objetos calculados (Gallego Badillo, 1997).

Por otro lado, se requiere también demostrar que lo afirmado por A. Comte (1984) en su época, en cuanto que los especialistas en estas disciplinas han de encargarse solo de la aplicación a los sistemas de producción de, las leyes de la naturaleza descubiertas por los científicos, carece de toda referencia histórica. Es así, por cuanto, para reiterarlo, a partir de Galileo entre las ciencias experimentales y las tecnologías duras, por lo menos, han existido relaciones mutuas de apoyo conceptual y metodológico. Estas relaciones han desembocado en la actualidad en el hecho de que, sin las investigaciones en estas ciencias no sean posibles las tecnológicas y viceversa. Estas afirmaciones pueden sustentarse en el proceso que dio origen a la química como ciencia y a la termodinámica clásica.

Sin pretender caer en casuísticas con miras a mostrar una relación diferente de la supuesta por el positivismo, entre las ciencias experimentales y las tecnologías duras, diferente de la positivista, se recuerda aquí que el problema de la bomba impelente-expelente de Ctesibio de Alejandría (Schneer, 1975; Mason, 1985) podría constituir un buen ejemplo. Como es conocido, esta bomba se empleó durante la Edad Media para achicar las minas de carbón, encontrándose que no elevaba el agua más allá de 10,2 m. El problema, según una sugerencia de Galileo fue resuelto por sus discípulos E. Torricelli y V. Viviani, en 1643, en términos de un equilibrio mecánico. Con el constructo experimental por ellos diseñado demostraron que el ser humano podía experimentalmente producir vacío (Vacío barométrico o vacío de Torricelli). Probaron entonces, que la tesis aristotélica era insostenible.

Los resultados de este trabajo fueron el fundamento para que O. von Guericke demostrara públicamente el peso del aire y la existencia de la presión atmosférica con el famoso experimento de los hemisferios de Magdeburgo. R. Boyle, en 1657, mientras construían un laboratorio en Oxford tuvo conocimiento de los resultados de este experimento y los inscribió en su propósito de hacer de la química una rama de la filosofía natural. Llamó entonces a R. Hooke, quien rediseñó la bomba de Von Guericke. Con ella y con la campana neumática, Boyle y Hooke llevaron a cabo todos los ensayos sobre los gases, dando origen a la denominada química neumática (Ihde, 1984). La explicación de la ley de Boyle sobre la relación presión volumen, fue asumida por D. Bernouilli (Leidler, 1995), quien propuso el primer modelo cinético corpuscular para estos fluidos.

D. Papin, quien llegó como refugiado hugonote a Inglaterra y trabajó con Boyle (Mason, 1985), a partir del conocimiento de los experimentos de Boyle y Hooke, sugirió la posibilidad de emplear la presión atmosférica para realizar trabajo mecánico. La primera máquina fue diseñada y fabricada por T. Savery, con muy poca utilidad. Le siguió la máquina atmosférica de T. Newcomen. Desde la propuesta del calor específico y el calor latente de J. Black, J. Watt estudió esta última máquina y la transformó radicalmente, creando la máquina de vapor. El problema de la eficiencia fue formulado y resuelto por S. Carnot en el contexto de una máquina ideal que funciona en un ciclo perfectamente reversible. Siguió los aportes de P. E. Clapeyron; B. Thomson, Conde de Runford; J. P. Joule; W. Thomson, Lord Kelvin; y, R. Clausius; este último formuló matemáticamente la primera y la segunda ley de la termodinámica clásica. Queda demostrado, por tanto, que resulta históricamente insostenible una relación simple de dependencia de los saberes tecnológicos con respecto a las ciencias experimentales.

En este orden de ideas hay igualmente que situar históricamente definiciones, como aquella que sostiene que los tecnólogos "se ocupan de los conocimientos involucrados en la invención, fabricación y utilización de objetos que satisfacen determinadas necesidades" (Etxabe, 2001). Dígase, en cuanto a lo último de esta afirmación, que fue el papel que cumplieron los maestros artesanos en las villas. Hoy no se puede decir que sea este el objetivo de los constructores de tecnofactos. Al respecto, puede acudirse también a dos ejemplos. El más reciente tiene que ver con la invención de la copiadora electrostática, la Xerox 914. Una vez diseñado y fabricado el primer prototipo, su fabricación industrial tropezó con el argumento de que no se necesitaba, ya que para la misma función se contaba con el papel carbón. El remoto, alude a la fabricación de la primera locomotora a vapor, por R. Trevithick, en 1803. De ella se sostuvo que tampoco se requería, pues se tenían carruajes tirados por caballos (Hammer y Champy, 1994).

Los ejemplos anteriores exigen una nueva y distinta aproximación al carácter intrínseco de los saberes tecnológicos. Esta aproximación requiere, además, de un cambio en la idea de que los inventores han sido individuos geniales y aislados, como se suele sostener cuando se hace referencia a T. A. Edison. Hoy se sabe que contó con un equipo de ingenieros y técnicos, sin cuya colaboración no sería explicable la fabricación de los tecnofactos cuya autoría se le atribuye y por las que le concedieron las respectivas patentes. El desarrollo de las investigaciones tecnológicas ha sido producto de colectivos de especialistas.

Una estructura epistemológica para las tecnologías

Se piensa entonces, que es factible proponer una estructura epistemológica para las tecnologías duras, integrando las siguientes categorías: Sistema tecnológico (ST), modelo t

ecnológico (MT), diseño (D), prototipo (P) y reglas de producción (RP), como se representa en la figura 1.

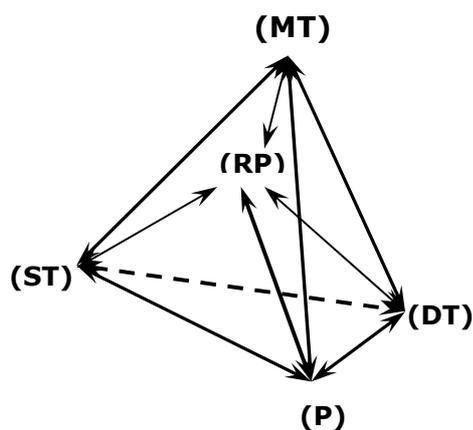


Figura 1.- Una estructura epistemológica para las tecnologías.

Los sistemas tecnológicos (ST)

Son los objetos de conocimiento que formulan los tecnólogos como comunidad de especialistas y que como representaciones abstractas, delimitan las interacciones fenomenotécnicas (Bachelard, G., 1978) que se desean comprender y explicar en el horizonte de una intencionalidad constructiva que las ordena en términos investigativos. Con G. Bachelard (1978) hay que sostener que los sistemas no son realidades designadas, ya que constituyen una problemática dentro de un programa de investigación colectivo. Vistos de esta manera, los sistemas pueden ser representados como una red tridimensional de interacciones, en la que los nodos son puntos en los que confluyen y de donde salen cantidades calculadas de energía. Igualmente, pueden ser puntos de intercambio de cantidades de masa inercial previamente calculadas. En este último caso, entre los nodos el transporte de masa puede ser llevado a cabo por bandas, camiones, ferrocarriles, barcos, aviones y demás.

Los modelos tecnológicos (MT)

Para plantear esta categoría se acude a la de modelo mecánico formal (Scheler, 1969). Un modelo tecnológico para describir y explicar interacciones fenomenotécnicas (Bachelard, 1978) delimitadas en el sistema, surge de la necesidad de percibir y pensar el sistema de acuerdo con las formulaciones mecánicas formales. Las interacciones se expresan, para el caso de las tecnologías duras, mediante ecuaciones diferenciales lineales, utilizando, si se requieren, analogías que integren, por ejemplo, fenómenos eléctricos con fenómenos mecánicos (Bachelard, 1978). Es posible pensar que para cada sistema dado sean factibles diferentes modelos o un modelo de modelos.

Los diseños (D)

Son prefiguraciones de lo real desde los signos. Cada diseño es el dominio de la materialidad a partir de la pareja sistema tecnológico – modelo

tecnológico (ST - MT). De esta manera, viabiliza las proposiciones constructivas, esto es, las hipótesis tecnológicas que han sido formuladas a partir de las precisiones conceptuales y metodológicas del modelo. Todo diseño se deriva del respectivo modelo. Al ser geometría métrica y prefiguración, es también un lenguaje especial que se suma al conceptual, haciendo de las tecnologías un saber de múltiples semiologías. Como ordenamiento, es a partir del diseño que los tecnólogos optan, entre las distintas soluciones factibles, por aquella que satisface la intencionalidad constructiva que los dirige (Gallego Badillo, 1997; Carvajal, 2003). La opción lleva a que los tecnólogos se ocupen de las propiedades de los materiales. Esta actividad está dirigida por el ordenamiento inicial que impone la delimitación conceptual y metodológica del sistema.

Para tal efecto, proceden a asignarle valores fisicoquímicos a los coeficientes de las ecuaciones diferenciales del modelo y a estudiar el comportamiento que tendría el diseño que inicialmente se ha planteado. Es en este momento en el que se acude a la ciencia de los materiales. Los resultados de este comportamiento pueden conducir a un rediseño. En esta perspectiva, hay que pensar que de un modelo tecnológico dado, sean factibles diferentes diseños. Lo afirmado tiene consecuencias legales en términos de las patentes.

Los prototipos (P)

Son los tecnofactos propiamente dichos que los tecnólogos fabrican en el laboratorio-taller utilizando las máquinas-herramientas apropiadas. Si bien el prototipo está funcionando desde su correspondiente diseño, es para el colectivo de tecnólogos un espacio de contrastación, ya que todo prototipo es sometido a prueba de manera total, para ver si responde a los límites de funcionamiento que se le han fijado. Dígase que estas pruebas se extienden hasta dañar el prototipo. Es así, aun cuando en la actualidad esas pruebas se simulen previamente en un programa informático. Los resultados de estas pruebas son la base para el manual de uso y la carta de garantía que se les entrega a los usuarios. Todo prototipo es un caso particular del sistema tecnológico de partida, por lo que, de nuevo, son factibles distintos prototipos para el mismo sistema.

Las reglas de producción (RP)

Estas tienen una tradición que se remonta a la labor de los maestros artesanos fabricantes de máquinas herramientas. Con la transmutación de la técnica en tecnología y las relaciones de mutuo apoyo con las ciencias experimentales, los tecnólogos requirieron de una formación científica apropiada. En este orden de ideas, esa formación se dirigió al planteamiento de los sistemas, la formulación de modelos, a la representación a través del diseño y a la fabricación de los correspondientes prototipos. Por lo demás, aprender a crear saberes tecnológicos y fabricar tecnofactos, es una actividad que se logra con la vinculación de las nuevas generaciones a un colectivo de investigación en cualesquiera de las tecnologías.

El carácter tecnológico de la nueva didáctica de las ciencias

Se entra aquí a proponer unas características tecnológicas para la nueva didáctica de las ciencias de la naturaleza. Se parte del convencimiento de que esta se halla hoy conceptual y metodológicamente fundamentada (Gil Pérez, Carrascosa Alís y Martínez Terrades, 2001; 1999; Gil Pérez, Dumas-Carré, Furió Más et. al, 1999; Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Hodson, 1992). Además, se señala que es objeto de discusión su estatuto científico (Adúriz Bravo, e Izquierdo Aymerich, 2001; 2002; Gallego Torres y Gallego Badillo, 2005); un proceso de análisis que continuará, ya que se está frente a una disciplina científica con una dinámica permanente de reconstrucción.

Por otro lado, hay que reconocer, respecto del carácter tecnológico de la nueva didáctica de las ciencias, esfuerzos teóricos anteriores (Adúris Bravo e Izquierdo Aymerich, 2001), que puntualizan en la intervención práctica de los didactas de las ciencias, con base en los modelos teóricos que se han elaborado. El interés de estos esfuerzos se enmarca en el horizonte de un mejoramiento de la educación en ciencias en todos los niveles de cada sistema educativo. Existe ya el intento de construir una aproximación tecnológica para la nueva didáctica. Es dentro de estas reflexiones que el presente aporte busca contribuir a la discusión y al desarrollo conceptual y metodológico de dicha visión.

La categoría epistemológica para centrar el análisis en torno al carácter tecnológico de la nueva didáctica de las ciencias es la de diseño (Gallego Badillo, 1997; Carvajal, 2003), por lo que se entra a puntualizar en la especificidad del diseño didáctico. Para tal efecto se toma distancia de lo aquí propuesto para el diseño tecnológico. No obstante, si es admisible retomar la estructura epistemológica ya referida, podría colegirse que todo diseño didáctico se deriva de un modelo didáctico dado. Al respecto y desde las diferentes elaboraciones de la categoría de modelo, se ha sometido a discusión de la comunidad de didactas una propuesta (Gallego Badillo, 2004), en la que esa nueva didáctica se representa como un modelo de modelos. Se recuerda que la categoría de modelo está siendo hoy empleada para dar cuenta del estatuto científico de disciplinas, que al aplicarles la categoría de teoría propia de la física, su estatuto científico podría ponerse en duda. Estas teorías están conformadas por definiciones, postulados y corolarios. Se puntualiza además, que parece haber tantas concepciones de modelo científico, como autores se ocupan de esta temática (Gallego Badillo, 2004).

Para discurrir acerca del carácter tecnológico de la nueva didáctica de las ciencias se acude a las siguientes categorías: Sistema educativo (SE), modelo didáctico (MD), diseño didáctico (DD), proyecto piloto (PP) y normas didácticas (ND), tal como se representa en la figura 2.

El sistema educativo (SE)

En general, son los espacios de referencia de los modelos didácticos, considerados en sí como una representación admisible de la realidad educativa que dichos sistemas conforman. Estos ámbitos, a diferencia de los sistemas

tecnológicos, se particularizan en el que cada país, nación o región ha sabido dárselos, de acuerdo con su historia cultural, social, política y económica. Los didactas, en este caso los de las ciencias de la naturaleza, se enfrentan al problema de formular modelos en el interior de una educación sistemática para las nuevas generaciones, que se encuentra basada en esa historia dentro de la cual y de acuerdo con las intencionalidades políticas y económicas, la educación en ciencias y las maneras como se enseñan, son consideradas que sirven con éxito a dichos propósitos.

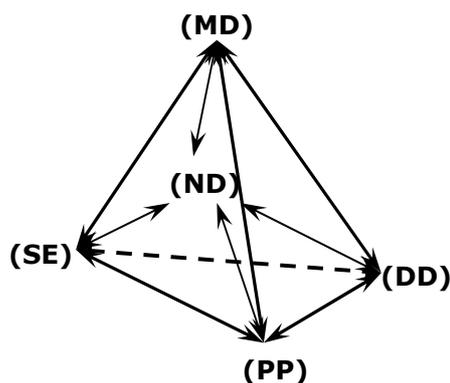


Figura 2.- Una estructura tecnológica para la didáctica.

Además de lo anotado, cada sistema educativo está afectado por las concepciones dominantes acerca de las diferentes ciencias de la naturaleza, de ellas como actividad de producción de saber y la imagen de científico y de su papel en dicha producción (Gil Pérez, Carrascosa Alís, Gallego y Fernández, 2000; Gallego Torres, 2002). En esa afectación inciden igualmente las consideraciones de aquellos científicos del correspondiente país, cuyo reconocimiento está basado en las publicaciones que les han sido aceptadas en las revistas especializadas e indexadas.

En este orden de precisiones, la formulación de modelos didácticos podría estar frente al hecho de que el sistema educativo objeto de modelación pretenda socializar entre las nuevas generaciones una versión empiropositivista de corte tecnicista, limitada a la transmisión verbal y al aprendizaje memorístico de definiciones, a la manipulación algebraica de fórmulas matemáticas aplicables a la solución de ejercicios de lápiz y papel y al seguimiento mecánico de las conocidas guías de laboratorio. Destáquese que la reducción tecnicista, por lo general, no se ocupa de trabajar la historia de la sustitución de teorías o de las modificaciones y cambios de los modelos científicos; sustituciones, modificaciones y cambios que en cada ciencia de la naturaleza y la actividad científica, fue indispensable dentro de la correspondiente comunidad de especialistas.

Un sistema educativo es, en principio, una organización política, regulada por leyes, decretos, resoluciones y normas, expedidas por un parlamento y por las demás autoridades del ramo. El fin es, en principio, vincular a las nuevas

generaciones a la cultura de su tiempo, a la vez que ellas construyan una pertenencia a su sociedad y se vinculen a los procesos de desarrollo de la misma, profesando críticamente los valores de un conglomerado democrático, tolerante de las ideas de los otros y, por tanto, que admita la diferencia y la pluralidad.

Todo sistema educativo, por lo general, se halla dividido en varios niveles, como por ejemplo, el preescolar, el primario, el secundario y el terciario, en principio, siendo este último el universitario con sus programas académicos de pregrado, especialización, maestría, doctorado y posdoctorado; con el predominio, en el terciario, de la reconocida autonomía que el estado, por admisión de una madurez intelectual e investigativa, otorga y a partir de la cual la comunidad académica define sus propios derroteros. Esa autonomía es también exigida y atribuida a los profesores de los otros niveles, en lo que a su desempeño profesional en las instituciones educativas y en el colectivo aula, se refiere.

Está igualmente conformado por unas personas, hombres y mujeres que han optado como proyecto ético de vida, por dedicarse profesionalmente a servir a ese sistema. En este sentido, los compromisos pueden ser diferenciados, dados los fines que se establecen para la educación en los distintos niveles del sistema. Por un lado, estarían desarrollando su labor los profesores y profesoras de preescolar, primaria y secundaria y, por otro, los del nivel terciario. Además de las instituciones educativas, escuelas, colegios, institutos y universidades, los sistemas educativos serían incompletos si no se incluyera en el la caracterización del sistema educativo, los programas de formación inicial y continua de profesores en general, y de ciencias en particular, la multiplicidad de concepciones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas que se presentan; tanto como la concepción de educación en sí y de los fines de esta, que han de cumplirse en cada uno de los niveles en que se hallan organizados.

Por otro lado, se puede afirmar que cada uno de los sistemas educativos existentes obedece a un modelo didáctico o pedagógico o es un modelo de estos modelos, cuando no una mezcla de ellos, en el peor de los casos. Ello implica que no pueden ser analizados de manera independiente de ese modelo, lo que sugiere que para su estudio se requiera un análisis hermenéutico. Esto es, todo sistema educativo se organiza a partir de unas concepciones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas que pueden estar veladas o subsumidas en los objetivos sociológicos, políticos y económicos que con él se persiguen.

Se expresan en los respectivos documentos oficiales las intencionalidades curriculares a través de las cuales se espera el logro de los objetivos mencionados. Es la interpretación que de esas intencionalidades realizan los didactas, para este caso los de las ciencias, la que hace factible que se formulen diversos modelos para un mismo sistema e, incluso para cada nivel de ese sistema. Esa interpretación la llevan a cabo dichos didactas, con base en el conocimiento que tienen de la nueva didáctica de las ciencias de la

naturaleza; en las elaboraciones sobre la historia y la epistemología de las ciencias que han adelantado; en una aproximación a la pedagogía de esas ciencias; en una hermenéutica de la legislación educativa vigente; y, en cierto dominio de la historia de la educación del país del que se trate.

Los modelos didácticos (MD)

La potencia heurística de un modelo didáctico dado, hace factible que de él se puedan deducir diferentes diseños didácticos, de conformidad con el espacio educativo concreto que se requiere intervenir, regular y transformar. Incluso, uno de los diseños podría ser para proponer una estructuración curricular o un proyecto académico de formación universitaria, como podría ser el caso de uno para la formación inicial de profesores de ciencias (Gallego Badillo, y Gallego Torres, 2003), con sus respectivos fundamentos conceptuales y metodológicos.

Un modelo didáctico, para reiterarlo, es una estructura conceptual y metodológica con la que se da cuenta, descriptiva y explicativamente, de las interacciones realizables entre todos los "elementos" con los que se delimita el espacio educativo que se desea intervenir, regular y transformar y para el cual se propone el modelo. Son los didactas, en este caso de las ciencias de la naturaleza, quienes deciden y determinan, desde el saber que saben, qué elementos y qué interacciones introducir, con miras a estructurar y someter el modelo a consideración de los miembros de su comunidad de especialistas. Ningún modelo didáctico puede ser pensado y elaborado en términos de una verdad absoluta y, por tanto definitiva, todo porque cada modelo es tan sólo una representación del ámbito de una realidad educativa, para cuya comprensión y actuación específica se formula.

Una aspiración válida es la de que todo modelo sea de carácter hipotético-deductivo; esto es, que su estructuración obedezca a una relación proporcional entre causa (las actividades de enseñanza) y efecto (el aprendizaje esperado), caso este en el que se tendría un modelo mecanicista basado en la dinámica de los sistemas lineales. No obstante, si los actores son profesores y estudiantes y las interacciones que se pretenden suscitar entre ellos son las de interpretar, argumentar y proponer (Pérez Miranda, Gallego Badillo, Torres de Gallego y Cuellar Fernández, 2005) alrededor de las teorías o modelos científicos que por transposición (Chevallard, 1985) o recontextualización didáctica se hacen objeto de trabajo en el aula, los resultados que se obtengan, pueden ser distintos de los planeados. De ser así, es indispensable, por tanto, acotar el carácter hipotético-deductivo de los modelos didácticos, ya que causa y efecto no seguirían una relación de proporcionalidad simple. Se estaría frente a la dinámica de los sistemas no lineales, en los que se rompe la simetría temporal.

Cualquiera sea el modelo didáctico que se formule, hoy en día la transposición o recontextualización de cada teoría o modelo científico tiene indispensablemente que realizarse a partir de las relaciones CTSA (Solomon, 1995; Solbes y Vilches, 1995; Membiela, 1995). En la misma dirección, el problema de una alfabetización científica y tecnológica básica, para todos los futuros ciudadanos y ciudadanas (Fouréz, 1994), como uno de los derechos fundamentales.

Si cada modelo didáctico lo es de un sistema educativo específico, podría retomar dicho sistema y redefinir los actores (profesores, y estudiantes), introducir otra clase de interacciones entre ellos, centrarse en concepciones histórico – epistemológicas diferentes de las consideradas por el sistema y fundamentarse en concepciones didácticas y pedagógicas novedosas. Desde esta perspectiva el modelo elaborado, más allá de ser eminentemente creativo, generaría una realidad educativa totalmente distinta de la habitual.

Los diseños didácticos (DD)

Es esta la categoría epistemológica que caracterizaría lo tecnológico de la nueva didáctica de las ciencias. Todos los posibles diseños didácticos se desprenden de un modelo específico. Dado que cada uno de estos diseños se propone para una intervención, regulación y transformación particular, es también una especie de operador a través del cual se transforma lo abstracto del modelo en lo concreto de aquello que en especial se persigue trabajar didácticamente. En esa concreción inciden la identificación y caracterización de las concepciones histórico-epistemológicas, didácticas y pedagógicas de los profesores de ciencias; las concepciones alternativas del estudiantado con el que se adelantará la labor didáctica y pedagógica; las intencionalidades curriculares del sistema educativo o del proyecto académico del que se trate; y, la disponibilidad de los originales en los que se publicaron, fueron aceptadas y desarrolladas las teorías o los modelos científicos que, mediante la transposición o recontextualización didáctica, se harán objeto de trabajo en el aula.

Como sería de esperarse, el diseño ha de precisar el papel que han de desempeñar los actores del colectivo aula; especificar la clase de interacciones que han de seguir estos actores; la necesidad de conformar grupos dentro de ese colectivo, desde el convencimiento de que las diferentes ciencias de la naturaleza y las tecnologías han sido construcciones comunitarias (Hodson, 1985); las competencias cognoscitivas (leer, escribir, hablar, interpretar, argumentar y proponer) que han de poner en juego y reconstruir en el proceso los estudiantes; los ensayos o escritos que han de redactar tanto individualmente como en grupo; la selección de los textos científicos y de los artículos que han de someterse a estudio crítico; las pruebas para identificar y caracterizar las concepciones alternativas con las que los estudiantes ingresan al proceso (Gallego Badillo y Gallego Torres, 2001); y, el empleo de éstas para el seguimiento de las reconstrucciones de dichas concepciones en la medida del desarrollo del proceso.

Todo diseño en su practicidad ha de estipular, además, las evaluaciones, los procesos y los instrumentos de evaluación, tanto como el marco conceptual y metodológico desde el cual se hará la lectura de los resultados. Más allá de la praxis habitual al respecto y desde los desarrollos de la nueva didáctica de las ciencias, el diseño ha de puntualizar que toda evaluación ha de fijar una serie de valores, no morales ni religiosos, que han de dirigir el proceso de educación científica, sobre todo en los niveles de educación básica y media (Echevarría, 2001). Ha de ser así, puesto que desde el modelo, esa educación no seguiría

una reducción tecnicista ni el paradigma de la transmisión verbal y la repetición memorística de contenidos curriculares. En este orden de ideas, podría retomarse la propuesta de la regulación y autorregulación (Jorba, J. y Sanmartí, N., 1996), punto de partida también, para la transposición o recontextualización didáctica.

El diseño específico que se elabore desde un modelo didáctico propuesto, podría igualmente estipular la evaluación en términos de un contrato entre los docentes de ciencias y el estudiantado, referido al acuerdo y compromiso con las actividades didácticas a través de las cuales se propone el hacer objeto de trabajo en el aula una teoría o modelo científico. Ese acuerdo aceptaría por parte del estudiantado, la intervención racional en sus concepciones alternativas, la transformación por reconstrucción y la regulación del proceso, para producir unos resultados admisibles en términos de educación científica. Esas actividades, como componente metodológico del diseño didáctico, caracterizarían dicho diseño y determinarían el grado de aceptabilidad de los resultados; aceptabilidad que requiere una interpretación del colectivo de profesores de ciencias de la institución educativa para la cual se elabora tal modelo y se propone el diseño.

El proyecto piloto (PP)

En general, conforman los espacios de contrastación tanto del diseño como del modelo del cual se deriva este último. Con base en el modelo que se haya construido, el proyecto piloto puede ser un curso de ciencias para un nivel dado del sistema o de un programa académico de formación en el nivel terciario, cada uno de los cuales se concretaría en lo que aquí se ha dado en llamar proyecto piloto o, si se prefiere un proyecto experimental. Este constituye una de las múltiples maneras de hacer concreto un sistema educativo específico. Los didactas que lo proponen y lo ejecutan, tienen necesariamente que llevar a la práctica todo lo explicitado en el diseño, incluyendo las pruebas y adelantar la evaluación sistemática y rigurosa del proceso, para demostrar de manera documentada las bondades del proyecto, la aplicabilidad del diseño y la consistencia del modelo didáctico.

En el supuesto de que el modelo didáctico cree una realidad educativa diferente de la habitual, que se estipula en los documentos del sistema educativo, el proyecto piloto o de investigación educativa mostraría con los resultados obtenidos, la posibilidad de una reforma de ese sistema en lo referente al ámbito en que el proyecto ha mostrado sus bondades. Sin embargo, es indispensable considerar la no linealidad y la complejidad de las interacciones en una reorganización humana, como es la de un colectivo aula determinado que hace que esos resultados no se puedan repetir con otro colectivo.

La normatividad didáctica (ND)

Los didactas como una comunidad científica, se han dado reglas o normas que regulan la producción de conocimiento en sus diferentes campos de saber y de investigación. Esas normas o reglas se encuentran en las revistas

especializadas, con miras a que se admita, no sólo el esquema aquí propuesto, sino también para la publicación de los resultados de una investigación basada en el esquema del presente artículo.

Esa normatividad, por otro lado, establecería los marcos generales dentro de los cuales una concepción sobre sistema educativo, modelo, diseño didáctico y proyecto piloto, tanto como las relaciones de doble vía que entre estas categorías serían aceptables, esto es, discutibles por la comunidad de especialistas. Esos marcos no podrían, como es justo esperarse, impedir maneras novedosas y coherentes de concebirlas.

A manera de conclusión

El carácter tecnológico que en este artículo se le ha atribuido a la nueva didáctica de las ciencias de la naturaleza, constituye una problemática a la que los autores piensan que es necesario prestar atención. La propuesta que presentan y de la que esperan recibir las críticas consecuentes por parte de los especialistas en esta nueva didáctica de las ciencias pretende, ante todo contribuir a las reflexiones indispensables en torno a un espacio de construcción que otros autores ya han iniciado. Ha de tenerse presente, que esta propuesta, desde el análisis histórico-epistemológico de las relaciones entre las ciencias experimentales y las denominadas tecnologías duras, se aparta significativamente de cualquier posible retorno a la anterior concepción de que la didáctica, y en especial la nueva didáctica, es el componente metódico de la pedagogía, considerada esta última como la ciencia de la educación. Desde esta puntualización, no cabría igualmente, supuestas concordancias con la vieja y denominada tecnología educativa.

En las estructuras epistemológicas propuestas para las tecnologías y para discurrir en torno a las características tecnológicas de la didáctica, las categorías empleadas en cada una de ellas, se relacionan analógicamente en una doble vía, por lo que parece no haber fracturas en dichas relaciones. En otras palabras, el diseño didáctico, por ejemplo, está conceptual y metodológicamente relacionado con las categorías de modelo didáctico, con la normatividad didáctica, con la de sistema educativo y, por supuesto, con la de proyecto piloto.

Se anota que las consultas bibliográficas adelantadas por los autores, no les permitieron citar trabajos de investigación que se basarán especialmente, en los fundamentos que en este artículo se sustentan, para dar cuenta del carácter tecnológico que le subyace a la nueva didáctica de las ciencias de la naturaleza.

Referencias bibliográficas

Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2001). *La didáctica de las ciencias experimentales como disciplina tecnocientífica autónoma*. En F. J. Perales, A. L. García, E. Rivera et al, (Eds.), Congreso nacional de didácticas

específicas. Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo XXI (pp. 291–302). Granada: Grupo Editorial Universitario.

Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1, 3, Artículo 1. En línea <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Aliberas, J., Gutiérrez, R. e Izquierdo, M., (1989). La didáctica de las ciencias: Una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 227–280.

Bachelard, G. (1978). *El racionalismo aplicado*. Buenos Aires: Paidós.

Carvajal, A. (23003). La función de la noción de diseño en la tecnología. *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, 103(41), 107–115.

Comte, A. (1984). *Curso de filosofía positiva (lecciones 1 y 2). Discurso sobre el espíritu positivo*. Barcelona: Orbis.

Chevallard, Y. (1985). *La transposición didáctica. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Echevarría, J. (2001). *Enseñanza de la ciencia y valores*. En F. J. Perales, A. L. García, E. Rivera et. al. (Eds.), Congreso Nacional de Didácticas Específicas. Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo XXI (pp. 49–63). Granada: Grupo Editorial Universitario.

Etxabe, J. M. (2001). *Hacia una epistemología para la didáctica de la tecnología*. En F. J. Perales, A. L. García, E. Rivera et al (Eds.), Congreso Nacional de Didácticas Específicas. Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo XXI (pp. 365–377). Granada: Grupo Editorial Universitario.

Fouréz, G. (1994). *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Calihue.

Gallego Badillo, R. (1997). *Discurso constructivista sobre las tecnologías. Una mirada epistemológica*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

Gallego Badillo, R. y Gallego Torres, A. P. (2001). El problema de los instrumentos en el trabajo didáctico. *Paradigma*, 22(1), 23–14.

Gallego Badillo, R. y Gallego Torres, A. P. (2003). La formación inicial de profesores de ciencias: un problema didáctico u curricular. (Conferencia). *Tecné, Episteme y Didaxis*, Congreso Sobre Formación de Profesores de Ciencias, Número Extra, 66–74.

Gallego Badillo, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3, 3, Artículo 4. En línea <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Gallego Torres, A. P. (2002). *Contribución del cómic a la imagen de la ciencia*. (Tesis Doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.

Gallego Torres, A. P. y Gallego Badillo, R. (2005). El estatuto científico de la nueva didáctica de las ciencias. (Ponencia). *Tecné, Episteme y Didaxis*, Segundo Congreso sobre Formación de Profesores de Ciencias, Número Extra, 223–224.

Gil Pérez, D., Carrascosa Alís, J. Gallego, A. P. y Fernández, I. (2000). Contribución del comic a la imagen de la ciencia. *Tecné, Episteme y Didaxis*, No. 7, 22–35.

Gil Pérez, D., Carrascosa Alís, J. y Martínez-Terrades, F. (2001). Estatus de la didáctica de las ciencias. En F. J. Perales, A. L. García, E. Rivera et al (Eds.), Congreso nacional de didácticas específicas. Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo XXI (pp. 65–81). Granada: Grupo Editorial Universitario.

Gil Pérez, D., Carrascosa Alís, J. y Martínez-Terrades, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimiento. *Revista de Educación y Pedagogía*, 11(25), 13–65.

Gil Pérez, D., Carrascosa Alís, J., Dumas-Carré, A., Furió, C. et. al. (1999)..¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503–512.

Hammer, M. y Champy, J. (1994). *Reingeniería*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.

Hodson, D. (1985). Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, 12(1), 25–27.

Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *Journal of Science Education*, 14(5), 541–566.

Ihde, A. J. (1984). *The development of modern chemistry*. New York: Dover.

Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: Un proceso de evaluación continua. Propuestas didácticas para las áreas de las ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Madrid: MEC.

Koyré, A. (1986). Del mundo del "más o menos" al universo de la precisión. *Naturaleza Educación y Ciencia*, No. 4, I Semestre. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.

Leidler, K. J. (1995). *The World of physical chemistry*. Oxford: Oxford University Press.

Mason, S. F. (1985). *Historia de las ciencias. 3. La ciencia del siglo XVIII*. Madrid: Alianza.

Membiola, P. (1995). CTS en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Experimentales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, 7–11.

Pérez Miranda, R., Gallego Badillo, R., Torres de Gallego, L. N. y Cuellar Fernández, L. H. (2004). Las competencias interpretar, argumentar, y proponer en química. Un problema pedagógico y didáctico. (Memoria de investigación). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Solbes, G. y Vilches, A. (1995). El profesorado y las actividades CTS. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, 30–38.

Solomon, J. (1995). El estudio de la tecnología en la educación. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, 13–18.

Scheler, M. (1969). *Conocimiento y trabajo*. Buenos Aires: Bruguera.

Schneer, C. J. (1975). *Mente y materia*. Barcelona: Bruguera.