



Una actividad de laboratorio basada en modelos para la didáctica de la tecnología en el nivel universitario

A labwork task based on models for the technology education at the university level

Luis Federico Veiga

Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ciencia (GIECIEN). Departamento de Ciencia y Tecnología.
Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)
luis.veiga@unq.com

Diana Inés Roncaglia

Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ciencia (GIECIEN). Departamento de Ciencia y Tecnología.
Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)
diana.roncaglia@unq.edu.ar

Resumen:

En este trabajo, se presenta la construcción de un marco teórico para el diseño de actividades dentro de la Didáctica de la Tecnología (DdT), fundado en los trabajos de Didáctica de la Ciencia (DdC) de enseñanza basada en modelado y al perfil de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). A partir del marco teórico, se postulan algunos lineamientos para el diseño de las actividades. A su vez, se elige un tema teórico disciplinario, relativamente convencional, y, siguiendo los lineamientos, se arma un trabajo de laboratorio de química para el nivel universitario con un abordaje de diseño netamente tecnológico. Finalmente, se enumeran algunos métodos experimentales mediante los cuales se evaluará la eficacia del abordaje.

Palabras clave: Didáctica de la Tecnología; Enfoque CTS; Educación en diseño; enseñanza basada en modelado; Innovación.

Resumo:

Neste trabalho, apresentamos a construção de um referencial teórico para o desenho de atividades dentro da Didática da Tecnologia (DdT), baseado nos trabalhos de Didática da Ciência (DdC) de ensino baseado em modelagem e o perfil da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Com base no referencial teórico, algumas diretrizes para o desenho das atividades são postuladas. Ao mesmo tempo, um tema teórico disciplinar, relativamente convencional, é escolhido e, seguindo as diretrizes, um laboratório de química é montado para o nível universitário com uma abordagem puramente de design tecnológico. Finalmente, alguns métodos experimentais são enumerados por meio dos quais a eficácia da abordagem será avaliada.

Palavras chave: Didática da Tecnologia; Abordagem CTS; Educação em design; ensino baseado em modelagem; Inovação.



Abstract:

In this work, we introduce the construction of a theoretical framework for the design of activities within the Technology Education (TE) or Design Education (DE), grounded on the modelling-based teaching and the Science, Technology and Society Studies (STSS). With the theoretical framework as a starting point, some guidelines for the design of activities are postulated. At the same time, a disciplinary, relatively conventional, theoretical theme is chosen and, following the guidelines, a chemistry lab work is set up for the university level with a purely technological design approach. Finally, some experimental methods are enumerated by means of which the effectiveness of the approach will be evaluated.

Keywords: Technology Education, Design Education; modelling-based teaching; STSS; Innovation.

Introducción

La Didáctica de la Ciencia (DdC), en el ámbito Iberoamericano, es una disciplina consolidada académicamente. Es cierto que se ha vuelto un área trillada por muchos y muy diversos trabajos. Sin embargo, como contrapartida, la Didáctica de la Tecnología (DdT) no resulta igualmente abordada. Por algún motivo, esas dos áreas que suelen nombrarse juntas, casi como un binomio inseparable, en la práctica han sufrido un tratamiento muy diferenciado, enfatizando una y descuidando la otra. Como un gemelo que, durante la gestación, crece y se desarrolla a costa de atrofiar a su hermano. Según Gordillo y Galbarte (2002), este descuido se debe a la tradición platonista de las élites culturales que conciben a la educación como una práctica teórica y especulativa alejada de la empiria. Díaz (1995) cita a Lewis (1991) quien afirma que el factor más importante es la escasa madurez de la filosofía de la tecnología para fundamentar la DdT.

Son varios los motivos que se podrían esgrimir para interesarse por la DdT. A nivel global, la ONU (UNCTAD, 2017) destaca la importancia que tendrían los movimientos de innovación de base (*grass-root innovation*, se definen más adelante) en la concreción de las metas de la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030. A nivel nacional, en Argentina, en cuanto que el sistema educativo forma parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT), las instituciones encargadas de la formación tecnológica deben estar alineadas con los objetivos del mismo. El plan Argentina Innovadora 2020 (MINCyT, 2012) que, en principio, debería guiar las actuaciones de los participantes del SNCyT, tiene como uno de sus objetivos particulares "impulsar la cultura emprendedora y la innovación". A nivel de las instituciones educativas, podría discutirse cuál debería ser el balance entre la educación en ciencia y la educación en tecnología en los niveles primario y secundario. Sin embargo, en carreras donde prima el sentido tecnológico, como las ingenieriles o tecnológicas, la importancia de una DdT es indudable y, podría decirse, imperiosa.

Por otro lado, la importancia de la educación en tecnología no se justifica únicamente por su coincidencia con los lineamientos institucionales. Es más, podrían hacerse críticas conceptuales a estas directivas (por ejemplo, en cuanto a la idea de "cultura emprendedora" que se supone) sin inhabilitar la cuestión. Porque, aun cuando no se coincida con las políticas institucionales y se decidiera desoírlas, los individuos como actores particulares también tienen pretensiones válidas



a las que deben responderse. Ya sea que estén guiados por motivaciones de corte individualista como por una vocación más comunitaria, pareciera ser necesario un abordaje de este tipo de educación que los asista en su realización personal. No se ignora el hecho de que la DdT no podría ser neutra en cuanto a qué tipo de visión del diseño y desarrollo de tecnología se asume (si una individualista o una comunitaria), pero, en primer lugar, hay que notar que se precisa ocuparse de este asunto. Una vez acordado esto, se podrá avanzar sobre las demás cuestiones.

Destacar la existencia de la necesidad de los individuos por fuera de las instituciones tradicionales de formación tecnológica no es arbitrario. En todo el mundo, se vienen desarrollando movimientos de innovación de base. Según Fressoli (2015), esto movimientos son, en general, "redes heterogéneas de activistas, científicos, ingenieros y ONGs que buscan experimentar con formas alternativas de producción de conocimiento y procesos de innovación". Algunas de sus características pueden ser leídas en el trabajo de Smith et al. (2016). En el caso argentino, se pueden citar "el movimiento de tecnologías apropiadas, el movimiento agroecológico, el movimiento de Software Libre y los nuevos espacios de Fabricación digital (*fablabs*) y *makerspaces*" (Fressoli, 2015). Sin embargo, también en el interior de los espacios académicos tradicionales se ha producido un incremento de la preocupación por el instrumental de laboratorio, lo que ha derivado en una serie de proyectos de instrumental de laboratorio abiertos y gratuitos (Pearce, 2017). Con lo cual, una educación en tecnología pareciera ser un requisito, incluso, para carreras científicas.

Desde un punto de vista didáctico, la educación en tecnología también tendría potenciales beneficios. Barak y Zadok (2009) encontraron que, en el contexto de este tipo de educación, cuando se enseñan conceptos científicos a los estudiantes, estos aprecian su utilidad en el diseño y lo valoran significativamente. En particular, McCormick et al. (2004) destacan la importancia que tiene el conocimiento científico cualitativo en el diseño de tecnologías por parte de los estudiantes. Otro punto relevante es la imagen distorsionada de la tecnología que suele dejar la educación científica. Díaz (1995) indica que, utilizando los instrumentos VOSTS y TBA-STs (Acevedo, 1996) en estudiantes y profesores, se vio que ambos: tienen dificultades para diferenciar ciencia de tecnología, que consideran a la tecnología como supeditada a la ciencia (la tecnología como ciencia aplicada) y apoyan un modelo tecnocrático para las decisiones de incumbencia social vinculadas a la tecnología, dan por sentado que los gobiernos deben ser los responsables de coordinar los programas de investigación y desarrollo, aunque puedan estar de acuerdo con el control social externo de la ciencia y tecnología (sobre todo aquellos que han hecho cursos en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)). Para paliar esta visión, autores como Fernández et al. (2003) han propuesto que un abordaje que reivindique, en su justa medida, el papel de la tecnología, permitiría reforzar la imagen ingenua no solo de la tecnología, sino también de la ciencia.

Antes de enunciar los objetivos de este artículo, es necesario aclarar que conceptualmente no pretende alinearse con lo que en el ámbito angloparlante se conoce como *STEM education* (STEM es el acrónimo en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática). Esta propuesta nace a finales del siglo XX, como parte de la política del National Science Foundation de EE.UU. (Blackley y Howell, 2015). Según el diagnóstico de esta fundación, EEUU estaba perdiendo la hegemonía en la economía global y parte de la responsabilidad estaba



situado en el tipo de formación que recibían sus ciudadanos. Desde ese ámbito y con un claro objetivo, se inician los llamados para integrar las cuatro áreas que conforman el acrónimo. En los siguientes años se publican numerosos trabajos que se alinean con la *STEM education*, artículos que no suelen tener una conceptualización clara y común acerca de este tipo de educación (como ejemplo, ver a Breiner, 2012). De esta forma, ya sea por la concepción de la que parte: la educación como un mecanismo tendiente a reproducir y reforzar el estado actual de relaciones de poder, como el endeble marco teórico que comparten los trabajos de esta línea, no se busca continuar con esta tradición.

El presente trabajo es una aproximación para responder a esta necesidad en el área educativa de la DdT. Se parte del supuesto de que, aprovechando el cúmulo de trabajos en el área, es posible adaptar las investigaciones hechas en DdC a la DdT. Particularmente, se hace uso del marco teórico de modelos y su aplicación a la DdC (enseñanza de la ciencia basada en modelado) para estructurar el proceso de diseño tecnológico. Además, se intenta dar cuenta de las complejidades de la actividad científico-tecnológica desde la mirada CTS. El objetivo de este trabajo es proponer una serie de lineamientos para el diseño de actividades de laboratorio para la educación en tecnología y presentar una aplicación concreta, construida en base a los mismos. Para ello, se elige un tema teórico disciplinario, relativamente convencional, y se ejemplifica cómo, siguiendo los lineamientos propuestos, es posible darle un abordaje de diseño netamente tecnológico. La evaluación de campo, a realizarse en los cursos básicos de Química de las carreras de Licenciatura en Biotecnología e Ingeniería en Alimentos de la UNQ, aplicando distintos métodos de análisis, cuantitativo y cualitativo, será el objetivo de una próxima publicación. Aquí detallamos la base teórica y los instrumentos utilizados en la propuesta de un trabajo práctico de laboratorio de electroquímica con perfil tecnológico.

Marco Teórico

Cuando se habla de didáctica o enseñanza de la tecnología, en primer lugar, es necesario definir qué se entiende por tecnología. La definición que se adoptará aquí es la de Salomon (1984) y responde a un análisis historiográfico del término. Según el autor francés, la tecnología es

“el uso de conocimiento racional -ya sea científico o técnico- para satisfacer necesidades, carencias, deseos o fantasías a través de la creación, distribución y administración industrial de bienes y servicios” (la traducción es nuestra)

La utilidad de esta definición para los fines del presente trabajo radica en dos aspectos. El primero es que propone a la tecnología como el uso de un conocimiento racional que no es exclusivamente científico. De este modo, se evita la concepción ingenua de la tecnología como aplicación de la ciencia. En segundo lugar, destaca como finalidad a un amplio espectro de motivos utilitarios, lo que permite diferenciar, parcialmente, la actividad tecnológica de la científica. Una falencia a remarcar es que, si la mediación de un proceso industrial es condición necesaria, entonces, muchos fenómenos de innovación de base podrían quedar excluidos. Por este motivo, consideramos que, si por industrial se refiere a la producción en serie y en masa de los bienes o servicios, su alcance queda restringido. Más allá de esta salvedad, la definición resulta pertinente.



Volviendo a la cuestión de la enseñanza de la tecnología, se puede hacer uso de las categorías de Gilbert (1995) para clasificar su abordaje. Si se sigue este criterio, se puede distinguir entre la enseñanza para, sobre y en la tecnología.

Antes de continuar, es necesario hacer notar que Gilbert basa su clasificación en un análisis de la tecnología hecho por Pacey (1983). Según este pensador, la tecnología tiene tres aspectos: el técnico (vinculado con los conocimientos, capacidades y materiales necesarios), el cultural (vinculado con los valores y criterios subyacentes en la elección de los fines con los que se desarrolla la tecnología y en la evaluación de sus resultados) y el organizativo (vinculado con la economía y la sociología de la tecnología). Si bien el autor se basa en un modelo de tecnología distinto del de Salomon, no se trata de visiones incompatibles y no sería inadecuado usar las categorías de Gilbert.

Continuando con la clasificación, una enseñanza para la tecnología estaría centrada en los aspectos técnicos. La enseñanza sobre la tecnología se enfocaría en la cuestión cultural y organizativa. Mientras que una enseñanza en la tecnología trataría de integrar los tres aspectos. Naturalmente, esta última, por su pretensión de dar una visión integral de lo que es la tecnología, es el ideal a trazarse.

Otra clasificación útil que propone Gilbert (1995) tiene que ver con la dimensión temporal. Tres son las posibles aproximaciones. La primera es la aproximación histórica, según la cual, se analizarían problemas del pasado y la solución dada en ese entonces. La segunda es la contemporánea, donde se discuten problemas de escasos años en el pasado y la solución que se estuviera aplicando actualmente. La última es la orientada hacia el futuro y presentaría problemas que se están formulando y para los cuales no hay soluciones efectivas. El autor comenta que las tres dimensiones son importantes por distintos motivos, aunque termina priorizando la última.

La carencia de investigaciones ligadas a la DdT hace oportuno aprovechar el gran bagaje de investigaciones ligadas a la DdC. Gilbert et al. (2000) consideran que los antecedentes usados en la enseñanza de la ciencia son válidos y útiles para la tecnología.

Si se tiene en cuenta que la educación de la tecnología debe tener las características que Gilbert (1995) clasifica como educación en la tecnología y, además, se consideran las tres aproximaciones temporales, estaremos en presencia de dos referentes. Por un lado, vinculado a la cuestión técnica, se cuenta con el marco teórico de modelos. Por el otro, vinculado a los aspectos culturales y organizativos, se dispone del marco teórico CTS.

Marco teórico de modelos

Desde el punto de vista de la epistemología, la postura frente a la definición de las teorías científicas se puede diferenciar entre los enfoques sintáctico y semántico.

El enfoque sintáctico concibe a las teorías como sistemas conformados por leyes fundamentales e hipotéticas consideradas axiomas. Estos, por su naturaleza, no son directamente contrastables



con la realidad, pero permiten la deducción de otras leyes que lo son, suscitando así una confirmación empírica indirecta de la teoría (Rosemberg, 2005). En este enfoque, el papel de los modelos es, según las escuelas del positivismo lógico y la concepción heredada, el de ejemplificaciones de la teoría o ejemplos paradigmáticos a imitar, según la nueva filosofía de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2013).

El enfoque semántico postula a las teorías como un conjunto de modelos, es decir, un conjunto de definiciones formales y la asignación de los elementos de la realidad que los satisfacen (Rosemberg, 2005). Los modelos son centrales como ejemplos a explicar para los cuales las teorías son concebidas (Adúriz-Bravo, 2013). Hay quienes han propuesto un abordaje de los modelos como mediadores entre la teoría y la realidad (Morgan y Morrison, 1999; Lombardi, 2010), donde el referente directo de la teoría es el modelo y no la realidad.

Haciendo una comparación, es posible citar algunas ventajas del enfoque semántico sobre el sintáctico (Rosenberg, 2005). En primer lugar, en casos como la teoría evolutiva, la axiomatización de un cuerpo teórico podría ser desventajosa. En segundo lugar, una de las consecuencias necesarias del enfoque sintáctico es la inválida reducción de teorías particulares en otra considerada más general (por ejemplo, la reducción de la teoría química a la física). El enfoque semántico no es reduccionista. Más bien, concibe una realidad compleja que debe estudiarse desde una variedad de modelos. Por estos motivos y otros, hay quienes afirman que el enfoque semántico refleja mejor la complejidad del pensamiento científico (Van Fraassen, 1987; Cartwright, 1995; Suppe, 2000; Giere, 2004).

Partiendo de estas reflexiones, se ha desarrollado una didáctica de la ciencia basada en modelos (Erduran y Duschl, 2004; Gilbert, 2004; Adúriz-Bravo, 2010; Oh y Oh, 2011). Según Gilbert et al. (2000), su aplicación tendría tres beneficios principales. En primer lugar, la formación de modelos mentales y la exposición pública de los mismos permitiría una mejor comprensión de los fenómenos y el cuerpo teórico estudiados. En segundo, la elaboración y contrastación empírica de modelos derivaría en una mejor comprensión del modo en que se lleva a cabo la investigación científica; en esta tónica, Windschitl et al. (2008) han centrado su análisis en destacar las virtudes de esta didáctica por sobre la basada en un método científico. Finalmente, los modelos desarrollados históricamente forman parte de la producción científica y su estudio es relevante tanto para el conocimiento de la ciencia como sobre la ciencia. Sumado a los tres puntos anteriores, Böttcher y Meisert (2010) y Mendonça y Justi (2013), han destacado sus beneficios en la enseñanza de la ciencia orientada a la argumentación.

Gilbert y Justi (2016) diferencian entre la enseñanza basada en modelos (*model-based teaching*), donde los estudiantes se involucran en el uso de modelos (provistos por docentes, libros de texto u otras fuentes), y la enseñanza basada en modelado (*modelling-based teaching*), donde los estudiantes se involucran en el modelado de una determinada entidad. A su vez, mencionan cinco posibles enfoques: el aprendizaje de modelos curriculares, el aprendizaje en el uso de modelos, el aprendizaje en la revisión de modelos, el aprendizaje en la reconstrucción de un modelo y el aprendizaje en la construcción de novo de un modelo.

Para este trabajo, se hará foco en la enseñanza basada en modelado. Las propuestas que utilizan esta mirada suelen estar basadas en el modelo cognitivo de construcción de modelos



de Clement (1989) o en otros similares. El proceso de construcción de modelos descrito por este autor se da en los llamados ciclos de generación, evaluación y modificación o ciclos GEM. Todo comienza con la generación de un modelo para explicar un fenómeno particular. Este es sometido a un proceso de evaluación empírica. En caso de encontrarse grandes problemas durante la misma, se procede a generar un nuevo modelo. Si los problemas son menores, se conserva el modelo inicial pero realizándole modificaciones. Ante cualesquiera de las dos alternativas, lo que sigue es un nuevo proceso de evaluación, con lo que se inicia un nuevo ciclo. El proceso finaliza cuando el sujeto (o sujetos) consideran que el modelo representa de forma satisfactoria a la entidad.

El mismo Clement (2000) ha propuesto un modelo didáctico a partir de los ciclos GEM. El proceso de construcción comenzaría cuando el alumno, a partir de sus preconcepciones, genera un modelo inicial. Luego, el docente debería guiar al alumno en el proceso de evaluación del mismo (por ejemplo, haciendo preguntas que lleven a cuestionarlo), ocasionando modificaciones en el mismo. De esta forma, en sucesivas evaluaciones y modificaciones, se daría un proceso de evolución desde el modelo inicial hasta un modelo blanco (*target*).

Con el correr del tiempo, se han reportado diversos estudios empleando el enfoque de modelos (Cartier y Stewart, 2000; Schwarz y White, 2005; Zamorano et al., 2006; Khan, 2007; Maia y Justi, 2009; Mendonça y Justi, 2011; Prins et al., 2011). Su revisión muestra que la mayoría se centra en los niveles primario y secundario de la enseñanza, y que escasean los vinculados al nivel universitario así como los orientados hacia la DdT.

Gilbert et al. (2000) proponen que los modelos pueden servir de puente entre la DdC y la DdT, ya que aquellos son centrales en ambas prácticas. Una coincidencia está en la finalidad del modelado, tanto en una como en otra, los modelos "permiten visualizar la relación entre la intención y el producto de la actividad". En un caso, el producto es una explicación que debe ajustarse a un aspecto de la realidad que se quiere entender. En el otro, es una solución tecnológica (por ejemplo, un artefacto) que debe ajustarse a la demanda que se quiere satisfacer. Además, las dos pueden analizarse como ciclos de refinamiento del modelo usando como criterio de evaluación el ajuste a una referencia. El proceso se inicia con la construcción de un modelo mental, sigue con la representación del mismo en un modelo expreso (que pueda ser público y evaluable) y la discusión entre los implicados sobre el ajuste con la referencia (lo que suscita un rediseño en el modelo y nuevas rondas de evaluación), hasta llegar a un modelo de consenso. La dinámica recuerda bastante a los ciclos GEM.

La propuesta de los ciclos GEM parece representar de forma bastante cabal el proceso de diseño de tecnología. Es cierto que, entre los teóricos del diseño, no hay un consenso alrededor de cuál es el proceso que rige a esta actividad (Bahrami y Dagli, 1993; citado por Wynn y Clackson, 2004). Sin embargo, sí se puede considerar que buena parte de los autores podrían coincidir, en rasgos generales, en que se trata de un proceso de generación de soluciones que se refinan al contrastarse con las restricciones externas. Por ejemplo, Wynn y Clackson (2004) aseguran que una posible clasificación de los autores que explican el proceso de diseño es entre los que tienen una mirada orientada al problema y aquellos que tienen una orientada a la solución. Darke (1979) propone un modelo orientado a la solución, donde el diseñador tiene una lista de soluciones para



un subconjunto de los problemas impuestos (elaborado en base a su experiencia y subjetividad) que usa como inicio del proceso y que continúa mejorando a partir de evaluaciones y mejoras. French (1999) describe un modelo orientado al problema que se organiza por etapas secuenciales conectadas por bucles de retroalimentación: un estudio de mercado determina, sin ambigüedades, los requerimientos del producto a diseñar; luego, se elaboran diseños conceptuales que son representados de forma concreta para su evaluación y uno o algunos de los mejores diseños son elegidos; después, son materializados; finalmente, se terminan los detalles para su manufactura. Si bien el segundo modelo hace más hincapié en la evaluación cíclica, se puede apreciar que representantes de ambas vertientes comparten la visión general que se viene describiendo. Kimbell y Stables (2007) critican que los anteriores modelos del proceso de diseño se centran en el comportamiento de los actores. Y, en su lugar, proponen uno que se focaliza en el proceso intelectual. De esta forma, presentan un modelo donde la piedra angular de la capacidad de diseñar está en la interrelación del modelado de ideas en la mente y el modelado de ideas en la realidad. De nuevo, hay una relación con la noción de ajuste de los ciclos GEM.

En definitiva, esta revisión de los teóricos del diseño permite fundamentar la propuesta de Gilbert et al. (2000) de utilizar los trabajos en DdC basada en modelado para la DdT. En particular, la dinámica de ciclos GEM parece ser representativa del proceso y útil a los fines didácticos.

Marco teórico CTS

MacKenzie y Wajcman (1999) hacen una revisión general de los factores que influyen en el diseño de la tecnología. Para eso, tratan a los autores del enfoque socio-constructivista de la tecnología (*social shaping of technology*).

En primer lugar, mencionan el efecto de la ciencia en la modelación de la tecnología. Lejos de adherir a la visión de la tecnología como "ciencia aplicada", citan a pensadores que afirman que los ingenieros y tecnólogos no hacen una mera aplicación de la ciencia, sino que la usan para solucionar los problemas que surgen en la concreción de los objetivos que los movilizan. Plantear una supremacía del saber científico que es usado por sobre los demás factores que influyen en el esbozo del objetivo o del problema es erróneo.

En segundo lugar, introducen el efecto de la tecnología en la modelación de la misma. La exacerbación de esta componente es la idea de la tecnología parida por un "genio inspirado". En oposición a esta visión, citan a pensadores que les permiten concluir que el surgimiento de nuevas tecnologías es un proceso colectivo y gradual (cuyos actores, muchas veces, son anónimos y sin educación científica o ingenieril formal) de modificación, combinación o aplicación en otras áreas de tecnologías ya existentes.

En tercer lugar, introducen el efecto de la economía. El razonamiento tecnológico y económico son indivorciables. Para graficar, menciona el caso estudiado por Hughes de la "invención" de la lamparita por parte de Edison. Su diseño no implicó considerar cuestiones técnicas deslindadas del entorno social. Su lamparita era una parte integral de un sistema tecnológico mayor (el sistema eléctrico) que debía competir en el mercado con otro sistema como el de iluminación a gas. Para competir con el tendido, los cables debían contener poco cobre, es



decir, la intensidad de corriente sería baja. Por lo tanto, para mantener la intensidad lumínica alta, la resistencia de la lámpara a diseñar también debía serlo. Con lo cual, se muestra que una restricción del mercado (precio del cobre para competir con el sistema de iluminación a gas) determina el diseño tecnológico.

El cuarto factor está vinculado al anterior. Se trata de la cuestión social. Los cálculos y leyes económicos no son universales sino que son específicos de cada sociedad. Así, el modo de organización de la sociedad afecta a la economía y, por carácter transitivo, a la tecnología.

Finalmente, el mercado no es la única institución social que da forma a la tecnología. El último factor es el Estado. Ya sean las primitivas sociedades autoritarias de hace miles de años, que alumbraban tecnologías que requerían de la fuerza de numerosos esclavos, como los actuales militarizados estados modernos, cuya inversión en desarrollo bélico ha dado impulso a, por ejemplo, la tecnología nuclear, el Estado siempre ha jugado un papel fundamental en la conformación tecnológica.

Remitimos a dos marcos teóricos a quienes necesitaran categorías para analizar las relaciones entre tecnología y sociedad desde el enfoque socio-constructivista. La primera es de autoría de Wiebe Bijker y Trevor Pinch y es la perspectiva de la "construcción social de la tecnología". La segunda es de Bruno Latour y Michael Callon y enriquecida por Madeleine Akrich, se trata de la teoría del actor-red. Quienes busquen una revisión completa del tema pueden dirigirse a Williams y Edge (1996).

En América Latina, también hay una tradición de estudios CTS de la tecnología. Thomas (2010) hace una reseña de los estudios sociales de este tipo en la región. El autor menciona que, en la etapa que va de 1980 a 2010, se han realizado "trabajos sobre la economía del cambio tecnológico y estudios sobre política y gestión de la tecnología, en menor medida sobre sociología e historia de la tecnología". En el mismo, se comenta el trabajo de algunos autores cuyos conceptos son útiles. Entre ellos, Charum y Parrado (1995) señalan que "el estudio de la relación y de sus características, entre la producción de resultados y su uso social ha determinado un giro hacia la necesaria caracterización de los 'usuarios'". Además, Kreimer y Thomas (2003) sostienen que:

"la utilidad del conocimiento no es una instancia que se encuentra al final de una cadena de prácticas sociales diferenciadas, sino que se encuentra presente, como una dimensión significativa, tanto en el diseño de un proyecto de investigación por parte de un grupo de investigadores, como en los procesos de re-significación de los conocimientos en los que participan otros actores sociales relevantes"

Ambas citas destacan la importancia de los "usuarios" en la concepción de la tecnología.

En el campo de la educación, algunos autores han reflexionado sobre la relación entre los estudios CTS y la didáctica de la tecnología. Gardner (1994) y Gordillo y Galbarte (2002) analizan cómo afectan las percepciones sociales sobre la tecnología a la didáctica de la misma.

Gardner (1994) analiza las posibles relaciones entre ciencia y tecnología y cómo repercuten en el enfoque dado a la enseñanza tecnológica. Postula cuatro alternativas: la ciencia



precediendo a la tecnología, la ciencia y la tecnología como actividades independientes, la tecnología precediendo a la ciencia, y la tecnología y la ciencia relacionadas en una interacción bidireccional.

La visión de la ciencia precediendo a la tecnología es equivalente a la afirmación de que la tecnología es ciencia aplicada. De esta forma, se niega otro tipo de conocimiento y habilidad requerida en el desarrollo de tecnología. Esto, a pesar de que

“incluso en los casos en que se parte de un saber científico, el proceso de aplicación puede ser extremadamente complejo, frecuentemente requiriendo la traducción del lenguaje de los científicos al de los tecnólogos, la superación de dificultades en pasar de la escala de laboratorio a la comercial, y la síntesis de muchas diferentes habilidades (bocetado, diseño y armado de prototipos, evaluación).” (la traducción es nuestra).

En la educación, esta visión se detecta en dos ámbitos. En primer lugar, en los libros de texto cuando se explica el funcionamiento de un aparato, únicamente, a partir de un principio científico. Por ejemplo, la explicación del funcionamiento de un acumulador de plomo haciendo referencia sólo a algún tópico de electroquímica. Sin embargo, se omite que

“el diseño de una batería eficiente implica la consideración de docenas de factores físicos, químicos y económicos: la composición y estructura del contenedor, las terminales, parrilla (la que sostiene los electrodos) y el separador, la conductividad iónica, viscosidad y constante dieléctrica del electrolito” (la traducción es nuestra)

En segundo, y quizá más importante, en el diseño de las carreras tecnológicas, basados en que la actividad tecnológica supone, como condición primera y excluyente, dominar una enorme variedad y cantidad de conocimientos científicos.

La postura de que la ciencia y la tecnología son independientes parte de caracterizar de forma diferente a ambas actividades. La ciencia es descrita como analítica, generadora de conocimiento y practicada por académicos motivados por la búsqueda del conocimiento, mientras que la tecnología es sintética, productora de objetos y practicada por artesanos utilitarios. En educación, esta visión no tiene una gran representación.

Quienes afirman que la tecnología precede a la ciencia suele justificarse con datos históricos. Tanto las primeras herramientas hechas con piedras como los modernos acumuladores de plomo fueron materializados sin conocimientos científicos (en el segundo caso, se contaba con teorías científicas pero no permitían explicar detalladamente su funcionamiento). No solo eso, la ciencia, a su vez, requiere de los avances tecnológicos en artefactos para funcionar. Hay quienes, incluso, afirman que la misma tecnología modela el pensamiento que luego da nacimiento a las ideas científicas (por ejemplo, la invención del reloj permitió el surgimiento de la concepción del universo funcionando como uno de estos mecanismos).

En educación, esta visión tampoco se ha visto muy representada. La obliteración de esta perspectiva desconoce la labor crucial en la ciencia tanto de los instrumentos tecnológicos como de las habilidades necesarias para su uso. Quizá el consejo del químico del siglo XIX



Lyon Playfair para la admisión de estudiantes a la Escuela de Artes grafique las implicancias que tendría en la educación tecnológica:

“Dicho llanamente, (los) colores como (los) vidriados son aplicaciones químicas que requieren tanto habilidades prácticas como conocimiento, algo que hombres de conocimiento científico abstracto son insuficientes de mejorar, pero hombres experimentados en prácticas e informados de Ciencia podrían ejercer una influencia benéfica en ellos” (citado en Gardner, la traducción es nuestra).

La relación bidireccional considera que los científicos aprenden de los tecnólogos tanto como estos de aquellos. Es decir, esta visión implica que, para comprender el vínculo de ciencia y tecnología, son necesarios los aportes de los estudios sociales de estas prácticas. Esta concepción sería pertinente para describir, sobre todo, el actual estado de ambas prácticas.

Gardner cita a Bugliarello y Doner (1978) para hacer patente el problema de ignorar este aspecto en las universidades:

“Las escuelas de ingeniería continúan entrenando generación tras generación del que es, posiblemente, el agente de cambio más poderoso que nuestro planeta ha producido, aún así la currícula de las ingenierías pocas veces consideran y nunca requieren el estudio de los aspectos filosóficos e históricos de la tecnología. Con similar insensibilidad, las escuelas de artes liberales y ciencias excluyen lo que debería ser obligatorio: una currícula que considere los beneficios que la tecnología puede ofrecer a la humanidad y los problemas que puede ocasionar” (la traducción es nuestra)

En cuanto a Gordillo y Galbarte (2002), describen las relaciones entre concepción y didáctica. La reducción de la tecnología como ciencia aplicada redundaría en clases de tecnología separadas en una instancia teórica de análisis y diseño conceptual y otra de concreción práctica. La concepción de los productos tecnológicos a artefactos materiales constriñe a la actividad tecnológica a, por ejemplo, el armado de una radio galena en lugar de montar el simulacro de una transmisión radial. La caracterización de la tecnología como universal y sin contexto social redundaría en clases donde se estudia el funcionamiento de un artefacto pero sin hacer referencia al sistema social en el que el mismo debe actuar. La evolución de los artefactos es vinculada con la optimización de su eficiencia y eficacia; de este modo, las clases suelen hacer un relato de los cambios de los aparatos y sus mejoras sin problematizar la cuestión de qué significa que sea mejor. El surgimiento de nuevos aparatos es presentado como el fruto de la invención de individuos geniales, así, las clases apuntan al aprendizaje y evaluación individual negando la alternativa colectiva. Una concepción neutra de la tecnología deslinda a las clases de evaluaciones éticas. Por último, se tilda a las nuevas tecnologías (principalmente, la de la comunicación y la biotecnología) de una naturaleza distinta de las demás con el objetivo de salvar la demarcación hecha.

Se pueden citar algunas propuestas que buscan vincular los estudios CTS con la didáctica de la tecnología. Gordillo y Galbarte (2002) proponen actividades con casos (controversias) simulados y donde haya una comunidad de investigación solidaria. Maiztegui (2002) proponen algunos lineamientos a seguir. Este mismo autor destaca que hay muchos trabajos que pretenden dar



un enfoque CTS a la cuestión tecnológica, pero que "no responden a una reflexión profunda acerca del papel de la tecnología". Ya que, no basta con hablar "de relaciones CTS para afirmar que se presta la debida atención a la tecnología, si con ello estamos pensando sólo en la contextualización del trabajo científico, en el estudio de sus aplicaciones y posibles repercusiones".

Haciendo uso de los temas vistos, a continuación, se proponen una serie de lineamientos que, consideramos, debería tener un trabajo de laboratorio de educación en tecnología. Después, se presenta un ejemplo diseñado siguiendo los mismos.

Metodología

A continuación se proponen una serie de lineamientos de partida para el diseño de actividades. Luego, se presenta una actividad hecha en base a los mismos. Finalmente, se realiza un análisis de la actividad en relación a los lineamientos.

Lineamientos de partida para el diseño de la actividad

Para diseñar las actividades que correspondan a lo que define Gilbert (1995) como una enseñanza en la tecnología, se busca responder a la definición de Salomon (1984) así como cubrir los aspectos técnicos, culturales y organizativos según la definición de tecnología de Pacey (1983). También, se procede a cubrir la dimensión temporal de la forma más abarcadora posible.

Para representar el aspecto técnico del diseño tecnológico, se plantea una enseñanza basada en modelado con enfoque en la construcción de novo de un modelo. Particularmente, se emplea una dinámica de generación, evaluación y modificación o ciclo GEM usado para la construcción de modelos científicos, pero para la construcción de un prototipo. La etapa de generación consistirá en una instancia de diseño seguida de otra de armado. Este proceso implicará, entre otras cosas, evaluar y aplicar modelos científicos. Sin embargo, no se hará hincapié en la construcción del modelo sino que se enfocará en la revisión y uso de los mismos. Siempre se remarca que el objetivo principal es la construcción del prototipo y el ajuste de este a la demanda que motoriza su diseño.

Para representar los aspectos culturales y organizativos, se simula un escenario lo más realista posible. El diseño se inicia a partir de una demanda concreta para satisfacer un deseo, una necesidad, una carencia o una fantasía. A partir de allí, se hará uso no sólo de conocimientos científicos sino también de otros saberes como, por ejemplo, el conocimiento sobre materiales y su naturaleza, otros diseños existentes o estética. La adecuación del prototipo como respuesta a la demanda será el criterio que guíe el diseño. Solo cuando se haya cumplido lo mejor posible se dará por terminada la actividad.

El trabajo de diseño debe ser grupal. Y no sólo en lo referido a la actividad de laboratorio. También, es necesario dar cuenta de la heterogeneidad de experticias de quienes integran una empresa de desarrollo tecnológico. Esto dará pie a la necesidad de comunicarse con todos los integrantes de la misma, es decir, se deberán ejercitar distintos "lenguajes".



Diseño propuesto

La actividad de laboratorio propuesta corresponde a un trabajo práctico de la unidad de Electroquímica de un curso de Química básica universitaria para carreras ingenieriles o tecnológicas. Los contenidos disciplinares que se estudian son los vinculados a las reacciones electroquímicas, producción de la fuerza electromotriz, formación de una pila o celda galvánica y sus aplicaciones.

El trabajo práctico se lleva a cabo una vez cursadas las clases teóricas. En las mismas se estudia la naturaleza de las reacciones rédox reversibles, el concepto del potencial de reducción y su uso como criterio de espontaneidad. También se mencionan los efectos de sobrepotencial. Además, se presentan las cuatro pilas y la interpretación química de su funcionamiento, usando un modelo fisicoquímico que sustenta a la ecuación de Nernst. Finalmente, se explica cómo se conectan baterías en serie y paralelo y el efecto de las mismas en la FEM y la intensidad de corriente.

La actividad consiste en una simulación. Se representa una empresa que se encarga de hacer pilas bajo demanda de los clientes. Un artista llega con un pedido particular. Su nombre es Federico Klemm y, para una *performance*, necesita alimentar dos leds de color rojo embutidos en los ojos de una estatuilla. La pila, exige, debe estar hecha con materiales reciclables o reciclados. No solo eso. El lugar físico que ocupa en la figura es limitado (no hay posibilidad de modificar la escultura). Además, aclara que, durante la *performance*, el objeto se agitará con gran vehemencia como parte de un ritual de su banquete telemático. Como mínimo, los leds deberán estar prendidos durante treinta minutos y con una intensidad que sea apreciable en la oscuridad.

La empresa ficticia Dr. Álvarez S.A. consta de tres áreas: atención al cliente, finanzas, e investigación y desarrollo. Esta tercer área, a su vez, se divide en las subáreas de electroquímica y diseño tecnológico.

Durante la simulación, los estudiantes juegan el papel de miembros del área investigación y desarrollo. En su rol, recibirán los objetivos del área de atención al cliente (mediante un informe escrito) y deberán armar un aparato que satisfaga los deseos del artista. Una vez armado el artefacto deberán redactar un informe donde expliquen los resultados a las áreas de atención al cliente y finanzas.

Los estudiantes deberán separarse en tantos grupos (unidades de trabajo dentro del área) como tipos de pilas se vayan a diseñar. Cada unidad estará conformada por, al menos, un estudiante que sea miembro del subárea de electroquímica y miembros del subárea de diseño y se encargará de diseñar un tipo de pila (basado en la pila de concentración, de Daniell, de Volta o microbiana). Esto es solo para agilizar el trabajo. El conjunto pertenece al área de investigación y desarrollo de la empresa. Por lo tanto, deberán trabajar, concertadamente, en equipo.

La actividad se iniciará con la lectura de un informe proveniente del área de atención al cliente (redactado por el o los docentes). En el mismo se explicarán las demandas del artista. Sería útil que el mismo fuera vago en algunos puntos, para exigir un diálogo de los estudiantes con el grupo de atención al cliente.



Una vez leído el informe, los miembros de la subárea de electroquímica (representantes de cada subárea) sugerirán a los miembros de la subárea de diseño tecnológico empezar el diseño usando las pilas de Daniell, de concentración, de Volta y microbiana y explicarán el principio electroquímico detrás de cada una. La exposición se hará frente a toda el área de investigación y desarrollo. Sumado a eso, explicarán los modelos reversible sin sobrepotenciales y con sobrepotenciales para explicar la generación de corriente. Se recomendará a los estudiantes empezar por el modelo más sencillo. Ellos deberán discutir si los supuestos asumidos en cada modelo son aplicables, en principio, a los artefactos elegidos.

Una vez hecha esta discusión, cada unidad deberá discutir y proponer el diseño de su pila y así como los materiales (y cantidades) que usarían para armarlo. Estos estarán lejos de las restricciones impuestas por Federico Klemm. Sin embargo, para eso, se pedirá que vayan discutiendo y proponiendo adaptaciones al diseño que respondan a la demanda. Aquí se tendrán en cuenta el tipo de materiales, la geometría y demás restricciones. Con esto concluirá la instancia de Diseño de la etapa de Generación del ciclo GEM.

En el laboratorio, cada unidad deberá construir el primer prototipo diseñado. Con la conclusión de la instancia de Construcción, también, se cierra la etapa de Generación. Hecho esto, cada unidad entrará en la etapa de Evaluación. Se evaluará la adecuación de las características del prototipo con las pretensiones de la demanda. Una de las cuestiones a evaluar será si el modelo elegido es adecuado. Principalmente, se calculará la diferencia numérica entre la FEM hipotetizada a partir del modelo y la medida empíricamente. Hecho esto, se decidirá si se debe continuar con el modelo sin sobrepotenciales o no (típicamente, el modelo sin sobrepotenciales es aceptable para la pila de concentración y la de Daniell pero no para la pila de Volta y la microbiana). Una vez concluida la evaluación, un miembro de la subárea de diseño de cada unidad deberá poner en común el análisis y discutirlo con resto de los miembros del área. En base a esto, se pasará a la etapa de Modificación del diseño, teniendo en consideración lo aprendido de la evaluación y lo ya analizado previamente en la primera etapa de Generación. Esto dará inicio a una nueva etapa de Generación y con esto un nuevo ciclo GEM. El proceso se repetirá hasta que el prototipo se ajuste a las pretensiones de Federico Klemm o según el tiempo del que se disponga para hacer la actividad.

Una vez construido el prototipo final, la simulación se terminará cuando el área de investigación y desarrollo elabore un informe destinado al área de atención al cliente y otro a la de finanzas, además de memorias de lo hecho. En el primero, se deberá incluir de qué forma el artefacto final cumple con las demandas de Federico Klemm. Este debe poder ser entendido por personas que no tienen una formación científica o tecnológica. En el segundo, se deberá hacer un análisis de los costos asociados al proceso (materiales usados y cantidad de horas y personas involucradas). Además, en caso de que fuera necesario hacer alguna actividad de investigación para mejorar el proceso de diseño en el futuro, se deberán incluir los temas que deben investigarse. Con esto último, justificarían la asignación de un presupuesto para ello. Nuevamente, este informe deberá estar escrito para que sea comprendido por una persona que no tiene una formación científica o tecnológica. Finalmente, se redactarán las memorias del trabajo en un lenguaje científico técnico.

Se podría incluir un último informe de atención al cliente donde se detallan los aspectos en los que Federico Klemm está conforme y los que no.



En la Figura 1, se muestra un cronograma que resume la actividad propuesta. En el mismo, se deja una celda para completar con el tiempo a destinar a cada etapa, según el tiempo con el que contara cada docente. Otra observación que debe hacerse es que el segundo ciclo GEM no se muestra completo y que se simplifica en solo dos ciclos, lo cual no debe ser necesariamente así.

Día 1 (aula)		Día 2 (laboratorio)				Día 3 (aula)	Día 4 (aula)
Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8
Tiempo (hs)	Tiempo (hs)	Tiempo (hs)	Tiempo (hs)	Tiempo (hs)	Tiempo (hs)	Tiempo (hs)	Tiempo (hs)
Descripción de la actividad	Exposición de expertos electroquímica	Cada unidad construye su prototipo	Cada unidad evalúa su prototipo	Planteo de modificaciones	Diseño y construcción del nuevo prototipo	Elaboración de informes y memorias	Lectura de nuevo informe de atención al cliente
Agrupación en unidades y subáreas			Exposición de la evaluación				
Lectura grupal del informe			Discusión y propuesta de diseños				
	Diseño 1	Construcción 1	Evaluación 1	Modificación 1	Generación 2		
	Generación 1						
	GEM 1				GEM 2...		

Figura 1: Cronograma de la actividad

Análisis del diseño propuesto

La definición de Salomon (1984) se ve parcialmente representada. Por un lado, el proceso de diseño del artefacto se hace en respuesta a una demanda específica, particularmente, al deseo de un artista. Además, se hace uso de conocimientos científicos como técnicos. Sin embargo, no se da cuenta de la producción industrial del mismo, ya que se fabrica un único artefacto. El hecho de que la demanda sea por parte de un único individuo hace que el diseño sea mucho menos complejo. Cuando los usuarios de la tecnología son masivos, las condiciones que hay que considerar son diversas y exigiendo una mayor versatilidad.

En cuanto a los aspectos técnico y cultural de Pacey (1983), se cumplen gracias al carácter simulado donde una organización compleja busca responder a una demanda específica a partir del diálogo de sus partes. El criterio que se utiliza para dar por finalizada la actividad no es técnico



sino que contempla todos los aspectos de la demanda. Se ejercita la comunicación entre las partes, así como la consideración de aspectos que no son propiamente científicos como los costos del proyecto. Sin embargo, el organizativo se reduce a una cuestión interna del proceso de diseño tecnológico. Faltaría un análisis más profundo del impacto que tiene la tecnología en la sociedad.

Otro punto débil del diseño casi ineludible en la didáctica de la tecnología, puntualizado por Gardner (1994), es que existen grandes diferencias entre las posibilidades en un entorno educativo y uno industrial. Basta citar la escasez de recursos, el tiempo limitado y la forma en que se evalúa la actividad (en un caso, por parte del docente y, en otro, del cliente).

En relación a la dimensión temporal, el trabajo se realiza, principalmente, con una aproximación contemporánea. Pero, es posible darle un talante histórico, por ejemplo, poniendo en contexto a la pila de Volta y las circunstancias en las que fue desarrollada (Pera, 2014). O, incluso, usar, para el diseño, el modelo de Volta para explicar su funcionamiento. La aproximación hacia el futuro se abarca con el trabajo de las pilas microbianas. Estos artefactos aún están siendo optimizados tecnológicamente, en relación a la demanda de tratamiento de contaminantes y de energías renovables (Du et al. 2007).

El diseño del artefacto está encuadrado en la enseñanza basada en modelado, usando un enfoque de construcción *de novo* de modelos. La dinámica GEM se cumple a lo largo de la actividad. Los modelos electroquímicos son encarados desde una enseñanza basada en modelos con un enfoque en la revisión y uso de los mismos. De esta forma, en definitiva, la actividad le da prioridad a la construcción del artefacto y su ajuste con la demanda.

Objetivos y evaluación de la actividad

La futura evaluación se hará en consonancia a los objetivos de aprendizaje de la actividad. En términos generales, se pretende que los estudiantes adquieran, por un lado, destrezas técnicas y, por el otro, una concepción más amplia sobre el concepto de tecnología. A su vez, se busca que la actividad favorezca la habilidad argumentativa de los estudiantes.

Por destrezas técnicas, se entiende: las habilidades involucradas en el armado de las pilas (utilización de la balanza, del instrumental volumétrico, del voltímetro, del calibre, etc; cálculos teóricos...) así como, de forma más general, el uso de la dinámica GEM como un modelo heurístico de desarrollo de prototipos. Estas destrezas serán evaluadas mediante la observación y el análisis de desempeño de los estudiantes en el proceso de armado del artefacto en complemento con los informes de su redacción.

En cuanto a la ampliación del concepto de tecnología, está referido a la adquisición de los aspectos sugeridos por el análisis de Pacey (1983). Para analizar su incorporación, se estudiarán, en el nivel específico de la actividad, los factores que tengan en cuenta a la hora de evaluar el artefacto y, en el nivel general, la concepción que tengan de la tecnología más allá del ámbito simulado.

El desarrollo de la habilidad argumentativa, pretende que los estudiantes puedan realizar afirmaciones de forma justificada. Sin entrar en detalles (dado que la complejidad de



la temática excede el espacio que se le puede dedicar en este trabajo), el objetivo es que los estudiantes puedan caracterizar correctamente el artefacto ideal (el propuesto por el cliente) y el prototipo. Luego, deben poder comparar ambos (de forma cualitativa como cuantitativa) y decidir si el ajuste es aceptable. En este proceso, se termina por practicar una heurística para argumentar si un artefacto satisface las necesidades para las que se lo concibe, lo que podría considerarse como un modelo de argumentación para la tecnología.

Debe tenerse en cuenta que el presente trabajo forma parte de una investigación en curso. Con lo cual, los instrumentos de evaluación aun están en desarrollo. De hecho, la misma dinámica propuesta en el trabajo está abierta a modificaciones en función a la concreción de los objetivos enunciados (aquí podría tomarse como referencia de este tipo de metodología a los trabajos en la línea de *design-based research* (Barab y Squire, 2004)). Sin embargo, debe aclararse que se dispone de algunos instrumentos que ya han sido validados por otros investigadores y que pueden ser de utilidad:

- La Evaluación de Pensamiento Crítico de Halpern (EPCH) es un instrumento estandarizado que consta de 25 escenarios cotidianos en una variedad de ámbitos como la salud, la educación, el trabajo o la política social. Las preguntas requieren de los encuestados analizar y criticar aspectos del escenario que combinan en respuestas abiertas y valoración de opción múltiple. El EPCH valora cinco subcategorías de habilidades de PC: a) razonamiento verbal, b) análisis de argumentos, c) pensamiento como prueba de hipótesis, d) utilizar la probabilidad y la incertidumbre y e) toma de decisiones y resolución de problemas (Nieto, 2009).
- La Valoración de Pensamiento Crítico de Watson y Glaser (VPCWG) es un instrumento estandarizado que plantea también diversos escenarios sobre cada uno de los cuales los encuestados valoran varios ítems. Las escalas de VPCWG son las siguientes: inferencia, reconocimiento de suposiciones, deducción, interpretación y evaluación de suposiciones (Valenzuela, 2014).
- El Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) está formado por 100 cuestiones diseñadas empíricamente a partir de respuestas escritas por estudiantes, en lenguaje no técnico, simple y directo. Cada cuestión plantea un escenario para evaluar un rasgo concreto de NdCyT y varias frases referidas al escenario; los encuestados valoran su grado de acuerdo (en una escala 1-9) con cada una de las frases (Manassero, 2003).

Estos tres instrumentos de evaluación tienen una estructura asombrosamente similar, la diferencia estriba en que los dos primeros plantean sus escenarios en contextos de la vida diaria, mientras el COCTS plantea sus escenarios en el contexto de CyT.

Los instrumentos, metodologías, resultados, buenas prácticas y tecnología didáctica creados se pretenden transferir y explotar para mejorar la formación de profesores y el aprendizaje de los estudiantes en las aulas, a través de los procesos de diseminación, explotación e institucionalización.



Conclusiones

En el presente trabajo se expone el marco teórico y conceptual, así como la intervención en DdT, posteriormente se sistematizará, generando cinco trabajos prácticos equivalentes asociados a los siguientes ejes temáticos de Química básica: soluciones amortiguadoras, medición de pH, titulaciones de precipitación y espectroscopía visible.

La propuesta didáctica aplicada netamente a la producción de una tecnología sencilla responde a la imperiosa necesidad de organizar una DdT más robusta. En esta instancia, se propone una actividad que, actualmente, se encuentra en etapa de evaluación experimental con los alumnos de carreras tecnológicas de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Una vez obtenidos los resultados estadísticos y analizados, se podrán realizar modificaciones (en caso de ser necesario). Esta investigación forma parte de los siguientes Proyectos Nacionales e Iberoamericanos de investigación: Proyecto de Investigación BID-PICT N° 1134-2014 (FONCYT, Argentina) y Programa UNQ "Discursos, prácticas e instituciones investigativas" y "CYTPENCRI" (Educación de las competencias científica, tecnológica y pensamiento crítico mediante la enseñanza de temas de naturaleza de ciencia y tecnología). Proyecto EDU2015-64642-R (MINECO/FEDER) con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Project EDU2015-64642-R (MINECO / FEDER) funded by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness and the European Regional Development Fund.

Referencias

- Acevedo, J.A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos.
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'semantic' view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611.
- Bahrami, A., & Dagli, C. H. (1993). Models of design processes. En *Concurrent engineering* (pp. 113-126). Springer, Boston, MA.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The journal of the learning sciences*, 13(1), 1-14.
- Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 289-307.
- Blackley, S., & Howell, J. (2015). A STEM Narrative: 15 Years in the Making. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(7), 8.
- Böttcher, F., & Meisert, A. (2011). Argumentation in science education: A model-based framework. *Science & Education*, 20(2), 103-140.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Bugliarello, G., & Doner, D. B. (1978). The history and philosophy of technology.



- Cartier, J. L., & Stewart, J. (2000). Teaching the nature of inquiry: Further developments in a high school genetics curriculum. *Science & Education*, 9(3), 247-267.
- Cartwright, N., Shomar, T., & Suárez, M. (1995). The Tool-Box of Science.
- Charum, J. y Parrado, L. (1995). Entre el productor y el usuario.
- Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism. En *Handbook of creativity* (pp. 341-381). Springer, Boston, MA.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053.
- Díaz, J. A. A. (1995). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *ALAMBIQUE Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, 75-84.
- Darke, J. (1979). The primary generator and the design process. *Design studies*, 1(1), 36-44.
- Du, Z., Li, H., & Gu, T. (2007). A state of the art review on microbial fuel cells: a promising technology for wastewater treatment and bioenergy. *Biotechnology advances*, 25(5), 464-482.
- Erduran, S., & Duschl, R. A. (2004). Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom.
- Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J., & Salinas, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(3), 331-352.
- French, M. J., Gravdahl, J. T., & French, M. J. (1985). *Conceptual design for engineers*. London: Design Council.
- Fressoli, M. (2015). Movimientos de base y desarrollo sustentable: La construcción de caminos alternativos. *Cienc Investig*, 65, 55-68.
- Gardner, P. (1994). Representations of the relationship between science and technology in the curriculum.
- Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of science*, 71(5), 742-752.
- Gilbert, J. K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 13(1), 15-24.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. En *Developing models in science education* (pp. 3-17). Springer, Dordrecht.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education (Vol. 9)*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Gordillo, M. M., & Galbarte, J. C. G. (2002). Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. *Revista Iberoamericana de educación*, 28(1).
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91(6), 877-905.
- Kimbell, R., & Stables, K. (2007). *Researching design learning: Issues and findings from two decades of research and development (Vol. 34)*. Springer Science & Business Media.



- Kreimer, P., & Thomas, H. (2003). La construction de l'utilité sociale des connaissances scientifiques et technologiques dans les pays périphériques. *Mignot, Jean-Pierre y Christian Poncet, L'industrialisation des connaissances dans les sciences du vivant*, l'Harmattan, Paris.
- Lewis, T. (1991). Introducing technology into school curricula. *J. Curriculum Studies*, 23(2), 141-154.
- Lombardi, O. (2010). Los modelos como mediadores entre teoría y realidad. *Modelos científicos*. Buenos Aires: Editorial Lugar, 83-94.
- MacKenzie, D., & Wajcman, J. (1999). The social shaping of technology (No. 2nd). Open university press.
- Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630.
- Maiztegui, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155.
- Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2003). Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS). Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- McCormick, R., Murphy, P., & Hennessy, S. (1994). Problem-solving processes in technology education: A pilot study. *International Journal of Technology and Design Education*, 4(1), 5-34.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2011). Contributions of the model of modelling diagram to the learning of ionic bonding: Analysis of a case study. *Research in Science Education*, 41(4), 479-503.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013). The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2407-2434.
- MINCYT. (2012). Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Argentina Innovadora 2020. Disponible en <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/022/0000022576.pdf> (consultado 28 de Junio de 2018)
- Morrison, M., & Morgan, M. S. (1999). Models as mediating instruments. *Ideas in context*, 52, 10-37.
- Nieto, A., Saiz, C. & Orgaz, B. (2009). Análisis de las propiedades psicométricas de la versión española del HCTAES Test de Halpern para la evaluación del pensamiento crítico mediante situaciones cotidianas. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada*, 14(1) 1-15.
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Pacey, A. (1983). The culture of technology. MIT press.
- Pearce, J. M. (2017). Impacts of Open Source Hardware in Science and Engineering. *Bridge*, 47, 24-31.
- Pera, M. (2014). The ambiguous frog: the Galvani-Volta controversy on animal electricity (Vol. 173). Princeton University Press.
- Prins, G. T., Bulte, A. M., & Pilot, A. (2011). Evaluation of a design principle for fostering students' epistemological views on models and modelling using authentic practices as contexts for learning in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 33(11), 1539-1569
- Rosenberg, A. (2005). Philosophy of science: A contemporary introduction. Routledge.
- Salomon, J. J. (1984). What is Technology? The Issue of its origins and definitions. *History and*



Technology, an International Journal, 1(2), 113-156.

- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction*, 23(2), 165-205.
- Smith, A., Ely, A., Fressoli, M., Abrol, D., & Arond, E. (2016). Grassroots innovation movements. Routledge.
- Suppe, F. (2000). Understanding scientific theories: An assessment of developments, 1969-1998. *Philosophy of Science*, 67, S102-S115.
- Thomas, H. (2010). Los estudios sociales de la tecnología en América Latina.
- UNCTAD (2017). New innovation approaches To support the implementation of The sustainable development goals. Disponible en http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dt11stict2017d4_en.pdf (consultado 28 de Junio de 2018).
- Valenzuela, J., Nieto, A., & Muñoz, C. (2014). Motivación y disposiciones: enfoques alternativos para explicar el desempeño de habilidades de pensamiento crítico. *Revista electrónica de investigación educativa*, 16(3), 16-32.
- Van Fraassen, B. C. (1987). The semantic approach to scientific theories. En *The process of science* (pp. 105-124). Springer, Dordrecht.
- Williams, R., & Edge, D. (1996). The social shaping of technology. *Research policy*, 25(6), 865-899.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science education*, 92(5), 941-967.
- Wynn, D. & Clarkson, J. (2004). Models of designing. En Clarkson, J., & Eckert, C. (Eds.). *Design process improvement: a review of current practice*. Springer Science & Business Media.
- Zamorano, R. O., Gibbs, H. M., Moro, L. E., & Viau, J. E. (2006). Evaluación de un modelo didáctico analógico para el aprendizaje de energía interna y temperatura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 392-408.